

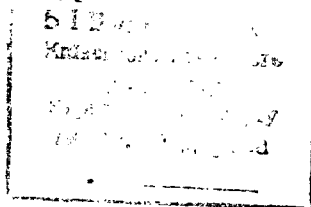
ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ФОРМ

Под общей редакцией доктора технических наук
профессора В. И. Шеберстова

Допущено Государственным комитетом СССР
по народному образованию в качестве
учебного пособия для студентов высших
учебных заведений, обучающихся по
специальностям: «Полиграфические машины и автоматизированные
комплексы» и «Технология полиграфического
производства»

657
44

Москва «Книга» 1990



ББК 378

Т 38

УДК 655.22

Рецензенты: кандидат технических наук А. А. Витт; кафедра технологии изготовления печатных форм УПИ имени Ивана Федорова

Геннадий Иванович Васин,
Эдуард Тимофеевич Лазаренко,
Николай Николаевич Полянский,
Конрад Пфейль,
Любовь Ивановна Сулакова,
Райнер Трауцеддел
Регина Михайловна Уарова
Валентин Иосифович Шеберстов

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ФОРМ

Редактор З. И. Качалкина
Художественный редактор Н. Д. Карандашов
Технический редактор Е. Н. Волкова
Корректор Л. В. Емельянова

ИБ 1797

Сдано в набор 12.01.90. Подписано в печать 25.07.90. Формат 60×88/16.
Бум. офсетная. Гарнитура литературная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 13,72.
Уч.-изд. л. 15,89. Усл. кр.-отт. 13,72. Тираж 8600 экз. Изд. № 4592. Заказ № 140.
Цена 85 коп.

Издательство «Книга» 125047, Москва, ул. Горького, 50.

Московская типография № 4 Государственного комитета СССР по печати
129041, Москва, ул. Б. Переяславская, 46.

3101020000-103
Т ————— 3—90
002(01)-90
ISBN 5-212-00100-5

© Г. И. Васин, Э.Т. Лазаренко, Н. Н. По-
лянский, К. Пфейль, Л. И. Сулакова,
Р. Трауцеддел, Р. М. Уарова, В. И. Ше-
берстов, 1990

Содержание

Предисловие (В. И. Шеберстов)	5
Глава 1. Введение (В. И. Шеберстов)	6
1.1. Печатающие и пробельные элементы форм основных видов печати	6
1.2. Основные способы изготовления печатных форм	8
1.3. Схема изготовления печатных форм фотомеханическим способом	9
Глава 2. Физико-химические основы копировального процесса (В. И. Шеберстов, Р. М. Ярова)	12
2.1. Общие сведения о копировальном процессе и копировальных слоях	12
2.2. Последовательные стадии копировального процесса, формирование защитных пленок	14
2.3. Краткий очерк развития копировальных слоев	19
2.4. Слои хромированных гидрофильных полимеров	22
2.5. Диазосоединения. Диазосмолы	27
2.6. Копировальные слои на основе о-нафтохинондиазидов	29
2.7. Фотополимеризация. Копировальные слои на основе фотополимеризующихся композиций	35
2.8. Определение сенситометрических характеристик копировальных слоев	41
Глава 3. Формы офсетной плоской печати (Л. И. Сулакова)	48
3.1. Общие сведения	48
3.2. Физико-химические закономерности смачивания пробельных и печатающих элементов форм плоской печати	50
3.3. Параметры смачивания твердых поверхностей в офсетной плоской печати	54
3.4. Формные основы	58
3.5. Пластины для изготовления монометаллических печатных форм	60
3.5.1. Подготовка поверхности алюминиевых пластин	61
3.5.2. Подготовка поверхности пластин углеродистой стали	64
3.5.3. Формные основы для изготовления монометаллических предварительно очувствленных пластин	66
3.6. Пластины для изготовления биметаллических печатных форм	67
3.7. Оборудование для подготовки поверхности формных пластин	72
3.8. Изготовление и характеристика предварительно очувствленных пластин	74
3.8.1. Изготовление предварительно очувствленных пластин	74
3.8.2. Характеристика предварительно очувствленных пластин	79
3.8.3. Направления развития предварительно очувствленных пластин	82
3.9. Изготовление копий	83
3.10. Получение печатных форм — создание гидрофобных печатающих и гидрофильных пробельных элементов	87
3.10.1. Монометаллические печатные формы	87
3.10.2. Биметаллические печатные формы	90
3.11. Нанесение защитного покрытия — консервация печатной формы	93
3.12. Оборудование для изготовления форм плоской печати	94
3.12.1. Оборудование для экспонирования	94
3.12.2. Оборудование для изготовления монометаллических печатных форм	95
3.12.3. Оборудование для изготовления биметаллических печатных форм	97

3.12.4. Основные направления развития поточных линий изготовления форм	99
3.13. Формы для офсетной печати без увлажнения	99
3.14. Изготовление офсетных печатных форм путем проекционного экспонирования	101
Глава 4. Формы высокой печати (В. И. Шеберстов, Э. Т. Лазаренко)	106
4.1. Общие сведения о формах высокой печати	106
4.2. Металлы для форм высокой печати	109
4.3. Копировальный процесс при получении металлической формы высокой печати	113
4.4. Процессы травления клише	114
4.5. Одноступенчатое травление цинковых и магниевых клише	116
4.6. Травильные машины	121
4.7. Общие сведения о получении фотополимерных печатных форм (Э. Т. Лазаренко)	122
4.8. Фотополимеризующиеся материалы	127
4.9. Формирование печатающих элементов в фотополимеризующихся слоях	131
4.10. Формирование пробельных элементов	140
4.11. Модификация фотополимерных печатных форм	146
Глава 5. Формы глубокой печати (Р. Трауцеддел, К. Пфейль)	149
5.1. Общие сведения об изготовлении форм глубокой печати	149
5.2. Подготовка формного цилиндра	150
5.3. Копирование изображения и перенос копии на формный цилиндр	151
5.4. Физико-химические основы травления форм глубокой печати	155
5.5. Технологические аспекты травления форм глубокой печати	157
5.6. Изготовление печатной формы глубокой автотипии	163
5.7. Изготовление печатной формы для полуавтотипной глубокой печати	165
Глава 6. Получение печатных форм электронным гравированием и с помощью лазерного излучения (Г. И. Васин)	167
6.1. Получение клише электронным гравированием	167
6.2. Электронное гравирование форм глубокой печати	175
6.3. Лазеры в полиграфии. Способы формирования изображения на формных материалах лазерным излучением	181
6.4. Возможные технологические схемы изготовления печатных форм с помощью лазерного излучения	187
6.5. Изготовление форм глубокой печати с помощью лазерного излучения	193
Глава 7. Формы специальных способов печати (Н. Н. Полянский)	197
7.1. Разновидности специальных способов печати и их общая характеристика	197
7.2. Формы трафаретной печати. Общие сведения	199
7.3. Требования к оригиналам и фотоформам для трафаретной печати	202
7.4. Изготовление форм трафаретной печати	203
7.5. Формы флексографской печати	209
7.6. Формы фототипной печати	216
7.6.1. Технология изготовления печатных форм	216
7.6.2. Физико-химические основы изготовления форм фототипной печати	217
Литература	224

ПРЕДИСЛОВИЕ

При подготовке квалифицированных инженеров-технологов полиграфического производства важное место занимает базовая профилирующая дисциплина «Технология изготовления печатных форм». Целью преподавания этой дисциплины является изучение теоретических основ и технологических процессов изготовления печатных форм для основных видов печати.

Получение печатной формы — неременная стадия любого полиграфического процесса. Печатная форма несет всю необходимую информацию, которая должна быть передана на оттиск в процессе печати.

В настоящее время наибольшее практическое значение имеют фотомеханические (по другой терминологии — фотохемографические) способы полиграфического воспроизведения информации. Этим способом посвящена основная часть книги (главы 2—5 и 7). Наряду с фотомеханическими начинают находить все более широкое применение (главным образом в глубокой печати) способы получения печатных форм фотоэлектронным и лазерным гравированием; этим способом посвящена 6-я глава книги.

Книга состоит из 7 глав. 1-я глава служит введением к основной части книги; 2-я — излагает физико-химические основы копировальных процессов (копировальный процесс — неременная стадия любого фотомеханического способа получения печатной формы). 3-я глава, наибольшая по объему, посвящена изготовлению форм плоской офсетной печати (наиболее перспективного способа печати в настоящее время). В 4-й главе изложены теоретические и технологические основы изготовления форм высокой печати, а в 5-й главе — форм глубокой печати. В 6-й главе рассматриваются вопросы получения печатных форм фотоэлектронным и лазерным гравированием. Заключительная 7-я глава посвящена изготовлению форм специальных видов печати.

Книга написана коллективом авторов, специалистами из Московского полиграфического института (Г. И. Васин, Н. Н. Полянский, Р. М. Уарова, В. И. Шеберстов), из Украинского полиграфического института (Э. Т. Лазаренко), ВНИИ комплексных проблем полиграфии (Л. И. Сулакова) и из Лейпцигской (ГДР) Высшей технической школы (Р. Трауцеддел и К. Пфейль).

Авторы благодарны сотрудникам кафедр технологии изготовления печатных форм Московского и Украинского полиграфических институтов за ряд полезных советов, данных ими при написании книги. Авторы заранее признательны читателям за все замечания и советы, направленные на улучшение книги.

ВВЕДЕНИЕ

1.1. Печатающие и пробельные элементы форм основных видов печати

Воспроизведение полиграфическим путем любого оригинала (иллюстрационного, текстового или смешанного) непременно проходит через стадию изготовления печатной формы.

Печатная форма — носитель изображения оригинала — представляет собой плоскую или изогнутую (цилиндрическую) твердую поверхность (металлическую или пластмассовую), разделяющуюся на печатные и пробельные элементы. Печатающие элементы воспринимают краску и в процессе печати передают ее на оттиск, пробельные элементы свободны от краски; поэтому на оттиске печатающим элементам соответствуют темные, а пробельным элементам — светлые места.

В зависимости от того, каким образом обеспечивается разделение поверхности печатной формы на печатающие и пробельные элементы, различают виды печати. К основным видам печати относят высокую, глубокую и плоскую печать, а в некоторых случаях — и трафаретную печать.

Форма высокой печати условно изображена на рис. 1.1. Для нее характерны следующие признаки:

1) все печатающие элементы лежат в одной плоскости, более высоко, чем дно пробельных элементов; 2) размеры печатающих элементов различны: для более темных участков оттиска они больше, чем для светлых участков; площади пробельных элементов, напротив, больше для светлых участков оттиска; 3) глубина пробельных элементов различна — для светлых участков оттиска она больше, чем для темных; 4) толщина слоя краски, нанесенной на форму, на всех печатающих элементах одинакова как в тенях, так и в светах, поэтому 5) на оттиске толщина слоя краски везде, как в светах, так и в тенях, одинакова.

На рис. 1.2. дана схема формы глубокой печати, полученной так называемым «пигментным способом» (см. главу 5). Для этой формы характерны следующие признаки: 1) печатающие элементы имеют различную глубину, темным участкам оттиска соответствует большая глубина печатающих элементов по сравнению со светлыми участками оттиска; 2) площадь поверхности всех печатающих элементов одинакова, независимо от того, относятся эти элементы к светлым или темным участкам оттиска; 3) печатающие элементы разделены тонкими перегородками на ячейки; поверхность всех ячеек лежит в одной плоскости выше дна печатающих

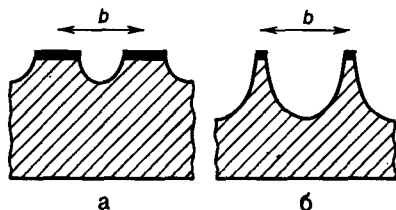


Рис. 1.1. Схема формы высокой печати (b — на рис. 1.1—1.3—расстояние между центрами печатающих элементов)

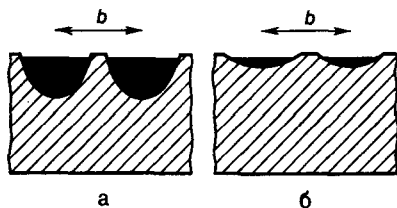


Рис. 1.2. Схема формы глубокой печати

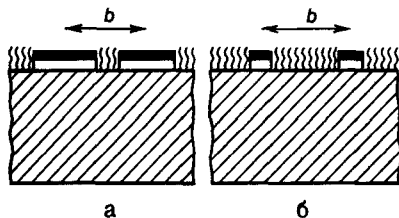


Рис. 1.3. Схема формы плоской печати

элементов; 4) при печатании на печатную форму наносят слой жидкой краски, который затем ракелем счищают с поверхности (ракель — упругий стальной нож с заточенным лезвием), краска остается только в углубленных ячейках печатающих элементов; очевидно, что объем краски в различных печатающих элементах различен (в тенях больше, чем в светах), поэтому 5) толщина слоя краски и, следовательно, оптическая плотность потемнения в разных местах оттиска различна.

Форма плоской офсетной печати условно изображена на рис. 1.3. Для этой формы характерны признаки: 1) печатающие и пробельные элементы лежат практически в одной плоскости; 2) поверхность печатающих элементов гидрофобна (она удерживает краску и отталкивает воду и водные растворы), а поверхность пробельных элементов гидрофильна (удерживает воду и водные растворы и отталкивает краску); 3) размеры печатающих элементов различны, они больше на участках, соответствующих темным участкам оттиска (как и в высокой печати): размеры пробельных элементов, напротив, в светах больше, чем в тенях; 4) толщина слоя краски на всех печатающих элементах (независимо от их размера) одинакова и поэтому толщина слоя краски и, следовательно, оптическая плотность потемнения одинакова на всех участках оттиска. При печатании на форму последовательно наносят увлажняющий раствор (он гидрофилизует пробельные участки) и краску (она удерживается гидрофобной поверхностью печатающих элементов). Обработка формы увлажняющим раствором проводится после каждого акта печатания, перед следующим нанесением краски на форму.

1.1. Характерные признаки печатных форм

Вид печати	Печатающие элементы	Толщина слоя краски
Высокая	Лежат в одной плоскости выше пробельных элементов, размеры в тенях больше, чем в светах	Везде одинакова
Плоская	Лежат в той же плоскости, что и пробельные элементы; поверхность печатающих элементов гидрофобна, а пробельных элементов — гидрофильна	То же
Глубокая (пигментный способ)	Углубленные, их дно лежит ниже плоскости пробельных элементов, глубина в тенях больше, чем в светах	В тенях больше, чем в светах

1.2. Основные способы изготовления печатных форм

Книгопечатание, как известно, с момента изобретения и долгие последующие годы знало и использовало только высокую печать (высокая печать и ныне продолжает оставаться одним из ведущих массовых видов печати). Первым способом получения печатных форм для воспроизведения иллюстраций былаксилография, т. е. гравюра на дереве. Первые датированные оттиски сксилографий, на которых наряду с рисунком был выгравирован также текст, относятся к 1423 г. Ксилография для воспроизведения художественных иллюстраций широко использовалась еще в конце XIX в. и в руках талантливых мастеров — граверов давала превосходные результаты.

Начало способов глубокой печати относится к XV в., когда появилась резная гравюра на металле (на меди). В начале XVI в. появился способ, известный под названием «офорт». В этом способе рисунок гравюруют не непосредственно на металле, а на кислотоупорном слое, нанесенном на металл, с последующим травлением металла азотной кислотой. Началом современного способа глубокой печати можно считать гелиографюру, появившуюся во второй половине XIX в. Начало способов плоской печати относится к 1797 г., когда А. Зенефельдер изобрел и впервые использовал способ, известный под названием литографии.

Как видно из этой краткой исторической справки, первые способы получения иллюстрационных печатных форм — это получение форм высокой и глубокой печати путем ручного гравирования на металле или дереве. Понятно, что эти способы очень трудоемки, занимают много времени и требуют художественного чутья и мастерства граверов. Естественно, что с течением времени, как только появились для этого технические возможности, ручные способы получения печатных форм были заменены фотохимическими способами, в которых геометрическая точность рисунка автоматически обеспечивается оптическим проецированием исходного изображения на светочувствительный слой с последующим также механизированным химическим «гравированием», т. е. травлением поверхности формного материала.

Техническими предпосылками создания фотохимических способов получения печатных форм были разработка мокроколлоидного фотографического процесса (1851) и разработка копирующего процесса на «хромированных коллоидах» (1855). Фотохимические способы получения печатных форм нашли широчайшее повсеместное применение (в основном о них и пойдет речь в этой книге). Они несравненно превосходят способы ручного гравирования по своей эффективности, экономичности, по степени механизации и качеству результата.

В последние десятилетия вновь появился интерес к способам непосредственного гравирования изображения на поверхности формного материала, но не ручного гравирования, а механизированного — фотоэлектронного и лазерным лучом (эти способы рассматриваются в главе 6-й книги). Указанные методы чрезвычайно интересны потому, что позволяют практически полностью автоматизировать процесс и исключить ряд относительно длительных и трудоемких операций, таких как фотографический и копи-

ровальный процессы и травление поверхности формного материала. Автоматизированное гравирование форм глубокой печати в настоящее время уже вытесняет традиционные фотомеханические способы. Но применительно к получению форм высокой печати гравирование не находит широкого применения.

Несомненно, что не только в настоящее время, но и в близком будущем фотомеханические способы сохраняют свое преимущество при изготовлении форм высокой и плоской офсетной печати. Фотомеханические способы не застыли в рамках традиционной технологии, они успешно развиваются, автоматизируются и механизмируются. Среди крупных достижений на этом пути отметим разработку и внедрение фотополимерных печатных форм, способы прямого проецирования изобразительного оригинала на формный материал, способы одноступенчатого травления цинковых и магниевых клише и др.

Характерная особенность фотомеханических способов — одновременность преобразования изображения по всей его площади, простота изменения масштаба, возможность работы с оригиналами с самой разнообразной техникой исполнения и фактурой поверхности. Такие процессы включают изготовление фотоформы — текстовой, иллюстрационной, смешанной, а также копирование их на металл с помощью копировального слоя или на фотополимеризующийся слой и последующую химическую обработку печатной формы с пространственным или физико-химическим разделением печатающих и пробельных элементов. Широкое распространение электронной фотонаборной техники, однопроцессного травления и фотополимеров способствовало тому, что фотомеханические процессы стали использовать для получения не только иллюстрационных, но также и текстовых и иллюстрационно-текстовых печатных форм и не только в офсетной плоской и глубокой, но и в высокой печати.

Характерная особенность фотозлектрических способов — поэлементный анализ оригинала, преобразование световых сигналов от элементов оригинала в электрические сигналы, управляющие образованием изображения печатной формы путем механического или лазерного гравирования.

1.3. Схемы изготовления печатных форм фотомеханическим способом

Как уже было отмечено, в технике изготовления иллюстрационных печатных форм в настоящее время доминируют фотомеханические (или фотохемографические) способы. Эти способы многообразны, но все они упрощенно могут быть представлены схемой, приведенной на рис. 1.4.

Как видно из этой схемы, процесс получения печатной формы фотомеханическим путем проходит несколько стадий: 1) фоторепродукционный процесс — получение фотоформы (основное оборудование — репродукционный фотоаппарат и проявочная машина); 2) копировальный процесс — получение копии фотоформы (копировальный станок); 3) процесс химической обработки копии; травление металла при получении металлических форм высокой и глубокой печати; вымывание пробельных элементов при

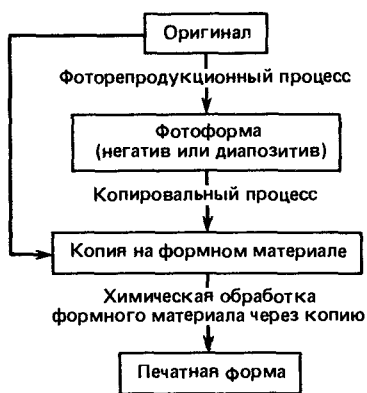


Рис. 1.4. Общая схема репродукционного процесса

название — фотомеханический процесс — также вполне правомерно, так как процесс основан на фотохимических и химических процессах, проводимых не вручную, а в механизированных устройствах.

Фоторепродукционный процесс детально рассматривается в другом курсе, а здесь необходимо отметить лишь следующие обстоятельства. Фотоформой называют негатив или диапозитив исходного изображения, т. е. оригинала. Для высокой и плоской печати это изображение (фотоформа) должно быть растрованным или штриховым, так как краска в этих процессах на всех участках оттиска, как темных, так и светлых, ложится слоем одинаковой толщины и, следовательно, одинаковой оптической плотности. Для традиционной глубокой печати растрование фотоформ не требуется, и она обычно представляет собой полутонный диапозитив (это не относится к так называемой глубокой автотипии, см. главу 5).

Обращаясь к копировальному процессу, надо отметить, что при получении металлической формы высокой печати копировальный слой наносится непосредственно на формный материал, т. е. на металл (как правило, на цинк или магний), который в следующей стадии подвергается травлению кислотой и в конечном результате образует печатную форму. При получении фотополимерных печатных форм сам формный материал обладает светочувствительностью, и, следовательно, его поверхностный слой выполняет функции копировального слоя. При традиционном способе получения форм глубокой печати светочувствительный слой хромированной желатины нанесен на бумагу, после экспонирования и проявления этот слой прикатывается к медной поверхности, которую затем через этот слой травят раствором хлорного железа.

На рис. 1.4 сплошной линией со стрелкой показан непосредственный переход от оригинала к копии на формном материале. Это относится к процессам непосредственного проецирования изображения оригинала на светочувствительный формный материал или на копировальный слой, нане-

получении фотополимерных печатных форм, гидрофилизация пробельных элементов при получении форм плоской печати; основное оборудование — травильные и вымывные машины; 4) печатный процесс — получение оттиска с печатной формы (печатные машины). В первых двух стадиях решающее значение имеют фотопроцессы (воздействие лучистой энергии на светочувствительный слой), в третьей стадии — химические процессы, в заключительной стадии — в печатном процессе завершается на оттиске образование графических элементов изображения. Понятно в связи с этим, что весь этот комплекс в целом называют фотохемографическим процессом. Но более распространенное

сенный на формный материал. При этих условиях исключается фотографический процесс, как таковой, что дает возможность сократить продолжительность изготовления печатной формы, сэкономить дорогие и дефицитные галогенидосеребряные фотоматериалы и исключить громоздкие процессы химико-фотографической обработки этих материалов. Однако процессы непосредственного копирования оригинала на формный материал, минуя фотографический процесс, находятся еще в стадии разработки, главное препятствие их технического осуществления — малая светочувствительность копировальных слоев и фотополимеризующихся композиций.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОПИРОВАЛЬНОГО ПРОЦЕССА

2.1. Общие сведения о копировальном процессе и копировальных слоях

Как было отмечено в главе 1, процесс изготовления иллюстрационных печатных форм фотомеханическим способом складывается из двух последовательных этапов: получение 1) фотоформы (фоторепродукционный процесс) и 2) печатной формы (формный процесс). В свою очередь, формный процесс проводится в две стадии: 1) копирование фотоформы на светочувствительный копировальный слой, нанесенный на формный материал или на подложку, имеющую вспомогательное значение (например, пигментная бумага), и 2) химическая обработка поверхности формного материала через копию, полученную в копировальном процессе. Копировальный процесс используется во всех основных видах печати. Характер этого использования в различных видах печати различен, но во всех случаях пленка копировального слоя, оставшаяся на формном материале после экспонирования и проявления, служит для защиты формного материала от воздействия тех или иных агрессивных сред. Эта пленка защищает металл от действия азотной кислоты при изготовлении форм высокой печати, от действия раствора хлорного железа в глубокой печати и также защищает печатающие элементы от действия увлажняющего раствора при получении монометаллических форм в плоской печати, она защищает металл от травления при изготовлении биметаллических форм.

Копировальный слой представляет собою тонкую полимерную пленку, растворимость которой в соответствующем растворителе либо снижается, либо возрастает в результате действия лучистой энергии. В соответствии с этим различают негативные *а* и позитивные *б* копировальные слои (рис. 2.1); растворимость негативного слоя под действием лучистой энергии снижается, а растворимость позитивного слоя возрастает. Из рис. 2.1 видно, что при использовании негативного копировального слоя получается на оттиске негативное изображение оригинала, а при использовании позитивного слоя — позитивное изображение. Копировальный слой, нанесенный на металлическую (например цинковую) пластину, экспонируют через штриховую или растровую фотоформу. После проявления копии (вымывания растворимых участков слоя) в случае негативного слоя обнажается поверхность металла под теми участками слоя, на которые свет не действовал, а в случае позитивного слоя, напротив, поверхность металла обнажается под участками, на которые действовал свет. Вслед за экспонированием и проявлением проводят травление металла раствором азотной кислоты и получают форму высокой печати — клише.

Копировальные слои находят применение не только в полиграфии. В микроэлектронике их используют при изготовлении печатных плат в процессах так называемой фотолитографии. В микроэлектронике копи-

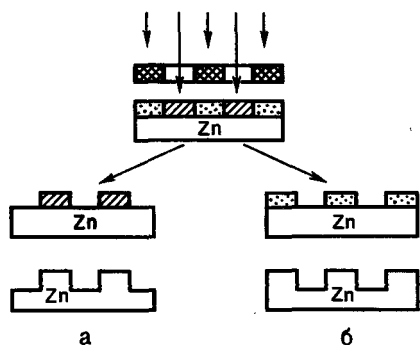


Рис. 2.1. Схема работы негативного *а* и позитивного *б* копировальных слоев на примере получения формы высокой печати

важные слои известны под названием фоторезистов (от английского глагола *to resist* — сопротивляться, противостоять, защищать), они выполняют те же функции, что копировальные слои при получении форм высокой печати. Между копировальными слоями и фоторезистами нет принципиального различия. Одна и та же светочувствительная полимерная композиция может служить для образования защитной пленки как в полиграфии, так и в микроэлектронике. Поэтому основные требования к тем и другим одинаковы, лишь с небольшими частными различиями. Эти требования сводятся в основном к следующему:

1. Способность соответствующей светочувствительной полимерной композиции при нанесении на подложку образовывать однородные, беспористые, тонкие полимерные пленки (1,5–6 мкм в полиграфии и 0,2–1,5 мкм в микроэлектронике).

2. Хорошая адгезия пленки к подложке (подложка — металл, например, цинк и магний в полиграфии, металлы и полупроводники в микроэлектронике).

3. Изменение растворимости пленки в соответствующем растворителе в результате действия УФ-излучения.

4. Достаточная разрешающая способность слоя. Здесь требования к копировальным слоям и к фоторезистам существенно различны. Наиболее высокая, практически применяемая в полиграфии линияра раstra — 120 см^{-1} , т. е. частота раstra $R = 12 \text{ мм}^{-1}$. Между тем в микроэлектронике размеры элементов 1–2 мкм (в настоящее время идет речь о субмикронных размерах элементов), т. е. $R = 1000 \text{ мм}^{-1}$. Впрочем, разрешающая способность практически применяемых слоев достаточна для тех и других целей, — малая толщина слоев в микроэлектронике способствует этому.

5. Высокая избирательность проявления (отсутствие растворимости тех участков слоя, которые должны остаться на подложке).

6. Защитная пленка должна хорошо защищать подложку от действия водных травящих растворов. Эта формулировка, однако, требует некоторого пояснения. При изготовлении форм глубокой печати травящий раствор FeCl_3 с разной скоростью проникает через различно задубленные участки пигментной копии (на этом основано получение градации изображения). Между тем при получении форм высокой печати, особенно в микроэлектронике, защитная пленка должна быть практически полностью непроницаема для водных растворов.

7. Резко дифференцированная граница между участками, защищенными

и не защищенными пленкой (ввиду малости элементов в фотолитографии, для нее — это требование особенно важно).

Перечисленные требования говорят о том, что все, удовлетворяющее микроэлектронике, должно с избытком удовлетворять и полиграфию.

В действительности же это не совсем так. Во-первых, очень важна экономичность процесса. Малые размеры площадей рабочих пластин и необходимость получения очень тонких деталей в фотолитографии делают вопрос о стоимости процесса второстепенным (тем более что общая стоимость продукции микроэлектроники определяется в основном не стоимостью процесса фотолитографии). В полиграфии такая высокая точность воспроизведения рисунка, как в микроэлектронике, не нужна, а погоня за избыточной точностью почти всегда экономически не оправдана.

Во-вторых (и это еще более важно), для проявления таких фоторезистов, как поливинилциннамат (ПВЦ) или слои на основе циклоаучуков с бисазидами, требуются органические растворители, такие как трихлорэтилен, толуол, уайт-спирит и т. п. Эти растворители легколетучи, ядовиты, легко воспламеняются, образуя с воздухом взрывоопасные смеси, и загрязняют окружающую среду. Малые площади плат и, следовательно, малые количества растворителей, а также вынужденная необходимость использования для получения идеально гидрофобных слоев оправдывают применение органических растворителей в фотолитографии. Но в полиграфии, где суммарные обрабатываемые площади формных материалов велики, применение легколетучих, легковоспламеняющихся и токсичных органических растворителей может быть оправдано лишь в исключительных случаях.

2.2. Последовательные стадии копировального процесса, формирование защитных пленок

Копировальный процесс, в результате которого на поверхности формного материала образуются пленки, защищающие поверхность от воздействия агрессивных сред, в общем случае складывается из следующих последовательных операций: 1) изготовление светочувствительной полимерной композиции (копировального раствора) и нанесение ее тонким слоем на формный или вспомогательный материал; 2) высушивание слоя, получение воздушно-сухой светочувствительной пленки — копировального слоя; 3) контактное копирование фотоформы (экспонирование копировального слоя через негатив или диапозитив); 4) проявление копии, т. е. обработка экспонированного слоя растворителем, который удаляет с поверхности те участки слоя, которые после экспонирования сохранили (или приобрели) растворимость в данном растворителе; 5) укрепление защитной пленки путем выдерживания слоя при повышенной температуре и (не всегда) дополнительная химическая обработка.

Светочувствительная композиция (копировальный раствор) содержит следующие непременные составные части: пленкообразующий полимер, светочувствительное соединение и растворитель (или смесь растворителей); например: 1) поливиниловый спирт ПВС, бихромат аммония, вода; или 2) фенолформальдегидная новолачная смола, производное о-нафтохинондиа-

зида, смесь органических растворителей. При составлении композиции большое значение имеет оптимальный выбор не только полимера и светочувствительного соединения, но и растворителя (или смеси растворителей). Растворитель должен хорошо растворять все составные части композиции, образуя совершенно гомогенный раствор. Вместе с тем растворитель должен хорошо смачивать подложку при нанесении на нее тонкого слоя композиции. При высушивании слоя растворитель должен испаряться относительно медленно и равномерно, не образуя пузырьков в слое (понятно, что температура первой термообработки должна быть заметно ниже температуры кипения растворителя). Некоторое малое количество растворителя, химически связанное с пленкообразующим полимером, должно остаться в воздушно-сухом слое. Это остаточное количество растворителя пластифицирует слой, придавая ему эластичность и предохраняя от образования трещин. Лишь при указанных условиях получается пленка копировального слоя с наименьшим количеством дефектов и с наименьшими внутренними напряжениями.

Для нанесения копировального слоя на формную пластину могут быть использованы различные способы: центрифугирование, смачивание одной стороны пластины погружением в копировальный раствор (для этих целей сконструирован специальный станок, получивший название «статор»), пульверизация (набрызгивание раствора форсунками), распыление раствора в электрическом поле высокого напряжения, метод падающей завесы, валковый способ и др. Некоторые из них применяют при изготовлении предварительно очувствленных пластин (см. главу 3). Нанесенный на пластину слой высушивают потоком обеспыленного нагретого воздуха (обычно при температуре 60—70 °С). Существуют и другие способы высушивания, например инфракрасным излучением или высокочастотным нагревом, но они не получили широкого применения.

Экспонирование копировального слоя под фотоформой проводят с использованием копировальных станков или копировально-множительных машин. Наибольшее распространение получили пневматические копировальные станки (рамы), в которых путем создания вакуума обеспечивается контакт между фотоформой и пластиной. На рис. 2.2 приведена схема пневматической копировальной рамы.

Для процесса копирования очень важен выбор источника освещения.

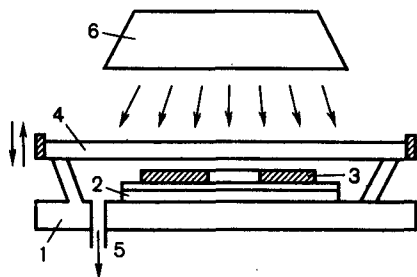


Рис. 2.2. Схема пневматической копировальной рамы с осветителем: 1 — резиновый коврик; 2 — пластина с копировальным слоем сверху; 3 — фотоформа (например, негатив эмульсионный слой вниз; копировальный слой пластины и эмульсионный слой фотоформы находятся в непосредственном контакте); 4 — стекло; 5 — вакуумный насос для откачивания воздуха между стеклом и ковриком; 6 — источник освещения

Интегральная светочувствительность копировальных слоев лежит на очень низком уровне, она примерно в 10 тыс. раз ниже светочувствительности обычных галогенидосеребряных фотобумаг (что соответствует примерно чувствительности $10^3 \text{ см}^2 \text{ Дж}^{-1}$, или 10^{-4} единиц ГОСТ). Поэтому при копировании на плоскости копировального слоя приходится создавать очень высокие освещенности — около 20—40 тыс. лк. Максимум спектральной чувствительности копировальных слоев лежит в интервале длин волн 350—420 нм, поэтому приходится выбирать такие источники света, максимум излучения которых лежит в ближней УФ области спектра. В практической работе наибольшее применение нашли ртутные лампы высокого и сверхвысокого давления (ПРК, ДРШ, СВДШ), металлгалогенные лампы, ксеноновые лампы высокой мощности, а также люминесцентные лампы УФ излучения (ЛУФ-80 и др.).

Вслед за экспонированием идет проявление копии, т. е. вымывание растворимых участков копировального слоя (облученных участков в позитивных и не облученных в негативных слоях). Выбор проявителя определяется в основном составом и свойствами полимера копировального слоя. В полиграфии преимущественное применение в качестве проявителей имеют водные растворы (например, щелочные водные растворы при проявлении копий на слоях на основе о-нафтохинондиазидов).

Термин проявление наводит на мысль о далеко идущей аналогии этого процесса с проявлением скрытого изображения в фотографии. Однако между этими двумя процессами имеется существенное различие. В фотографии растворение полимерного (желатинового) эмульсионного слоя и отделение его от подложки недопустимы, а в копировальном процессе, напротив, задача проявления заключается именно в растворении и в отделении от подложки копировального слоя.

Проявление копии как любой процесс растворения полимера можно условно разделить на следующие стадии: смачивание поверхности полимерной пленки проявляющим раствором (поскольку применяются водные растворы, поверхность пленки должна быть гидрофильна), проникновение молекул растворителя в глубь пленки, раздвижение макромолекул, т. е. набухание полимера, сольватация макромолекул, или образование связей между молекулами растворителя и макромолекулами полимера (главным образом за счет образования ван-дер-ваальсовых сил взаимодействия), разрыв связей между макромолекулами (в результате флуктуаций теплового движения сольватов), обратная диффузия в раствор сольватов. Поскольку речь идет о водных проявляющих растворах, то сольватацией можно в данном случае считать гидратацию, а сольватами — гидраты, образование которых возможно лишь при наличии у макромолекул полярных или ионных функциональных групп, т. е. при условии, что полимер гидрофилен.

Но проявление копии не сводится только к растворению полимера. Здесь имеет значение также моющее действие проявляющего раствора, так как проявитель должен не только растворять, но и смывать с подложки соответствующие участки слоя. Как известно, действие моющих средств заключается прежде всего в разрушении адгезионных связей между пленкой

загрязняющего вещества и подложкой. В нашем случае речь идет о разрыве адгезионных связей между пленкой копировального слоя и подложкой. Существенное значение при этом имеют гидродинамические условия процесса.

Различие растворимости полимера на экспонированных и неэкспонированных участках обеспечивает фундаментальное свойство процесса — быстрое удаление слоя с одних участков и медленное (в пределе бесконечно медленное) с других участков. Как и в фотографии, степень избирательного действия (избирательность, селективность) проявления количественно оценивается отношением скоростей проявления экспонированных и неэкспонированных участков слоя. Если обозначить v_z — скорость проявления экспонированных и v_{nz} — скорость проявления неэкспонированных участков, то очевидно, что селективность U проявления негативного слоя можно выразить формулой (2.1), а позитивного слоя — формулой (2.2):

$$U = K \frac{v_{nz}}{v_z}; \quad (2.1)$$

$$U = K \frac{v_z}{v_{nz}}. \quad (2.2)$$

В практической работе для выражения избирательности проявления (обозначается буквой W) удобно брать отношение практически используемой продолжительности проявления $\tau_{пр}$ к критической продолжительности $\tau_{крит}$, при которой начинается разрушение тех участков слоя, которые должны сохраняться на подложке и осуществлять свои защитные функции в процессе травления:

$$W = \frac{\tau_{крит}}{\tau_{пр}}. \quad (2.3)$$

(Конкретные примеры величин $\tau_{крит}$, $\tau_{пр}$ и W приведены в 2.6.)

Избирательность проявления отражает степень критичности проявления и, следовательно, надежность технологического процесса. Очевидно, чем больше избирательность, тем меньше скажутся на качестве копии отклонения от оптимальных условий проведения копировального процесса, тем надежней система копировальный слой — проявитель. Кроме того, при неизменном составе слоя величина избирательности дает четкий критерий для выбора лучшего проявителя и оптимальных режимов экспонирования и проявления.

Копию после проявления в большинстве случаев подвергают термообработке, т. е. выдерживают некоторое время при повышенной температуре (более высокой, чем при высушивании слоя). Проявитель при этом испаряется, а полимерная пленка укрепляется, поскольку в ней дополнительно образуется поперечно-сшитая структура и адгезионные связи с подложкой, что приводит к повышению защитных свойств пленки. Надежным способом термообработки проявленной копии является обработка ее ИК излучением при постепенном, ступенчатом повышении температуры. Однако температура не должна быть выше температуры стеклования полимера, так как при

излишне высокой температуре возможно течение полимера и, как результат, искажение графической точности изображения. Надо также иметь в виду, что интенсивная термообработка может привести к такому прочному сцеплению копировального слоя с формной пластиной, что становится весьма затруднительным удалить этот слой по окончании травления (что относится, конечно, в первую очередь к зернистой поверхности пластины). Оптимальная температура термообработки составляет, например, для слоя хромированного ПВС 120—180 °С, для слоев на основе о-нафтохинондиазида — 130—200 °С и т. п. В ряде случаев, не повышая излишне высокую температуру термообработки, используют химическое задубливание (например, слои ПВС задубливают соединениями трехвалентного хрома).

Защитные (или резистивные, как становится принятым говорить) свойства пленки, полученной в результате совокупности перечисленных операций, зависят от ряда факторов — от состава копировального слоя и проявителя, от структуры пленки, от условий проведения копировального процесса и др.

Защитные свойства пленки могут быть выражены величиной, обратной скорости проникновения сквозь нее агрессивной среды (травящего или другого раствора, газа и т. п.); чем меньше скорость (в пределе она может быть бесконечно малой), тем выше защитные свойства покрытия. В связи с этим понятно, что с увеличением толщины пленки (при прочих равных условиях) защитные свойства ее возрастают. Но с увеличением толщины резко снижается разрешающая способность слоя. Это имеет относительно малое значение для полиграфии (где достаточна $R=30-50 \text{ мм}^{-1}$, но недопустимо для микроэлектроники $R \geq 500-1000 \text{ мм}^{-1}$), поэтому слои фоторезистов в микроэлектронике значительно тоньше копировальных слоев в полиграфии.

Для защитных свойств пленок имеют существенное значение их поверхностные свойства, в первую очередь смачиваемость или несмачиваемость поверхности травящим, увлажняющим или другим рабочим раствором. Так как все эти растворы — водные, то понятно, что с увеличением гидрофобности пленки ее защитные свойства возрастают.

Но гидрофобные (или гидрофильные) свойства пленки определяются в основном составом и свойствами ее пленкообразующего полимера. Наличие полярных или ионных групп в макромолекулах полимера приводит к взаимодействию их с полярным растворителем (с водой), такой полимер гидрофилен. При отсутствии указанных групп полимер гидрофобен. На этом обстоятельстве основано превращение под действием света гидрофильного слоя диазосмолы в гидрофобный продукт (см. 2.5), а гидрофобного слоя на основе о-нафтохинондиазида — в гидрофильное соединение (см. 2.6).

Защитные свойства пленок связаны также с величиной pH рабочего раствора. Так, например, слои на основе о-нафтохинондиазида превосходно защищают подложку от воздействия кислых растворов, но щелочные растворы ($\text{pH} > 7$) относительно легко проникают сквозь эти слои и растворяют их, так как пленкообразующий полимер этих слоев (фенолформальдегидная смола) обладает кислотными свойствами.

Молекулярная структура также оказывает влияние на защитные свойства пленок. Пленки фибриллярной структуры, в которых макромолекулы

полимера развернуты в виде нитей-фибрилл, как правило, более прочны, чем пленки глобулярной структуры (макромолекулы свернуты в клубок). В фибриллярных пленках легче протекает сшивание макромолекул с образованием пространственно-сетчатой структуры. Фибриллярные пленки менее склонны к набуханию, поэтому лучше защищают поверхность, на которую нанесены, и более прочно ею удерживаются. Это обусловлено тем, что макромолекулы-фибриллы имеют большое число точек контакта друг с другом и с подложкой.

Для защитных свойств пленок существенное, иногда решающее значение имеет адгезия их к подложке (при проявлении копии пленка не только растворяется, но и смывается с поверхности). Недостаточная адгезия защитных пленок при получении форм высокой печати приводит к искажению размеров печатающих элементов и к усилению их подтравливания. Адгезия тем больше, чем меньше различаются по величинам поверхностного натяжения подложка и наносимый слой. Поэтому гидрофильная пленка хорошо удерживается гидрофильной поверхностью, а гидрофобная пленка — гидрофобной поверхностью. Изменение гидрофильных (или гидрофобных) свойств пленки в результате действия света при экспонировании может способствовать отслаиванию пленки от подложки. Адгезия тем больше, чем больше число точек контакта слоя с подложкой. Этот контакт легко нарушается, если поверхность подложки загрязнена (например, зажирена), поэтому подложка перед нанесением слоя должна быть тщательно очищена. Следует иметь в виду, что адгезия слоя к подложке не должна быть чрезмерно большой (т. е. достигать предельно возможных величин), так как в этом случае будет невозможно отделить слой от поверхности печатной формы после ее изготовления. Различные дефекты копировального слоя, такие, например, как инородные включения (пыль, мельчайшие пузырьки воздуха и т. п. и в особенности трещины слоя) сильно искажают, а иногда сводят на нет его защитные свойства (трещины могут появиться, когда слой станет хрупким в результате из его удаления остаточного растворителя, например при чрезмерном высушивании слоя).

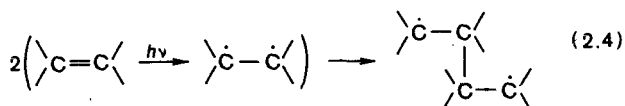
2.3. Краткий очерк развития копировальных слоев

История копировальных слоев начинается одновременно с историей фотографии. Изобретение фотографии обычно связывают с именами Ньепса и Дагерра. Но, собственно, фотография ведет свое начало от Дагерра (дагерротипия, 1839 г.), а от Ньепса начинается история развития копировальных слоев. В 1824 г. Ньепс впервые использовал копировальный слой, это был слой сирийского асфальта.

В способе Ньепса, названном им гелиографией, растворенный в лавандовом масле асфальт наносили тонким слоем на литографский камень или металлическую пластину. После подсыхания слоя его экспонировали под штриховым рисунком на прозрачной подложке. В результате экспонирования асфальт в тех местах, где достаточно долго действовал свет, терял свою растворимость, и при последующей обработке лавандовым мас-

лом пластина обнажалась там, где асфальт полностью растворялся (на неэкспонированных и слабо экспонированных местах). После этого пластину обрабатывали кислотой, и литографский камень или металл растворялись на некоторую глубину в местах, не защищенных оставшимся копировальным слоем. Таким образом получалась форма высокой печати, с которой делали оттиски на обыкновенном типографском прессе.

Асфальт — смесь битумов с тонкоизмельченными минеральными материалами. В сирийском асфальте битумы — тяжелая фракция нефти — состоят главным образом из углеводородов с примесью некоторых соединений азота, серы, кислорода. Некоторые фракции этих битумов содержат непредельные углеводороды (с двойными связями). Под действием коротковолновой радиации эти связи рвутся и затем образуют поперечные мостики, т. е. двумерная структура переходит в трехмерную, что снижает раствори-



мость асфальта. Далее было установлено, что светочувствительны только те фракции битумов, которые содержат заметное количество серы. Понятно, что асфальт как природный продукт не обладает стандартными свойствами, а светочувствительность даже лучших его образцов ничтожно мала (требовались часовые выдержки под ярким солнечным светом). Поэтому асфальтовые слои не нашли широкого применения.

Настоящий расцвет копировальных процессов, а также зарождение и развитие цинкографии начались с появлением «хромированных коллоидов», впервые предложенных в качестве копировальных слоев Пуатвенон в 1855 г. Слои хромированных коллоидов обладают заметно более высокой светочувствительностью и большей стандартностью свойств, чем асфальтовые слои, они легко могут быть изготовлены из доступных материалов в любой типографии. Но этим слоям присущ крупный недостаток — они теряют растворимость в темноте (так называемое темновое дубление) и поэтому не могут готовиться заблаговременно, централизованным путем (см. табл. 2.1).

В связи с этим, начиная примерно с конца 1940-х гг., были предприняты многочисленные попытки замены бихроматов в гидрофильных полимерах на другие светочувствительные соединения (разработка велась, главным образом, на крупных химических предприятиях). На этом пути существенные успехи были достигнуты при использовании так называемых diazosmol — продуктов конденсации diazonиевых солей и алифатических альдегидов (см. 2.5). Копировальные слои на основе diazosmol не подвержены темновому дублению и поэтому возможно их изготовление централизованным путем. Предварительно очувствленные diazosмолами формные материалы находят широкое применение в полиграфии.

Дальнейший прогресс копировальных слоев и фоторезистов пошел, однако, не по пути замены бихроматов другими водорастворимыми соеди-

нениями, а по пути изыскания органических светочувствительных соединений, продукты фотолиза которых могут сшивать макромолекулы гидрофобных полимеров или, напротив, способствовать их растворимости. К первой группе (сшивание макромолекул) относятся, главным образом, соединения, светочувствительность которых определяется наличием двойной связи >C=C< (например, поливинилциннамат) или азидной группы —N_3 (циклокаучуки с бисазидами), ко второй группе относятся в основном соединения с активной диазогруппой —N_2 (о-нафтохинондиазиды). Копировальные слои на основе всех этих соединений готовятся из композиций, в которых растворителями служат органические соединения. Слой, относящийся к первой из указанных групп (ПВЦ, циклокаучуки с бисазидами), для проявления требуют применения органических растворителей и поэтому в полиграфии не находят применения, хотя характеризуются превосходными защитными свойствами. При изготовлении слоев второй группы (на основе о-нафтохинондиазидов) используются органические растворители, но проявление этих слоев проводят в водных щелочных растворах. Поэтому такие слои, изготовленные централизованным путем на химических предприятиях, находят широкое применение в полиграфии. К достоинствам их относятся как высокие защитные свойства, так и то, что они работают по схеме позитивного копирования.

Следует упомянуть и копировальные слои на основе фотополимеризующихся композиций, которым последние годы уделяется большое внимание со стороны как химических предприятий, разрабатывающих эти композиции, так и потребителей (полиграфия). Для проявления ряда этих слоев используются водные растворы. Некоторые из этих композиций пригодны для изготовления не только копировальных слоев, но и фотополимерных печатных форм (см. главу 4).

2.1. Основные этапы развития копировальных слоев

Копировальный слой, год появления, автор или фирма	Растворитель в процессе проявления	Характер действия слоя
Сирийский асфальт на литографском камне, 1824 г., фирма Ньепс	Лавандовое масло или скипидар	Негативный
Хромированные гидрофильные полимеры, 1855 г., фирма Пуатевен	Вода	То же
Диазосмолы в гидрофильном полимере, 1950 г., фирма «Калле»	То же	—
Светочувствительные полимеры, поливинилциннамат (ПВЦ), 1956 г., фирма «Истмен Кодак»	Органические растворители (толуол и др.)	—
Слой на основе о-нафтохинондиазидов, 1960 г., фирма «Калле»	Щелочные водные растворы	Позитивный
Слой на основе циклокаучуков с бисазидами, после 1960 г., фирма «Истмен Кодак»	Органические растворители	Негативный
Фотополимеризующиеся композиции, после 1960 г., фирма «Дюпен» и др.	Разные	Разный (негативный, позитивный)

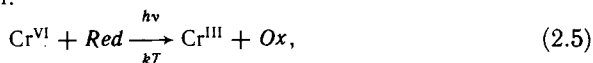
2.4. Слои хромированных гидрофильных полимеров

Слои хромированных гидрофильных полимеров в практической работе известны под названием хромированных коллоидов. Долгое время эти слои готовились на основе природных полимеров, таких как желатин, альбумин, гуммиарабик, камедь сибирской лиственницы и др. Развитие синтетической химии высокомолекулярных соединений позволило заменить природные полимеры синтетическими, в первую очередь — поливиниловым спиртом ПВС. Эта замена была необходима как для получения более стандартного продукта, так и для высвобождения продуктов питания — белковых полимеров (альбумин, желатина). Кроме того, слои из ПВС более эластичны, прочны и кислотостойки, чем слои природных полимеров.

Слои на основе хромированных гидрофильных полимеров сыграли исключительно важную роль в развитии технологии цинкографии (получение клише). Они не утратили своего значения и до настоящего времени при изготовлении форм как высокой, так и плоской печати, хотя уже в значительной степени заменены предварительно очувствленными пластинами на основе диазосмол, о-нафтохинондиазидов или фотополимеризующихся композиций. В глубокой печати слои хромированной желатины (в составе пигментной бумаги) продолжают занимать ведущее положение и находят повсеместное применение.

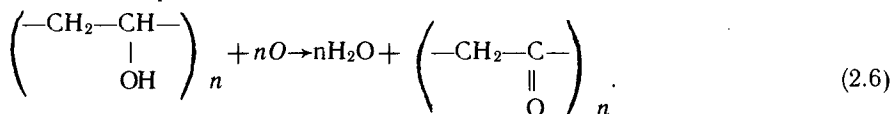
При получении светочувствительной композиции раствор бихромата аммония или калия смешивают с водным раствором гидрофильного полимера. Бихромат вводят в количестве около 10 % массы сухого полимера; при очувствлении пигментной бумаги применяют 2,5—5 %-ный раствор $K_2Cr_2O_7$. Раствор наносят на подложку (например, на цинковую пластину); после высушивания образуется тонкий (1,5—6 мкм) светочувствительный копирующий слой.

В этом слое под действием актиничного излучения (ближняя УФ-область спектра) протекает реакция восстановления шестивалентного хрома до трехвалентного состояния:



где *Red* — восстановитель, *Ox* — окислитель (атомарный кислород); $h\nu$ — квант лучистой энергии; kT — тепловая энергия; k — константа Бельцмана; T — температура по шкале Кельвина.

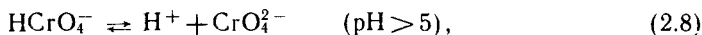
Как видно из схемы (2.5), образование трехвалентного хрома возможно под действием не только лучистой $h\nu$, но и тепловой kT энергии. Восстановителем *Red* в этой реакции служат либо сам полимер, либо примеси к нему. При использовании ПВС происходит окисление его макромолекул образующимся кислородом по схеме:



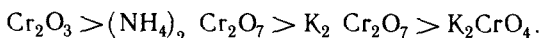
Образующийся трехвалентный хром Cr^{III} сшивает макромолекулы полимера, в результате чего уменьшается набухаемость и растворимость полимер-

ного слоя, снижается проницаемость для водных растворов и происходит задубливание слоя.

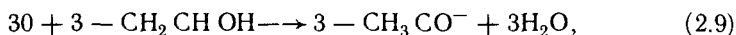
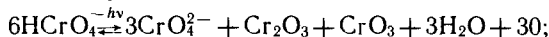
Более детально сущность процесса (2.5) заключается в следующем. Бихромат щелочного металла или аммония $K_2Cr_2O_7$ или $(NH_4)_2Cr_2O_7$ в водном растворе полностью диссоциироваи на ионы Me^+ и $Cr_2O_7^{2-}$. В результате взаимодействия анионов с водой устанавливаются равновесия:



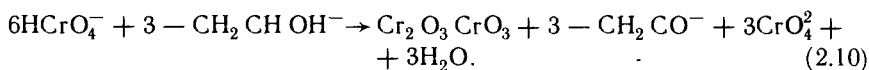
смешенные в ту или другую сторону в зависимости от pH среды. В достаточно кислой среде ($pH < 5$) практически все ионы $Cr_2O_7^{2-}$ превращены в ионы $HCrO_4^-$ (см. 2.7), но при повышении pH ($pH > 5$) иачинает преобладать реакция (2.8) и в растворе преобладают ионы CrO_4^{2-} . Между тем ионы $HCrO_4^-$ обладают заметно большей светочувствительностью, чем ионы CrO_4^{2-} ; из практики хорошо известно, что слои, очувствленные бихроматом, более светочувствительны, т. е. обладают большей скоростью задубливания, чем слои, очувствленные хроматом. Зависимость скорости реакции сшиваания от вида соединения 6-валентного хрома может быть представлена рядом:



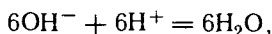
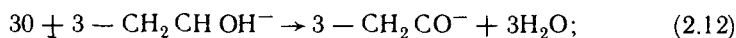
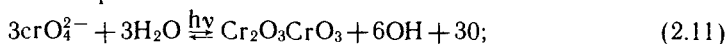
Поэтому светочувствительность слоя возрастает с увеличением его кислотности. Под действием лучистой энергии $h\nu$ ионы $HCrO_4^-$ восстанавливаются до хромихромата ($Cr_2O_3CrO_3$) и выделяют атомарный кислород, который окисляет ПВС по следующей схеме:



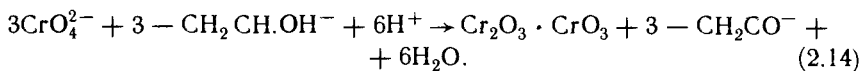
суммарно:

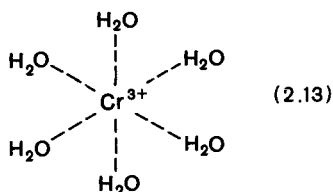


Вслед за этим и одновременно, но значительно более медленно идет фотовосстановление хромата:



суммарно:





Как видно из уравнения (2.11), в этой реакции расходуется кислота (H^+), следовательно, pH слоя возрастает, что приводит к еще большему замедлению реакции. Поэтому практически имеет значение главным образом реакция (2.10).

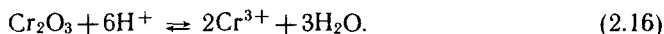
В приведенных реакциях в качестве восстановителя использовались звенья макромолекулы ПВС. Если же слой содержит не ПВС, а желатину или какой-либо другой гидрофильный полимер, то вместо (2.11) и (2.13) надо написать в общем виде:



где *Red* и *Ox* — соответственно восстановленная и окисленная форма вещества.

При фотоллизе (реакции 2.11 и 2.14) образуется хромихромат Cr_2O_3 , CrO_3 коричневого цвета (именно он придает коричневую окраску экспонированному слою). Это сложный окисел, где два атома хрома трехвалентны (в окисле Cr_2O_3) и один (в окисле CrO_3) шестивалентен (по существу, хромихромат — хромовая соль хромовой кислоты и может быть записан как Cr_2CrO_6). Наличие трехвалентного хрома и вызывает сшивание макромолекул (дублирование) полимера. Механизм этого сшивания в общих чертах заключается в следующем.

В кислой среде устанавливается равновесие:



Ионы трехвалентного хрома весьма склонны к образованию комплексных соединений, в которых они выполняют функции атомов-комплексобразователей с координационным числом 6. В частности, ионы Cr^{3+} легко вытягивают молекулы воды в координационную сферу, образуя комплексные ионы $\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$ (эти ионы существуют не только в растворе, но и в кристаллическом состоянии соответствующей соли в виде так называемой кристаллизационной воды, например $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). В координационную сферу трехвалентного хрома, однако, могут вытягиваться не только молекулы воды, но и полярные функциональные группы полимера. В случае ПВС это в первую очередь группы —ОН в исходном, —СО или —СООН в частично окисленном полимере; в случае желатины и других белков — группы —СО и —NH полипептидных связей, а также группы —NH₂, —СООН, —ОН и др. Но надо иметь в виду, что вода прочно занимает координационную сферу хрома, поэтому в водном растворе сшивание макромолекул полимера практически не происходит. Так как хром связывает полярные участки макромолекул, то полимер становится менее гидрофильным, чем до экспонирования слоя. В результате этого набухание копировального слоя в водных растворах и проницаемость через него этих растворов снижается. Таким образом копировальный слой приобретает способность защищать формный материал, на который он нанесен, от действия растворов

кислот (высокая печать) или хлорного железа (глубокая печать) или других агрессивных сред.

С увеличением экспозиции степень сшивания полимера возрастает (с этим связано градиционное травление форм глубокой печати), но в результате даже очень высокой экспозиции слой хромированного полимера не становится полностью непроницаемым для водных растворов. Поэтому в тех случаях, когда необходима максимально возможная непроницаемость слоя (например, при получении клише в высокой печати), после экспонирования и проявления пленочный рельеф подвергают специальной термо- или (и) химической обработке.

Для химической обработки предложен ряд дубящих растворов, в частности растворы хромового ангидрида CrO_3 , которые дубят слой в результате комплексобразующего действия ионов Cr^{3+} . Термообработка заключается в прогревании копии в течение 1—2 мин при 180—200 °C или 0,5—1 ч при 120—150 °C. В результате этой обработки водная проницаемость слоя становится ничтожно малой; степень сшивания макромолекул достигает наибольшей возможной величины. Механизм этого дополнительного сшивания заключается, по-видимому, в разрушении комплексов Cr^{3+} с водой, что дает возможность образования соответствующих комплексов с функциональными группами макромолекул полимера.

Практически используемая спектральная область чувствительности бихроматных слоев лежит в пределах 350—440 нм, хотя длинноволновый хвост чувствительности простирается до 510 нм, а максимум чувствительности лежит при $\lambda = 380$ нм (рис. 2.3). Как видно из рис. 2.3, при $\lambda < 350$ нм светочувствительность возрастает, но эта спектральная область не имеет практического значения для полиграфии, так как материалы, используемые при изготовлении печатных форм копированием (стекла, пленки и др.), поглощают излучение в этой области и, следовательно, не пропускают его к поверхности копируемого слоя.

Величина интегральной светочувствительности слоев хромированных полимеров зависит от ряда факторов. Она возрастает с увеличением концентрации бихромата в слое (но при концентрациях выше 25—30 % бихромат выкристаллизовывается из слоя); снижается при возрастании pH слоя

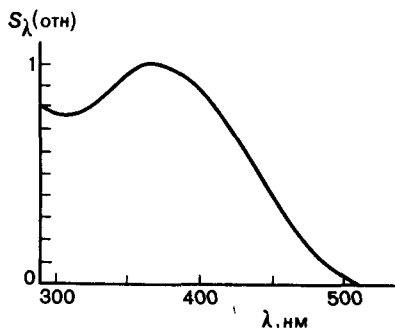


Рис. 2.3. Кривая спектральной чувствительности слоя хромированного гидрофильного полимера

(при $\text{pH} > 7$), светочувствительность резко падает, вплоть до полной потери способности к сшиванию полимера; светочувствительность возрастает с увеличением относительной влажности воздуха (но при этом резко возрастает скорость темнового дубления слоя), светочувствительность возрастает с увеличением температуры (но при этом также возрастает и скорость темнового дубления). В копировальных помещениях рекомендуется поддерживать температуру около 20°C и относительную влажность воздуха — 55—65 %. Интегральная светочувствительность хромированных слоев находится на низком уровне — около 10^{-5} — 10^{-6} ед. ГОСТ (так, при использовании хромированного слоя ПВС и освещенности поверхности стекла копировальной рамы 10—20 тыс. лк оптимальная выдержка составляет около 1 мин).

Были предприняты многочисленные попытки повысить светочувствительность хромированных полимеров. Так, например, имело практическое значение введение хлорной меди в копировальный раствор. Были выполнены опыты спектральной сенсбилизации хромированных полимеров. Так, было найдено, что в результате введения в хромированный раствор желатины слабого восстановителя (триэтаноламина) и органического красителя (бенгальского розового или родамина) светочувствительность слоя возрастает в 4—5 раз. Однако эти и многие другие способы повышения светочувствительности хромированных полимеров резко снижают сохраняемость слоев, форсируя темновое дубление, т. е. спонтанное сшивание полимера без участия света, в темноте, что быстро делает слои негодными для практической работы.

Темновое дубление — главный недостаток слоев хромированных полимеров; он затрудняет возможность готовить светочувствительные слои заранее, централизованным путем. Сущность темнового дубления заключается в том, что реакции восстановления 6-валентного хрома до 3-валентного состояния (см. формулу 2.10) могут протекать под действием не только лучистой $h\nu$, но и тепловой kT энергии окружающей среды. Скорость темнового дубления возрастает с увеличением температуры и влагосодержания слоя. Так, например, в одном из опытов было найдено, что копировальный слой, содержащий 3 % $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, при 20°C и относительной влажности воздуха 50 % сохраняется 2—3 суток, но при относительной влажности 80 % — только 2—3 ч.

Были выполнены многочисленные работы, направленные на устранение темнового дубления, в результате которых были найдены способы снижения его скорости. Так, например, было найдено, что устранение восстановителей из копировального слоя приводит к замедлению темнового дубления. Скорость темнового дубления снижается и при повышении pH слоя, например, путем нейтрализации аммиаком копировального раствора. Аналогично действует введение лимоннокислого натрия. Однако все эти способы резко снижают светочувствительность слоя (и без того малую). Это обстоятельство вполне закономерно, так как в обоих случаях, как при фотохимическом, так и при термическом процессе реакция (2.5) протекает по одному и тому же механизму.

В непосредственной связи с процессом темнового дубления находится

так называемый посткопировальный эффект — дополнительное задубливание экспонированного копировального слоя. Этот эффект сказывается особенно неблагоприятно при применении пигментной бумаги, если между процессами экспонирования бумаги и травления формы проходит слишком много времени. Для устранения этого эффекта рекомендуется добавлять к светочувствительной композиции 0,7 % раствора лимонной кислоты с последующей нейтрализацией композиции до $\text{pH}=6$. По-видимому, лимонная (а также щавелевая) кислота образует комплексы с ионами Cr^{3+} , константа комплексобразования которых больше, чем комплексов Cr^{3+} с полимером. Как было отмечено выше, введение лимонной кислоты снижает и скорость темнового дублирования. Однако литературные данные по указанному вопросу противоречивы, поэтому приходится рекомендовать промежуток времени между копированием и травлением делать как можно короче и притом всегда постоянным при постоянных температуре и влажности воздуха.

2.5. Дيازосоединения. Диазосмолы

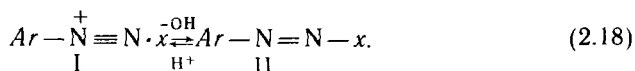
Указанные выше недостатки хромированных полимеров (в первую очередь склонность к темновому дублированию) побудили к поискам других, более совершенных копировальных слоев. Серьезные успехи в этом направлении были достигнуты при использовании в составе полимерных пленок ароматических светочувствительных диазосоединений. Изыскания вначале шли по пути замены бихроматов в гидрофильных полимерах на другие светочувствительные соединения, оказывающие на полимер при экспонировании аналогичное действие, но не вызывающие темнового дублирования слоя. На этом пути были достигнуты существенные успехи с так называемыми диазосмолами — продуктами конденсации диазониевых солей с алифатическими альдегидами. Слои на основе диазосмол не склонны к темновому дублированию, но поскольку слой состоит из гидрофильного полимера, они, подобно хромированным полимерам, в результате экспонирования не полностью утрачивают проницаемость для водных растворов. В этом отношении значительно больший интерес представляют копировальные слои на основе гидрофобных полимеров, очувствленные ортонафтохинондиазидами.

Ароматические диазосоединения в общем виде можно представить формулой

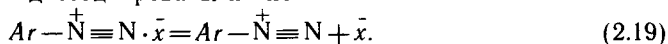


где Ar — ароматический остаток (в простейшем случае C_6H_5 —, x — остаток большей частью неорганической кислоты (например, соляной). Следовательно, простейшее диазосоединение имеет строение $\text{C}_6\text{H}_5\text{N}_2\text{Cl}$ (и здесь и в дальнейшем, употребляя термин диазосоединение, мы подразумеваем ароматическое диазосоединение).

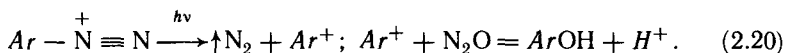
Диазосоединения существуют в двух изомерных формах, находящихся между собой в равновесии: соли диазония I и так называемые истинные диазосоединения II:



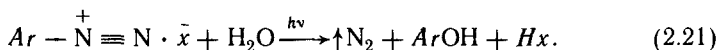
Форма диазониевой соли (I) преобладает при растворении соединения в полярных растворителях, в первую очередь — в воде (или в присутствии воды), изомерная форма (II) — при растворении в неполярных или в мало-полярных растворителях, в частности в спиртах. В кислой среде равновесие (2.18) смещено практически полностью в сторону образования диазониевой соли, в щелочной среде — в сторону образования формы (II). Диазониевые соли (подобно аммонийным солям) хорошо растворимы в воде и в водном растворе полностью диссоциированы на ионы:



Форма I, т. е. соли диазония (2.18), значительно более чувствительна, чем форма II. При действии актиничного излучения (ближняя УФ-область спектра) рвется химическая связь между $Ar-$ и $-N_2$, отщепляется свободный азот, а катион Ar^+ тотчас реагирует с водой, образуя уже не ионное, а молекулярное соединение $ArOH$:

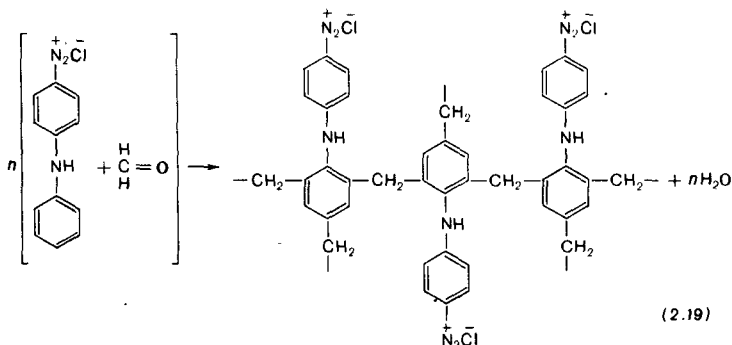


Для соли $Ar-\overset{+}{N}\equiv N \cdot \bar{x}$ суммарное уравнение фотолиза будет иметь вид

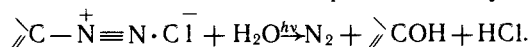


Величина энергии химической связи $Ar-\overset{+}{N}_2$ — около 280—300 кДж/моль, что соответствует энергии одного моля фотонов при $\lambda = 430\text{—}400$ нм. Это и есть длинноволновая граница светочувствительности диазониевой соли, максимум светочувствительности лежит обычно при $\lambda = 380\text{—}390$ нм.

Типичным примером диасомолы может служить продукт поликонденсации 1-диазо-4, 4-дифениламина с формальдегидом (см. 2.21). Формальдегид образует метиленовые мостики между ароматическими ядрами, в результате чего получается высокомолекулярный смоловидный продукт (образование этого продукта аналогично образованию фенолформальдегидной смолы). Этот продукт, хотя он и высокомолекулярен, легко растворим в воде из-за присутствия гидрофильных ионных диазониевых групп $\gg C-\overset{+}{N}\equiv N$. При



действии лучистой энергии протекает реакция, типичная для фотолиза диазониевых солей по гетеролитическому механизму:



В результате этой реакции, в которой гидрофильные ионные группы исчезают, диазосмола теряет растворимость в воде.

Диазосмолы указанного типа обладают достаточно хорошей темновой сохраняемостью и относительно высокой светочувствительностью. Но они сами по себе не образуют достаточно прочных пленок, поэтому рекомендуется вводить эти смолы в гидрофильные полимеры (например, в ПВС) как замену бихроматов. В этом случае они достаточно эффективны в смысле понижения растворимости полимера под действием Уф-излучения. Механизм этого снижения растворимости полимера еще недостаточно ясен. По этому вопросу существуют два основных мнения. Согласно первому, диазосмола образует пространственную высокомолекулярную сетку, в которой механически задерживаются макромолекулы гидрофильного полимера. Согласно второму мнению, смола химически реагирует с функциональными группами ($-\text{OH}$, $-\text{NH}$ и т. п.) полимера, образуя единую пространственную сетку. В действительности, по-видимому, имеют значение оба фактора.

Копировальные слои на основе диазосмол находят широкое применение в полиграфии; они используются, в частности, в предварительно чувствленных пластинах для получения биметаллических форм офсетной печати (см. главу 3).

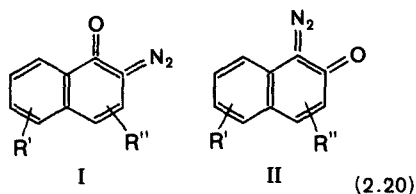
2.6. Копировальные слои на основе о-нафтохинондиазидов

Ортенафтохинондиазиды (ОНХД) находят широкое применение в составе копировальных слоев в полиграфии и фоторезистов, при изготовлении микросхем в микроэлектронике. Причина такой популярности заключается в их высоких достоинствах: отсутствии темнового дубления, достаточно высокой светочувствительности, высокой устойчивости к агрессивным воздействиям (защитная пленка практически непроницаема для кислых травящих растворов), высокой разрешающей способности (что особенно важно при получении печатных плат в микроэлектронике), хорошей адгезии к металлам. Этот комплекс ценных свойств позволяет выпускать в централизованном порядке предварительно чувствленные пластины (алюминиевые для получения монометаллических и медные — для биметаллических форм в офсетной печати).

Копировальные слои на основе ОНХД работают позитивно, т. е. воздействие лучистой энергии приводит к увеличению растворимости экспонированных участков слоя. В состав копировального слоя входят: пленкообразующий полимер, ОНХД и органический растворитель. Для проявления, т. е. для вымывания экспонированных участков слоя служат щелочные водные растворы (гидрофобная поверхность слоя под действием лучистой энергии становится гидрофильной). Полученный в результате проявления пленочный

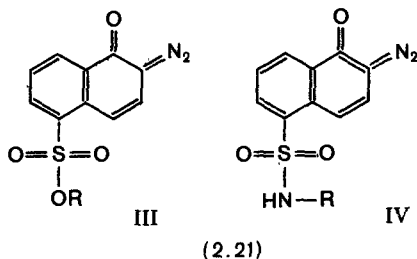
рельеф (копию) подвергают термообработке для повышения защитных свойств рельефа.

Ортонифтохинондиазиды могут существовать в двух изомерных формах: 1,2 — нафтохинондиазид (I) и 2,1 — нафтохинондиазид (II).



В копируемых слоях применяют 1,2-нафтохинондиазиды, так как они более светочувствительны, чем 2,1-нафтохинондиазиды (так, например, квантовый выход фотолиза соединения I при $\lambda = 365$ нм — около 1,0, а соединения II при тех же условиях — около 0,6).

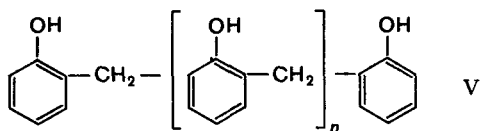
Ортонифтохинондиазиды, рекомендованные для копируемых слоев, большей частью представляют собой эфиры (III) или амиды IV сульфокислот (см. 2.21). От природы заместителя — OR или —NHR в значительной степени зависят такие свойства копируемого слоя, как светочувствительность, проявляемость



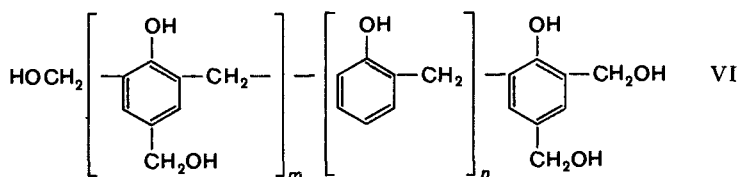
в водных щелочных растворах, адгезия к металлу, защитные свойства копии.

ОНХД даже относительно сложного строения не образуют полимерной пленки, поэтому их вводят в какой-либо полимер или химически сшивают с макромолекулами полимера.

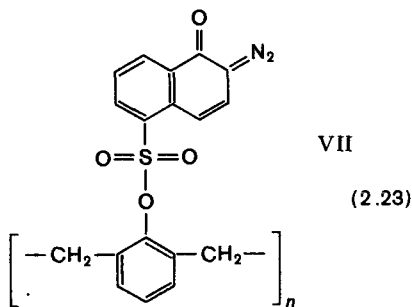
Выбор пленкообразующего полимера ограничивается тем, что он должен хорошо растворяться в водных щелочных растворах. Кроме того, он должен обладать хорошей растворимостью в растворителях для ОНХД, совместимостью с ОНХД в широком диапазоне концентраций, он должен легко удаляться с подложки вместе с продуктами фотолиза ОНХД при проявлении копии. Указанным условиям удовлетворяют фенолформальдегидные смолы — новолачные (V) и резольные (VI).



(2.22)



В копируемых слоях широкое применение находит диазопродукт, получаемый в результате реакции нафтохинондиазидсульфохлорида с новолачной смолой. Звено полимера с молекулой ОНХД имеет строение (VII) (см. 2.29), где $n=2-5$.



Опыт показывает, что если в новолачной смоле все фенольные атомы водорода замещены на диазогруппу, то адгезия такого продукта к металлической подложке совершенно недостаточна. Поэтому практическое применение имеют продукты частичной этерификации новолачной смолы. Технологические свойства диазопродукта улучшаются при бромировании новолачной смолы.

Практически применяемые диазопродукты — олигомеры не образуют достаточно хороших прочных пленок. Поэтому в светочувствительную композицию вводят дополнительное количество новолачной или резольной смолы. Новолачную смолу надо вводить в количестве 1,5—1,7 вес. частей на 1 вес. часть диазопродукта. Если же вводят одновременно и новолачную, и резольную смолы, их общее содержание должно составлять 2 вес. части на 1 вес. часть диазопродукта. Вместо резольной смолы в копируемый слой могут быть введены эпоксифенольные и эпоксидные смолы.

Весьма важная составная часть светочувствительной композиции — растворитель (см. 2. 2). В светочувствительных композициях на основе ОНХД используют в копируемых слоях смесь нескольких растворителей,

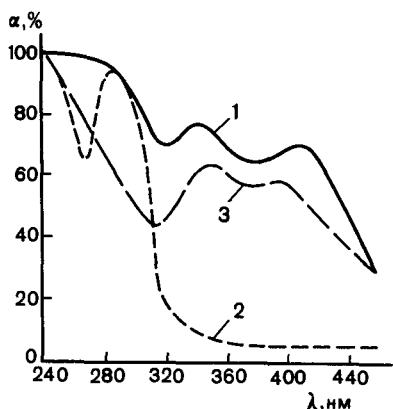


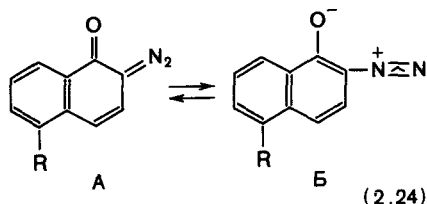
Рис. 2.4. Спектральные кривые поглощения α позитивного копировального слоя и его составных частей: 1 — копировальный слой; 2 — новолачная смола; 3 — о-нафтохинондиазид

например смесь диметилформамида с этилцеллозольвом и ацетоном (или этилацетатом), а в фоторезистах — диоксан.

Копировальные слои на основе ОНХД поглощают лучистую энергию в ближней Уф-области спектра. Кривая поглощения (рис. 2. 4) складывается из поглощения новолачной смолы (максимум поглощения $\lambda = 240\text{—}280$ нм) и поглощения диазопродукта (два максимума при $\lambda = 340\text{—}360$ нм и $390\text{—}410$ нм). Интегральная светочувствительность лежит на уровне $10\text{—}20 \text{ см}^2 \cdot \text{Дж}^{-1}$; разрешающая способность очень высока (около 400 мм^{-1}).

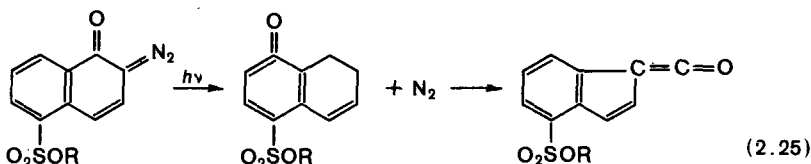
Ортонафтохинондиазиды существуют в виде двух равновесных структур, т. е. в виде молекулярной

хиноидной структуры (А) и в виде структуры диазониевой соли (Б).

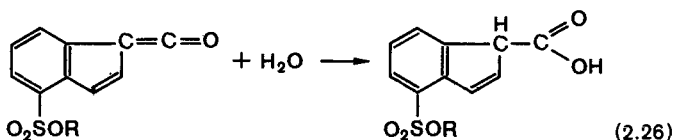


С увеличением полярности среды равновесие смещается в сторону ионной структуры (Б), в том же направлении действует увеличение кислотности среды. Мы уже видели (2.5), что энергия связи $\geq \text{C}-\text{N}_2^+$ в диазониевой соли — около $280\text{—}300 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$; а энергия связи $> \text{S}=\text{N}_2$ в хиноидной структуре ОНХД — около $600 \text{ кДж} \cdot \text{моль}^{-1}$. Из того, что длинноволновая граница светочувствительности копировальных слоев на основе ОНХД лежит при $\lambda \approx 430 \text{ нм}$, следует, что в процессе экспонирования фотолиту подвергается ионная форма (Б).

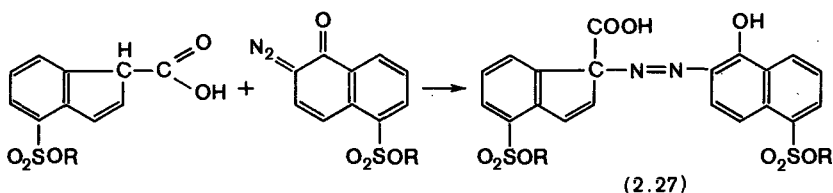
Фотолиз диазопродукта можно представить следующей схемой (опуская промежуточные стадии процесса):



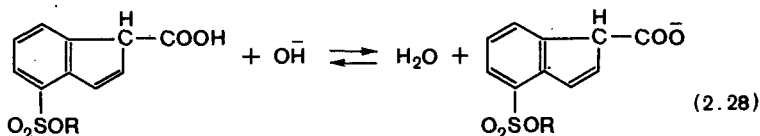
Как видно из схемы, в результате поглощения лучистой энергии от молекулы ОНХД отщепляется азот и образуется бирадикал (инденкарбен), который очень неустойчив и тотчас превращается в инденкетен. Но двойная связь $>C=C$ между атомами углерода в молекуле инденкетена легко раскрывается и при наличии влаги инденкетен превращается в инденкарбоновую кислоту:



Часть молекул инденкарбоновой кислоты реагирует с неразложившимися молекулами диазопродукта, образуя азокраситель малинового цвета:



С увеличением экспозиции выход красителя снижается. В то время как диазопродукт и копируемый слой в целом гидрофобны и не растворяются в воде, экспонированные участки слоя в результате образования инденкарбоновой кислоты приобретают способность к растворению в воде. Но в чистой воде или в нейтральных водных растворах ($\text{pH}=7$) растворение идет очень медленно. Это объясняется тем, что инденкарбоновая кислота — очень слабый электролит и в нейтральной среде находится в основном в молекулярном, а не ионном состоянии. Понятно, что щелочная среда ($\text{pH}>7$) водного раствора смещает равновесие электролитической диссоциации кислоты в сторону образования ионной формы, т. е. в сторону увеличения ее растворимости. Кроме того, прояви-



тель (водно-щелочной раствор) растворяет на облученных участках новолачную смолу (новолачная смола, как и другие фенолформальдегидные смолы, — слабая кислота и диссоциация ее, а следовательно, и растворимость возрастают с увеличением щелочности раствора). Кроме непосредственного растворения новолачной смолы, водно-щелочной раствор снижает адгезию смолы к металлической подложке, и пленка на облученных участках отделяется от подложки. На неэкспонированных участках новолач-

ная смола защищена молекулами диазопродукта и поэтому вымывается проявителем очень медленно.

Для проявления копий на основе ОНХД применяют обычно водно-щелочные растворы с pH от 12 до 13. Всего чаще используют 2—5%-ные растворы трехзамещенного фосфата натрия Na_3PO_4 или 0,2—0,5%-ные растворы едкой щелочи (обычно NaOH). В проявляющий раствор иногда добавляют глицерин для лучшего смачивания поверхности слоя. При проявлении офсетных форм используют 1—2%-ные растворы силиката натрия Na_2SiO_3 . Проявление проводят при комнатной температуре.

Избирательность проявления W (см. 2. 2) зависит от состава как проявляемого слоя, так и проявителя (табл. 2. 2).

2.2. Избирательность проявления

Проявитель	$t_{\text{пр}}, ^\circ\text{C}$	$t_{\text{крит}}, ^\circ\text{C}$	W
Na_2SiO_3	15	300	20
Na_3PO_4	20	200	10
NaOH	10	90	9

В табл. 2. 2. $t_{\text{пр}}$ — используемая продолжительность проявления, $t_{\text{крит}}$ — продолжительность проявления, при которой начинается разрушение неэкспонированных участков слоя.

Слой на основе ОНХД при комнатной температуре устойчивы, но при более высоких температурах в них начинаются процессы термоллиза. Методами ИК-спектроскопии показано, что термоллиз, как и фотолиз (уравнение 2. 25), ведет к образованию инденкетена, который в присутствии влаги превращается в инденкарбоновую кислоту (2. 26), а при отсутствии ее склонен к димеризации.

Скорость термоллиза существенно зависит и от температуры, и от состава диазопродукта (для некоторых из них термоллиз становится ощутимым уже при 50—60°C). Практически используемые слои устойчивы при температурах до 115°C. При более высоких температурах происходит термоллиз с выделением азота. Получающийся инденкетен частично подвергается димеризации, а частично реагирует с новолачной смолой, образуя эфирные связи. Инденкарбоновые кислоты, полученные при фотолизе в присутствии небольшого количества влаги, декарбоксилируются, что также ведет к образованию сшитой структуры полимера. При температурах выше 130—150°C происходит сшивание полимера и образование пространственной структуры пленки копировального слоя, что приводит к существенному снижению его растворимости. При температурах выше 280°C полимер разлагается с выделением низкомолекулярных сублимирующихся продуктов.

Указанные отношения определяют температуры сушки и термообработки копий на основе ОНХД. При высушивании слоя должен испариться растворитель, но не должно происходить сшивания полимера, поэтому слои сушат при 70—100°C. Термообработка, напротив, должна укрепить защитные свойства пленки путем дальнейшего сшивания полимера, что достигается при умеренном термоллизе, поэтому термообработку проводят обычно при 150—230°C.

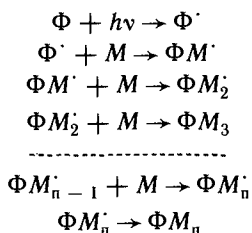
Копировальные слои на основе ОНХД образуют на поверхности формного материала эффективные защитные пленки с весьма высокой кислотостойкостью. Они практически непроницаемы для кислых травящих растворов, но заметно проницаемы для щелочных растворов, так как фенолформальдегидные смолы, лежащие в основе полимерных пленок этих слоев, обладают кислотными свойствами.

2.7. Фотополимеризация. Копировальные слои на основе фотополимеризующихся композиций

В слоях данного типа под действием лучистой энергии протекают реакции фотополимеризации, приводящие к потере слоев растворимости в проявляющих растворах. Фотополимеризующиеся композиции широко применяют при изготовлении фотополимерных печатных форм ФПФ высокой печати (см. главу 4). Ряд фотополимеризующихся композиций используется в составе копировальных слоев при изготовлении форм высокой, офсетной и трафаретной печати, а также для изготовления печатных плат.

Фотополимеризация — цепная химическая реакция, в результате которой молекулы мономера M или олигомера объединяются в крупные макромолекулы M_n полимера. Процесс фотополимеризации протекает в три стадии: 1) фотохимическая реакция образования активного центра, при которой молекула мономера в результате поглощения кванта лучистой энергии переходит в возбужденное состояние (в большинстве случаев — свободнорадикальное состояние M^*); 2) темновые реакции зарождения и роста цепи — мономер превращается в димер $M^* + M \rightarrow M_2^*$, в тример M_3 и т. д., но энергия возбуждения при этом не рассеивается; 3) обрыв цепи в результате потери энергии возбуждения и получение конечного продукта M_n .

Практически используемые мономеры или олигомеры поглощают лучистую энергию, как правило, в УФ-области при $\lambda \leq 320$ нм. Но работать в этой области спектра чрезвычайно неудобно, так как стекло и полимерные материалы, используемые в копировальных процессах, непрозрачны при $\lambda < 320$ нм. Поэтому для возбуждения реакции фотополимеризации используют так называемые фотoinициаторы Φ -молекулы некоторых органических соединений, возбуждаемые лучистой энергией ближней УФ-области ($\lambda \approx 350\text{—}390$ нм). В соответствии с этим схема фотoinицированной радикальной полимеризации может быть представлена следующим образом:



Возбуждение молекулы фотoinициатора

Образование активного центра

Образование димера

Образование тримера

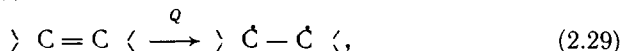
} Зарождение и развитие цепи (2.22) — (2.28)

Обрыв цепи, образование конечного продукта

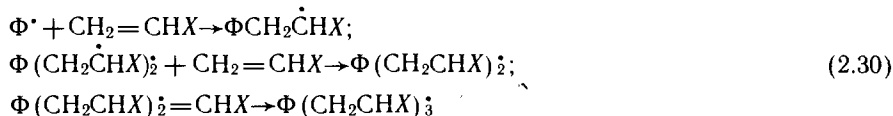
Процесс начинается с поглощения кванта лучистой энергии молекулой фотонициатора Φ и перехода ее в возбужденное (свободнорадикальное) состояние Φ^* . Далее происходит передача энергии возбуждения молекуле мономера или олигомера по схеме спектрально-сенсibilизированной реакции $\Phi^* + M \rightarrow \Phi + M^*$ или в результате присоединения фотонициатора к молекуле мономера (см. схему 2. 29), после чего идет зарождение и развитие цепи.

Самые медленные (наименьшая вероятность, наибольшая энергия активации) из приведенных реакций — возбуждение фотонициатора и образование активного центра. Рост цепи требует лишь малой энергии, идет с выделением тепла (экзотермическая реакция) и с большой скоростью. Длина реакционной цепи зависит от соотношения скоростей роста и обрыва цепи. Понятно, что чем больше это соотношение, тем больше молекулярная масса конечного продукта — полимера.

Свободнорадикальное состояние молекул мономера и продуктов полимеризации обусловлено в большинстве случаев раскрытием двойной связи между атомами углерода:

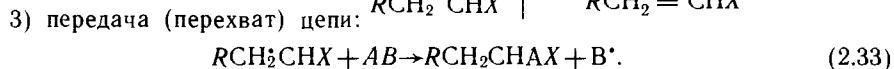
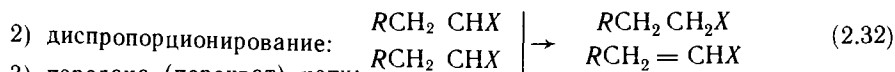
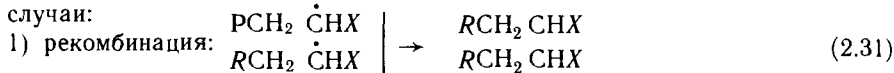


где Q — энергия. Взяв в качестве мономера винильное производное общей формулы $\text{CH}_2 = \text{CHX}$, где X — водород, галоген или остаток органической молекулы (известны многие винильные полимеры, например ПВХ, полианилхлорид, поливинилацетат и др.), схему реакций полимеризации можно представить в следующем виде:



и т. д., вплоть до обрыва цепи.

Обрыв цепи может протекать по разным механизмам, наиболее типичны случаи:



Если радикал B^* активен, он начинает новую цепь $\text{B}^* + \text{CH}_2 = \text{CHX} \rightarrow \text{BCH}_2 - \dot{\text{C}}\text{HX}$ и т. д., но зачастую радикал малоактивен, новую цепь не начинает, а старая цепь обрывается; в этом случае вещество AB — ингибитор.

В состав фотополимеризующихся композиций как неперменные составные части входят: несветочувствительный полимер, сшивающий мономер или олигомер, фотонициатор, ингибитор полимеризации, растворитель. После того

как раствор этих ингредиентов нанесен на подложку, большая часть растворителя испаряется, образуя пленочный слой, а остаточное количество растворителя пластифицирует пленку. При экспонировании этого слоя в нем протекают реакции фотополимеризации; указанные составные части композиции выполняют следующие функции.

Несветочувствительный полимер образует пленку, в которой распределены все остальные составные части композиции. Его свойства определяют такие технологические характеристики светочувствительного слоя, как растворимость, эластичность, устойчивость к агрессивным средам, адгезия к подложке. Мономер (или олигомер) подвергается полимеризации по вышеприведенным схемам. Обычно используют мономеры (или олигомеры), содержащие в молекуле не менее двух этиленовых групп >C=CH_2 . Такие соединения весьма склонны к полимеризации, в результате которой образуются нерастворимые пространственные сетки полимера. Несветочувствительный полимер теряет растворимость на облученных участках в результате механического включения его макромолекул в пространственную сетку заполимеризованного полимера и в результате химического взаимодействия с радикалами мономера. Фотоинициатор поглощает лучистую энергию и образует активный центр, начинающий полимеризационную цепь. От природы фотоинициатора зависит спектральная и интегральная светочувствительность полимеризующейся системы. Ингибитор обеспечивает стабильность полимерных пленок при хранении, так как он тормозит полимеризацию (при хранении неизбежно протекает с той или иной скоростью термический процесс полимеризации), а при экспонировании слоя ингибитор предотвращает полимеризацию неэкспонированных участков. Для предохранения слоя от термоокислительной деструкции полимеров в композицию добавляют обычно стабилизатор (органический восстановитель). Функции ингибитора и стабилизатора может выполнять одно и то же вещество (например, гидроксинафтол).

В качестве **сшивающих мономеров** или олигомеров применяют обычно соединения, содержащие не менее двух этиленовых групп. К таким соединениям относятся эфироакрилаты — ди-, три- и тетраметакрилаты или полиакрилаты многоатомных спиртов. Используемые для этих целей спирты являются олигомерами, их молекула состоит из 2—5 повторяющихся звеньев, например триэтиленгликоль $\text{HO}-(\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_3\text{H}$. Поэтому такие эфиракрилаты называют олигоэфиракрилатами.

Олигоэфиракрилаты, применяемые в фотополимеризующихся композициях, должны легко полимеризоваться с образованием трехмерной структуры, причем усадка слоя должна быть как можно меньше. Опыт показывает, что с увеличением расстояния между функциональными этиленовыми группами возрастает скорость полимеризации и уменьшается усадка. Этим объясняется то обстоятельство, что в качестве сшивающих мономеров (олигомеров) используют только олигоэфиракрилаты с относительно большим числом повторяющихся звеньев (не менее трех). Примерами таких соединений могут служить:

- 1) триэтиленгликольдиметакрилат (эфир ТГМ-3)

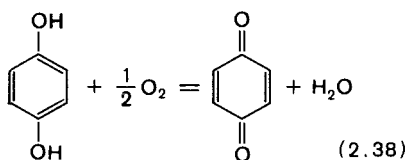

$$\begin{array}{c}
 \text{O} \\
 || \\
 \text{C}_6\text{H}_4 - \text{C} - \text{O} - (\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_2 - \text{C} - \overset{\text{CH}_3}{\underset{|}{\text{C}}} = \text{CH}_2 \\
 | \\
 \text{C} - \text{O} - (\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O})_2 - \text{C} - \overset{\text{O}}{\underset{||}{\text{C}}} - \text{C} = \text{CH}_2 \\
 || \\
 \text{O}
 \end{array}
 \quad (2.35)$$
$$\text{C}_6\text{H}_5-\text{C}(=\text{O})\cdots\text{HO}-\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_5 \xrightarrow{h\nu} \text{C}_6\text{H}_5-\text{C}(=\text{O})\cdot + \cdot\text{CH}(\text{OH})-\text{C}_6\text{H}_5$$

(2.36)

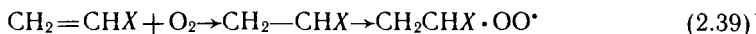
$$\text{C}_6\text{H}_2\text{O}_2 + \text{R}\dot{\text{C}}\text{H}_2\dot{\text{C}}\text{Hx} \longrightarrow \text{RCH=CHx} + \text{C}_6\text{H}_3\text{O}_2\text{OH} \quad (2.37)$$
$$(2.37)$$

В результате этой реакции исчезает активный радикал RCH_2CHX и образуется другой свободный радикал — семихинон. Но семихинон вследствие эффекта сопряжения двойных связей — малоактивный радикал, он обрывает прежнюю, но не может начать новую цепь полимеризации.

В полимеризующиеся смеси хинон как таковой обычно не вводят, так как в ничтожных концентрациях он будет быстро израсходован, а в относительно больших концентрациях полностью остановит полимеризацию. Очевидно, требуется каким-то образом забуферить малую концентрацию хинона в слое. Это достигается путем введения в композицию веществ, которые при взаимодействии с кислородом воздуха образуют хиноны (гидрохинон, пирокатехин, диоксинафталин, антрацен и т. п.). Чаще всего используется гидрохинон.



Кислород воздуха может быть как ингибитором, так и инициатором полимеризации, в зависимости от состава композиции и некоторых других условий. Кислород образует с мономерами перекиси, которые могут распадаться с образованием свободных перекисных радикалов (2.39). Такие



радикалы могут образовываться и при взаимодействии кислорода со свободными радикалами полимеризующейся системы $R \cdot + \text{O}_2 \rightarrow \text{ROO} \cdot$. Если образовавшиеся радикалы малоактивны, кислород играет роль ингибитора (это наиболее частый случай). Если же радикалы высокоактивны, кислород служит иницированием полимеризации.

Несветочувствительные полимеры, применяемые в фотополимеризующихся композициях, — это могут быть: 1) смешанные полиамиды, растворимые в воде, и другие полимеры 2) сополимеры метакриловой кислоты с алкилметакрилатами.

Полиамиды — полимеры, содержащие в составе макромолекул повторяющиеся амидные группы — $\text{C}-\text{N}-$ (полимеры с боковыми амидными



группами — $\text{CO} \cdot \text{NH}_2$). Например, полиакриламид к полиамамдам обычно не относят.

Различают однородные и смешанные полиамиды. Если макромолекула полиамида построена из одинаковых звеньев, то такой полиамид называют однородным (или гомополиамидом), а если из разных звеньев, то смешанным. По сравнению с однородными смешанные полиамиды лучше раст-

воряются, более эластичны, дают пленку более высокого качества. Для светочувствительных композиций используют только смешанные полиамиды.

Примером смешанного полиамида, растворимого в воде, может служить продукт совместной поликонденсации адипиновой кислоты $\text{HOOC}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$, гексаметилендиамина $\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2$, этилендигликолевой кислоты $\text{HOOC}(\text{CH}_2\text{O})_2\text{CH}_2\text{COOH}$ и пиперазина $\text{HN}(\text{CH}_2)_4\text{NH}$. Этот полиамид применяется в светочувствительных композициях в сочетании с N_1N -метиленабисакриламидом — водорастворимым сшивающим мономером.

Представляют интерес также спирторастворимые смешанные полиамидные смолы, промышленно выпускаемые полиамиды № 54, 548, С6, ПФЭ2/10 и другие, используемые в сочетании с полиэфиракрилатами. Такие композиции наносят на подложку их спиртового раствора, а для проявления используют 20%-ный раствор роданида аммония в 60%-ном растворе спирта.

Сополимеры метакриловой кислоты МАК и метилметакрилата ММА находят применение при получении копировальных слоев и фоторезистов. Свойства сополимера зависят от соотношения в нем МАК и ММА. Сополимер МАК обладает высокой устойчивостью к кислым травящим растворам. Поэтому с увеличением концентрации МАК в сополимере кислотостойкость защитных пленок возрастает. Однако щелочность снижается, что сказывается на меньшей устойчивости запечатываемого рельефа в проявителе. Адгезия к металлическим подложкам возрастает с увеличением содержания МАК. Оптимальным принято считать содержание 25—40% МАК. Сополимеры хорошо растворимы в кетонах, спиртах, эфирах, водно-щелочных растворах и хорошо совмещаются с олигоэфиракрилатами (например, с эфиром ТГМ-3). При воздействии на полимер раствора щелочей в полимере образуются ионные группы (по схеме $\text{R COOH} + \text{OH}^- = \text{R COO}^- + \text{H}_2\text{O}$) аналогично воздействию щелочного раствора на инденкарбоновую кислоту (см. 2, 6, формулу 2.28, в результате чего копии на таких композициях хорошо проявляются в щелочных водных растворах).

Примером отечественных фотополимеризующихся копировальных слоев могут служить слои на основе сополимера метакрил-254, разработанные в УНИИППе. Эти слои обладают относительно высокой светочувствительностью, высокой кислотостойкостью и тиражестойкостью (свыше 100 тыс. оттисков). Эти слои пригодны для централизованного изготовления предварительно очувствленных пластин как для высокой, так и для офсетной плоской печати. Следует отметить также слои ФПК-4 для предварительно очувствленных неметаллических офсетных формных пластин, разработанные во ВНИИ полиграфии. Эти слои изготавливаются из светочувствительной композиции, содержащей сополимер стирола с малеиновым ангидридом, сшивающие агенты (триакрилатпентаэритрит или триметиленпропан), фотонициатор (бензофенон и кетон Михлера). Печатные формы, получаемые с использованием ФПК-4, характеризуются тиражестойкостью свыше 100 тыс. оттисков. Следует указать и слои, разработанные во ВНИИХимпроекте на основе сополимера стирола, малеинового ангидрида и метакриловой кислоты, с использованием полимеризационно способных олигомеров и изобутилового эфира бензойна в качестве фотонициатора. Тиражестойкость слоев — до 300 тыс. оттисков. Для проявления всех перечислен-

ных слоев используют слабощелочные водные растворы. Разрешающая способность этих слоев лежит на уровне $200\text{--}300\text{ см}^{-1}$.

2.8. Определение сенситометрических характеристик копировальных слоев

Условия проведения копировального процесса в значительной степени определяются технологическими, в первую очередь сенситометрическими характеристиками копировальных слоев. Сенситометрические свойства любого светочувствительного слоя, предназначенного для регистрации оптической информации, могут быть выражены совокупностью следующих величин; интегральная светочувствительность S , коэффициент контрастности γ , градиент g характеристической кривой, спектральная чувствительность S_λ , разрешающая способность R или частотно-контрастная характеристика (ЧКХ). Если слои предназначены для воспроизведения штриховых или растровых изображений, то к этому перечню надо добавить еще и выделяющую способность.

Если различным участкам копировального слоя сообщить закономерные возрастающие экспозиции H , а затем, после проявления и высушивания слоя, измерить толщины h этих участков, то результат можно представить графически, построив характеристическую кривую $h=f(\lg H)$. На рис. 2.5 в виде примера представлены типичные характеристические кривые негативного 1 и позитивного 2 копировальных слоев, на рис. 2.6 — способ определения фотографической широты L .

Если проявленный слой во всей своей массе содержит какой-то гомогенно-распределенный краситель, поглощение которого следует закону Бугера — Ламберта — Бэра, то, измерив оптические плотности D рельефа, можно построить характеристическую кривую в обычных, принятых в фотографии координатах $D=f(\lg H)$. Форма характеристической кривой при этом не изменится, так как оптическая плотность пропорциональна толщине слоя $D \simeq k \cdot h$. Измерение оптической плотности проще, чем измерение толщины слоя, но для практической работы имеют значение не оптические плотности, а толщины защитной пленки на поверхности формного материала.

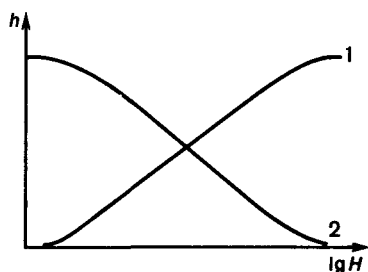


Рис. 2.5. Характеристические кривые негативного 1 и позитивного 2 копировальных слоев

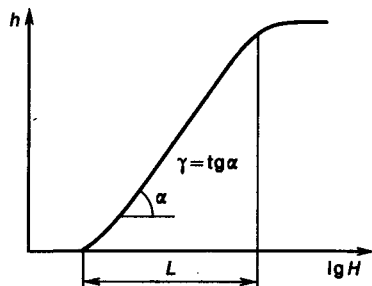


Рис. 2.6. Определение фотографической широты копировального слоя

Кроме того, прокрашивание полимерного рельефа в ряде случаев может оказаться неравномерным и затруднительным, а переходный коэффициент k — величиной переменной. Поэтому более предпочтительно пользоваться кривой $h=f(lgH)$, а не $D=f(lgH)$.

Характеристическая кривая копировального слоя, как и в фотографии, дает возможность определить основные сенситометрические величины. Интегральная светочувствительность S может быть определена при любом заданном критерии чувствительности, т. е. при любой заданной (критериальной) толщине слоя. Светочувствительность S — величина, обратная экспозиции, при которой достигается заданная толщина слоя.

$$S = \frac{k}{H_{кр}}, \quad (2.40)$$

где k — условно выбранный коэффициент пропорциональности (в простейшем случае $k=1$). Коэффициент контрастности γ выражает прирост (для негативного слоя) или убыль (для позитивного слоя) толщины слоя с увеличением логарифма экспозиции в пределах прямолинейного участка кривой:

$$\gamma = \pm \frac{\Delta h}{\Delta lgH}; \quad (2.41)$$

градиент g характеризует крутизну кривой в любой заданной точке

$$g = \pm \frac{dh}{d lgH}. \quad (2.42)$$

За критерий чувствительности всего естественнее, казалось бы, выбрать наименьшее изменение h под действием экспозиции. Соответствующая величина S выражает пороговую чувствительность слоя. Но, как и в фотографии, определение пороговой чувствительности не дает хорошо воспроизводимых результатов и лишь приблизительно указывает свойства слоя в практической работе. Поэтому за критерий чувствительности выбирают некоторую практически используемую, не слишком малую высоту рельефа.

При построении характеристической кривой существенное значение имеет способ выражения экспозиции H и способ измерения высоты h рельефа.

В фотографии, где используемые слои чувствительны к видимой зоне спектра, правомерно и удобно выражать экспозицию в люкс·секундах; размерность светочувствительности в этом случае будет $[S]=(лк \cdot с)^{-1}$. Но копировальные слои чувствительны в основном к УФ зоне спектра и выражать их светочувствительность в обратных люкс·секундах, по существу, неправомерно, поэтому получаемые величины S очень условны. В этом случае единственно правильный способ (справедливый и для слоев, чувствительных к видимой зоне спектра) — выражение экспозиции в энергетических единицах, т. е. количеством лучистой энергии, получаемой единицей поверхности слоя. Количество лучистой энергии выражают обычно в Джоулях, а за единицу поверхности берут $1 м^2$ или $1 см^2$ ($1 м^2 = 10^4 \cdot см^2$). Следовательно, размерность экспозиции $[H]=Дж \cdot м^{-2}$ или $Дж \cdot см^{-2}$, а размерность светочувствительности

$$[S] = \frac{\text{м}^2}{\text{Дж}} \text{ или } \frac{\text{см}^2}{\text{Дж}} \quad (2.43)$$

(понятно, что $S(\text{см}^2 \cdot \text{Дж}^{-1}) = 10^4 S(\text{м}^2 \cdot \text{Дж}^{-1})$; в настоящем пособии светочувствительность выражена в единицах $\text{см}^2 \cdot \text{Дж}^{-1}$).

Пересчет величин светочувствительности $S(\text{см}^2 \cdot \text{Дж}^{-1})$, выраженной в энергетических единицах, в единицы ГОСТ ($\text{лк}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$) основан на следующих соотношениях.

Световой поток F_λ в люменах связан с лучистым потоком Φ_λ , выраженным в энергетических единицах, соотношением:

$$F_\lambda (\text{лм}) = a \int_{400}^{700} \Phi_\lambda : v_\lambda, \quad (2.44)$$

где V_λ — зависимость от λ спектральной чувствительности глаза (кривая видности). Функция Φ_λ , т. е. распределение энергии по длинам волн в лучистом потоке, зависит от цветовой температуры потока. При максимуме видности ($\lambda = 555 \text{ нм}$) $V_\lambda = 1$; для монохроматического света $d\lambda = 1$, следовательно:

$$F_\lambda (\text{лм}) = a \Phi_{\lambda=555 \text{ нм}}. \quad (2.45)$$

Опытным путем найдено, что при этих условиях

$$1 \text{ лм} \sim 1,6 \cdot 10^{-3}, \text{ Дж} \cdot \text{с}^{-1}. \quad (2.46)$$

Следовательно:

$$1 \text{ лк} = \frac{1 \text{ лм}}{\text{м}^2} = 1,6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}} = 1,6 \cdot 10^{-7}, \frac{\text{Дж}}{\text{см}^2 \cdot \text{с}}, \quad (2.47)$$

т. е. если на наш глаз действует желтый монохроматический свет при $\lambda = 555 \text{ нм}$ такой интенсивности, что на 1 см^2 каждую секунду приходится $1,6 \cdot 10^{-7} \text{ Дж}$, это эквивалентно освещенности, равной 1 лк. Следовательно,

$$1 \text{ ед. ГОСТ} = \frac{1}{\text{лк} \cdot \text{с}} = \frac{10^7}{1,6} = 0,625 \cdot 10^7 \frac{\text{см}^2}{\text{Дж}}. \text{ Обычно принимают округленно}$$

$$1 \text{ ед. ГОСТ} \simeq 10^7 \frac{\text{см}^2}{\text{Дж}}.$$

Понятно, что такой перерасчет не имеет смысла, если слой используется при действии УФ-излучения ($\lambda < 400 \text{ нм}$), в этом случае $V_\lambda = 0$ и, следовательно, $F_\lambda (\text{лм}) = 0$. Но и в том случае, когда слой чувствителен не только в УФ, но частично и к видимой зоне спектра и лучистый поток включает излучение видимой зоны, такой пересчет имеет очень условный характер, так как не принимается во внимание выражение (2.44). Но в практической работе освещенность слоя или стекла копировальной рамы выражают обычно в люксах, что допустимо в силу следующих обстоятельств.

Применяемые в копировальном процессе источники света (металлогалогенные, ксеноновые лампы и др.) излучают как УФ, так и видимый свет, причем на долю видимого излучения приходится определенная доля от общего излучения, зависящая от типа лампы и напряжения, подаваемого на лампу. Поэтому, работая с определенным типом лампы при постоянном напряжении, можно измерить освещенность в люксах и опытным

путем подобрать оптимальную экспозицию. При изменении расстояния или других параметров (например, средней прозрачности фотоформы) в этих условиях указанная освещенность позволит надежно ориентироваться при выборе экспозиции. В практических условиях иногда бывает достаточно указать тип лампы и расстояние от нее до слоя.

Измерение энергетической освещенности в плоскости копировального слоя не представляет принципиальной трудности, для этой цели пригодны такие сравнительно простые и доступные приборы, как термостолбик.

Надежное определение толщины проявленного слоя, напротив, представляет серьезные трудности. Для этих целей были предложены многие методы (обзор этих методов см., например, в книге Н. Н. Полянского и З. П. Гамазиной). Наиболее надежные результаты (без разрушения слоя) дают: 1) измерение электрической емкости слоя (измерение возможно лишь при том условии, что слой нанесен на проводящую подложку, например на металл); 2) измерение высоты рельефа на профилограмме и 3) измерение при помощи интерференционного микроскопа Лииника (точность измерения — около 0,03 мкм).

При определении сенситометрических характеристик экспонирование исследуемого слоя целесообразно проводить от того источника излучения, который будет использован в практической работе.

На практике для определения светочувствительности S копировального слоя его обычно экспонируют под ступенчатым оптическим клином (константа клина 0,15) под так называемой сенситометрической полутонной шкалой СПШ и проявляют в условиях производственного режима. На копии находят поле, приобретшее или сохранившее рабочие свойства, и определяют, под какой оптической плотностью клина СПШ это поле находилось при экспонировании. Величину светочувствительности S вычисляют по формуле

$$S = \frac{k}{H_D} = \frac{k}{E \cdot t}, (\text{лк} \cdot \text{с})^{-1}, \quad (2.48)$$

где k — коэффициент пропорциональности, H_D — экспозиция, полученная слоем под ступенью клина, оптическая плотность которой равна D , E — освещенность слоя под этой ступенью, лк, t — продолжительность экспонирования, с.

При проведении испытания опытным путем (используя люксметр) находят освещенность E_0 поверхности СПШ. Так как величины E и E_0 связаны формулой

$$E = E_0 \cdot 10^{-D}, \quad (2.49)$$

то формула (2.48) преобразуется в следующую:

$$S = \frac{k \cdot 10^D}{E \cdot t}, \quad (2.50)$$

по которой и вычисляют величину S .

Странами СЭВ предложен проект единой методики определения свойств копировальных слоев. Согласно этой методике, испытуемый слой экспони-

руют под 12-полным ступенчатым клином (константа 0,15). В качестве источника излучения используют ртутную лампу $RVC=400$. Освещенность стекла копировальной рамы составляет 20 тыс. лк, продолжительность экспонирования — 5 мин. Проявление копии проводят в соответствии с технологической инструкцией по использованию испытуемого слоя. На проявленной копии определяют поле, которое выходит посередине между полями с полностью проявленным слоем и слоем с рабочими свойствами. Величину S вычисляют по формуле (2.50), принимая $\kappa=10^8$ (такая большая величина κ берется для того, чтобы числовое значение S не было ничтожно мало).

В практической работе большей частью копируют не тоновые, а штриховые или растровые фотоформы, т. е. имеющие всего лишь две оптические плотности — D_{max} и D_{min} ($D_{max}-D_{min}=\Delta D$). В этих случаях достаточно определить две экспозиции H_{max} и H_{min} , соответствующие этим двум оптическим плотностям. Обычно $\Delta \lg H$ называют эффективным контрастом копировального слоя, но на самом деле это — фотографическая широта L слоя, которая тем меньше, чем больше коэффициент контрастности. Фотографическая широта L должна быть равна или меньше ΔD фотоформы.

Интегральная светочувствительность S копировальных слоев, как уже упомянуто (2.2), лежит на низком уровне — около $10^0-10^3 \text{ см}^2 \cdot \text{Дж}^{-1}$. Надо иметь в виду при этом, что светочувствительность S существенно зависит от толщины слоя: чем толще слой, тем меньше светочувствительность.

Это объясняется тем, что копировальный слой, нанесенный на формный материал, должен быть проэкспонирован до подложки, иначе негативный слой будет смыт с нее при проявлении, а позитивный слой, напротив, не будет смываться. Степень сшивания (задубливания) негативного слоя около подложки и всего слоя в целом может быть очень малой, но все же не меньше некоторой определенной величины, причем с увеличением толщины слоя необходимая величина общей задубленности быстро возрастает. Так, например, в одном из опытов было показано, что в негативном копировальном слое (на основе поливинилпирролидона) толщиной 0,1 мкм достаточно раскрыт всего лишь 0,02% наличных двойных связей (раскрытие двойных связей приводит к сшиванию макромолекул полимера), в то время как для слоя толщиной 1 мкм требуется раскрытие уже 15% двойных связей. Для раскрытия каждой двойной связи требуется по меньшей мере один фотон, следовательно, для слоя толщиной 1 мкм потребуется в 750 раз больше фотонов, и светочувствительность его будет в 750 раз ниже, чем у слоя толщиной 0,1 мкм.

Количественную связь между толщиной слоя h и светочувствительностью S легко найти. Поглощение излучения копировальным слоем, как правило, следует закону Бугера — Ламберта — Бэра:

$$\lg \frac{H_0}{H} = \epsilon ch, \quad (2.51)$$

$$H_0 = H \cdot 10^{\epsilon ch}, \quad (2.52)$$

где H — экспозиция у подложки, H_0 — экспозиция у поверхности слоя. Величина светочувствительности S обратна экспозиции H_0 , которую мы даем на поверхность слоя, поэтому

$$S = \frac{1}{H_0} = \frac{1}{H \cdot 10^{\frac{h}{\lambda}}}. \quad (2.53)$$

Формула (2.53) принципиально верна для всех случаев экспонирования копировальных слоев, но в практике могут быть осложняющие обстоятельства. Величина S может быть больше или меньше той, которая указана в этой формуле. Если излучение частично отражается от подложки (например, слой нанесен на металл), то это эквивалентно дополнительному засвечиванию слоя снизу, и найденная опытным путем величина S будет больше, чем следует из формулы. Напротив, если при прохождении излучения через слой в нем появляются какие-то светопоглощающие вещества, наблюдается фильтровой эффект и светочувствительность будет меньше.

Но толстые слои обладают не только меньшей светочувствительностью, по сравнению с тонкими, но и заметно меньшей разрешающей способностью R . На рис. 2.7 представлена найденная опытным путем зависимость R от толщины слоя h ; снижение R с увеличением h объясняется увеличением рассеяния света в слое. Как уже было указано (2.1), разрешающая способность копировальных слоев для полиграфии не имеет столь большого значения, как для микроэлектроники, а повышенная толщина их обеспечивает лучшую защиту поверхности формного материала и, кроме того, (что не менее важно) лучшую равномерность толщины слоя на поверхности. Нанесение очень тонких слоев равномерной толщины на большие поверхности — очень трудная задача; в микроэлектронике применяются меньшие площади поверхности, чем в полиграфии, поэтому равномерное нанесе-

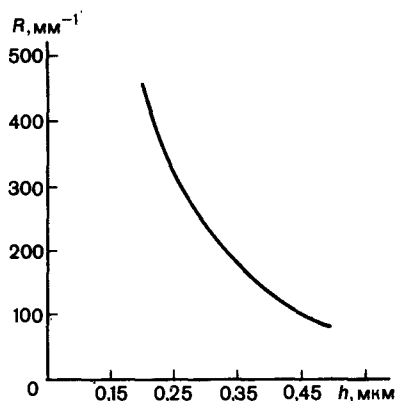


Рис. 2.7. Зависимость разрешающей способности R копировального слоя от его толщины h

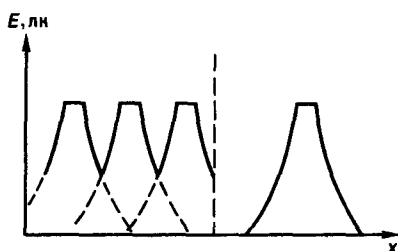


Рис. 2.8. Распределение освещенностей E среди групп штрихов и около одиночного штриха

ние таких слоев в микроэлектронике легче, а высокие защитные свойства тонких слоев обеспечиваются тем, что используются такие высокорезистивные слои, как на основе ПВХ и циклокаучуков с бисазидами.

В полиграфии кроме разрешающей способности используется понятие выделяющей способности. В то время как разрешающая способность оценивает передачу группы штрихов, выделяющая способность имеет дело с воспроизведением копировальным слоем одиночного штриха, в непосредственной близости от которого нет других штрихов или прочих мелких деталей (одиночный штрих на фотоформе может быть прозрачным на черном фоне или, наоборот, темным на светлом фоне). Выделяющая способность измеряется минимальной шириной скопированного штриха. Введение этого понятия (кроме разрешающей способности) имеет смысл потому, что одиночный штрих находится в других условиях репродуцирования, чем штрих в соседстве с другими штрихами. Это обстоятельство поясняет рис. 2.8, где дана схема распределения освещенностей вблизи прозрачного одиночного штриха и среди группы прозрачных штрихов (очевидно, одиночный штрих в принципе может быть воспроизведен лучше, чем штрих в соседстве с другими штрихами). Между тем в полиграфии очень часто приходится иметь дело именно с одиночными штрихами (например, воспроизведение текста).

Спектральная чувствительность S_λ копировальных слоев определяется их кривыми спектрального поглощения (см. рис. 2.3 и 2.4). Как правило, максимум чувствительности лежит при 380—400 нм, а длинноволновая граница чувствительности простирается до 420—450 нм.

ФОРМЫ ОФСЕТНОЙ ПЛОСКОЙ ПЕЧАТИ

3.1. Общие сведения

Плоская офсетная печать — наиболее перспективный и быстро прогрессирующий способ печати; она постепенно теснит высокую и другие виды печати.

Формы офсетной плоской печати отличаются от форм высокой и глубокой печати по двум основным признакам: 1) по отсутствию геометрической разницы в высоте между печатающими и пробельными элементами и 2) по наличию принципиального различия физико-химических свойств поверхности печатающих и пробельных элементов. Печатающие элементы формы плоской печати обладают ярко выраженными гидрофобными свойствами и водой не смачиваются. Пробельные элементы, наоборот, хорошо смачиваются водой и способны удерживать на своей поверхности некоторое ее количество, они обладают ярко выраженными гидрофильными свойствами.

В процессе плоской печати проводится последовательное смачивание формы водным раствором и краской. При этом вода удерживается на пробельных элементах формы вследствие их гидрофильности, образуя на их поверхности тонкую пленку. Краска удерживается только на печатающих элементах формы, которые она хорошо смачивает. Поэтому принято говорить, что процесс офсетной плоской печати основан на избирательном смачивании пробельных и печатающих элементов водой и краской.

Для получения форм плоской печати необходимо создать на поверхности формного материала (формной основы) устойчивых гидрофобных печатающих и гидрофильных пробельных элементов. Это может быть достигнуто разными способами, но повсеместное широкое применение в полиграфии получили монометаллические и биметаллические печатные формы. Наиболее употребительные формные основы для получения как моно-, так и биметаллических печатных форм — это пластины из алюминия (или его сплава) или из углеродистой или нержавеющей стали. Поверхность алюминиевой или стальной пластины при получении монометаллических форм остается без изменения, а при получении биметаллических форм на нее наращивают слой меди (на нем в дальнейшем образуются печатающие элементы), а поверх него — слой хрома или никеля (для образования пробельных элементов).

В обоих случаях (при получении как моно-, так и биметаллических форм) на формную пластину наносят копируемый слой — негативный (например, хромированный ПВХ или диасосмола) или позитивный (производные ортонафтохинондиазидов), в зависимости от способа копирования. На копируемый слой контактным способом копируют растровую или штриховую фотоформу: негатив или диапозитив. После проявления ко-

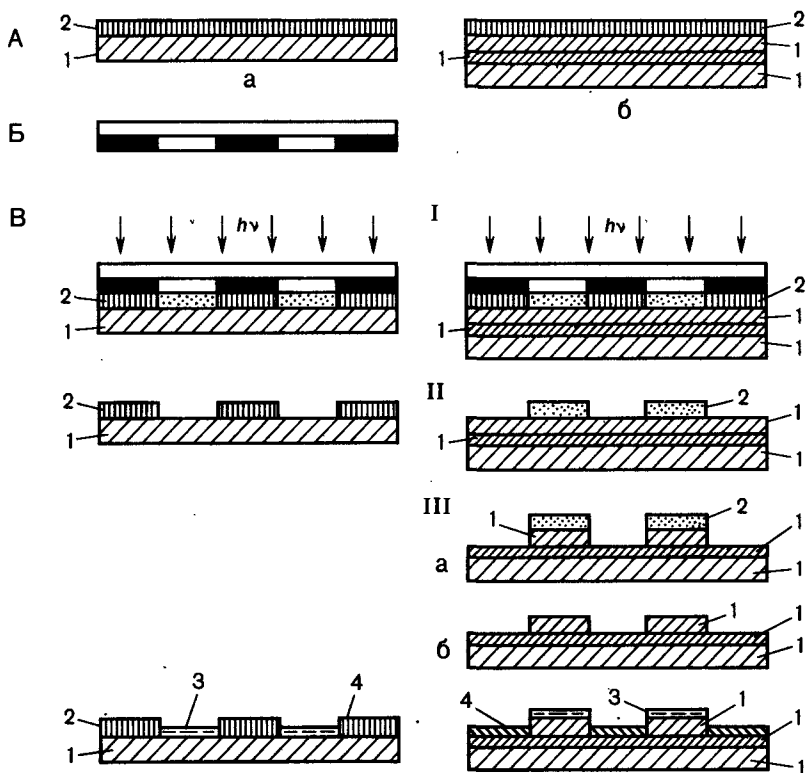


Рис. 3.1. Принципиальная схема изготовления монометаллической и полиметаллической печатных форм плоской печати: 1 — формная основа (металлическая пластинка толщиной 0,3—0,5 мм); 1' — слой меди (гальванопокрытие, 6—20 мкм); 1'' — слой хрома (гальванопокрытие, 0,8—1,2 мкм); 2 — копировальный слой (2—3 мкм). Пробельный элемент — гидрофильная пленка (1—2 мкм); печатающий элемент — гидрофобная пленка (2—3 мкм)

пии последующая ее обработка зависит от характера формной основы — моно- или полиметаллическая.

На рис. 3.1 приведена схема получения монометаллической и полиметаллической форм позитивным копированием.

Получение монометаллической формы очень просто (рис. 3.1). Для проявления копии, т. е. для растворения позитивного копировального слоя, служит проявляющий раствор, который не только растворяет облученные участки слоя, но одновременно гидрофилизует обнажающий металл. Состав такого раствора несложен, он содержит метасиликат натрия ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) и NaOH для создания щелочной реакции раствора, а также гидрофильный полимер — натриевую соль карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ). Гидрофильный полимер (КМЦ) прочно адсорбируется на хемосорбционной пленке силиката, удерживает некоторое коли-

чество воды и тем самым гидрофилизует соответствующие участки металла; так образуются пробельные элементы. Копировальный слой, оставшийся на необлученных участках копии, обладает гидрофобными свойствами, вследствие чего эти участки служат печатающими элементами.

Образование полиметаллической печатной формы (рис. 3.1) протекает более сложно. Негативный копировальный слой теряет растворимость на облученных участках формы. При проявлении водой обнажается поверхность хрома на участках, соответствующих темным участкам фотоформы. После проявления проводят стравливание хрома (электрохимически в растворе серной кислоты или химически в растворе соляной кислоты). Понятно, что хром стравливается только там, где он незащищен оставшейся пленкой копировального слоя. В результате стравливания хрома обнажается поверхность меди на участках, соответствующих темным местам фотоформы. После этого удаляют оставшуюся пленку копировального слоя и проводят гидрофилизацию — гидрофобизацию формы. Для этого форму обрабатывают раствором, содержащим одновременно и гидрофилизующие компоненты (КМЦ и аммоний щавелевокислый) и гидрофобизующий компонент — бутилксантогенат калия. КМЦ адсорбируется на оксиде хрома, создавая пробельные элементы, а бутилксантогенат — на меди, образуя печатающие элементы.

3.2. Физико-химические закономерности смачивания пробельных и печатающих элементов форм плоской печати

Чтобы понять механизм избирательного смачивания печатающих и пробельных элементов форм плоской печати, надо обратиться к основным физико-химическим закономерностям процессов смачивания твердых поверхностей жидкостями.

Как известно, капля жидкости, нанесенная на твердую поверхность, смачивает или не смачивает эту поверхность в зависимости от соотношения трех сил поверхностного натяжения: 1) $\sigma_{жг}$ — на границе раздела жидкость — газ (воздух); 2) $\sigma_{тг}$ — на границе твердое тело — газ и 3) $\sigma_{тж}$ — на границе твердое тело — жидкость*. Связь между этими величинами и равновесным краевым углом смачивания θ (рис. 3.2) дается уравнением Юнга:

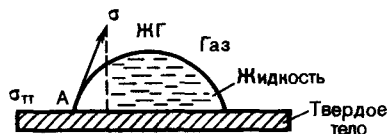


Рис. 3.2. Капля жидкости на поверхности твердого тела

$$\cos \theta = \frac{\sigma_{тг} - \sigma_{тж}}{\sigma_{жг}}. \quad (3.1)$$

* Напомним, что величина поверхностного натяжения служит мерой количества свободной энергии на единице поверхности раздела двух фаз; вместе с тем σ — сила, отнесенная к единице периметра поверхности. В системе единиц СИ, в соответствии с которой σ как сила выражается в Н/м, а как энергия — Дж/м².

Разность двух поверхностных натяжений $\sigma_{тг} - \sigma_{тж}$ в уравнении (3.1) имеет особый физический смысл — это сила, действующая со стороны твердого тела на единицу длины линии смачивания. Эту силу называют адгезионным натяжением и обозначают

$$r_a = \sigma_{тг} - \sigma_{тж} = \sigma_{жг} \cdot \cos \theta. \quad (3.2)$$

Смачивание или несмачивание твердой поверхности жидкостью определяется соотношением сил притяжения жидкости к твердому телу (силы адгезии) и сил взаимного притяжения между молекулами самой жидкости (силы когезии). В связи с этим взаимодействие жидкости и твердого тела удобно характеризовать работой адгезии W_a .

Работа адгезии — это работа, которую надо затратить для отделения жидкости от твердого тела. Работа адгезии может быть определена как разность энергетических характеристик конечного (две поверхности: $\sigma_{тг}$ и $\sigma_{жг}$) и начального состояний, т. е.

$$W_a = \sigma_{тг} + \sigma_{жг} - \sigma_{тж}. \quad (3.3)$$

Очевидно, чем сильнее взаимодействие жидкости и твердого тела, тем больше работа адгезии, тем сильнее (при прочих равных условиях) смачивание. Из сопоставления уравнений (3.2) и (3.3) получаем

$$W_a = \sigma_{жг} \cdot (1 + \cos \theta). \quad (3.4)$$

Взаимодействие частиц (молекул) одной фазы характеризует работа когезии W_k . Она численно равна работе изотермического разделения объема жидкости на две части, т. е.

$$W_k = 2\sigma_{жг}. \quad (3.5)$$

Из уравнений (3.4) и (3.5) следует, что

$$\frac{W_a}{W_k} = \frac{1 + \cos \theta}{2}. \quad (3.6)$$

Принимая во внимание формулу (3.6), получим отношения между краевым углом θ и смачиваемостью твердой поверхности, приведенные в табл. 3.1

$$\left(\text{здесь } Z_A = \frac{W_a}{W_k} \right).$$

3.1. Работа адгезии W_a и смачивание поверхности $\cos \theta$ при различных краевых углах смачиваемости θ .

θ , град.	$\cos \theta$	Z_A	W_a	Характер смачивания
180	-1	0	0	Полное несмачивание
> 90	От -1 до 0	> 0	От 0 до W_k	Очень слабое смачивание
90	0	0,5	$0,5 W_k$	Слабое смачивание
< 90	От 0 до 1	$> 0,5$	$> 0,5 W_k$	Хорошее смачивание
0	1	1	W_k	Полное смачивание (растекание жидкости)

Полное смачивание — практически реализуемый случай (например, совершенно чистая поверхность стекла полностью смачивается водой). Краевой угол здесь не устанавливается, так как жидкость растекается в виде тончайшей (в пределе мономолекулярной) пленки по поверхности твердого тела. При полном смачивании, очевидно (см. формулу 3.4):

$$W_a = 2\sigma_{жг}. \quad (3.7)$$

В реальных производственных условиях с твердой поверхностью формы обычно одновременно взаимодействуют две жидкости с резко различной полярностью (например, увлажняющий раствор и печатная краска). В этих случаях наблюдается избирательное смачивание. Если полярную жидкость обозначить буквой v (вода), а неполярную — m (масло), то уравнение Юнга принимает вид

$$\cos \theta = \frac{\sigma_{тм} \sigma_{тв}}{\sigma_{вм}}. \quad (3.8)$$

Представления об избирательном смачивании твердых тел впервые ввел П. А. Ребиндер в 1930-х гг. Он предложил классифицировать поверхности твердых тел в зависимости от характера избирательного смачивания водой следующим образом: 1) гидрофильные (олеофобные) поверхности, θ воды $< 90^\circ$ (например, пробельные элементы форм плоской печати); 2) гидрофобные (олеофильные), θ воды $> 90^\circ$ (печатающие элементы); 3) абсолютно гидрофобные, для которых θ воды $> 90^\circ$ не только в избирательных условиях, но и на воздухе (в эту группу входят парафин, тефлон, битумы).

Экспериментальное определение поверхностного натяжения на границах раздела жидкость — газ ($\sigma_{жг}$) или жидкость 1 — жидкость 2 ($\sigma_{вм}$) не вызывает принципиальных трудностей (соответствующие методы описаны в учебниках и практикумах коллоидной химии. Но для понимания процессов плоской печати важно знать также поверхностное натяжение на границах твердого тела с воздухом ($\sigma_{тг}$) и с жидкостью ($\sigma_{тж}$). К сожалению, непосредственное измерение поверхностного натяжения твердого тела невозможно, но известны косвенные методы. Сущность одного из них кратко излагается здесь. (Этот метод используется в студенческом практикуме по технологии формных процессов в Лейпцигской технической высшей школе).

Из курса коллоидной химии известно, что силы поверхностного натяжения σ можно разложить на сумму составляющих. Согласно одной из классификаций, это: 1) дисперсионные силы $\sigma^д$; 2) силы водородных связей $\sigma^в$; 3) силы взаимодействия кислотных и основных групп $\sigma^{ко}$; 4) силы взаимодействия диполей $\sigma^{дп}$ и 5) индуцированные взаимодействия диполей $\sigma^{идп}$

$$\sigma = \sigma^д + \sigma^в + \sigma^{ко} + \sigma^{дп} + \sigma^{идп}. \quad (3.9)$$

С некоторым приближением, все недисперсионные силы объединяются в виде полярной составляющей $\sigma^п$, т. е.

$$\sigma = \sigma^д + \sigma^п. \quad (3.10)$$

В результате некоторых допущений и математических преобразований получают следующую приближенную формулу, связывающую величины

краевого угла смачивания θ , поверхностных натяжений и их составляющих для жидкости и твердого тела.

$$1 + \cos \theta = 2 \left[\frac{\sqrt{\sigma_{\text{тг}}^{\text{д}} \cdot \sigma_{\text{жг}}^{\text{д}}}}{\sigma_{\text{жг}}} + \frac{\sqrt{\sigma_{\text{тг}}^{\text{п}} \cdot \sigma_{\text{жг}}^{\text{п}}}}{\sigma_{\text{жг}}} \right]. \quad (3.11)$$

Используя эту формулу, можно экспериментально определять поверхностное натяжение любой твердой поверхности $\sigma_{\text{тг}}$. Для этого на испытуемую поверхность наносят капли двух жидкостей, резко различающихся по полярности. Для этих жидкостей известны величины поверхностного натяжения $\sigma_{\text{жг}}$ и их составляющие. Измеряют краевой угол смачивания θ для каждой из этих жидкостей, после чего, подставив результаты в формулу (3.11), решают систему двух уравнений с двумя неизвестными и вычисляют величины $\sigma_{\text{тг}}^{\text{д}}$ и $\sigma_{\text{тг}}^{\text{п}}$. Принимают, что

$$\sigma_{\text{тг}} = \sigma_{\text{тг}}^{\text{д}} + \sigma_{\text{тг}}^{\text{п}}. \quad (3.12)$$

В качестве эталонных жидкостей рекомендовано использовать воду и метилениодид (CH_2I_2). Эти жидкости характеризуются следующими параметрами поверхностного натяжения на границе с воздухом $\sigma_{\text{жг}}$:

$$\sigma_{\text{H}_2\text{O}} = 72,8 \text{ мН/м}; \quad \sigma_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{д}} = 21,8 \text{ мН/м}; \quad \sigma_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{п}} = 51,8 \text{ мН/м};$$

$$\sigma_{\text{CH}_2\text{I}_2} = 50,8 \text{ мН/м}; \quad \sigma_{\text{CH}_2\text{I}_2}^{\text{д}} = 49,5 \text{ мН/м}; \quad \sigma_{\text{CH}_2\text{I}_2}^{\text{п}} = 1,3 \text{ мН/м}. \quad (3.13)$$

(Как видно из этих цифр, поверхностное натяжение метилениодида определяется в основном дисперсионными силами, а поверхностное натяжение воды — полярными силами). Принимая во внимание эти величины, получаем следующие простые формулы для вычисления поверхностного натяжения твердых поверхностей:

$$\sigma_{\text{т}}^{\text{д}} = [5,699 (1 + \cos \theta_{\text{H}_2\text{O}}) - 2,639 (1 + \cos \theta_{\text{CH}_2\text{I}_2})]^2; \quad (3.14)$$

$$\sigma_{\text{т}}^{\text{п}} = [4,0375 (1 + \cos \theta_{\text{CH}_2\text{I}_2}) - 0,923 (1 + \cos \theta_{\text{H}_2\text{O}})]. \quad (3.15)$$

На смачиваемость поверхностей существенное влияние оказывают поверхностно-активные вещества (ПАВ). Они адсорбируются на поверхности раздела фаз, снижая поверхностное натяжение.

В зависимости от того, на какой поверхности раздела фаз, участвующих в смачивании, происходит адсорбция ПАВ, различают три основных случая:

1. Адсорбция на поверхности твердого тела, осуществляемая заранее, до соприкосновения твердого тела с рабочей жидкостью. Адсорбционные слои ПАВ могут резко изменить поверхностные свойства подложки и соответственно ее поверхностное натяжение $\sigma_{\text{тг}}$. Возможен переход от смачивания к несмачиванию. Характерный пример — обработка меди ксантогенатом калия, используемая при изготовлении биметаллических печатных форм. В результате такой обработки медь из гидрофильной (θ воды = 50°) становится гидрофобной (θ воды = 135°) и обеспечивается смачивание печатной гидрофобной краской.

2. Адсорбция ПАВ на поверхности жидкости до контакта ее с твердым телом. Для этого ПАВ растворяют в жидкости, при этом происходит снижение поверхностного натяжения жидкости $\sigma_{жг}$ и, как следствие, изменение краевого угла смачивания, улучшение растекания жидкости при контакте с твердым телом. Этот метод широко используется в процессе плоской печати. В увлажняющий раствор добавляют ПАВ, например изопропиловый спирт, σ увлажняющего раствора снижается с 70 до 40—50 мН/м. Улучшается смачивание пробельных элементов формы, устраняется тенение*.

3. Адсорбция веществ, растворенных в жидкости, на поверхности твердого тела во время смачивания. В результате изменяется межфазное поверхностное натяжение $\sigma_{тж}$. Этим приемом широко пользуются в различных технологических процессах, например во флотации.

Таким образом, во всех трех случаях наблюдается влияние ПАВ на поверхностное натяжение: в первом случае — на $\sigma_{тг}$, во втором — на $\sigma_{жг}$ и в третьем — на $\sigma_{тж}$.

3.3. Параметры смачивания твердых поверхностей в офсетной плоской печати

В настоящее время накоплен большой экспериментальный материал по определению основных величин смачивания материалов офсетной печати. Измерения, выполненные различными исследователями, показали, что поверхностное натяжение офсетных красок лежит в интервале от 30 до 38 мН/м независимо от их состава. Поверхностное натяжение водных увлажняющих растворов, напротив, лежит в более широком интервале, в пределах от 30 до 75 мН/м.

В табл. 3.2 приведены величины $\sigma_{жг}$ красок и некоторых увлажняющих растворов, а также их дисперсионные $\sigma_{жг}^д$ и полярные $\sigma_{жг}^п$ составляющие (таблица составлена по материалам Лейпцигской технической высшей шко-

3.2. Поверхностное натяжение печатных красок и увлажняющих растворов, мН/м

Жидкости	$\sigma_{жг}$	$\sigma_{жг}^д$	$\sigma_{жг}^п$
Краска «Uniset»:			
черная	34	30	4
желтая	38	30	8
пурпурная	36	30	6
голубая	35	29	6
Увлажняющий раствор	72	29	43
Вода	72,6	21,8	50,8
Глицерин	63,4	37,0	26,4

* При многократном закатывании формы под давлением попеременно увлажняющим раствором и краской происходит частичное эмульгирование краски в воде на пробельных элементах (эмульсия типа масло — вода и воды в краске на печатающих элементах (эмульсия типа вода — масло). Такая форма дает грязные оттиски (загрязняются светлые места на оттиске), происходит тенение оттиска.

лы). В табл. 3.3 показаны величины $\sigma_{\text{гг}}$ печатающих и пробельных элементов монометаллических (алюминиевых и биметаллических медь-хром) офсетных форм и вклад дисперсионной и полярной компонент.

Из табл. 3.2 видно, что в поверхностном натяжении увлажняющих растворов вклад полярной составляющей выше, чем дисперсионной, но у печатных красок поверхностное натяжение почти целиком определяется дисперсионной компонентой. В то же время дисперсионная часть печатающих элементов (табл. 3.3) значительно преобладает над полярной, а в

3.3. Поверхностная энергия печатающих и пробельных элементов форм, изготовленных на предварительно очувствленных монометаллических пластинах зарубежных фирм (σ , мН/м)*

Пластина, фирма, страна	Печатающие элементы			Пробельные элементы		
	$\sigma_{\text{гг}}$	$\sigma_{\text{гг}}^{\text{д}}$	$\sigma_{\text{гг}}^{\text{п}}$	$\sigma_{\text{гг}}$	$\sigma_{\text{гг}}^{\text{д}}$	$\sigma_{\text{гг}}^{\text{п}}$
Позитивные:						
P7S, «Kalle», ФРГ	33,7	30,1	3,6	62,2	30,8	31,4
FPM-N «Fuji», Япония	34,2	29,6	4,6	61,4	30,8	30,6
Alympic, «Gold», Англия	43,6	28,2	15,6	61,3	30,8	30,5
GAP, «Polychrome», США	40,3	31,7	8,7	61,6	30,7	30,8
Ортохинондиазиды, ГДР	45	40	5	69,5	17,6	51,9
Негативные:						
N3S, «Kalle», ФРГ	39,7	37,4	2,3	60,8	30,5	30,4
FNM-2, «Fuji», Япония	35,8	30,9	4,5	57,1	27,1	29,5
AQ, «Maraton», Англия	55,0	30,4	24,6	58,0	30,9	27,2
CAN, «Polychrome», США	42,6	32,9	9,7	61,9	30,7	31,2
Поливинилциннамат, ГДР	44,9	44	0,9	—	—	—
Газетная форма, ГДР	46,5	29,6	16,9	66,5	25,5	41,1
Биметаллическая форма**, ГДР:						
медь	39,4	36,5	2,9	—	—	—
хром	—	—	—	69	18	52

* Таблица составлена по данным лаборатории графического искусства (Финляндия); материалы ГДР исследованы в Лейпцигской высшей технической школе.

** Биметаллические формы приводятся для сравнения с монометаллическими.

пробельных элементах полярная составляющая превышает дисперсионную. Заслуживает внимания также то обстоятельство (табл. 3.3), что поверхностное натяжение исследованных металлов (медь и хром) относительно невелико (около 40—70 мН/м). Между тем в учебниках и справочниках для поверхностного натяжения твердых металлов даются величины σ около 1000—6000 мН/м: медь (при 1100°C)—1430 мН/м, алюминий (при 25°C)—1909 мН/м, железо (при 25°C)—3959 мН/м***, Указанное противоречие, однако, кажущееся. Дело в том, что свежеполученная чистая поверхность металла, обладая весьма большим запасом свободной энергии, чрезвычайно легко и быстро покрывается тончайшими, но очень прочными адсорбционными пленками различных веществ из окружающей среды

***Фролов Ю. Г. Коллоидная химия. М., 1982.

(в первую очередь пленками воды). В результате этой адсорбции свободная энергия поверхности металла резко снижается. Другими словами, измеряя поверхностное натяжение твердых тел, в первую очередь металлов, мы измеряем фактически σ адсорбционных пленок на поверхности металла (в практическом отношении именно эти данные представляют интерес, так как в полиграфии, да и в большинстве других отраслей техники, мы работаем с металлами, поверхность которых покрыта адсорбционными пленками).

В табл. 3.4—3.6 приведены некоторые величины адгезионного взаимодействия для типичных гидрофильных и олеофильных жидкостей на пробельных и печатающих элементах. Адгезионное взаимодействие выражено через краевой угол смачивания θ или путем вычисления адгезионного напряжения τ_a .

3.4. Краевой угол смачивания воды в вазелиновом масле на печатающих и пробельных элементах форм плоской печати

Предварительно очувствленные пластины	θ° на элементах					
	Пробельных			Печатающих		
	Исходная пластина	После проявления	После гидрофизизации	Копировальный слой на ОНХД (исходный)	После проявления	После гидрофизизации
Монометаллическая форма						
На гладком алюминии	57	95	45	120	118	115
На алюминии с комплексной электрохимической подготовкой поверхности	Растекание	30	Растекание	120	118	115
На углеродистой стали	60	105	45	120	118	115
Биметаллическая форма						
Никель — кобальт	80	—	57	—	—	—
Хром	82	—	43	—	—	—
Нержавеющая сталь	89	—	20	—	—	—
Медь	—	—	—	158	—	145

Как видно из табл. 3.4—3.6, пробельные элементы печатных форм имеют краевой угол смачивания воды в избирательных условиях много меньше 90%, т. е. обладают ярко выраженными гидрофильными свойствами. На воздухе смачивающая способность воды на пробельном элементе настолько велика, что капля растекается по поверхности.

Однако гидрофильный характер поверхности не препятствует растеканию и олеофильных жидкостей. Олеиновая кислота смачивает на воздухе поверхность пробельного элемента так же хорошо, как и вода. Это объясняется тем, что металлы обладают высокой энергией поверхности и способны адсорбировать любую жидкость, как гидрофильную, так и олео-

3.5. Краевой угол смачивания воды и олеиновой кислоты на воздухе на пробельных элементах

Металл пробельных элементов	θ , град.	
	Вода, $\sigma_{жг} = 72,1$	Олеиновая кислота, $\sigma_{жг} = 32,5$
Алюминий:		
зернистый, без гидрофилизации	Растекание	Растекание
зернистый, после гидрофилизации	»	»
анодированный, после проявления	»	12
анодированный, после гидрофилизации	»	»
Хром:		
без гидрофилизации	20	»
после гидрофилизации	Растекание	»

3.6. Адгезионные свойства олеофильных и гидрофильных жидкостей на печатающих элементах

Жидкость	Поверхностное натяжение $\sigma_{жг}$, мН/м	Адгезионное напряжение $\sigma_{тг} - \sigma_{жг}$, мН/м				
		Диазослой	Краско-восприимающий слой	Медь	Латунь	Алюминий
Олеофильные:						
льняное масло	35,2	30,5	Растекание	33,3	30,0	29,7
олеиновая кислота	32,5	30,4	»	30,4	29,4	31,0
минеральное масло	27,3	Растекание	»	Растекание	Растекание	Растекание
Гидрофильные:						
вода	72,1	19,9	14,5	—9,7	4,8	2,4
глицерин	65,2	—	6,9	10,3	7,1	—6,4
этиленгликоль	46,5	—	22,0	24,6	17,6	—1,3
вода — изопропанол						
10%-ный	42,5	25,4	18,3	15,4	17,8	—
25%-ный	30,3	25,7	26,5	23,0	24,9	—
вода-этанол (36%-ный)	34,4	25,4	26,9	26,9	25,6	13,7

фильную. Последние из-за своего низкого поверхностного натяжения обладают даже большей способностью к растеканию по поверхности металла. И только в том случае, когда поверхность контактирует одновременно с двумя разными по полярности жидкостями — вода и вазелиновое масло, — гидрофильная жидкость лучше смачивает гидрофильные поверхности (вода — пробельные элементы) и значительно хуже гидрофобные — печатающие элементы (углы смачивания воды изменяются с $20-57^\circ$ на $115-145^\circ$).

Печатающие элементы в противоположность пробельным имеют разные величины смачивания олеофильными и гидрофильными жидкостями (табл. 3.6). Величина адгезионного натяжения олеофильных жидкостей — около

30 мН/м, а гидрофильных — колеблется от отрицательного значения —9,7 до 26,9 мН/м и зависит в основном от поверхностного натяжения жидкости. Однако олеофильные жидкости на печатающих элементах имеют все же большее значение адгезии, чем гидрофильные, разница составляет не менее 4 мН/м.

3.4. Формные основы

Для изготовления современных форм плоской печати должны быть использованы в качестве основы высокопрочные металлы, обеспечивающие надежное крепление форм на скоростных офсетных машинах в процессе печатания тиража. И листовые, и рулонные офсетные машины имеют ротационный тип построения формоносителя, и формы закрепляются на цилиндре с усилием, с помощью специальных планок. Углы загибки форм в планках составляют 120°, 90° и 60°. Скорость печатания колеблется от 10 тыс/ч на листовых до 15—30 тыс/ч на рулонных машинах. Тиражность продукции составляет от нескольких тысяч до нескольких миллионов листов-оттисков.

В качестве металла-основы офсетных форм используют алюминий, магниевый сплав алюминия, углеродистую и нержавеющую стали. Показатели прочности этих металлов приведены в табл. 3.7.

Из механических свойств металлов, в наибольшей степени ответственных за эксплуатационную надежность в процессе печатания, можно выделить прочность, пластичность, сопротивление усталости и износостойкость. Прочность металла характеризуется максимальным условным напряжением, которое выдерживает материал при растяжении до разрушения; пластичность δ определяется как относительное удлинение при растяжении. Сопротивление усталости характеризуется максимальным напряжением, которое выдерживает материал, не разрушаясь при повторно-переменных нагрузениях. Косвенным показателем сопротивления усталости служит число перегибов. Износостойкость металла может быть оценена по объему сошлифованного металла при заданных условиях истирания. В табл. 3.7 значения износостойкости сталей и сплава алюминия приведены по отношению к износостойкости чистого алюминия.

Из табл. 3.7 видно, что углеродистая сталь значительно превосходит по прочностным показателям алюминий и даже его сплав. В связи с этим сталь сегодня — один из основных материалов при создании высокотиражных печатных форм, в том числе традиционных биметаллических и новых современных — монометаллических форм. Кроме указанных металлов при изготовлении офсетных форм используют медь, никель и хром в виде электролитических осадков толщиной от 1 до 8 мкм.

Помимо прочностных характеристик формные материалы должны отвечать и другим требованиям, чтобы обеспечить получение устойчивых пробельных и печатающих элементов. С этой точки зрения наибольший интерес для нас представляет способность металлов смачиваться олеофильными жидкостями и водой.

3.7. Показатели прочности металлов, используемых в качестве основы офсетных форм

Металлические формы	Механические свойства		Число перегибов на губках диаметром 2 мм	Относительная износостойкость	
	Временное сопротивление разрыву σ_b				
	МПа	кгс/мм ²			
Алюминий АД1Н (0,3 мм)	135—195	14—20	4	3—8	1,0
Алюмомagneзиевый сплав АМг2 (0,3 мм)	255—335	26—35	2	6	1,2
Сталь углеродистая 08КП (0,3 мм)	315—365	32—37	34	30	9,8

Стало традиционным мнение, что медь и цинк лучше смачиваются олеофильными жидкостями и на них более устойчивы печатающие элементы, а алюминий, никель, хром, сталь обладают гидрофильными свойствами и более пригодны для образования пробельных элементов. Эта точка зрения не совсем оправдана. Выше было показано, что металлы как тела, обладающие высокой поверхностной энергией, способны смачиваться любой жидкостью. Олеофильные жидкости с меньшим поверхностным натяжением даже лучше смачивают металлы, чем вода. Большинство исследователей считает, что металлы обладают гидрофобными свойствами. Однако практически мы имеем дело не с чистыми металлами, а с окисными соединениями на их поверхности. Степень и скорость окисления металлов на воздухе обусловлены степенью сродства металла к кислороду. У благородных металлов — железа, алюминия, никеля, кобальта, хрома — сродство к кислороду выражено наиболее сильно. Толщина окисных пленок, образующихся на этих металлах при комнатной температуре, по данным оптических и электронно-графических исследований, составляет от 20 до 100%.

В большинстве случаев первичные окисные пленки представляют собой кристаллические образования. Исключение составляют хром и алюминий, на которых при комнатной температуре может возникать аморфный окисел, который при повышении температуры приобретает кристаллическое строение. Окисные пленки на поверхности металла изменяют его физико-химическое состояние, повышая смачиваемость водой. При смачивании водой происходит гидратация окислов, которая усиливает гидрофильные свойства поверхности.

Во всех случаях поверхность формных пластин должна отвечать следующим требованиям: 1) иметь высокую твердость и износостойкость — для обеспечения тиразежестойкости пробельных элементов формы; 2) обладать определенной микрогеометрией, шероховатостью — для обеспечения высокой адгезии печатающих элементов формы; 3) хорошо смачиваться копируемым слоем — для обеспечения высокой адгезии между слоем и поверхностью пластины.

Смачиваемость при этом является основной определяющей предпосылкой для высокой адгезии. Выше было показано, что качественной оценкой

смачиваемости служит краевой угол θ и что смачиваемость и адгезия повышаются при $\theta \rightarrow 0$. Смачиваемость зависит от природы поверхности и от ее шероховатости.

Шероховатость поверхности представляет собой сложное хаотическое чередование выступов и впадин. Она оценивается по микрорельефу, который записывается с помощью профилографа. Для характеристики микрорельефа по ГОСТ 2789—75 «Шероховатость поверхности» обычно используется один из двух параметров: среднее арифметическое отклонение профиля R_a или высота неровностей R_z . Кроме того, существует показатель коэффициента шероховатости k — отношение фактической площади поверхности с учетом площади впадин и выступов к проекции на горизонтальную плоскость. Очевидно, всегда $k > 1$.

Если жидкость смачивает данное твердое тело, то шероховатость поверхности улучшает смачивание (θ уменьшается). Согласно уравнению Венцеля и Дерягина:

$$\cos \theta_{\text{шер}} = k \cdot \cos \theta; \quad (3.16)$$

$$W_a = k(\sigma_{\text{тг}} - \sigma_{\text{тж}}) + \sigma_{\text{жг}}, \quad (3.17)$$

т. е. работа адгезии W_a в этом случае возрастает в k раз. Шероховатость поверхности оказывает существенное влияние и на пробельные элементы. В. С. Лапатухин ввел понятие «влагоемкости» пробельных элементов, которая пропорциональна шероховатости.

Таким образом, с точки зрения создания условий для образования надежных пробельных и печатающих элементов необходимо придать поверхности металла определенную шероховатость. Однако с точки зрения графической точности передачи элементов изображения предпочтение следует отдать гладкой поверхности.

Многочисленные исследования показывают, что перечисленным выше требованиям отвечает поверхность с шероховатостью $R_a = 0,4—8$ мкм. Однако на практике используются поверхности с R_a от 0,2 до 1,2 мкм.

3.5. Пластины для изготовления монометаллических печатных форм

Для изготовления монометаллических форм используют два типа металлов-основ: алюминий и углеродистую сталь.

Ведущее положение в полиграфической промышленности всего мира занял алюминий как основной материал для изготовления монометаллических форм. В отечественной полиграфии используется алюминий марки АД1Н, представляющий собой практически чистый металл (99,3 %) с естественными примесями меди, магния, марганца, железа и кремния. Химический состав алюминия регламентируется ГОСТ 4784—74 «Алюминий и сплавы алюминиевые, деформируемые. Марки». Специфические требования полиграфической промышленности отражены в ГОСТ 10703—73 «Листы алюминиевые для полиграфической промышленности».

В последние годы металлургическая промышленность нашей страны добилась крупных успехов в качестве отделки поверхности металлов. Так, алюминий имеет 10 классов чистоты отделки поверхности ($R_a=0,16—0,20$ мкм). Алюминиевые листы используются при условии проведения подготовки поверхности и нанесения слоя в самих типографиях.

Невысокие прочностные свойства чистого алюминия не позволяют использовать его для печатания на рулонных высокоскоростных машинах. Повышение прочностных свойств алюминия возможно с помощью легирования различными добавками: магния, марганца, меди, кремния, железа. Полученные сплавы обладают повышенной усталостной прочностью. Отечественной промышленностью выпускается сплав алюминия с магнием марки АМг2 по ТУ 15-06-280—82 «Листы из алюминиевого сплава АМг2 для полиграфической промышленности». Сплав АМг2 используется в виде рулонной ленты в качестве основы для изготовления предварительно очувствленных пластин УПА на Дмитровском опытном заводе алюминиевой консервной ленты.

Однако замена алюминия его сплавами не решила в полной мере задачи повышения прочности монометаллических печатных форм, так как пластичность металла с введением магния ухудшилась.

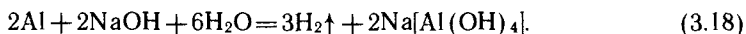
Как видно из данных табл. 3.7, наиболее благоприятным сочетанием высоких прочностных и пластических свойств обладает углеродистая сталь, в частности, наиболее пластичная — малоуглеродистая типа 08КП и 10КП. Эта группа сталей по механическим свойствам — прочности, пластичности, усталостной выносливости — существенно превосходит алюминий. Высокая пластичность этих сталей обусловлена низким содержанием углерода, не превышающим 0,08—0,10 %, и соответствующей микроструктурой металла (мелкозернистый феррит с перлитом). По способу металлургического производства указанная сталь принадлежит к классу кипящих сталей, отличающихся пониженным содержанием примеси кремния, что также положительно влияет на пластичность. Присутствие других постоянных примесей ограничено. Листы из стали 08КП выпускаются по ТУ 14-1-1513—75 «Сталь тонколистовая, качественная для полиграфической промышленности» с учетом требований полиграфии.

В настоящее время в отечественной полиграфии при изготовлении монометаллических печатных форм используются два металла — алюминий и углеродистая сталь. Первый рекомендуется для печати на листовых машинах, второй — для печати на рулонных машинах.

3.5.1. Подготовка поверхности алюминиевых пластин

В отечественной и зарубежной практике широко используется технология комплексной электрохимической обработки алюминия, которая включает следующие последовательные операции: обезжиривание поверхности, декапирование, электрохимическое зернение, анодное оксидирование, наполнение анодной окисной пленки. После каждой операции следует тщательная промывка.

Обезжиривание алюминиевых листов проводят с целью удаления с поверхности консервирующей смазки, масляных следов, грязи. Для этого используют 5 %-ный раствор едкого натра, нагретого до 50—60°C. Растительные или животные жиры омыляются горячим щелочным раствором, а минеральные масла образуют эмульсии и благодаря этому отделяются от поверхности алюминия. Процесс протекает в течение 1—2 мин и сопровождается растравливанием поверхности и бурным выделением водорода:



Образующийся алюминат натрия гидролизуеться и выпадает в осадок в виде глинозема, который покрывает плотным слоем дно и стенки гальванованны. Для удержания глинозема в растворенном состоянии некоторыми исследователями рекомендуется вводить добавки винной или лимонной кислот.

Декапирование поверхности необходимо для удаления шлама и осветления, при этом используют 25 %-ный раствор азотной кислоты с добавкой фторида аммония для дополнительной равномерной затравки.

Электрохимическое зернение алюминиевых пластин позволяет получить равномерный микрорельеф поверхности, развитую мелкокристаллическую структуру (термин «зернение» появился по аналогии с механическим зернением шариками, которое заменила электрохимическая обработка). Электрохимическое зернение производится в разбавленной соляной кислоте (0,3—1 %) под действием переменного тока (за рубежом используют азотную кислоту). Технологической инструкцией рекомендован следующий режим: плотность тока — 1,0—1,5 А/дм² при напряжении 12—15 В, время обработки — 25—30 мин, температура — не выше 30°C, межэлектродное расстояние — 15—20 см. При таком режиме на поверхности алюминия образуется микрорельеф с $R_a = 0,8—1,2$ мкм.

Анодное окислирование шероховатой поверхности алюминия проводится с целью получения прочной и пористой оксидной пленки определенной толщины с мелкозернистой структурой, являющейся сильным адсорбентом. Анодные окисные пленки к тому же хорошо защищают алюминий от коррозии и устойчивы к трению и на износ. Окислирование алюминия можно проводить в сернокислом или щавелевокислом или хромовокислом электролитах. Последние работают только при высоком напряжении (40—60 В), поэтому в отечественной практике используют раствор реактивной серной кислоты. Платину помещают в гальванованну в качестве анода, катодом служит свинец. При электролизе на аноде выделяется кислород, который взаимодействует с алюминием с образованием оксида Al_2O_3 .

Предполагают, что анодная окисная пленка состоит из двух слоев: тонкого барьерного слоя, непосредственно примыкающего к металлу, и пористого наружного. Наружный слой образуется в результате частичного растворения барьерного слоя под действием серной кислоты. Чем больше концентрация кислоты, тем выше пористость пленок.

В процессе окислирования наружный слой утолщается вследствие непрерывного превращения глубинных слоев металла в оксид. Электролит перемещается по каналам пор и вызывает гидратацию оксида, как в форме

химической сорбции воды Al_2O_3 ; H_2O , так и с образованием гидрата окиси алюминия $\text{Al}(\text{OH})_3$. В связи с этим поверхность алюминия становится более гидрофильной.

Толщина окисной пленки растет пропорционально времени оксидирования, но пленка становится более пористой. Большая пористость нежелательна, так как может стать причиной возникновения брака в формном процессе (неполное удаление копируемого слоя при проявлении копий, тенеение форм в процессе печатания).

Оптимальный режим оксидирования в 20 %-ном растворе серной кислоты: плотность тока — $1,0\text{--}1,5 \text{ А/дм}^2$, температура — $18\text{--}22^\circ\text{C}$, время — 10 мин. Толщина окисной пленки составляет $2\text{--}3 \text{ мкм}$, а эффективный радиус пор равен $\approx 30 \text{ \AA}$.

Наполнение оксидной пленки предусматривает снижение пористости пленки, уменьшение ее активности и улучшение гидрофильных свойств поверхности. Для наполнения оксидной пленки используют горячую воду, пар или раствор натриевого жидкого стекла. В отечественной практике выбран 5 %-ный раствор жидкого стекла, который взаимодействует с алюминием с образованием устойчиво гидрофильной пленки. Равновесный краевой угол воды на воздухе равен 0° , а в избирательных условиях — около 10° .

Натриевое жидкое стекло представляет собой водный раствор силиката натрия общей формулы $\text{Na}_2\text{O} \cdot m\text{SiO}_2$, где m — силикатный модуль от 1,5 до 3,5. Обычно жидкое стекло содержит около 28 % SiO_2 (кремнезем), а соотношение окислов в пропорции $\text{Na}_2\text{O} : 3,3\text{SiO}_2$. Водный раствор 5 %-ной концентрации имеет рН II. В щелочной среде кремнезем находится в полимерном, коллоидном состоянии и способен на любую степень гидратации. Гидратированный коллоидный кремнезем заполняет поры оксида алюминия и одновременно увеличивает сродство поверхности к воде.

Помимо жидкого стекла раствор для наполнения содержит натриевую соль карбоксиметилцеллюлозы. Она адсорбируется на поверхности в виде агрегатов, молекул и вторичных структур, которые образуют на поверхности плотный гидрофильный слой.

Промывка пластин. После всех операций проводится тщательная промывка пластин. После первой и второй операции она важна для того, чтобы не допустить попадания шлама в ванну зернения; после зернения — чтобы не допустить попадания ионов хлора в ванну оксидации; после оксидации — чтобы не допустить попадания кислоты в ванну наполнения. При перенесении в ванну наполнения пластины, плохо отмытой от кислоты, происходит нейтрализация кислоты на поверхности пластины и в результате тормозится процесс наполнения. Промывка пластины после операции наполнения должна удалить с поверхности щелочной раствор силиката натрия, чтобы не разрушался нанесенный затем копируемый слой.

Таким образом, в результате комплексной электрохимической обработки поверхность алюминия приобретает определенную шероховатость ($R_a = 0,8\text{--}1,2 \text{ мкм}$) износостойкость и устойчивые гидрофильные свойства $\theta^\circ = 20^\circ$. Гидрофильные свойства поверхности обусловлены наличием на ней хемосорбционных пленок силиката натрия и натриевой соли карбо-

ксиметилцеллюлозы. Это позволяет при изготовлении печатных форм исключить операцию гидрофилизации.

Резюмируя, можно сказать, что электрохимическое зернение ответственно за микрогеометрию, шероховатость поверхности; анодное оксидирование — за износостойкость и адсорбционную активность; наполнение — за гидрофильные свойства поверхности и полноту удаления копируемого слоя при проявлении копий. И еще одна роль принадлежит операции наполнения: из пор оксидного слоя вытесняется окклюдируемый кислород и тем самым улучшается впоследствии контакт поверхности металла с копируемым слоем.

Показатели качества поверхности алюминиевых пластин

Шероховатость поверхности R_a , мкм	0,8—1,2
Толщина оксидного слоя, мкм	2,0—3,0
Гидрофильность поверхности θ воды:	
на воздухе	Растекание
в вазелиновом масле	10 ± 2
Разрешающая способность, мм^{-1}	25

В настоящее время установлено, что при электрохимическом зернении на поверхности образуются вогнутые полушария, так называемые чашки, с размерами 0,2—2,0 мкм. В чашках формируются структурные элементы оксидного слоя — поры.

На рис. 3.3 показана схема уровней и структурных элементов алюминиевой пластины после комплексной электрохимической подготовки. Из схемы видно, что площадь поверхности алюминия значительно возрастает по

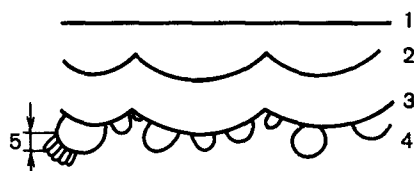


Рис. 3.3. Схема поверхности алюминиевой пластины после электрохимической подготовки (по Эйлеру, ВНР): 1 — геометрическая поверхность; 2 — уровень прокатного рельефа; 3 — уровень после обезжиривания; 4 — уровень чашек после зернения; 5 — уровень оксидных пор

сравнению с первоначальной. А при условии хорошего смачивания это должно привести к увеличению площади контакта с копируемым раствором, с водой, с коллоидом, что приведет к увеличению адгезии с этими жидкостями и обеспечит стабильный формный и печатный процессы.

3.5.2. Подготовка поверхности пластин углеродистой стали

Предпосылкой использования углеродистой стали в качестве основы при изготовлении монометаллических печатных форм явились исследования, проведенные во ВНИИ полиграфии. Впервые было показано, что процесс устойчивой гидрофилизации углеродистой стали обязательно сопровождается пассивированием поверхности и достижение устойчивой гидрофилизации

возможно только при условии присутствия на поверхности фазового защитного окисла Fe_2O_3 , обладающего наибольшей устойчивостью в щелочных средах.

Подготовка поверхности углеродистой стали аналогична рассмотренной в предыдущем разделе и состоит из операций: обезжиривания, декапирования, электрохимического зернения, пассивирования (ингибирования) с промывками после каждой операции.

Обезжиривание углеродистой стали проводят электрохимически в щелочном растворе при плотности тока 10 А/дм^2 , напряжении 5,6 В, температуре электролита $50\text{--}60^\circ\text{С}$. Пластина служит катодом 2 мин и анодом — 1 мин; второй электрод — пластина из нержавеющей стали. Механизм процесса электрохимического обезжиривания сводится к уменьшению смачиваемости маслом поляризованной поверхности. Кроме того, эмульгирование масел и жиров облегчается выделяющимися пузырьками газов (водорода и кислорода).

Декапирование стальных пластин 5 %-ным раствором серной кислоты способствует удалению шлама и нейтрализации поверхности.

Электрохимическое зернение проводится на аноде при плотности тока 2 А/дм^2 , в электролите на основе хлорного железа.

Пассивирование поверхности проводится с целью уменьшения химической активности стали, создания поверхностных защитных пленок в результате адсорбции и хемосорбции или образования фазовых пленок, приводящих к торможению коррозионного процесса.

В качестве пассивирующих веществ могут быть использованы многие соли щелочных металлов: нитриты, хроматы, фосфаты, силикаты, бораты, молибдаты и др., а также бензоаты и фенилацетаты. Наибольший практический интерес представляет использование силиката натрия, который адсорбируется на поверхности стали в виде кремнегеля и образует совместно с гидратом окиси железа защитную пленку, обладающую в то же время высокими гидрофильными свойствами.

Пассивация металла, связанная с явлениями адсорбции или образованием фазовых слоев, сопровождается снижением емкости двойного электрического слоя электрода. На рис. 3.4 приведены кинетики изменения емкости C (МФ/см^2) двойного электрического слоя стального электрода

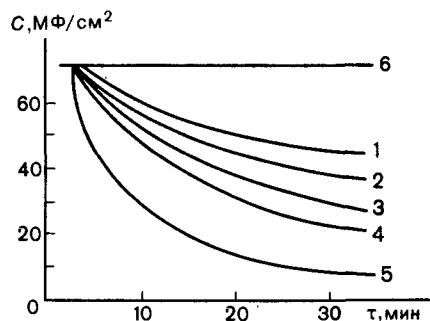


Рис. 3.4. Кинетика изменения емкости двойного электрического слоя стального электрода при обработке его растворами: 1—нитрита натрия; 2—фосфата натрия двухзамещенного; 3—силиката натрия; 4—ферроцианида калия; 5—силиката натрия при 50°С ; 6—исходная поверхность

при обработке его растворами нитрита натрия, фосфата натрия двухзамещенного, силиката натрия и ферроцианида калия в сравнении с исходной необработанной поверхностью. Во всех случаях наблюдается снижение емкости, свидетельствующее о протекании процесса пассивации стали. Влияние температурного фактора на процесс пассивации силикатом натрия указывает на определенную роль химической адсорбции в явлении пассивации.

Показатели качества поверхности пластин из углеродистой стали

Шероховатость поверхности R_a , мкм	$0,4 \pm 0,05$
Износостойкость, мм ³	$0,6 \pm 0,005$
Гидрофильность поверхности — θ° воды:	
на воздухе	Растекание
в вазелиновом масле	65 ± 5
Смачиваемость поверхности копировальным раствором	Растекание

Таким образом, в результате электрохимического зернения и химической пассивации поверхность углеродистой стали приобретает необходимые свойства ($R_a = 0,5$ мкм, $\theta = 50^\circ$), позволяющие использовать ее в качестве основы для монометаллических печатных форм.

3.5.3. Формные основы для изготовления монометаллических предварительно очувствленных пластин

Исторически сложилось так, что разработанные технологии подготовки пластин на алюминии и углеродистой стали используются для изготовления предварительно очувствленных пластин только в условиях типографий. При организации централизованного производства предварительно очувствленных пластин на Дмитровском опытном заводе алюминиевой консервной ленты (ДОЗАКЛ) и Лысьвенском металлургическом заводе технология обработки поверхности предопределялась используемым оборудованием, представлявшим собой поточные агрегаты, работающие на рулонном металле со скоростью от 40 до 120 м/мин.

Подготовка поверхности алюминиевой рулонной ленты на Дмитровском заводе заключается в одновременном обезжиривании и оксидации переменным током в серной кислоте (180 г/л). В результате на поверхности создается тонкая оксидная пленка толщиной 0,05—0,07 мкм, необходимая для хорошего сцепления копировального слоя. Шероховатость поверхности составляет 0,15—0,2 мкм, что предъявляет повышенные требования к качеству отделки поверхности исходного металла. Используется алюминиевый прокат марки АМг-2 не ниже 10-го класса чистоты отделки поверхности.

Подготовка поверхности рулонной ленты углеродистой стали (жести) на Лысьвенском металлургическом заводе сводится к обезжириванию, декапированию и пассивации. Операция зернения также отсутствует. Пассивация происходит в результате электрохимического осаждения хроматной пленки или электролитического нанесения цинка толщиной 3—5 мкм.

Таким образом, разработанные в начале 80-х гг. технологические процессы выпуска предварительно очувствленных пластин на алюминии и углеродистой стали были основаны на использовании гладких поверхностей металлургической прокатки. Это потребовало в дальнейшем тщательного подбора растворов для проявления и гидрофилизации форм, а также режимов печатания с гладких форм и разработки специальных составов увлажняющих растворов.

3.6. Пластины для изготовления биметаллических печатных форм

Формы, в которых печатающие элементы образуются на меди, а пробельные — на каком-либо другом металле (хроме, никеле, алюминии, нержавеющей стали), традиционно называются биметаллическими, хотя, строго говоря, они представляют собой сложную конструкцию из трех, а иногда из четырех металлов.

На отечественных полиграфических предприятиях до появления предварительно очувствленных пластин применялись шесть различных вариантов конструкций биметаллических форм. В качестве пассивной основы использовали углеродистую сталь или алюминий. На них наносили гальванопокрытия: сначала никеля (4 мкм), затем меди (10 мкм), затем хрома (1 мкм) или никеля (4 мкм). Полученные полиметаллические пластины использовали в качестве формной основы при изготовлении биметаллических печатных форм способом химического или электрохимического (анодного) травления верхнего покрытия на печатающих элементах до слоя меди.

Широкое распространение в 70-х гг. получила технология изготовления биметаллических печатных форм способом наращивания на пробельные элементы верхнего покрытия, обычно никеля или сплава никель — кобальт. При этом использовали копировальный слой на ортонафтохинондиазидах и проводили местное (в условиях типографии) изготовление предварительно очувствленных медненных пластин.

Особое место занимает технология с использованием медненной нержавеющей стали, которая применяется в качестве основы формы и основы пробельных элементов; печатающие элементы образуются на меди.

Таким образом, по конструкции полиметаллических пластин, используемых для нанесения копировального слоя, до последнего времени существовали следующие варианты их изготовления:

1. Углеродистая сталь — (никель) — медь — хром;
2. Углеродистая сталь — (никель) — медь — никель;
3. Алюминий — (никель) — медь — хром;
4. Алюминий — (никель) — медь — никель;
5. Алюминий — (никель) — медь;
6. Нержавеющая сталь — (никель) — медь.

В скобках показано гальванопокрытие никеля, которое называют «подслоем» и наносят для улучшения сцепления меди с углеродистой сталью и алюминием. Помимо гальванослоя никеля на поверхность алю-

миния наносится еще один подсло́й — химически осажденного цинка, который способствует прочному сцеплению с последующим гальванопокрытием.

Использование такого количества типов формных основ ничем не оправдано и только затрудняет механизацию процесса изготовления печатных форм. Основное назначение биметаллических печатных форм — печатание высоких тиражей. Раньше они применялись для печатания тиражей выше 100 тыс. оттисков, чем и объясняется отчасти такой большой ассортимент пластин. Сегодня предварительно оцувствленные монометаллические пластины на углеродистой стали (жести) выдерживают печатание тиражей около 300 тыс. отт. и вытесняют полиметаллические пластины. Использование полиметаллических пластин целесообразно при изготовлении форм для печатания на рулонных машинах тиражей свыше 300 тыс. отт., а также для печатания периодических изданий на высокоскоростных рулонных машинах, требующих особо высокой надежности в процессе печатания.

В настоящее время выпускается только один тип предварительно оцувствленных полиметаллических пластин на Зарайском заводе офсетных пластин и нестандартизованного оборудования. В качестве основы используется углеродистая сталь 08КП, на которую гальванически наносится слой меди и хрома. Ниже мы рассмотрим процесс изготовления пластин сталь-медь-хром как наиболее современный и перспективный из всех приведенных вариантов.

Процесс состоит из пяти операций и промежуточных промывок: электрохимическое обезжиривание поверхности углеродистой стали, декапирование, никелирование, меднение и хромирование.

Электрохимическое обезжиривание более эффективно, чем химическое, так как кроме омыления жиров и эмульгирования в щелочном растворе активную роль в удалении загрязнений играют пузырьки выделяющегося на катоде водорода и на аноде кислорода. Обезжиривание проводят обычно в катодно-анодном режиме.

Операции обезжиривания уделяют особое внимание, так как качество последующего гальваноотложения зависит прежде всего от тщательности подготовки поверхности исходных пластин. Недоброкачественное шероховатое покрытие, пузыри, пористость, отслаивание могут быть следствием плохой очистки поверхности углеродистой стали.

Декапирование — заключительная стадия подготовки поверхности исходного металла. Оно проводится с целью активирования поверхности 3-5%-ным раствором серной или соляной кислот.

Никелирование углеродистой стали — вспомогательная операция, которая улучшает сцепление последующего гальваноотложения меди. Непосредственно меднение стали затрудняется вследствие образования на поверхности пористого слоя «контактной» меди, который выделяется из раствора CuSO_4 по реакции $\text{Fe} + \text{Cu}^{+2} \rightarrow \text{Fe}^{+2} + \text{Cu}$. Этот осадок меди порист и плохо сцеплен с поверхностью. Поэтому перед меднением наносят плотный, сплошной слой никеля (на две стороны по 2-3 мкм) из сернокислого электролита.

Меднение по никелевому подслою обеспечивает прочное сцепление

медного гальванопокрытия, отсутствие пористости, трещин. Различают два основных типа электролитов для меднения: кислые и щелочные. В полиграфии наиболее широкое применение нашли кислые сульфатные электролиты, отличающиеся простотой состава, дешевизной, устойчивостью и допускающие высокие плотности тока. Выход по току в этих электролитах приближается к 100% и почти не меняется с изменением плотности тока. Недостаток кислых электролитов — их незначительная рассеивающая способность и более грубая структура осадков по сравнению со щелочными электролитами.

Ко второму типу относятся прежде всего цианидные электролиты, которые позволяют покрывать непосредственно стальные пластины, однако они дороги и токсичны, менее устойчивы, допускают ограниченные плотности тока и в полиграфии не применяются. В качестве заменителей цианидных электролитов применяют иногда пирофосфатные и этилендиамидные электролиты.

Сульфатный медный электролит содержит два основных компонента: сульфат меди $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и серную кислоту. Осаждение меди на катоде проходит в основном за счет разряда ионов $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ со значением стандартного потенциала $\varphi^\circ = +0,34\text{В}$. Серная кислота повышает электропроводность электролита и снижает активность меди, способствуя образованию мелкокристаллических осадков; однако с понижением pH заметно падает растворимость сульфата меди.

Для повышения скорости осаждения меди в сернокислом электролите применяют реверсирование тока. Соотношение катодного и анодного импульсов тока составляет от 8 : 1 до 4 : 1, плотность тока повышается до 2 А/дм².

Однако наибольшей интенсивности процесса меднения можно достигнуть введением в сернокислый электролит кремнефтористой меди CuSiF_6 . Сульфаткремнефторидный электролит разработан во ВНИИ полиграфии и внедрен в промышленность для интенсификации процесса меднения в автоматизированных гальванических линиях. Кремнефтористая медь образуется непосредственно в процессе приготовления электролита путем насыщения раствора кремнефтористой кислоты углеродистой медью по реакции:



Кремнефтористо-водородная медь хорошо растворима в воде, поэтому возможны повышение содержания ионов меди в электролите от 1 до 1,25 г-ион/л и высокие плотности тока. Большое влияние на качество покрытия оказывает концентрация сульфатных и кремнефторидных ионов, которая должна составлять соответственно 0,75 и 0,8 г-ион/л. Высокая рассеивающая способность электролита позволяет получать более равномерные осадки. Малая пористость и мелкая кристаллическая структура отличает их от сульфатных. Необходим строгий контроль состояния анодов.

Хромирование проводят чаще всего из стандартного сульфатного электролита, содержащего в качестве основного компонента хромовый ангидрид CrO_3 и незначительное количество серной кислоты. Соотношение

количеств хромового ангидрида и серной кислоты определяет выход по току и качество получаемых покрытий. При весовом отношении $\text{CrO}_3:\text{H}_2\text{SO}_4$ в пределах 100-200 электроосаждение идет с максимальными выходами по току и рассеивающей способностью.

Процесс хромирования имеет ряд особенностей вследствие поливалентности хрома. Водный раствор хромового ангидрида представляет собой смесь полихромовых кислот, в основном H_2CrO_4 и $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, которые находятся в равновесии:



В электролите присутствуют анионы: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, HCrO_4^- , CrO_4^{2-} , HCr_2O_7^- . С увеличением концентрации равновесие смещается в сторону образования $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, а с разбавлением — в сторону образования CrO_4^{2-} .

Процесс хромирования протекает стадийно с образованием ионов промежуточной валентности: $\text{Cr}(\text{VI}) \rightarrow \text{Cr}(\text{III}) \rightarrow \text{Cr}(\text{II}) \rightarrow \text{Cr}$.

Осаждение хромового покрытия начинается лишь по достижении определенной плотности тока. Ниже этой плотности сразу же при включении тока выделяющийся на катоде атомарный водород восстанавливает $\text{Cr}(\text{VI})$ до $\text{Cr}(\text{III})$, что обуславливает формирование катодной пленки, состоящей из соединений $\text{Cr}(\text{VI})$ и $\text{Cr}(\text{III})$, а также ионов SO_4^{2-} . С образованием катодной коллоидной пленки потенциал резко смещается в электроотрицательную сторону, что приводит к дальнейшему электрохимическому восстановлению части $\text{Cr}(\text{III})$ до металла.

Для хромирования обычно используются нерастворимые свинцовые аноды.

Электролитический хром обладает высокой твердостью — до 1000—1100 кгс/мм², низким коэффициентом трения, высокой износостойкостью и химической устойчивостью. Имеет мелкокристаллическую структуру.

Основной недостаток хромовых электролитов — токсичность, низкий выход по току (12—13%), малая рассеивающая способность, значительная пористость хрома и наличие внутренних напряжений.

Этих недостатков лишен тетрахроматный электролит, в котором выход по току достигает 33%. Тетрахромат натрия образуется в электролите при введении едкого натра в раствор хромового ангидрида. Предполагают, что тетрахромат-ион принимает непосредственное участие в процессе восстановления хрома до металлического состояния.

Недостатком тетрахроматного электролита считается низкая твердость покрытия. Однако, как показали практический опыт и исследования, тиразеустойкость форм при этом остается высокой.

Получением хромового покрытия заканчивается гальванопроцесс изготовления полиметаллической пластины.

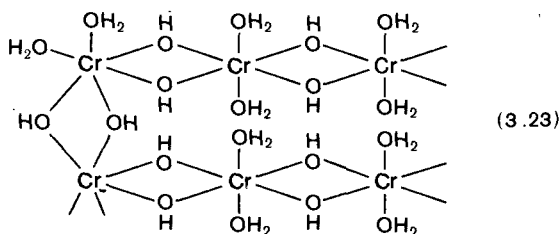
Как видно из табл. 3.8, хромовое покрытие обладает хорошими технологическими качествами: сочетанием низкой шероховатости с высокой износостойкостью и исключительно высокими гидрофильными свойствами.

Гидрофильные свойства хрома обусловлены химическим взаимодействием с водой, образованием на поверхности гидратного слоя полимерного строения $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Содержание воды в пленке достигает

3.8. Показатели качества хромового покрытия

Показатели	Стандартный электролит	Тетрахроматный электролит
Шероховатость поверхности R_a , мкм	0,5—0,6	0,14
Толщина хромового слоя, мкм	1,0	1,0
Износостойкость, мм ³	—	0,03—0,05
Микротвердость, кгс/мм ²	800	600
Гидрофильность свежесаженной поверхности воды, θ , град.:		
на воздухе	Растекание	Растекание
в вазелиновом масле	42	32
Смачиваемость поверхности копировальным раствором на воздухе, θ , град.	Растекание	Растекание

33,5%. Это многоядерный слоистый полимер-комплекс, в котором роль лигандов играют ион Cr^{III} и H_2O , а гидроксильная группа ведет себя как мостиковая, связывая два иона металла.



Такие мостиковые (или оловые) образования являются промежуточными при формировании твердой фазы.

При старении и особенно при нагревании оловые связи ($-\text{OH}-$) заменяются на кислородные ($-\text{O}-$) и образуются инертные оксосоединения, не способные к гидратации. Действительно, при хранении хромовых пластин на воздухе краевой угол смачивания воды в избирательных условиях постепенно увеличивается и достигает 120° , т. е. происходит инверсия смачивания, поверхность из гидрофильной становится гидрофобной. Инверсия смачивания хрома наступает через 4 ч хранения на воздухе при относительной влажности 98%, через 0,5 ч при влажности 1%, через 0,1 ч при высушивании в шкафу с температурой 100°C . Инверсия смачивания не наступает, если хром не подвергается сушке.

На рис. 3.5 приведены кривые изменения смачивания водой в избирательных условиях θ_0 в зависимости от времени и условий хранения хромированных пластин и изменения емкости двойного слоя хромового электрода при выдерживании образцов в тех же условиях. На рис. 3.5 видно, что смачивание и емкость хромовых электродов изменяются адекватно: уменьшению гидрофильности поверхности соответствует уменьшение емкости двойного

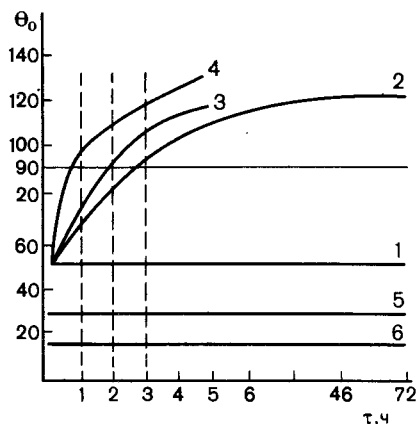


Рис. 3.5. Кинетика изменения смачивания хромированных пластин в избирательных условиях (θ_0 воды), в зависимости от условий хранения пластин: кривая 1—в воде; 2—на воздухе при относительной влажности 98%; 3—на воздухе при относительной влажности 1%; 4—на воздухе после высушивания при температуре 100 °С; 5—на воздухе, поверхность пластины защищена пленкой натрия карбоксиметилцеллюлозы; 6—на воздухе, защитная пленка — камедь сибирской лиственницы

электрического слоя. Это свидетельствует о том, что произошло изменение поверхностного слоя за счет образования новой фазы, отличной от исходной.

Все сказанное имеет исключительно важное значение для эксплуатации хромового покрытия в качестве пробельных элементов биметаллической печатной формы. Пробельные элементы должны быть не только гидрофильными, но и обладать высокой устойчивостью к депрессированию жироподобными веществами из печатной краски. В то же время известно, что в координационную сферу гидроокиси хрома могут входить и анионы жирных кислот, образуя смешанные комплексы с металлом, что сопровождается гидрофобизацией поверхности.

Следовательно, поверхность хромового покрытия должна быть защищена от гидрофобизирующего воздействия атмосферы, температуры и жироподобных веществ. В связи с этим поверхность пластин покрывают тонким слоем коллоида. Наилучшими защитными свойствами обладают пленки натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы и камеди сибирской лиственницы, которые, химически адсорбируясь на поверхности, обеспечивают дополнительную гидрофилизацию ее — угол смачивания уменьшается до 15—25°. При хранении таких защищенных пластин инверсия смачивания не наступает (кривые 5 и 6 на рис. 3.5).

Таким образом, заключительной операцией изготовления полиметаллических хромированных пластин является нанесение и сушка при температуре 30—35 °С защитной пленки коллоида.

3.7. Оборудование для подготовки поверхности формных пластин

Для выполнения электрохимических операций подготовки поверхности алюминиевых и стальных пластин в полиграфии используются автоматизированные гальванолнии с «нежестким» единичным циклом. В этих линиях обрабатываемые пластины транспортируются автооператорами, при этом последовательность выполнения технологических операций

задается программой, вносимой в командоаппарат линии. Программу можно менять при изменении технологической схемы и режимов электролиза.

Принцип действия операторных автоматических линий заключается в следующем: вдоль гальванованн, расположенных в один ряд, по направляющим перемещаются автооператоры, которые переносят подвески с обрабатываемыми пластинами из одной гальванованны в другую согласно технологическому процессу. Автооператоры выполняют движения двух видов: горизонтальное (вдоль линии) и вертикальное (подъем и опускание подвесок). Каждое из этих движений осуществляется индивидуальным приводом, состоящим из электродвигателя и редуктора. Процесс управления заключается в последовательном включении и выключении соответствующих электродвигателей. Команды на включение и выключение выдает командоаппарат системы программного управления. Сигналы обратной связи для остановки автооператора против заданной рабочей позиции, а также для остановки захвата автооператора в крайнем верхнем положении (при выгрузке пластин из гальванованн) или в крайнем нижнем положении (при загрузке ванн) подают путевые электрические переключатели, установленные в соответствующих местах.

Операторные автоматические линии с программным управлением относятся к классу перенастраиваемых. Высокая степень технологической гибкости делает их особенно удобными для мелкосерийного производства в условиях отдельных полиграфических предприятий.

Гальванованны для обезжиривания изготавливают из 4-5-миллиметровой стали. Для нагревания применяют стальной змеевик, располагаемый по дну. Ванна снабжена бортовой вентиляцией. Для травления и декапирования используются стальные ванны, футерованные кислотостойким материалом (резиной, винипластом, асбовинилом). Гальванованны для нанесения электрохимических покрытий чаще всего изготавливают из стали и снабжают внутренней футеровкой. Для кислых медных и никелевых электролитов применяют футеровку из пластмасс, ванны хромирования футеруют свинцом. В кислых электролитах используют змеевики из свинца, алюминия, в щелочных электролитах — железные змеевики. Для завешивания анодов и пластин на бортах ванн укладывают медные штанги, к которым подводят ток от источника тока. Питание постоянным током имеет свои особенности. Гальванованны для различных покрытий обычно отличаются по амперным нагрузкам. Кроме того, необходима независимая регулировка тока на каждой ванне и возможность отключения любого из них без нарушения работы других. Поэтому каждая гальванованна снабжается отдельным выпрямителем типа ВАКГ.

Предприятия, использующие электрохимические способы подготовки поверхности алюминиевых или стальных пластин, изготавливали гальванолинии по специальным проектам в соответствии с заданными мощностями и наличием производственных площадей. Поэтому все применяемые в полиграфии гальванолинии имеют свои особенности, преимущества и недостатки. Производительность их колеблется от 20 тыс. до 75 тыс. пластин в год. Использование автоматизированных гальванолиний на полиграфических предприятиях в свое время было большим достижением, так как значительно

улучшило санитарно-гигиенические условия труда, повысило производительность, надежность и улучшило эксплуатационные свойства подготовленных пластин.

В настоящее время при использовании предварительно очувствленных пластин процессы подготовки поверхности формного материала исключаются из технологии полиграфического производства. На Зарайском заводе офсетных пластин изготовление полиметаллических пластин сталь — медь — хром производится на автоматизированных гальванолиниях производительностью около 200-250 тыс. пластин в год. Используется оборудование аналогично указанному выше.

3.8. Изготовление и характеристика предварительно очувствленных пластин

3.8.1. Изготовление предварительно очувствленных пластин

Для изготовления предварительно очувствленных пластин используются следующие материалы-основы:

А. Монометаллические: 1) алюминиевые пластины толщиной 0,5 мм электрохимически зерненные, с оксидацией и наполнением, R_a поверхности $\approx 0,8-1,2$ мкм; 2) пластины углеродистой стали толщиной 0,3, 0,35 и 0,5 мм, электрохимически зерненные, химически ингибированные, R_a поверхности 0,4—0,5 мкм; 3) алюминиевая рулонная лента толщиной 0,3 мм, гладкая оксидированная, $R_a=0,16-0,2$ мкм; 4) рулонная углеродистая сталь толщиной 0,25—0,28 мм (жесть) и 0,32 мм (сталь), гладкая, электрохимически ингибированная или оцинкованная, $R_a=0,4-0,6$ мкм.

Б. Полиметаллические: углеродистая сталь с гальванопокровками меди (8—10 мкм) и хрома (1 мкм), $R_a=0,5-0,6$ мкм.

На некоторых предприятиях еще используются медные пластины на алюминии или стали.

В качестве копировальных растворов для изготовления предварительно очувствленных монометаллических пластин используются растворы на основе светочувствительных ортонафтохиноиддиазидов (ОНХД), новолачных и резольных смол, растворенных в смеси органических растворителей. Для предварительного очувствления полиметаллических пластин служит водный раствор поливинилового спирта, поливинилпирролидона и диасосмолы.

Смачивание поверхности формных основ этими копировальными растворами выражается краевым углом θ , т. е. самопроизвольным растеканием. Это является предпосылкой создания прочной адгезионной связи между копировальным слоем и поверхностью формной пластины. Сама же адгезия определяется химическим строением светочувствительных и пленкообразующих компонентов копировальных растворов, а также условиями нанесения и сушки копировальных слоев. Свойства копировальных слоев определяются не только составом светочувствительных композиций, но и способом нанесения их на формные подложки, условиями формирования пленок.

Для формирования пленок копировальных слоев используются следующие способы нанесения копировального слоя на пластину: центрифугирование,

способ падающей завесы, валковый способ нанесения слоя и нанесение в электрическом поле высокого напряжения.

Центрифугирование до сих пор — практически единственный способ нанесения копировальных слоев в условиях типографий. Приготовление растворов и подготовка поверхности формных пластин проводятся также непосредственно в типографиях.

Формирование пленки проводят обычно при скорости вращения ротора от 80 до 120 об/мин, при этом разброс по толщине составляет 30—40%. Силы, влияющие на формирование пленки, складываются из центробежной силы, силы адгезии копировального раствора к поверхности пластины, давления испаряющегося растворителя и поверхностного натяжения по краям подложки. Увеличение скорости ротора приводит к формированию пленок не только более тонких, но и более равномерных; толщина пленки не зависит от формата пластин.

Способ имеет следующие недостатки: малую производительность, большой расход копировального раствора (около 100 мл/м²), при этом около 60% раствора сбрасывается с пластины в сточные воды.

Способ падающей завесы используется на Зарайском заводе офсетных пластин для централизованного производства предварительно очувствленных полиметаллических пластин. Главный узел линии — поливочная головка высокой точности исполнения и регулирования. Поливочная головка представляет собой резервуар с щелевым отверстием снизу. Ширина щели регулируется от 0,1 до 0,5 мм с точностью регулировки 0,1 мм.

Копировальный раствор, находящийся в резервуаре, вытекает из щели. Этому противостоят напряжение вязкого течения и капиллярные силы, возникающие в щели головки. При определенном соотношении всех сил происходит непрерывное ламинарное течение завесы и формируется толщина завесы раствора. Пластина движется горизонтально под завесой со скоростью 80—150 м/мин. В момент соприкосновения завесы с поверхностью пластины происходит как бы изменение направления движения завесы на 90° и раствор смачивает поверхность (рис. 3.6). Обязательное условие хорошего смачивания копировальным водным раствором — высокая гидрофильность поверхности и плоскостность пластины.

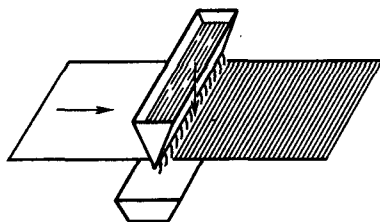


Рис. 3.6. Схема нанесения копировального слоя способом падающей завесы

Валковый способ нанесения слоя более пригоден при использовании бесконечной ленты рулонного материала — подложки. Возможны различные варианты построения валковых систем. Но в любом варианте обязательны два валика: один, называемый питающим, или дозирующим, подает определенное количество наносимого раствора, другой, называемый наносящим, или покрывочным, — передает раствор на поверхность движущейся ленты металл-основы. Дозирующие валики обычно стальные, с отделкой поверхности не ниже 10-го класса чистоты. Наносящие валики чаще всего резиновые или полиэфируретановые.

В лакокрасочной промышленности для нанесения тонких пленок широко используются трехвалковые системы (рис. 3.7, а), в которых кроме дозирующего и покрывочного валиков имеется промежуточный регулирующий валик.

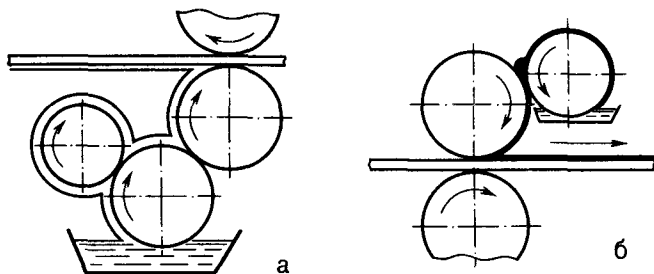


Рис. 3.7. Схема трехвалковой а и двухвалковой б головки для нанесения тонких пленок

На Дмитровском заводе при нанесении копировального слоя на движущуюся ленту алюминия используется двухвалковая система (рис. 3.7, б). Принцип ее работы состоит в следующем. Дозирующий стальной валик погружен в ванну с копировальным раствором. Скорость вращения валика — 25 об/мин. Наносящий валик с резиновым покрытием передает раствор с дозирующего валика на поверхность ленты. Скорость вращения валика — 70—80 об/мин. Толщина наносимого слоя регулируется путем изменения зазора между дозирующим и наносящим валиками. Между наносящим валиком и поверхностью ленты металла зазор практически отсутствует.

Основной параметр, которым практически можно пользоваться для изменения толщины слоя, — скорость движения ленты. При поливе копировального раствора на алюминиевую ленту скорость составляет 40 м/мин.

Валковый способ нанесения копировального слоя можно считать наиболее универсальным, так как он не предъявляет каких-либо специфических требований к композициям.

Способ распыления в электрическом поле высокого напряжения заключается в переносе заряженных частиц копировального раствора на формный материал (пластины или ленту рулонного материала).

Процесс нанесения слоя в электрополе можно разбить на три стадии: 1) зарядка и распыление (диспергирование) копировального раствора на отрицательном коронирующем электроде и образование факела распыла; 2) перемещение отрицательно заряженных частиц к положительно заряженному формному материалу; 3) разрядка частиц и осаждение на формном материале.

Зарядка копировального раствора проводится контактно от соприкосновения с острой кромкой специального устройства — распылителя. При подаче высокого напряжения к распылителю около острой кромки возникает коронный разряд. С помощью насоса копировальный раствор подается к распылителю и приобретает заряд, и под действием заряда распыляется с острой кромки на мелкие частицы.

Взаимное отталкивание заряженных капель приводит к образованию между ними факела распыла.

Перемещение отрицательно заряженных капель раствора к положительному электроду (пластине или ленте, на которые производится нанесение слоя) происходит по траектории, определяемой равнодействующей трех сил: силы электрического поля ($F_z = d \cdot E$), силы тяжести и кулоновских сил отталкивания одноименно заряженных частиц.

Разрядка капель происходит на поверхности пластины, заряд с капли стекает, нейтральные капли растекаются и сливаются с образованием сплошного слоя. В этот момент вновь начинает сказываться влияние смачивания и происходит дальнейшее формирование покрытия.

Для распыления в электрическом поле пригодны материалы, обладающие определенными электрофизическими свойствами: удельным объемным электрическим сопротивлением в пределах 50—500 кОм·м ($5 \cdot 10^6$ — $5 \cdot 10^7$ Ом·см) и диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 6$ —11. Копировальные растворы на основе ОНХД, удовлетворяющие этим требованиям, были получены благодаря подбору специальной системы растворителей, что обеспечило ρ_v около $5 \cdot 10^6 + 2 \cdot 10^7$ Ом·см и $\epsilon = 4 \div 10$.

Основные достоинства способа электрораспыления заключаются в следующем: 1) малые потери копировального раствора (около 5%); 2) высокая адгезия сформированного копировального слоя к подложке благодаря воздействию дополнительных электрических сил на прилипание; 3) высокая производительность процесса.

Способ электрораспыления копировального раствора пригоден для изготовления предварительно очувствленных монометаллических пластин. Он осуществлен в двух вариантах: 1) для очувствления алюминиевых пластин с комплексной электрохимической подготовкой поверхности в условиях Московской типографии № 6 и 2) для очувствления непрерывной ленты хромированной жести при централизованном изготовлении пластин в условиях Лысьвенского металлургического завода.

Использование щелевых распылителей потребовало разработки копировального раствора, обладающего, помимо известных электрофизических показателей, высокой вязкостью (24—30 с вместо обычных 11—15 с). Раствор с повышенной вязкостью разработан в МНПО НИОПИК и выпускается Ставропольским ПО «Анилин» под маркой «Копировальный раствор позитивный КРП-82».

Нанесение копировального раствора на подложку — первая стадия формирования пленки копировального слоя, вторая стадия заключается в высушивании слоя, в процессе которого создается фундамент всех необходимых технологических свойств слоя: адгезия к подложке, светочувствительность, химическая стойкость, механическая прочность и тиражестойкость, стабильность показателей при хранении предварительно очувствленных пластин.

Сушка копировального слоя в лакокрасочных системах считается законченной только тогда, когда в пленке образуются разнообразные химические связи и получится наиболее твердое и прочное покрытие. Для копировальных слоев образование химических связей между компонентами, а также с подложкой недопустимо, так как это затруднит процесс проявления копий. Кроме того, не должно происходить разрушения светочувствительной

компоненты слоя. В связи с этим температура сушки выбирается таким образом, чтобы произошло постепенное удаление растворителя, прошли релаксационные процессы, увеличивающие адгезию слоя, уменьшающие внутренние напряжения в пленке, но не произошло термического разрушения светочувствительной компоненты. Остатки растворителя в пленке отрицательно сказываются на светочувствительности материала, но в то же время растворитель играет в пленке роль пластификатора, и небольшое количество его необходимо. Обычно содержание остаточного растворителя в пленке колеблется от 5 до 12%. В табл. 3.9 показана роль температуры в термопревращении основных компонентов копируемых слоев.

3.9. Температуры термопревращений составных частей копируемых слоев

Компонент копируемого слоя	Температура, °C	Характер термопревращения
Светочувствительный ОНХД	127	Деструкция
Новолачные смолы	140	Конденсация
Резольные смолы	150—160	То же
Светочувствительная диазосола	70	Деструкция
Поливиниловый спирт	100	Полимеризация
Поливинилпирролидон	100	То же

Понятно, что температура сушки копируемого слоя должна быть ниже температуры терморазложения и термоструктурирования всех твердых компонентов слоя.

На процесс сушки большое влияние оказывает также способ подвода тепла. Наиболее распространены способы: конвективный, терморadiационный, индукционный.

При конвективной сушке формная пластина с копируемым слоем нагревается циркулирующим горячим воздухом в камерах с теплоизоляционным ограждением и с нагревательными приборами, которые помещают внутри или вне камеры. При конвективном способе сушки сначала высыхает поверхностный слой пленки, что затрудняет улетучивание растворителя из нижних слоев и может привести к образованию покрытия с пузырями и кратерами. Кроме того, передача тепла к пленке слоя происходит сравнительно медленно, и сушка длится до 0,5 ч.

Терморadiационная сушка осуществляется под действием ИК-излучения. Процесс начинается от поверхности металла, который поглощает ИК-лучи, прошедшие через пленку слоя. Такой направленный тепловой поток обеспечивает беспрепятственное улетучивание растворителя в короткое время. В качестве источников ИК-лучей используют ламповые излучатели или так называемые «темные» излучатели в виде трубчатых электронагревателей, снабженных алюминиевыми рефлекторами. Диапазон длин волн излучения составляет 0,5 мкм для ламповых и 3,5—5 мкм — для темных излучателей.

При индукционной сушке формная основа с копируемым слоем помещается в переменное электромагнитное поле, которое создается в индукторах токами повышенной частоты. В подложке индуцируются вихревые токи, за счет которых и происходит ее нагрев. От нагретой подложки

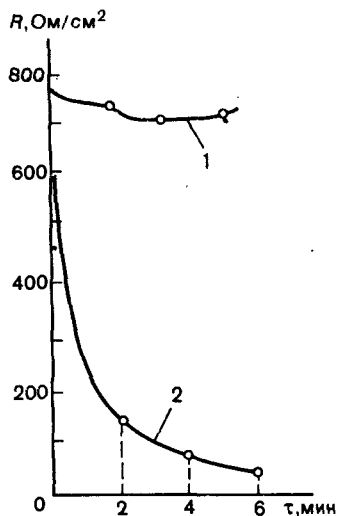


Рис. 3.8. Кинетика изменения сопротивления пленки в проявителе в зависимости от способа высушивания: 1—индукционная сушка; 2—конвективная сушка

тепло передается пленке, и происходит испарение растворителя от внутренних слоев к внешним. Индукционный способ сушки наиболее производительный, так как высушивание происходит за 2—10 с, и поэтому он используется в поточном производстве.

Все эти способы сушки применяются для копировальных слоев. В центрифугах ФЦВ используется также смешанный нагрев — конвективный и терморadiационный, на поточной линии ФСЛ — терморadiационный нагрев. Время сушки составляет от 8 до 15 мин при температуре 40—60 °С.

Способ сушки оказывает большое влияние на свойства копировального слоя. Так, на рис. 3.8 показано влияние способа сушки на кинетику изменения омического сопротивления пленки копировального слоя в проявителе. Изменение омического сопротивления пленки может быть связано с диффузией среды через поры копи-

ровального слоя и с набуханием пленки. Из рис. 3.8 видно, что сопротивление пленки, высушенной токами высокой частоты, практически не изменяется в течение всего времени испытаний (кривая 1), в то время как у пленки, высушенной конвективным способом за 6 мин, сопротивление уменьшается почти в 10 раз (кривая 2). Это свидетельствует о более высоких защитных свойствах (адгезия, химическая стойкость, сплошность) копировального слоя, высушенного в индукционной камере. Очевидно, и тиражестойкость такого слоя должна быть более высокой.

3.8.2. Характеристика предварительно очувствленных пластин

В настоящее время в СССР выпускаются три типа предварительно очувствленных пластин: 1) «Пластины алюминиевые универсальные, предварительно очувствленные, одnorазового пользования для офсетных печатных форм» по ТУ 15-06-281—82; 2) «Листы оцинкованной жести со светочувствительным слоем» по ТУ 14-1-3980—87; 3) «Пластины офсетные trimеталлические со светочувствительным покрытием» по ТУ 101-05-34—86.

1. Пластины алюминиевые универсальные выпускаются Дмитровским опытным заводом алюминиевой консервной ленты (табл. 3.9). Толщина пластин — 0,3 мм $\pm_{0,02}^{0,01}$, ширина — от 1010 до 1160 мм $\pm 1,0$ мм, длина — от 740 до 1420 мм $\pm 5,0$ мм. В качестве копировального слоя используется «Фоторезист позитивный ФП-27-18БС», выпускаемый Ставропольским ПО «Анилин» по ТУ 6-14-424—85. В качестве основы используется рулонная заготовка из сплава АМ-2 с химическим составом в соответствии с

ГОСТ 4784—74. Механические свойства сплава: σ_b — 255—335 МПа, δ — 2%. Помимо сплава выпускаются пластины из чистого алюминия АДО и АЛН.

Характеристика предварительно очувствленных алюминиевых пластин

Шероховатость поверхности исходного алюминия R_a , мкм	0,20—0,06
Толщина анодной пленки, мкм	$0,07 \pm 0,03$
Гидрофильность анодированной поверхности (краевой угол смачивания воды в избирательных условиях), град	50 ± 7
Толщина светочувствительного слоя, мкм	$3,0 \pm 1,0$
Цвет светочувствительного слоя	Зеленый, блестящий, равномерный
Олеофильность светочувствительного слоя (краевой угол смачивания воды в избирательных условиях), град	120 ± 5
Избирательность проявления W , отн. ед.	20

Срок хранения пластин по ТУ составляет 12 мес. Однако практика показала, что при хранении пластин в сухом помещении с относительной влажностью до 50% срок возрастает до 2—3 лет.

Пластины ДОЗАКЛ предназначаются для печати любого типа продукции, в том числе и высокохудожественных альбомов, на листовых машинах. Тиражестойкость форм составляет 50 тыс. без термообработки и 100—150 тыс. после термообработки, при нормализованном печатном процессе.

2. Листы оцинкованной жести со светочувствительным слоем выпускаются на Лысьвенском металлургическом заводе толщиной 0,28 и 0,32 мм, шириной — 712 и 820 мм, длиной — от 450 до 1200 мм.

Для формирования светочувствительного слоя используется копировальный раствор позитивной КРП-82 по ТУ 6-13-19-40—83 Ставропольского ПО «Анилин». В качестве стальной основы применяется холоднокатаная черная жечь марки ЧЖ-1 и ЧЖ-2 по ГОСТ 18173—72.

По химическому составу черная жечь соответствует стали марок 08КП, 08ПС и 10КП по ГОСТ 1050—74.

Характеристика предварительно очувствленных пластин на хромированной жести

Толщина цинкового покрытия, мкм	4
Толщина светочувствительного слоя, мкм	2—3
Характеристика светочувствительного слоя, по эталону	Сплошной, блестящий, зеленый
Толщина предварительно очувствленных пластин, мм	$0,28 \pm 0,01$ $0,32 \pm 0,02$
Ширина предварительно очувствленных пластин, мм	820
Длина предварительно очувствленных пластин, мм	1050—1200+3

Срок хранения предварительно очувствленных пластин — 12 месяцев. Эти пластины предназначены для печати на рулонных машинах тиражей до 300 тыс. оттисков.

3. Пластины офсетные полиметаллические со светочувствительным покрытием изготавливаются на стальной основе путем последовательного нанесения никелевого, медного, хромового и светочувствительного покрытий. Изготовитель — Зарайский завод офсетных пластин.

Светочувствительное покрытие состоит из водорастворимых полимеров (поливинилового спирта и поливинилпирролидона), сенсibilизированных диазосмолей.

В качестве стальной основы используется сталь тонколистовая холоднокатаная малоуглеродистая качественная для полиграфической промышленности, выпускаемая по ТУ 14-1-1513—75.

Линейные размеры триметаллических пластин со светочувствительным покрытием составляют 1 типоразмер: толщина — 0,35—0,5 мм, минимальный размер по окружности формного цилиндра 496 мм, максимальный — 1320 мм, минимальный размер по образующей формного цилиндра — 610 мм, максимальный — 1200 мм. Допустимые отклонения размеров $\pm 1,0$ мм, разность диагоналей пластин — не более 2,0 мм.

Предварительно очувствленные полиметаллические пластины являются универсальными и предназначаются для печатания на любых типах листовых и рулонных машин высокотиражной продукции. Тиражестойкость печатных форм превышает 1 млн оттисков.

Характеристика предварительно очувствленных полиметаллических пластин

Толщина покрытий, мкм:

медное	$7,0 \pm 2,0$
хромовое	$1,0 \pm 0,2$
светочувствительное	$3,0 \pm 0,3$

Светочувствительность слоя — оптическая плотность полутоновой шкалы, задубленная при экспозиции 3 мин под металлогалогенной лампой

0,9

Химическая стойкость к травящему раствору, мин

2,5-кратное превышение времени травления

Срок хранения предварительно очувствленных пластин, мес.

12

Все предварительно очувствленные пластины имеют ограниченный срок хранения (6—12 мес.), так как происходит старение копировального слоя. Под термином «старение» понимается совокупность химических и физических превращений, происходящих в системе при эксплуатации или хранении пластин и приводящих к потере комплекса полезных свойств.

При хранении предварительно очувствленных пластин копировальный слой подвергается воздействию многочисленных факторов (тепла, влаги, кислорода, механических нагрузок, воздействия материала формной основы), что создает условия для инициирования и развития различных химических реакций. На практике старение копировального слоя выражается в изменении светочувствительности, проявляемости, адгезии к формной основе.

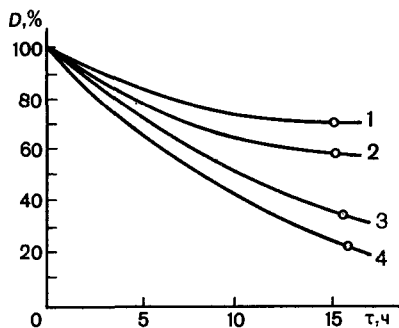


Рис. 3.9. Изменение оптической плотности D полосы поглощения диазогруппы при искусственном старении предварительно очувствленных пластин на хrome 1, алюминии 2, цинке 3, меди 4

В наибольшей степени изучено старение копируемого слоя на ОНХД. Обнаружено, что значительное влияние на скорость старения ОНХД оказывает кислород, температура и влажность воздуха, а также природа металла формной пластины. На рис. 3.9 показано изменение оптической плотности D полосы поглощения диазогруппы при искусственном старении предварительно очувствленных пластин на разных металлах: хrome, алюминии, цинке и меди. Как видно из приведенных данных, после 15 ч искусственного старения на медной и цинковой пластинах осталось только 35 и 40% от исходных диазогрупп, т. е. медь и цинк оказывают существенное

каталитическое воздействие на старение ОНХД. По степени воздействия формные металлы можно расположить в следующий ряд: $\text{Cr} \leq \text{Al} \leq \text{Zn} \leq \text{Cu}$. Повышение температуры и влажности, а также хранение в присутствии кислорода воздуха приводит к ускорению старения копируемого слоя, выражающегося в потере светочувствительности и проявляемости слоя.

Для уменьшения влияния кислорода воздуха предварительно очувствленные пластины упаковывают в газонепроницаемые упаковочные материалы. Наиболее низкую проницаемость по отношению к кислороду имеют целлофан, полиамид (нейлон) и поливинилхлорид (саран). Рекомендуемые условия хранения предварительно очувствленных пластин: температура — 18—20 °C, влажность — 40—50% (эти условия должны выполняться в складских помещениях).

3.8.3. Направления развития предварительно очувствленных пластин

Ассортимент предварительно очувствленных пластин на мировом рынке постоянно увеличивается. Более 50 фирм мира выпускают в настоящее время предварительно очувствленные пластины негативного и позитивного копирования, монометаллические и полиметаллические толщиной от 0,1 до 0,5 мм, форматом от 370×450 до 1420×1680 мм, на бумажной, пленочной и металлической основе, для малых, средних и больших тиражей. Характерно, что каждая фирма выпускает по 5—10 наименований пластин различного назначения.

Примерами могут служить монометаллические алюминиевые пластины Nylolith (фирма «BASF»), Ozasol («Hoechst»), gSP («Polychrome») и др. Европейские фирмы выпускают пластины, работающие преимущественно позитивно, их доля составляет 52%, негативные пластины составляют 38%, 10% пластин предназначаются для прямых способов изготовления печатных форм. Они характеризуются высокой светочувствительностью и чрезвычай-

чайно высокой тиражестойкостью — от 400 тыс. до 1 млн оттисков после термообработки формы. Это делает их конкурентоспособными с биметаллическими формами и универсальными по применению для печати как на листовых, так и на рулонных печатных машинах. Подготовка поверхности алюминиевых пластин для высокотиражных печатных форм заключается в электрохимическом зернении, оксидации и наполнении. Копировальные слои помимо высокой светочувствительности характеризуются наличием специальных добавок — пигментов, создающих микрошероховатую структуру поверхности слоя. Это создает лучшие условия для вакуума и достижения контакта между фотоформой и копировальным слоем, исключает возникновение «стоячих волн» при экспонировании. Все это повышает надежность копировального процесса.

Развитие отечественных предварительно очувствленных монометаллических пластин идет по двум направлениям: совершенствование алюминиевых пластин и пластин на жести, а также совершенствование состава копировального слоя с целью повышения светочувствительности и тиражестойкости.

3.9. Изготовление копий

Основная задача технологического процесса изготовления офсетных печатных форм — формирование изображения пленкой светочувствительного слоя и фиксация его на формной пластине методами дублирования, травления, физико-химической обработки и т. д. Формирование изображения происходит при контактном экспонировании растровой фотоформы (диапозитива или негатива) с пленкой светочувствительного копировального слоя.

Точность воспроизведения растровой фотоформы и качество готовой печатной формы зависят от ряда факторов, из которых наиболее важны: 1) качество фотоформы — оптическая плотность растровых элементов и пробелов, геометрические размеры элементов, резкость и ровность края; 2) фототехнические свойства копировального слоя — светочувствительность, контрастность, область спектрального поглощения, разрешающая и выделяющая способности; 3) физико-химические свойства копировального слоя — адгезия к формной пластине, однородность покрытия, толщина, внутренние напряжения, химическая стойкость к проявителю; 4) свойства формной подложки — коэффициенты отражения, поглощения УФ излучения, показатель шероховатости, способность к гидрофилизации или гидрофобизации; 5) наличие зазора в системе фотоформа — пленка копировального слоя; 6) параметры осветителей — спектральный состав и мощность излучения, параллельность светового потока; 7) состав проявителя и режимы проявления; 8) состав травящего раствора и режимы химического травления (для биметаллических форм); 9) состав обрабатывающих растворов и режимы обработки (удаления задублированного слоя, гидрофилизации, гидрофобизации).

В данном разделе рассматриваются операции, с помощью которых изображение с растровой фотоформы переносится на поверхность формной пластины, т. е. копировальный процесс. Этому процессу посвящена глава 2, поэтому в данном разделе подробно рассматриваются только специфические операции при изготовлении копий на предварительно очувствленных пластинах.

Копировальный процесс на предварительно очувствленных пластинах включает следующие операции: на монометаллических пластинах: совмещение монтажа диапозитива с копировальным слоем, экспонирование, проявление, промывка, сушка копии; на полиметаллических пластинах: совмещение монтажа диапозитивов с копировальным слоем, экспонирование, проявление, химическое дубление, промывка, сушка копии.

Совмещение монтажа диапозитивов с копировальным слоем предварительно очувствленных пластин проводится в копировальной раме по штифтам. Приводочные отверстия в пластине и монтажах пробивают предварительно с помощью пробойника ФПШ-110. Вслед за совмещением идет экспонирование слоя.

При **экспонировании** надо иметь в виду, что копировальные слои, по сравнению с фототехническими пленками на основе галогенидов серебра, имеют следующие особенности: 1) спектральную чувствительность преимущественно в УФ-зоне спектра (максимум 350—450 нм); 2) относительно низкую светочувствительность (около $10^3 \text{ см}^2/\text{Дж}$, т. е. около 10^{-4} ед. ГОСТ); 3) изображение, сформированное при экспонировании, в копировальном слое абсолютно контрастно и не содержит полутонов.

Одно из первых требований, предъявляемых к осветителям для экспонирования — высокая интенсивность излучения в области поглощения копировального слоя. Приемлемые экспозиции достигаются при освещенностях, составляющих 10—20 тыс. лк, или 40—50 Вт/м². Следующее требование — равномерность освещенности стекла копировальной рамы. Считается приемлемой неравномерность, не превышающая 20 % по всей площади пластины. Это достигается при помощи специальных отражателей. Третье требование к осветителям — параллельность (коллимация) светового пучка. В полиграфии на практике используется дистанционная коллимация, выполняемая путем перемещения источника света на достаточное расстояние от поверхности копировального слоя.

Еще до недавнего времени в качестве источников освещения в полиграфической промышленности использовали белопламенную угольную дуговую лампу и ксеноновые лампы, которые помимо УФ излучения в своем спектре содержат значительную долю видимого и ИК излучения. В настоящее время основным источником освещения копировальных слоев служат металлогалогенные лампы.

Металлогалогенные лампы представляют собой газоразрядные ртутные лампы высокого давления с добавкой галогенидов различных химических элементов. Отечественная промышленность выпускает два типа металлогалогенных ламп: мощностью 3 кВт, ДРТГ-3000 и ДРТИ-3000.

Как было показано в главе 2, при экспонировании позитивных копировальных слоев происходит фотодеструкция ОНХД и образование щелочерастворимой инденкарбоновой кислоты. На рис. 3. 10 показана кинетика фотодеструкции ОНХД — кривые поглощения копировального слоя при различной продолжительности экспонирования. На рис. 3.10 видно постепенное уменьшение оптической плотности при длине волны 405 нм, характерной для диазогруппы. Негативный копировальный слой на основе ПВС и диазосмолы при экспонировании теряет растворимость в водных проявителях. После

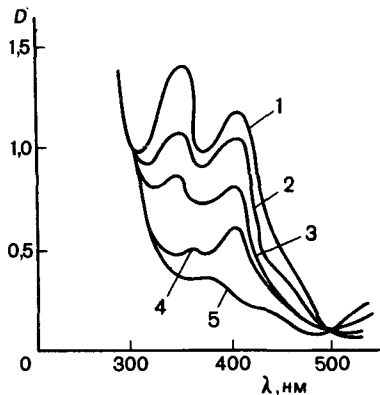


Рис. 3.10. Кривые поглощения слоя ОНХД при экспонировании УФ-излучением: кривая 1—в течение 0 с; кривая 2—15 с; кривая 3—30 с; кривая 4—60 с; кривая 5—120 с

прекращения экспозиции дополнительных изменений в копирувальном слое не происходит, что свидетельствует об отсутствии постэффекта и является важной характеристикой данных слоев.

На процесс экспонирования влияют **оптические явления в системе**: источник света — диапозитив — копирувальный слой — формный материал. К ним относятся дифракционные явления, эффекты отражения, интерференция. Основным моментом в появлении дифракционных эффектов и усилении их действия является наличие физического зазора между диапозитивом и копирувальным слоем. Однако влияние дифракционных явлений заметно только при воспроизведении элементов микронных размеров.

Эффекты отражения заключаются в возникновении в копирувальном слое «стоячих волн» в результате появления интерференции отраженного светового потока с проходящим светом. Возникновение интерференционных стоячих волн в копирувальном слое приводит к его дополнительному экспонированию в местах, защищенных печатающими элементами диапозитива. На практике это называют «закопировкой», которая для негативных слоев выражается в задубливании печатающих элементов, а для позитивных — в деструкции печатающих элементов и удалении их при проявлении копии. Чем больше отражательная способность формной поверхности и ближе к нормали падающий поток излучения, тем лучше условия для образования стоячих волн. В этой связи использование гладкой поверхности при изготовлении предварительно очувствленных алюминиевых пластин УПА и металлогалогенной лампы с узким спектром излучения является предпосылками для образования интерференционных стоячих волн.

Влияние стоячих волн можно уменьшить путем уменьшения толщины копирувального слоя, уменьшения экспозиции, путем введения в слой инертного поглотителя отраженного потока, созданием противоореольных покрытий, уменьшающих отражение. Использование шероховатой поверхности формного материала также способствует исключению эффекта отражения.

Режим экспонирования на предварительно очувствленные пластины выбирается таким образом, чтобы обеспечить наибольшую разрешающую способность и придать копирувальному слою необходимые физико-химические свойства (проявляемость, химическую стойкость и др.). На практике зачастую растровые элементы изображения имеют пологий профиль с максимумом оптической плотности (до 2,0Б) в центре точки и малой плотностью (до 0,5Б) по краям. Размер такой точки на копии не может быть постоянным.

Поэтому контроль правильности выбора экспозиции осуществляют не по

изображению, а по воспроизведению контрольных элементов. Для контроля экспозиции служит полутоновая сенситометрическая шкала СПШ-К. Шкала выпускается в ОЭП г. Кимовска по ТУ 2901-100—83 «Шкала сенситометрическая прозрачная полутоновая ступенчатая СПШ-К для контроля процесса экспонирования офсетных печатных форм». Шкала изготавливается на фототехнической пленке типа ФТ-31 и содержит 11 полей. Десять полей выполнены с константой $\Delta D = 0,15\text{Б}$ в интервале плотностей пропускания от $D = 0,15\text{Б}$ до $D = 1,5\text{Б}$. Одиннадцатое поле шкалы отделено от последующего черной разделительной полосой, имеющей плотность пропускания $D \geq 2,0\text{Б}$.

Правильность выбора продолжительности экспонирования контролируют по номеру полностью проявленного поля шкалы на копиях. На монометаллических формах полностью проявленным полем следует считать поле, которое совершенно не воспринимает краску: на биметаллических формах полностью проявленное поле воспринимает краску так же, как плашка.

Оптимальное воспроизведение шкалы СПШ-К обычно приводится в каждой технологической инструкции на процесс изготовления форм.

В процессе **проявления копий** на монометаллических пластинах удаляются экспонированные участки слоя и образуется позитивная копия фотоформы; на полиметаллических пластинах, напротив, удаляются неэкспонированные участки и образуется негативная копия. Для проявления копий на монометаллических пластинах служат водно-щелочные растворы, а для проявления копий на полиметаллических пластинах — вода. Сущность, последовательные стадии и химические реакции процессов проявления детально описаны в главе 2.

Задубленный при экспонировании негативный копирующий слой не обладает, однако, достаточной кислотостойкостью, поэтому его после проявления подвергают дополнительному химическому дублению соединениями трехвалентного хрома. В результате образуются комплексы ионов хрома с гидроксильными группами поливинилового спирта, не израсходованными при фотохимической сшивке. Этот пространственно сшитый полимер обладает высокой твердостью, химической стойкостью, высокой адгезией к поверхности металла и надежно защищает пробельные элементы при травлении хрома на печатающих элементах копии.

Выполнение всех этих операций заканчивается промывкой и сушкой копий. Сушка имеет особое значение для негативного слоя, так как способствует испарению воды из набухшего слоя и восстановлению геометрических размеров элементов изображения. Поэтому режимы сушки должны строго соответствовать рекомендациям технологических инструкций. Обычно температура сушки не превышает 70°C с тем, чтобы не происходило слишком быстрого и резкого испарения воды и деформации элементов изображения.

После сушки копия готова к контролю и корректуре.

На готовой копии контролируется: 1) наличие всех элементов изображения; 2) полное удаление слоя, отсутствие вуали на проявляемых участках; 3) дефекты по полю копирующего слоя; 4) воспроизведение полутоновой

контрольной копировальной шкалы СПШ-К; 5) воспроизведение растровой контрольной шкалы РШ-Ф.

При обнаружении дефектов проводят корректуру копий соответствующими корректирующими составами*.

3.10 Получение печатных форм — создание гидрофобных печатающих и гидрофильных пробельных элементов

В результате проведения копировального процесса изображение перенесено на поверхность формной пластины, получена копия с монтажа диапозитивов. После этого следует вторая часть технологического процесса, которую условно можно назвать, собственно, формным процессом. В этом процессе проводят специальную физико-химическую обработку копий и получают устойчиво гидрофобные печатающие и гидрофильные пробельные элементы на поверхности формной пластины, т. е. получают печатную форму.

3.10.1. Монометаллические печатные формы

Копия на монометаллических пластинах (гладкого алюминия или углеродистой стали) представляет собой участки исходного копировального слоя, соответствующие изображению, т. е. печатающим элементам, и участки чистого металла, соответствующие пробельным элементам.

Копировальный слой на основе ОНХД имеет краевой угол смачивания воды в избирательных условиях 118° , т. е. обладает ярко выраженными гидрофобными свойствами. Вспомним также (табл. 3.3), что поверхностная энергия $\sigma_{\text{гг}}$ копировального слоя на ОНХД составляет от 33 до 45 мН/м с дисперсионной составляющей $\sigma_{\text{гг}}^{\text{д}}$ от 29 до 40 мН/м и полярной составляющей $\sigma_{\text{гг}}^{\text{п}}$ от 15 до 4 мН/м. Для печатных красок $\sigma_{\text{жг}}$ колеблется от 34 до 38 мН/м, дисперсионная составляющая $\sigma_{\text{жг}}^{\text{д}}$ равна 29—30 мН/м, а полярная составляющая $\sigma_{\text{жг}}^{\text{п}}$ равна 4—8 мН/м. Отсюда также следует, что сродство копировального слоя к печатным краскам велико, что подтверждает возможность использования слоя в качестве основы печатающих элементов формы.

Кроме перечисленных выше параметров, печатающие элементы должны обладать высокой адгезией к поверхности формной пластины и высокой механической прочностью. Эти свойства обеспечиваются физико-химическими параметрами копировального раствора (составом растворителей, их температурой и теплотой испарения, химическим строением светочувствительных и пленкообразующих твердых составляющих, наличием модифицирующих добавок), а также условиями формирования и сушки копировального слоя. Оптимальное сочетание этих параметров отрабатывается на стадии изготовления предварительно очувствленных пластин в условиях централизованного производства и было рассмотрено выше.

Таким образом, по своим физико-химическим и механическим свойствам

*Процессы офсетной печати. Технологические инструкции. М., 1982, с. 436, 438.

копировальный слой на основе ОНДХ отвечает требованиям, предъявляемым к печатающим элементам. Практика показала, что тиражестойкость форм УПА, изготовленных на пластинах гладкого алюминия, составляет 50 тыс. оттисков при печати на листовых машинах.

Однако предварительно очувствленные пластины на углеродистой стали были разработаны для печати на рулонных машинах тиражом более 100 тыс. оттисков. Да и алюминиевые пластины на сплаве АМГ-2 пригодны для этих целей по механическим прочностным свойствам подложки. Чтобы повысить тиражестойкость печатающих элементов, они должны быть подвергнуты термообработке при повышенной температуре.

При температуре 150—240 °С в копировальном слое происходят химические превращения олигомеров в полимеры, образуются сшитые структуры резольных составляющих слоя. Происходит «отверждение» пленки, т. е. образуются все возможные химические связи между отдельными компонентами. Это приводит к резкому повышению всех физико-химических и механических показателей пленки.

Во ВНИИ полиграфии была проведена работа по оценке механической прочности пленки копировального слоя на углеродистой стали после термообработки при температуре 210°С в течение 6 мин. Механическую прочность оценивали методом микрорезания. Стальной иглой под фиксируемой нагрузкой проводили резание слоя и оценивали глубину реза (h , мкм) и ширину (l , мкм) с помощью профилографа «Калибр». В табл. 3.10 приведено изменение этих величин после воздействия температуры для нескольких составов слоя.

3.10. Влияние термообработки на механическую прочность копировального слоя

Номер образца	До термообработки		После термообработки	
	h	l	h	l
1	1,0	80	0,2	20
2	0,7	75	0	0
3	2,0	60	0,2	30

Приведенные в табл. 3.10 данные свидетельствуют о том, что глубина бороздки после термообработки уменьшается в 5—10 раз, а ширина в 2—4 раза, т. е. прочность слоя к механическому воздействию значительно возрастает.

Однако высокая механическая прочность слоя — не единственный фактор высокой износостойкости слоя в тиражной печати. В печатном процессе форма испытывает воздействие многих факторов: циклические нагрузки, трение в паре с офсетным цилиндром, красочными и увлажняющими валиками, абразивное действие бумажной пыли, биение валиков и т. п., приводящие к абразивному и усталостному износу формы. Помимо этого печатающие элементы формы находятся в контакте с разнообразными средствами: увлажняющим раствором, краскоочищающими пастами и средствами

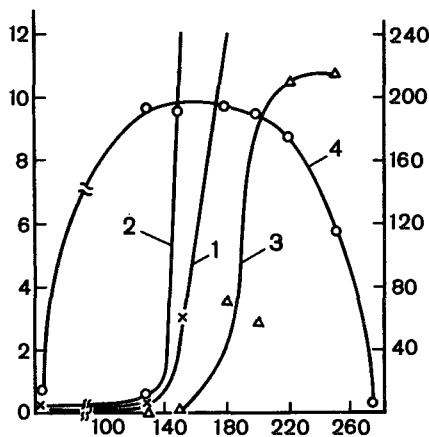


Рис. 3.11. Влияние температуры термообработки на химические и физические свойства слоя на углеродистой стали. Обозначения кривых: 1—химическая стойкость к органическому растворителю; 2—то же, к 10-процентному раствору едкого натра; 3 — износостойкость; 4—адгезия к поверхности стали

для смывки резин. В связи с этим в исследованиях ВНИИ полиграфии было оценено влияние термообработки на устойчивость слоя к воздействию указанных механических и химических факторов. Оценку проводили комплексно по показателям износостойкости слоя в процессе истирания, адгезии к поверхности металла, химической стойкости.

На рис. 3.11. показано влияние температуры термообработки на химическую стойкость к органическому растворителю (кривая 1) и раствору 10 %-ного едкого натра (кривая 2), износостойкость (кривая 3), адгезию к поверхности стали (кривая 4). Как видно из рис. 3.11, химическая стойкость слоя возрастает скачкообразно в интервале температур 140—180°C. Кривая зависимости износостойкости также имеет резкий подъем в области температур 170—220°C, после чего ход кривой замедляется. Адгезия слоя к поверхности металла достигает максимума в зоне температур 130—220°C, а затем начинает падать и может опускаться ниже исходных значений.

Аналогичные результаты получены и для алюминиевых пластин.

Таким образом, наибольший эффект от термообработки может быть достигнут только при соблюдении определенных условий нагрева. Так, температуры ниже 180°C не обеспечивают достаточной износостойкости слоя, а перегрев пластин выше 240°C уменьшает адгезию слоя. В технологических инструкциях рекомендуется температура 210—240°C и продолжительность обработки — 4—5 мин.

Косвенным показателем качества термообработки может служить цвет слоя на пласке. При нагреве в правильном режиме слой на алюминиевых пластинах приобретает золотистую окраску, на стальных — коричневую.

Практика показала, что тиражестойкость печатных форм возрастает до 100—150 тыс. на пластинах ДОЗАКЛ и до 300 тыс. на стальных пластинах Лысьвенского металлургического завода.

Надо иметь в виду, что повышенная температура оказывает сильное воздействие на алюминий: показатель прочности снижается, пластичность

возрастает. Во время печати это приводит к образованию трещин у клапанов формы. Поэтому термообработку алюминиевых форм следует проводить при температуре не выше 200°C. Термообработка стальных пластин на прочностные показатели их практически не влияет.

Таким образом, устойчивые печатающие элементы монометаллических печатных форм образуются на исходном или подвергнутом термообработке копирувальном слое.

Условия создания устойчивых пробельных элементов зависят от природы металла и состава гидрофилизующего раствора (см. 3.1—3.3, 3.8).

Для создания устойчивых пробельных элементов производят гидрофилизацию — специальную обработку копии гидрофилизующим раствором. Основным компонентом его является кислота или соль, которая очищает поверхность данного металла от загрязнений и одновременно химически взаимодействует с ним, образуя гидрофильные минеральные пленки. Вторым компонентом раствора является гидрофильный полимер, который адсорбируется на свежесформированной пленке, образуя гидрофильный органический слой. Этот слой является «губкой», которая при смачивании водой хорошо впитывает и удерживает в себе часть воды. Наиболее распространенным составом гидрофилизующего раствора для алюминиевых пластин является смесь разбавленной 3 %-ной ортофосфорной кислоты с карбоксиметилцеллюлозой или декстрином.

На поверхности углеродистой стали устойчивые гидрофильные пленки образуются в 10 %-ных растворах ферроцианида калия (желтая кровяная соль) или 5 %-ного раствора триполифосфата натрия. Полагают, что ионы железа образуют комплексные соединения с анионом гексацианоферрата, а также с полимерными цепочками полифосфата. На обработанной таким образом поверхности краевой угол смачивания θ водой в избирательных условиях составляет до 45°.

Повышение температуры и времени обработки усиливает эффект гидрофилизации. Поэтому в технологических инструкциях всегда четко указывается минимальное время обработки, которое обычно составляет 2 мин.

После гидрофилизации сразу же на поверхность готовой формы наносят тонкий слой коллоида для защиты пробельных элементов от загрязнений, дегидратации, механических повреждений. При хранении формы происходит дополнительная адсорбция коллоида и усиление эффекта гидрофилизации (см. 3.17).

3.10.2. Биметаллические печатные формы

Копии, изготовленные на полиметаллических пластинах сталь-медь-хром, представляют собой участки задубленного копирувального слоя, соответствующие пробельным элементам, и участки открытого хрома, соответствующие изображению. Для изготовления биметаллических печатных форм необходимо удалить хром с печатающих элементов — открыть медь и удалить копирувальный слой с хрома, а затем только провести физико-химическую обработку печатающих и пробельных элементов.

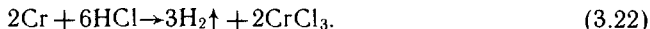
Таким образом, формный процесс состоит из следующих основных опе-

раций: химическое травление хрома, удаление задубленного слоя и создание устойчивых печатающих и пробельных элементов.

Химическое травление хрома. Хром химически устойчив из-за сильной пассивации поверхности. После депассивации он растворяется почти во всех неорганических кислотах. Скорость травления уменьшается для кислот в порядке $\text{HCl} > \text{HBr} > \text{H}_2\text{SO}_4 > \text{HClO}_4$.

Соляная кислота — наиболее активный травитель хрома. На ее основе приготавливается широко известный в полиграфии травящий раствор, содержащий HCl , ZnCl_2 , CaCl_2 .

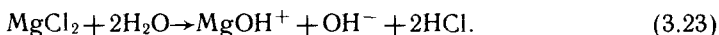
Травление хрома протекает по обычной реакции:



Хлористый цинк и хлористый кальций образуют с соляной кислотой буферную смесь, снижают степень диссоциации кислоты и позволяют тем самым более тонко регулировать процесс травления. Кроме того, они обеспечивают раствору высокую плотность, которая необходима для исключения набухания копируемого слоя на пробельных элементах и проникновения травящего раствора через слои.

При изготовлении биметаллических печатных форм на пластинах Зарайского завода офсетных пластин используют раствор, содержащий MgCl_2 , H_3PO_4 и NaH_2PO_2 .

Процесс химического травления хрома в этом растворе осуществляется, по-видимому, за счет суммарного действия двух кислот — ортофосфорной и хлористоводородной. Хлористоводородная кислота образуется в результате гидролиза хлорида магния:



Гипофосфит (NaH_2PO_2) как сильный восстановитель способствует растворению пассивной пленки хрома и тем самым значительно ускоряет процесс травления. Ортофосфорная кислота образует с ионами Cr^{3+} труднорастворимую соль CrPO_4 , тем самым выводя трехвалентный ион из реакции, сдвигая равновесие вправо. Это способствует постоянному возобновлению растворения металлического хрома.

Конечный результат травления, т. е. геометрические размеры образующихся печатающих элементов, определяется во многом предысторией формирования защитного копируемого слоя, его адгезией к подложке, химической стойкостью к травящему раствору, толщиной слоя и отклонением по толщине, качеством выполнения всех предыдущих операций (экспонирования, проявления, химического дубления).

В процессе травления помимо травления «вглубь» происходит некоторое травление «вширь» — растравливание печатающих элементов. Это хорошо фиксирует шкала оперативного контроля РШ-Ф. Если на копии с фоном сливаются контрольные поля 1^- или 2^- , свидетельствующие об уменьшении размеров площадки растровых элементов, то после травления с фоном сливаются поля 1^+ , 2^+ , сигнализирующие об увеличении размеров растровых элементов. Очевидно, допустимым может быть увеличение относительной площади не более чем на 6,6 %.

Удаление задубленного слоя проводят раствором марганцевокислого калия (50 г/л) и едкого натра (50 г/л). При этом щелочь разрушает пленку корректирующего лака (фенолформальдегидной смолы), а марганцевокислый калий, будучи сильным окислителем, разрушает задубленный поливиниловый спирт. В результате макромолекулы рвутся на более короткие цепи, что приводит к набуханию и легкому механическому удалению слоя с поверхности хрома. Затем проводят обработку поверхности формы буферным раствором щавелевой кислоты со щавелевокислым аммонием. Этот раствор играет двоякую роль: во-первых, работает как «стоп-раствор» — останавливает окислительное воздействие KMnO_4 , оставшегося на поверхности промывки, и, во-вторых, исключает пассивацию хрома и тем самым играет гидрофилизующую роль. Для этих же целей иногда используют раствор перекиси водорода H_2O_2 с ортофосфорной кислотой.

Таким образом, после выполнения операций химического травления хрома и удаления задубленного копировального слоя получают биметаллическую печатную форму, на которой медь — носитель изображения, т. е. печатающие элементы, а чистый хром — пробельные элементы.

Создание устойчивых пробельных и печатающих элементов. Поверхностные свойства меди и хрома определяются значениями их поверхностных энергий и вкладом дисперсионной и полярной компонент. В табл. 3.11 показано различие свойств меди и хрома.

3.11. Поверхностные свойства меди и хрома

Поверхностная энергия, мН/м	$\sigma_{\text{гг}}$	$\sigma_{\text{гд}}^{\text{p}}$	$\sigma_{\text{гг}}^{\text{p}}$
Медь	39,4	36,5	2,9
Хром	69,0	18,0	52,0

Наибольший вклад в поверхностную энергию меди вносит дисперсионная составляющая $\delta_{\text{гг}}^{\text{d}}$, что предопределяет ее сродство к печатным краскам. Для хрома характерно большее влияние полярной составляющей $\delta_{\text{гг}}^{\text{p}}$ и большее сродство к полярным растворам, например водой. На меди же вода имеет отрицательное значение адгезии, минус 9,7 мН/м. Таким образом, медь и хром являются благоприятным сочетанием для образования печатающих олеофильных и пробельных гидрофильных элементов печатных форм.

Однако устойчивость этих свойств невелика из-за быстрого окисления поверхности металла. Для повышения устойчивости гидрофобных свойств меди и гидрофильных свойств хрома печатную форму обрабатывают специальным раствором, содержащим бутилксантогенат калия, щавелевокислый аммоний и карбоксиметилцеллюлозу.

Бутиловый ксантогенат калия $\text{C}_4\text{H}_9\text{—O—C—S—K}$ — типичный пример поверхностно-активного вещества с гидрофобным углеводородным «хвостом» $\text{C}_4\text{H}_9\text{—O—}$ — полярной группой — S—S—K . В воде он слабо растворим и образует суспензии.

Обработка биметаллической формы указанным выше раствором являет

собой классический пример избирательной адсорбции. Бутилксантогенат калия адсорбируется только на поверхности меди, образуя на ней химически фиксированную гидрофобную пленку диксантогенида меди. Щавелево-кислый аммоний очищает и депассивирует поверхность хрома (а чистый хром гидрофилен) и на ней адсорбируется гидрофильный полимер — карбоксиметилцеллюлоза. Краевой угол смачивания воды в избирательных условиях составляет на обработанной меди — $145-158^\circ$, на хrome — 43° . Устойчивость этих пленок в процессе печатания очень высока.

3.11. Нанесение защитного покрытия — консервация печатной формы

Изготовление печатной формы заканчивается операцией нанесения защитного покрытия, роль которого выполняет тонкая ($1-1,5$ мкм) пленка полимера. Назначение операции — защита поверхности формы от загрязнения, окисления и повреждения при хранении форм и установке их в печатную машину.

Требования к защитному покрытию можно сформулировать следующим образом: защитное покрытие должно легко растворяться в воде и удаляться с поверхности формы, не обладать коррозионной активностью по отношению к металлу формы, сохранять гидрофильные свойства пробельных элементов и не снижать олеофильные свойства печатающих элементов и не нарушать их адгезионной связи.

В качестве защитного покрытия используют полимеры класса полисахаридов: природные — гуммиарабик, а также декстрины — продукты частичного расщепления гомополисахаридов (крахмала, декстрина и др.). Показана возможность использования карбоксиметилцеллюлозы — продукта переработки целлюлозы — одного из самых распространенных природных полимеров класса полисахаридов.

Имеются рекомендации по применению альгината натрия — продукта, выделяемого из бурых морских водорослей. Предпринимались неоднократные попытки использовать синтетические полимеры типа поливинилового спирта и его модификаций, поливинилпирролидона, различных виниловых сополимеров. Однако практическое применение находят декстрины, камеди сибирской лиственницы, сульфитно-целлюлозные полупродукты.

Исследования ВНИИ полиграфии показали, что наиболее целесообразно использование декстрина марки «безкислотный» или натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ) марки 70/450 «О» или 85/500 «О», т. е.

3.12. Краевые углы смачивания в избирательных условиях

Состояние формы	Краевой угол θ (град.) на пробельных элементах после хранения формы сутки			
	0	1	10	30
Без покрытия коллоидом	41	49	93	110
С защитным покрытием из раствора КМЦ 70/450 «О»	41	30	47	49

очищенная. В табл. 3.12 показаны гидрофильные свойства пробельных элементов на гладком алюминии при хранении форм без защитного покрытия и после удаления защитного полимера.

Как видно из табл. 3.14, пробельные элементы форм, не покрытых защитным коллоидом, теряют свои гидрофильные свойства довольно быстро: через сутки они легко депрессируются, а через несколько суток становятся гидрофобными. Полимерная пленка очищенной карбоксиметилцеллюлозы надежно сохраняет пробельные элементы в течение месяца. Рекомендуется добавлять к раствору КМЦ неионогенного ПАВ, например синтанола ДС-10, который препятствует ресорбции загрязнений из раствора при растворении защитного покрытия.

3.12. Оборудование для изготовления форм плоской печати

Создание предварительно очувствленных пластин кардинально изменило состав и характер оборудования офсетных формных цехов. Раньше основными механизированными процессами были процессы подготовки поверхности формных пластин и нанесения светочувствительного слоя, а формы изготовлялись вручную. Теперь, с появлением предварительно очувствленных пластин, из формных цехов исчезли громоздкие гальванолинии и центрифуги, а появились поточные линии по обработке копий, позволившие механизировать все ручные операции. Изменился и характер копировальных рам, появилось программное управление не только экспозицией, но и использование рассеивающей пленки, перевода работы лампы в рабочее и дежурное состояние и др. Появилось отечественное оборудование первого поколения для изготовления офсетных форм, отвечающее современным требованиям: поточные линии ФМО-120, ФМТ-120 (для монометалла) и ФПП-120, ФПТ-120, ФПН-120 (для полиметалла). Разработчики оборудования — ВНИИполиграфмаш и СКБ Одесского завода «Полиграфмаш». Изготовитель — Одесский завод полиграфических машин.

3.12.1. Оборудование для экспонирования

Оборудование для экспонирования разработано с учетом требований к копировальным слоям для предварительно очувствленных пластин. Как уже указывалось, оптимальным источником света являются газоразрядные ртутные лампы высокого давления с добавкой галогена. Интенсивность Уф-излучения металлогалогенных ламп в области 360—410 нм в 4 раза выше по сравнению с ксеноновыми и в 2,5—3 раза выше по сравнению с дуговыми лампами.

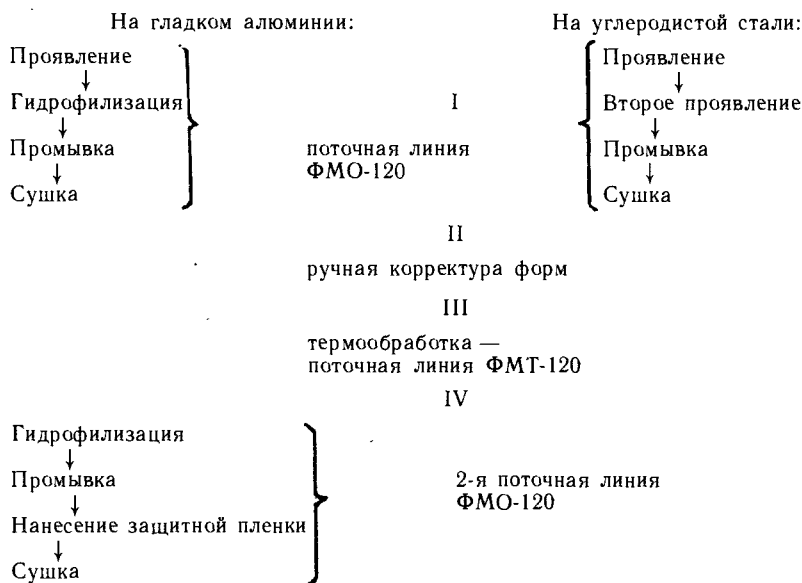
Важной технологической особенностью является обеспечение прокопировки краев диапозитивов и липких лент. При обычном копировании монтажей по контуру диапозитивов остаются тонкие полоски неэкспонированного слоя, которые потом удаляют вручную уже на копии. Чтобы исключить ручную корректуру копий, проводят дополнительно экспонирование через матированную пленку, которая рассеивает падающий поток света и способству-

ет «закопировке» краев. Все это учтено в новой конструкции копировального станка ФК-116. Он снабжен рассеивающей пленкой, устройством для размотки пленки и программой ее включения. Помимо основной экспозиции используют дополнительную через рассеивающую пленку. Время дополнительной экспозиции не должно превышать 1/3 общего времени экспонирования.

Копировальный станок ФК-116 выпускают с 1985 г., однако уже сегодня видны его конструктивные недостатки: отсутствуют экспозиметры и возможность автоматического регулирования экспозиции в зависимости от освещенности, несовременны конструкция и материал резинового коврика, слишком велика неравномерность освещенности актиничного потока излучения. Модернизированный копировальный станок 2 ФК-116 будет свободен от этих недостатков.

3.12.2. Оборудование для изготовления монометаллических печатных форм

Технология изготовления высокотиражных печатных форм на предварительно очувствленных монометаллических пластинах вслед за экспонированием включает следующие операции и оборудование:



Для изготовления высокотиражных печатных форм необходимо иметь три поточные линии: две ФМО-120 и линию ФМТ-120. Для пробной печати и тиражей до 50 тыс. на гладком алюминии процесс может заканчиваться на первой стадии, тогда нанесение защитной полимерной пленки выполняется вручную в раковине-мойке.

Поточная линия ФМО-120 горизонтального типа построена по модульному принципу из унифицированных секций. Перемещение обрабатываемой копии осуществляется обрезиненными транспортирующими валиками. Транспортирующие валики всех секций связаны между собой цепными передачами и получают вращение от общего привода. Помимо транспортирования обрезиненные валики выполняют отжим рабочих растворов с обрабатываемой формы и предотвращают попадание их из одной секции в другую.

Поточная линия состоит из следующих секций: стола загрузки, секции проявления, промывки, нанесения коллоида, сушки и приемного стола.

Проявление осуществляется сплошными струями проявляющего раствора, падающими на обрабатываемую копию из сопловых отверстий душирующей рамки. В душирующие трубки раствор подается из бака с помощью насоса. При проявлении происходит дополнительное механическое воздействие на форму вращающимся ракелем, состоящим из сердечника, на котором закреплены резиновые полоски. В секции промывки выполняется двусторонняя струйная промывка копий водой, поступающей из бака с помощью насоса. В секции нанесения защитного коллоида на один из двух обрезиненных прижимных валиков надевают трикотажный чехол, обладающий способностью впитывать и равномерно передавать раствор на поверхность формы. Специальная трубка-разбрызгиватель подает порцию раствора непосредственно на наносящий валик и полностью передается на форму. Благодаря этому раствор не засыхает на поверхности валика при длительных остановках линии. В секции сушки используется воздействие теплового потока от панели йодно-кварцевых ламп и горячего воздуха, падающего узким пучком на движущуюся форму из щели воздушного ракеля. Угол наклона щели может регулироваться от 0 до 45°. Равномерность обдува регулируется заслонками.

Однако на практике линия ФМО-120 может быть использована по схемам I и IV, приведенным выше, т. е. целесообразнее всего иметь на

3.13. Техническая характеристика линий ФМО-120 и ФМТ-120

Параметры	ФМО-120	ФМТ-120
Максимальная ширина обрабатываемых пластин, мм	1200	1200
Толщина пластин, мм	0,3—1,0	0,3—1,0
Диапазон регулирования скоростей, м/мин	0,2—2,5	0,2—2,5
Общая продолжительность обработки одной формы, мин	3,0	0,5—6,5
Такт работы линии, мин	1,5	2,4
Диапазон регулирования температуры растворов, °С	18—30	—
Потребляемая мощность, кВт	8,0	28,0
Габаритные размеры, мм:		
длина	4000	2500
ширина	2100	2100
высота	1150	1150

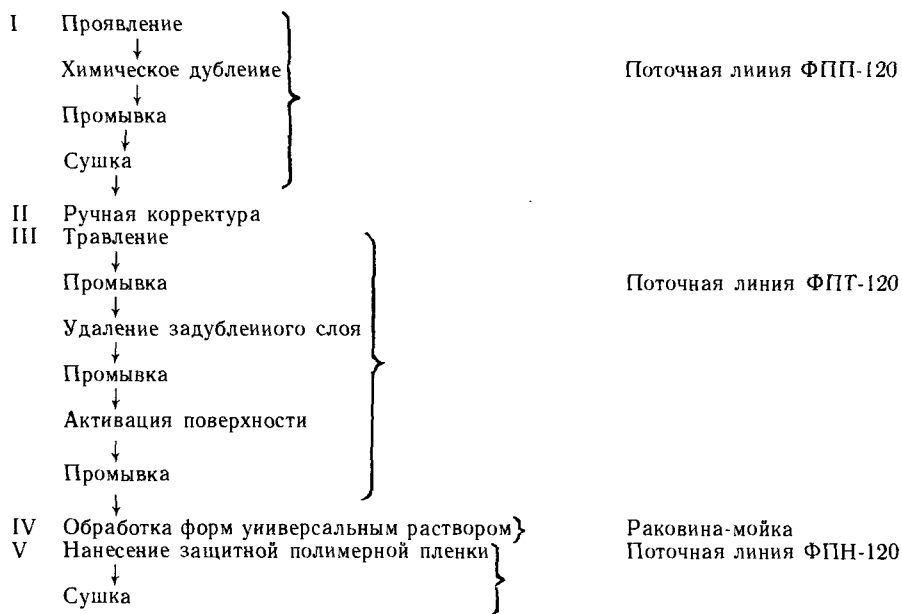
предприятия две линии ФМО, чтобы полностью механизировать процесс изготовления форм.

Поточная линия ФМТ-120 для термообработки копий состоит из стола загрузки, секции предварительного нагрева, секции термической обработки и приемного стола. В качестве нагревателей используются йодно-кварцевые лампы. Температура первой секции не контролируется и составляет 80—100°C. Во второй секции температура должна поддерживаться строго в определенном интервале: для обработки копий на алюминиевых пластинах — 180—200°C, на стальных — 220—240°C. Поддержание температур автоматическое. Разница температурной обработки копий на алюминии и стали объясняется, как было показано выше, свойствами этих металлов: при температуре выше 200°C алюминий размягчается, корбится.

На столе загрузки линии ФМТ-120 дополнительно размещено устройство для сушки пластин горячим воздухом.

3.12.3. Оборудование для изготовления биметаллических печатных форм

Технология изготовления биметаллических печатных форм на предварительно очувствленных пластинах включает вслед за экспонированием следующие операции:



Поточная линия ФПП-120 также горизонтального типа, модульного построения и состоит из следующих секций: стола загрузки, секции проявления, химического дублирования, промывки, сушки и приемного стола. Принцип перемещения и обработки копий аналогичен линии ФМО-120.

Поточная линия ФПТ-120 состоит из модулей, необходимых для выполнения химического травления хрома, удаления задублированного слоя, обработки пробельных элементов и промежуточных промывок, а также столов загрузки и выгрузки. Обработка в линии осуществляется сплошными струями раствора, падающими на поверхность движущейся формы. Основные механизмы аналогичны линиям ФМО и ФПП. Укажем особенности. Для интенсификации процесса обработки в секциях удаления задублированного слоя и обработки пробельных элементов на поверхность формы сказывается дополнительное механическое воздействие вращающимся щеточным ракелем. Для интенсификации травления хрома на столе загрузки осуществляется предварительный нагрев формы. Раствор на душирующую рамку подается погружным насосом, установленным на крышке бака. Раствор, стекающий с обрабатываемой формы через сливной патрубок на дне ванны, снова попадает в бак. Душирующие рамки совершают возвратно-поступательное движение в направлении, перпендикулярном движению формы.

Бак секции травления состоит из двух баков, вставленных один в другой. В полости между ними находится вода, которая термостатирует травящий раствор и поддерживает его температуру на уровне 30°C. На баке установлены два указателя уровня: для контроля уровня рабочего раствора в баке и уровня воды в полости между баками.

Секции удаления задублированного слоя, обработки формы и промывок по конструкции аналогичны секциям линии ФМО-120, поэтому дополнительно не рассматриваются.

3.14. Техническая характеристика поточных линий для изготовления биметаллических печатных форм

Параметры	ФПП-120	ФПТ-120	ФПН-120
Максимальная ширина обрабатываемых пластин, мм	1200	1200	1200
Толщина пластин, мм	0,3—1,0	0,3—1,0	0,3—1,0
Диапазон регулирования скоростей, м/мин	0,15—1,5	0,05—0,5	0,15—1,5
Продолжительность обработки одной пластины, мин	3—4	9—12	1,5—2,0
Такт работы линии, мин	1,3—1,7	3,0	1,3—1,7
Диапазон регулирования температуры растворов, °С	18—40	18—40	—
Потребляемая мощность, кВт	8,0	8,0	5,0
Габаритные размеры, мм:			
длина	4000	5500	2500
ширина	2100	2100	2100
высота	1150	1150	1150

Линия ФПН-120 состоит из стола загрузки, секций нанесения защитного коллоида, секций сушки и стола разгрузки. Линия может быть использована как для биметаллических, так и монометаллических печатных форм. Модули линии унифицированы и соответствуют вышеописанным модулям линии ФМО-120.

3.12.4. Основные направления развития поточных линий изготовления форм

Первое поколение поточных линий в настоящее время используется на многих предприятиях страны. Несмотря на модульный характер построения линий, они собраны по жесткой системе, показанной в предыдущих разделах. Казалось бы, логичнее собирать их по технологической цепочке и по мере надобности изменять порядок и количество секций. Особенно не хватает такой гибкости для технологии получения монометаллических форм.

Кроме того, к недостаткам линии первого поколения следует отнести низкий уровень автоматизации (в том числе контроля), громоздкость линий в целом и загрузочно-разгрузочных столов в частности, трудности перехода с одной технологии на другую или одновременного использования для двух процессов обработки (например, до термообработки и после термообработки монометаллических копий).

Второе поколение линий (2ФМО-120, 2ФПП-120, 2ФПТ-120) сохранит горизонтальный модульный тип построения, но значительно повысится уровень автоматизации. Линии будут оснащаться устройствами для автоматической корректировки составов рабочих растворов, автоматической разгрузки и стапелирования формных пластин, устройствами для контроля уровня растворов в баках, для регулировки давления прижима транспортирующих валиков на обрабатываемую пластину. Будут использованы новые неметаллические материалы для изготовления ванн, баков. К числу новых конструктивных решений следует отнести также устройство для выемки и загрузки копий после секций проявления и промывки. Таким образом, появится возможность в одной линии совместить обработку копий до и после корректуры, термообработки. Повысится гибкость и коэффициент использования линий.

Следующим этапом развития формного оборудования, особенно для малого и среднего форматов, явится создание автоматизированных систем по экспонированию и обработке копий. Для этого будут разработаны специальные магазины для монтажей фотоформ и пластин, устройства для поочередного их совмещения и экспонирования, устройства для подачи копий на линию обработки. Все это возможно только при условии использования спецпрограмм и микропроцессорной техники управления.

3.13. Формы для офсетной печати без увлажнения

Как и в обычном процессе плоской печати с увлажнением, требования к формам для печати без увлажнения определяются принципами печат-

ного процесса. В плоской печати без увлажнения после прокатывания красочного валика по поверхности формы краска должна остаться на печатающих элементах, оставив пробельные элементы абсолютно чистыми. Иными словами, краска должна хорошо смачивать печатающие элементы и не смачивать (или плохо смачивать) пробельные элементы.

Отсюда вытекает основополагающее принципиальное требование к формам для печати без увлажнения: пробельные элементы должны обладать минимальной свободной поверхностной энергией, намного меньшей, чем печатающие элементы, т. е. пробельные элементы должны быть образованы на пленке полимерного покрытия с низкой свободной энергией. Такими являются кремнийорганические полимеры, в частности полисилоксановые покрытия.

Во ВНИИ полиграфии в качестве материала для создания пробельных элементов формы для плоской печати без увлажнения был рекомендован диметилсилоксановый каучук. Покрытия получали из раствора в бензине с последующей перекисной вулканизацией при температуре 100—110°C в течение 2 ч.

Возможны следующие варианты технологического процесса изготовления форм для печати без увлажнения.

1. На металлическую (алюминиевую) основу наносят копируемый слой, а на него — слой полисилоксанового каучука. Экспонируют через негатив или диапозитив в зависимости от характера копируемого слоя. Проявляют копию, удаляя копируемый слой с печатающих элементов вместе с полисилоксановым покрытием. В результате получают форму, в которой печатающие элементы образованы на поверхности чистого металла, а пробельные элементы состоят из двухслойного покрытия: верхнего — полисилоксанового и нижнего — копируемого слоя. На таком принципе построены формы фирмы «Терей» (Япония).

2. Полисилоксановое покрытие наносят на проявленную копию, изготовленную на ортонафтохинондиазидах. Затем с печатающих элементов органическим растворителем удаляют копируемый слой вместе с верхним покрытием. На форме печатающие элементы образованы на чистом металле, пробельные — на полисилоксановом покрытии.

3. Для изготовления формы используют копируемый слой, обладающий низкой поверхностной энергией. Очевидно, это должен быть полисилоксановый полимер со светочувствительным компонентом. Под действием света полимер структурируется, сшивается, образует пробельные элементы, а проявленные участки чистого металла являются печатающими элементами формы. По такому варианту изготавливаются формы фирмы «ЗМ» (США).

Во всех трех вариантах печатающие элементы форм для печати без увлажнения образованы на металле, а пробельные — на силоксановом покрытии. Таким образом, данные формы являются как бы антиподом по отношению к обычным формам.

4. Форму изготавливают на лазерном автомате. Полисилоксановое покрытие наносят на металлическую пластину с подслоем диэлектрика (смолы), обладающего низкой теплопроводностью. Лазерный луч модулируется в соответствии с оригиналом и выжигает слой полисилоксана в области пе-

чатающих элементов, которые создаются на диэлектрике. Пробельные элементы образуются на полисилоксановом покрытии с подслоем диэлектрика. Такая технология была реализована в Экспериментальной типографии ВНИИ полиграфии. Тиражестойкость форм составляла около 30 тыс. оттисков при печати на машине «Ромайор».

Печать без увлажнения имеет ряд существенных преимуществ: нет проблем поддержания баланса краски — увлажняющий раствор, сокращается время подготовки машины к печатанию, повышается насыщенность и идентичность тиражных оттисков, улучшается градационная передача изображения.

Длительное время существовало мнение о невозможности реализации плоской офсетной печати без увлажнения. Действительно, невозможно создать пробельные элементы с абсолютным несмачиванием краской. Ряд советских и зарубежных ученых отмечают большую роль когезии краски в печатном процессе без увлажнения.

В последние годы появилась новая концепция, на наш взгляд, наиболее правильно трактующая механизм офсетной печати без увлажнения. По этой теории, восприятие краски пробельными элементами должно быть затруднено наличием или образованием низковязкого слоя растворителя, продиффундировавшего из краски. Поэтому при накатывании краски происходит разрыв по низковязкому слою растворителя (аналогично разрыву по воде на пробельных элементах классических форм).

Условие образования граничного низковязкого слоя заключается в том, что параметры растворимости пробельных элементов формы и растворителя краски должны быть близкими. Следовательно, зная дисперсионные и полярные составляющие поверхностного натяжения растворителя красок и полимерного покрытия пробельных элементов форм, можно составлять различные системы. Примечательно, что из всех рассмотренных материалов силикон в качестве растворителя имеет самые большие области полярной и дисперсионной составляющих поверхностного натяжения.

3.14. Изготовление офсетных печатных форм путем проекционного экспонирования

Проекционное экспонирование в фотоаппарате непосредственно на формный материал является перспективным направлением, так как позволяет уменьшить расход дефицитных серебросодержащих материалов, резко сократить технологический цикл воспроизведения оригинала, уменьшить трудоемкость процесса, сократить производственные площади и рабочую силу.

Прямое экспонирование на формный материал базируется на использовании оригинала-макета, представляющего собой спусковой монтаж всех полос текста и иллюстраций на формат печатной формы. Текст оригинала может быть отпечатан на пишущей машинке, наборно-печатающей технике или в виде распечаток с выводных устройств ЭВМ, фотонаборных полос на бумаге (фотобумаге), страниц ранее выпущенных изданий. Наиболее целесообразно применение фотонабора с выводом на фотобумагу.

галогеносеребряные и электрофотографические материалы обладают высокой светочувствительностью и нашли промышленное применение при изготовлении офсетных форм проекционным экспонированием в фотопечатных устройствах.

По способу дифференциации пробельных и печатающих элементов материалы можно разделить на две подгруппы: материалы с переносом солей серебра и проявляющего вещества и материалы с переносом серебра и проявляющего вещества. Электрофотографические материалы делятся на органические, пригодные для прямого и косвенного способов изготовления форм (с переносом изображения с промежуточного носителя).

Изготовление форм методом диффузионного переноса основано на изменении многослойных серебросодержащих материалов. Сущность 1) с диффузией в том, что галогеносеребряный экспонированный негатив 2) многократно находится в контакте с приемным слоем, который не является чувствительным, не содержит галогенного серебра, но включает ионы и непереносимые частицы сернистого или металлического серебра. В процессе обработки проявителем, содержащим растворитель галогенного серебра (например, тиосульфат натрия), в негативном слое на неэкспонированных участках, соответствующих изображению оригинала, растворяется его серебро, количество галогенного серебра. Растворенное галогенное серебро диффундирует в приемный слой, где и восстанавливается проявителем в металлическое серебро в результате каталитического действия мелкодисперсного металлического или сернистого серебра. Таким образом в процессе обработки получается позитивное серебряное изображение.

Светочувствительный и приемный слои могут находиться в одном слое (однолистный вариант) или на разных материалах (два листа). Первые промышленные материалы с использованием диффузионного переноса предусматривали двухлистный вариант. В качестве светочувствительного негативного слоя наносится на бумажную основу, а приемный слой на формный материал — алюминий или гидрофильную бумагу. После экспонирования светочувствительный слой приводится в контакт с приемным слоем и помещается в специальную ванну. На алюминиевой фольге комплекс серебра диффундирует в олеофильное металлическое серебро электрохимическим способом. Гидрофильной бумаге — химическим. После вывода из проявителя негативный материал отделяют от формной пластины, а пленочные пробельные элементы формы.

Этот принцип использован фирмой «Агфа — Геверт» (ФРГ) при создании процессов Гевакопи и Копирапид. Аналогичные процессы разработаны фирмами «Эстман Кодак» (США), «Мицубиси Пэпери», «Хаусаи Элтрафи» (Англия).

Иллюстрации обычно изготавливают также на фотобумаге, хотя использование в одном монтаже изображений на бумаге и на фотобумаге. Для переноса изображения проекционным экспонированием фотобумага должна обладать значительно более высокой светочувствительностью, чем обычные копировальные слои. В настоящее время

Начиная с 70-х гг. появились различные варианты одиолистного формного материала с диффузионным способом переноса. Широкое промышленное применение, в том числе в нашей стране, нашли пластины Верилит фирмы «Кодак». Аналогичны им пластины Рапилит, Дирукталит, Супермастер фирмы «Агфа — Геверт» и пластины Сильвер-матер фирмы «Мицубиси». В качестве основы используется бумага или бумага, ламинированная пленкой. На нее наносятся три желатиновых слоя: нижний слой содержит проявляющее вещество; средний — светочувствительный негативный галогенсеребряный слой; верхний — предварительно засвеченный эмульсионный слой с гидрофильными свойствами, содержащий центры проявления. После экспонирования в фотоаппарате образуется скрытое изображение в среднем слое. Пластины обабатываются щелочным раствором, называемым активатором, в результате в среднем слое на засвеченных участках проявляется изображение и проявляющее вещество не проникает в верхний слой. Поэтому верхний слой на этих участках сохраняет свои гидрофильные свойства — образуются пробельные элементы. Незасвеченные участки среднего слоя не препятствуют проникновению проявителя в верхний слой. В результате в верхнем слое происходит восстановление галогенида серебра и гидрофобизация поверхности — образуются печатающие элементы формы.

Время экспонирования составляет 10—15 с. Для обработки форм выпускаются специальные процессоры. Разработаны также автоматизированные репропоточные линии производительностью 2—3 формы/мин. Тиражестойкость форм — от 1 до 20 тыс. оттисков.

Изготовление форм с использованием электрофотографических процессов базируется на применении органических и неорганических фотополупроводников. Сущность процесса заключается в появлении проводимости слоя под действием света (фотопроводимость), сопротивления некоторых заряженных полупроводников пропорционально освещенности, т. е. в изменении фотопроводимости. При освещении фотопроводимость превышает темновую проводимость за 3 порядка. При этом на освещенных местах (пробелах) происходит полная нейтрализация зарядов, а на неосвещенных — печатающих элементах — образуется скрытое электростатическое изображение (положительное или отрицательное).

Широкое промышленное применение нашли **материалы на основе органических фотополупроводников**, в качестве которых используются главным образом карбазолы, а также оксазолы, триазолы и др. Они наносятся в смеси с высокомолекулярными смолами на бумажную или металлическую основу. Технологический процесс изготовления печатной формы включает следующие операции: зарядка слоя, проекционное экспонирование, проявление, закрепление изображения, удаление слоя с пробельных элементов, гидрофилизация пробельных элементов, нанесение защитного коллоида.

Зарядку слоя проводят методом коронного разряда. Для удержания заряда в течение длительного времени слой полупроводника должен обладать высоким удельным объемным сопротивлением — около 10^{11} — 10^{12} Ом·м. В результате зарядки слой приобретает равномерный электрический заряд. На поверхности — одного знака, а на внутренней стороне — противополож-

ного знака (образуется, по сути, плоский конденсатор). Продолжительность экспонирования выбирают таким образом, чтобы получить максимальный электростатический контраст между неосвещенными и освещенными участками. Обычно оно составляет 20—60 с. В результате фотопроводимости на освещенных участках заряд нейтрализуется полностью или частично, а неосвещенные участки создают скрытое изображение с большой плотностью электрических зарядов.

Проявление скрытого изображения проводится тонером — мелкодисперсным порошком проявителя, заряженным противоположным слоем знаком. За счет сил электростатического притяжения образуется видимое изображение.

Обычно применяют двухкомпонентные проявители, состоящие из носителя и проявляющего вещества. В качестве носителя может быть использован полистирол, проявляющим веществом служит термопластичная смола, окрашенная красителем или сажой. Материалы проявителя подбирают таким образом, чтобы в результате контакта между ними проявляющее вещество электризовалось зарядом, противоположным по знаку заряду скрытого изображения слоя. При контакте проявителя с экспонированным слоем заряды скрытого изображения притягивают заряженные частицы проявителя в количестве, пропорциональном величине заряда слоя. Проявитель может быть сухим и жидким.

Видимое изображение закрепляется нагреванием до 150°C. В результате оплавления смолы образуется механически прочная пленка на печатающих элементах изображения. После закрепления производится удаление оставшегося слоя с пробельных элементов и их гидрофиллизация.

Такова сущность электрофотографического способа изготовления офсетных печатных форм.

В настоящее время разработано большое количество электрофотографических материалов и вариантов их использования. Широкое промышленное применение нашли материалы на основе органических фотополупроводников. Используются оксазолы, триазолы, фенилгидразоны. Фирма «Калле» запатентовала в качестве электрофотографического слоя полимеризат *N*-винилкарбазола в комбинации с электронакцептором и оптическим сенсibilизатором. Известны слои на основе продуктов конденсации ароматического альдегида о-дикарбоновой кислоты и ароматического амина, производные трифениламина, теразолина и т. д.

Сухое порошковое проявление проводится с помощью магнитной кисти. Однако разрешающая способность при таком способе проявления материала невелика. С целью увеличения разрешающей способности фирмами «Херст Калле», «Полихром» и др. предложены составы жидких проявителей, содержащих битумы, воски, твердые парафины, фенолформальдегидные смолы, канифоль и др.

Для удаления слоя с пробельных элементов рекомендованы сложные смеси, например 40 % метанола, 10 % глицерина, 45 % гликоля и 5 % силиката натрия.

Наиболее известны промышленные материалы с использованием органических фотополупроводников фирмы «Херст Калле». Это пластины

«Эльфазол», которые выпускаются с 60-х годов двух марок: L_2 — для малых офсетных машин, L_5 — для газетного производства. Светочувствительность пластин — около 10^{-2} лк $^{-1}$ с $^{-1}$, область спектральной чувствительности — 350—550 нм, величина воспроизводимого раstra — до 40 лин/см, тиражестойкость форм — 100 тыс. отт. Для изготовления форм выпущено оборудование нескольких поколений. Последнее поколение — автомат ЕА-697 и устройства ЕG-658 и RS-660 — агрегатированы в единую поточную линию.

В автомате выполняются операции зарядки пластин, экспонирования под 10 галогенными лампами по 600 Вт, проявление магнитной кистью положительно заряженным тонером (диаметр частиц 4—5 мкм), закрепления изображения при температуре 190°C. Затем пластина по транспортеру перемещается в устройство ЕG-658 для удаления слоя с пробелов, нанесения защитного коллоида и сушки и в устройство PS-660 для стапелирования готовых форм.

Пластины Эльфазол пригодны и для лазерной записи изображения, причем их высокая светочувствительность позволяет использовать маломощный лазер — около 15 мВт. Фирма «Эком» (США) разработала серию лазерных автоматов Лазерит для этих пластин. Аналогичные материалы на основе органических фотополупроводников и оборудование для изготовления печатных форм разработаны также рядом других зарубежных фирм. Основная область применения перечисленных материалов — газетное производство.

Материалы на основе неорганических фотополупроводников содержат в качестве фотопроводящего слоя окись цинка или сульфид кадмия. Они наносятся на бумажные пластины и, как правило, обладают низкой тиражестойкостью — до 1 тыс. оттисков. Для изготовления форм выпускаются автоматические устройства, например Платемекер (Дания, фирма «Эскофот»), Гевафакс (фирма «Агфа — Геверт»). Последний имеет производительность до 7 форм/мин, рассчитан на работу с рулонным материалом и проявление жидким, положительно заряженным тонером. Основное назначение форм — оперативная полиграфия.

ГЛАВА 4. ФОРМЫ ВЫСОКОЙ ПЕЧАТИ

4.1. Общие сведения о формах высокой печати

Высокая печать — самый старый способ печати и, несмотря на то, что в настоящее время она постепенно уступает свои позиции офсету, все же продолжает оставаться самым массовым видом печати. Анализ развития отрасли показывает, что и в дальнейшем высокая печать будет играть важную роль (хотя и меньшую, чем в прошлом и настоящем), особенно при изготовлении изданий, требующих срочного выпуска, а также в книжно-журнальном производстве. Значительный объем этого способа печати обусловлен рядом его достоинств, таких как высокая производительность печатных машин, экономичность, простота управления процессом.

В печатной форме высокой печати все печатающие элементы лежат в одной плоскости, возвышающейся над уровнем пробельных элементов (см. рис. 4.1). Размеры печатающих элементов различны: в тенях оригинала они больше, чем в светах, а размеры пробельных элементов, напротив, в тенях меньше, чем в светах. Глубина пробельных элементов в светах больше, чем в тенях. В растровой печатной форме расстояние между центрами соседних печатающих элементов в одинаково как в светах, так и в тенях (рис. 4.1—4.3): оно определяется линиатурой раstra.

Формы высокой печати бывают металлическими (цинковые или магниевые клише) или полимерными (фотополимерные печатные формы или пластмассовые стереотипные формы).

Современное состояние технологии формных процессов высокой печати и ближайшие перспективы ее развития характеризуются тремя основными направлениями:

А — получение металлических, главным образом цинковых, печатных форм после стадии копировального процесса и последующего травления формы;

Б — получение фотополимерных печатных форм (ФПФ). В этой технологии форма получается в результате воздействия лучистой энергии непосредственно на формный материал (на слой фотополимеризующейся композиции);

В — фотоэлектронное или лазерное гравирование поверхности металла или полимера (одностадийное получение металлической или полимерной формы высокой печати).

Схемы этих трех процессов представлены на рис. 4.1:

А — традиционный фотомеханический (фотохемографический) способ получения формы высокой печати — цинкового клише; Б — способ получения ФПФ; В — способ получения печатной формы фотоэлектронным или лазерным гравированием. Последний способ наиболее оперативен: он одностадийный, при нем не требуется получения фотоформы.

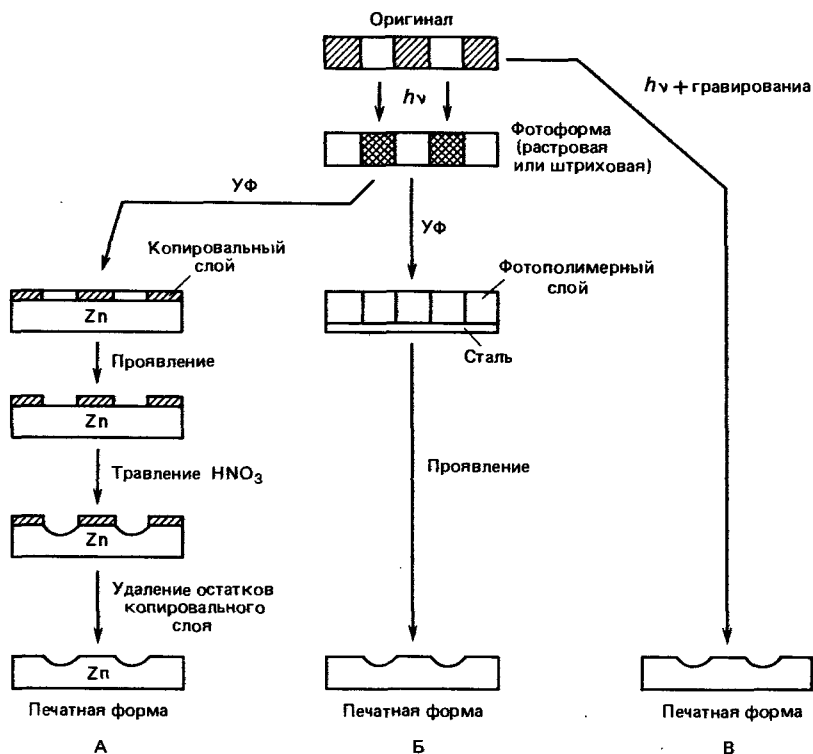


Рис. 4.1. Схема получения формы высокой печати тремя основными способами

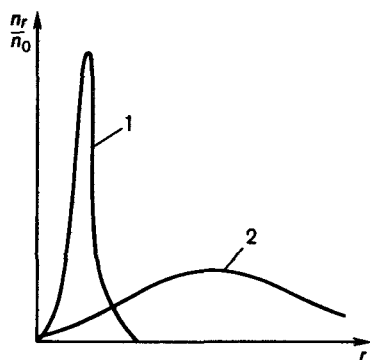


Рис. 4.2. Кривые распределения зерен металла по размерам

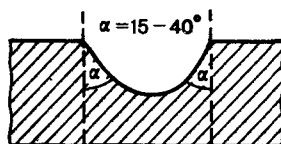


Рис. 4.3. Оптимальный профиль печатающего и пробельного элементов цинкового клише

В способах *А* и *Б* необходимо первоначально получить фотоформу. Способ *А* характеризуется, как правило, следующей последовательностью операций: 1) экспонированием фотоформы на копировальный слой, нанесенный на формный материал (в данном примере на цинк); 2) проявлением копии (вымыванием растворимых участков копировального слоя); 3) травлением формы раствором азотной кислоты (частичным растворением металла на пробельных участках); 4) удалением остатков копировального слоя и промыванием формы. Способ *Б* дает возможность ограничиться двумя операциями: 1) экспонированием фотоформы на светочувствительный слой фотополномеризующейся композиции, нанесенный на подложку (например, на алюминиевую пластину); 2) «проявлением», т. е. вымыванием растворимых участков слоя (в большинстве случаев теми или иными водными растворами).

Способ *А* — цинкография — традиционный способ получения иллюстрационных форм высокой печати, он находит производственное применение с середины прошлого столетия и до сих пор занимает доминирующее место в отечественной полиграфии. Свое название он получил благодаря тому, что в ранний период его существования единственным формным материалом был цинк, потом стали использовать и другие металлы (например, магний), но и в настоящее время наибольшее применение имеет цинк. В последние десятилетия этот способ успешно развивался и продолжает развиваться, главным образом в направлении его механизации и автоматизации. К наиболее крупным достижениям за последнее время относятся: 1) разработка и применение в качестве формного материала микроцинка; 2) разработка одноступенчатых (эмульсионного и безэмульсионного) способов травления цинковых и магниевых клише, что дало возможность отказаться от сложного многоступенчатого и трудно воспроизводимого ручного травления; 3) конструирование и разработка автоматизированных травильных машин. Разработан ряд поточных линий, объединяющих в одной цепи фотографирование, копирование и травление; на отдельных участках этой линии используются автоматические установки с программным управлением.

Способ *Б* — получение фотополимерных печатных форм — интенсивно развивается и постепенно теснит традиционный способ (по имеющимся сведениям, за рубежом в промышленно развитых странах до 70 % печатной продукции, изготавливаемой средствами высокой печати, производится с использованием ФПФ). Главные достоинства этого способа: 1) исключается трудно управляемый и экологически нечистый процесс травления металла азотной кислотой; 2) освобождаются производственные площади и сокращается время изготовления печатной формы; 3) тиражестойкость фотополимерных форм много выше металлических, она примерно равна: для цинковых клише — 50—70 тыс. оттисков, для полноформатных микроцинковых — 100—200 тыс. оттисков, а для ФПФ типа «Целлофот» — 500—1500 тыс. оттисков.

Получение ФПФ и их свойства детально рассматриваются в 4.7—4.11 этой главы.

4.2. Металлы для форм высокой печати

Из формных материалов высокой печати наиболее применим цинк (в виде микроцинка), на втором месте — сплавы магния, меньшее значение имеют латуни (сплавы меди с цинком), медь, алюминий. Ниже кратко описаны свойства каждого из этих металлов.

Цинк. С самого начала развития фотомеханических процессов основным материалом для изготовления клише служил и служит цинк. Чистый (100 %-ный) цинк не пригоден для получения клише. Как было указано в главе 2, клише подвергаются термической обработке. Между тем термическая обработка чистого цинка приводит к рекристаллизации его структуры — из относительно мелкокристаллической она становится крупнокристаллической. При травлении крупнокристаллического цинка искажается передача мелких деталей. Рекристаллизация цинка без специальных добавок начинается уже при 150 °С, а при температуре около 200 °С и при относительно длительной термической обработке цинк становится хрупким. В результате этого снижается прочность и, следовательно, тиражестойкость клише и устойчивость его против сильного давления при матрицировании.

Зернистая структура металла и процессы рекристаллизации настолько практически важны, что о них надо сказать особо.

Прежде всего очевидно, что правильное воспроизведение мелких деталей изображения возможно лишь при условии, что размеры зерна металла клише много меньше, чем размеры воспроизводимой детали. Размеры зерен металла и распределение их по размерам задаются условиями изготовления, а именно условиями кристаллизации металла. Склонность к рекристаллизации, т. е. к изменению кристаллической структуры металла, определяется кроме температуры и состава и свойств металла также и степенью отклонений от однородности структуры. Представим (рис. 4.2), что один и тот же металл находится в двух различных кристаллических состояниях I и II, т. е. в одном случае — в мелкозернистом состоянии с весьма узким распределением зерен по размерам I, а в другом случае — с широко размытым распределением зерен по размерам II. При прочих равных условиях однородный мелкозернистый металл I будет значительно меньше склонен к рекристаллизации, чем полидисперсный металл II. Это понятно из следующих рассуждений.

Допустим, в двух изолированных сосудах находятся кристаллики одного и того же металла, в одном из них (I) — мелкие, в другом (II) — крупные. При постоянной температуре частицы в каждом из этих сосудов находятся в равновесии с насыщенным паром металла; причем давление насыщенного пара в этих сосудах соответственно p_I и p_{II} . Эти два давления не равны ($p_I > p_{II}$) и связаны между собой соотношением:

$$\ln p_I = \ln p_{II} + \frac{A}{r}, \quad (4.1)$$

где A — постоянная величина, зависящая от температуры;

r — радиус шарообразной частицы. Это соотношение показывает, что

концентрация насыщенного пара над крупными кристалликами меньше, чем над мелкими.

Если мы удалим перегородку между сосудами (т. е. приведем в контакт воздушное пространство сосудов), пары металла от большего давления будут диффундировать в пространство с меньшим давлением, т. е. из сосуда в сосуд. Таким образом, в одном из сосудов создается перенасыщенное давление паров металла и избыточное количество его будет конденсировано на частицах (крупные частицы будут расти). В другом сосуде, напротив, в результате диффузии давление паров металла станет ниже насыщенного, поэтому часть металла твердых частиц испарится (мелкие частицы будут растворяться).

По описанному механизму происходит рекристаллизация металла: за счет рассасывания мелких растут крупные кристаллы, мелкокристаллическая структура переходит в крупнокристаллическую. При комнатной температуре рекристаллизация идет очень медленно, но сильно ускоряется при повышенной температуре. Скорость рекристаллизации зависит не только от температуры, но и от состава металла, легирующие добавки, как правило, замедляют рекристаллизацию, но могут и ускорять ее. Понятно, что если кристаллическая структура металла однородна, т. е. все его зерна имеют одинаковые размеры (кривая 1 на рис. 4.2), такой металл очень мало склонен к рекристаллизации.

Чистый 100 %-ный цинк сильно склонен к рекристаллизации и не пригоден для изготовления клише. Практическое применение находят сплавы цинка (цинк с легирующими добавками). Введение уже ничтожных количеств кадмия или титана приводит к повышению температуры рекристаллизации до 300—320 °С. Полезное действие оказывают также добавки магния и алюминия и некоторые другие. Напротив, примеси серы, углерода, мышьяка вредны, главным образом потому, что в цинке они находятся в виде вкраплений, а это приводит к неравномерному травлению клише. Примеси железа вредны потому, что вызывают коррозию в местах вкрапления.

В течение многих лет в полиграфии использовали так называемый полиграфический цинк. Это относительно крупнозернистый и не очень стандартный материал. Он склонен к рекристаллизации, относительно хрупок и тиражестойкость клише на нем не превышает 70 тыс. оттисков. Он оказался совершенно непригодным для одноступенчатого эмульсионного травления клише и был заменен магнием. Позднее, когда появился микроцинк, он сменил магний в этом процессе.

Микроцинк за рубежом применяется уже довольно давно. Для него характерна мелкая однородная кристаллическая структура, он вполне пригоден для одноступенчатого эмульсионного травления. В табл. 4.1 приведен, в виде примера, состав некоторых зарубежных образцов микроцинка.

Первый отечественный микроцинк был разработан в начале 1960-х гг. институтом Гипроцветметобработка по договору с издательством «Правда»; его состав: цинк — основа, алюминий 0,07—0,10 %, магний 0,03—0,07 %.

Химический состав сплава — очень важное, но еще не достаточное условие получения материала высокого качества. Не менее важное

4.1. Состав зарубежных образцов микроцинка

Вид микроцинка	Легирующие добавки, %				
	Al	Mg	Cd	Pb	Cu, Fe
Польский «Силезия»	0,080	0,055	0,004	0,005	Ничтожные количества
Немецкий, «Столберг Плат»	0,065	0,050	0,002	0,003	
Немецкий, «GSW»	0,065	0,040	0,002	0,004	
Японский	0,070	0,060	0,003	0,004	
В среднем	0,070	0,051	0,003	0,004	То же

и даже решающее значение имеет создание определенным образом ориентированной внутренней кристаллической структуры сплава, что достигается лишь при оптимальном режиме металлургического процесса (в том числе литья, прокатки, обжига и т. п.).

Отечественный микроцинк обладает достаточно однородной мелкокристаллической структурой и высокой температурой рекристаллизации. На нем можно одним раствором травить смешанные формы, содержащие как текст, так и штриховые изображения. На микроцинке удастся получить большую глубину пробелов (1—2 мкм) при правильном профиле печатающих элементов (рис. 4.3). Отечественный микроцинк пригоден для одноступенчатого изготовления печатных форм способами как эмульсионного, так и безэмульсионного травления.

Магний. Магниевого пластины в свое время имели широкое распространение в связи с развитием одноступенчатого эмульсионного травления клише. Затем они почти целиком уступили свое место микроцинку. В последние годы за рубежом вновь начинает расширяться использование магния для получения форм высокой печати. Магний имеет не только несомненные достоинства, но и недостатки. Сначала отметим достоинства магния.

1. Из всех металлов, пригодных для изготовления клише, магний самый легкий: он в четыре раза легче цинка, что позволяет облегчать конструкции печатных машин и увеличивать скорость печатания (удельная масса магния — $1,74 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$; алюминия — $2,70 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$; цинка — $7,13 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$; меди — $9,00 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$).

2. Для магния характерна более мелкокристаллическая структура, чем для цинка. Так, например, у сплава МА-2М размеры зерен — около 20—25 мкм, а у сплава МДЗ-3 — всего лишь 5—7 мкм. Этот параметр во многом определяет качество и прочность растровых точек, особенно в светах изображения, где их размер составляет 60—100 мкм. Ровный контур и повышенная прочность печатающих элементов после травления обеспечиваются только в тех случаях, когда точка располагается на многих кристаллах. В противном случае, если точка попадает на край крупного кристалла, ее контур получается рваным, а прочность заметно снижается.

3. Сплавы магния отличаются повышенной температурой рекристаллизаций. Поэтому в процессе термообработки (обжига) копии

структурные и физико-механические свойства магниевых пластин не изменяются.

4. Твердость магния приближается к твердости прокатанной меди, поэтому магниевые формы отличаются высокой тиражестойкостью (до 2—4 млн экз.).

5. Скорость травления магниевых клише примерно вдвое выше, чем цинковых клише.

6. Магний — один из наиболее распространенных в природе элементов (содержание его в земной коре составляет 2,1 вес. %, в то время как содержание цинка всего лишь $1,5 \cdot 10^{-3}$ вес. %). Запасы природного магния в природе, с учетом запатентованной в США технологии получения магния из морской воды, практически неограниченны (в то время как сырьевые запасы цинка в значительной степени ограничены).

Но наряду с достоинствами магний как формный материал высокой печати имеет и ряд недостатков по сравнению с цинком. Сюда относятся: 1) малая коррозионная стойкость; 2) пожароопасность отходов (легкая воспламеняемость магниевых стружек); 3) более высокая стоимость пластин; 4) трудности изготовления комбинированных и изогнутых печатных форм.

Раньше в технологии эмульсионного травления повсеместно применяли сплав МА-2-2М, содержащий в качестве легирующих добавок 2 % алюминия, 0,3 % марганца и 1 % цинка. Когда появился микроцинк, необходимость в этих добавках отпала. Однако интерес к магниевым сплавам не исчез, и продолжается разработка их новых составов.

Алюминий представляет несомненный интерес как возможный материал форм высокой печати, за рубежом он частично используется для изготовления клише способом эмульсионного травления. К достоинствам алюминиевых печатных форм относятся:

1) возможность оксидирования поверхности формы, что повышает ее прочность; 2) высокая тиражестойкость формы (до 1,5 млн оттисков); 3) относительно малая масса формы (в 2,6 раза меньше, чем цинковой формы). Алюминий широко распространен в природе (на третьем месте после кислорода и кремния). В УНИИППе проведены успешные опыты со сплавом следующего состава: алюминий — основа; магний — 1 %, медь — 0,25 %, хром — 0,25 %, кремний — 0,6 % и ничтожные добавки титана и железа.

Медь как материал для изготовления клише имеет ряд несомненных достоинств. Это прежде всего большая твердость по сравнению с цинком, что обеспечивает большую тиражестойкость медных клише. Термообработка копии на меди не вызывает ее рекристаллизации. Медь легко гравировается. Но медь значительно более дорогой и дефицитный металл, чем цинк; поэтому, несмотря на положительные качества, медные клише изготавливаются редко. За рубежом некоторые полиграфические предприятия используют медные пластины для изготовления клише с растрами высокой линиатуры. Медные пластины М1 широко применяются для изготовления штампов как фотомеханическим путем, так и ручным гравированием.

Латунь (сплав меди с цинком) дает возможность получать формы высокойтиражестойкости, но находит очень ограниченное применение при изготовлении клише вследствие своей дороговизны. Исследования в УНИИППе показали, что латунь в принципе может быть использована для получения клише методом эмульсионного травления.

4.3. Копировальный процесс при получении металлической формы высокой печати

Первая стадия получения металлической формы высокой печати — экспонирование растровой или штриховой фотоформы на копировальный слой, нанесенный на формную основу (как правило, на микроцинк). Копировальный слой должен удовлетворять ряду технологических требований: спектральная чувствительность его должна лежать в ближней УФ-области спектра (максимум 350—380 нм); интегральная светочувствительность не должна быть слишком низкой (при освещенности стекла копировальной рамы 10—20 тыс. лк. выдержка не должна быть более 3 мин); разрешающая способность должна давать возможность воспроизводить самые мелкие точки растрового изображения (при линиях раstra 40—60 лин/см); задубленный слой на копии должен в процессе травления формы обладать высокой кислотостойкостью и быть устойчивым по отношению к органическим неполярным соединениям травящей эмульсии. Этим требованиям удовлетворяет ряд копировальных слоев (см. главу 2). В отечественной полиграфии при изготовлении форм высокой печати наибольшее применение имеют негативные копировальные слои на основе хромированного модифицированного поливинилового спирта (РС МПВС) и фотополимеризующиеся слои на основе акрилатов.

Последовательные стадии копировального процесса состоят из: подготовки поверхности формной пластины, нанесения на нее копировального слоя и его высушивания, совмещения монтажа негативов с копировальным слоем, экспонирования, проявления копии, повышения кислотостойкости копии путем дополнительного химического дубления и в некоторых случаях — термообработки.

Модифицированный поливиниловый спирт (РС МПВС) поставляется в виде готового раствора и в типографиях наносится на предварительно подготовленные микроцинковые пластины. Сохраняемость слоев РС МПВС много выше, чем обычных хромированных слоев ПВС, рабочие свойства слоев РС МПВС сохраняются до 3 мес.

Подготовка поверхности пластин заключается в обезжиривании и матировании («зернении») для повышения адгезии слоя к поверхности. Матирование проводят механическим путем, с помощью вращающихся щеток мокрым шлифовальным порошком или смесью железных опилок с мелом. После смывания остатков порошка струей воды пластину укрепляют на крестовине вертикальной центрифуги и наносят копировальный слой при режиме, обеспечивающем толщину слоя 2—3 мкм. Слой сушат при 35—40 °С. Для экспонирования используют копировальные станки, обеспечивающие вакуумный прижим негативов или их монтажа к пластине. Слои МПВС чувствительны в диапазоне 350—420 нм, спад чувствительности

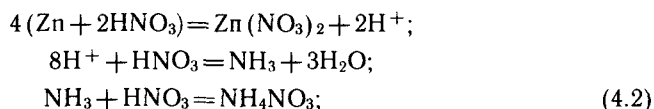
до нуля простирается до 500 нм, а интегральная чувствительность лежит на уровне 10^{-4} ед. ГОСТ. Для экспонирования пригодны любые применяемые в полиграфии источники света (дуговые фонари, ксеноновые, металлогалогенные, люминесцентные лампы и др.). Проявляют копию под струей водопроводной воды при 10—25 °С в течение 0,5—1,0 мин. Рисунок на копии плохо различим, и в тех случаях, когда важен визуальный контроль, копию окрашивают однопроцентным раствором метилвиолета. Для повышения кислотостойкости копии ее подвергают дополнительно дублированию, для чего используют 8 %-ный раствор хромового ангидрида (продолжительность обработки 30—35 с). Чтобы достичь максимальной и необратимой задубленности копии, ее подвергают «обжигу» — термообработке при температуре около 200 °С. Рекомендован обжиг в расплаве солей NaNO_2 (54 %) и KNO_2 (46 %) при 200 °С в течение 60—90 с.

Другой копировальный слой, применяемый при изготовлении форм высокой печати, — слой на основе акрилатов. Это — фотополимеризующаяся композиция, содержащая спиртовой раствор сополимера метилметакрилата с метакриловой кислотой (метакрил 354 к), эфира ТГМ-3 (триэтиленгликольдиметакрилата), метилового эфира бензоина (фотoinициатор) и метилвиолета (краситель). Слой наносят на пластины в центрифуге, как и слой МПВС, но толщиной 5—8 мкм.

Слой чувствителен к ближнему УФ-излучению (максимум чувствительности — 360—380 нм). Для экспонирования пригодны люминесцентные и металлогалогенные лампы. Проявляют копию в слабощелочных водных растворах, например в 2 %-ном растворе бикарбоната натрия, при температуре 30—35 °С. Проявление должно быть строго регламентировано, так как при излишнем повышении температуры или концентрации проявителя будут растворяться не только пробельные, но и экспонированные участки слоя, а при излишнем понижении концентрации или температуры проявление идет очень медленно. Полученную копию промывают в проточной воде и сушат при 35 °С. После высушивания копия готова для травления, так как вследствие высокой кислотостойкости и большой толщины слоя она не требует обжига.

4.4. Процессы травления клише

Для травления цинковых (и магниевых) клише применяют растворы азотной кислоты различной концентрации: при обычном травлении от 5 до 27% HNO_3 , при эмульсионном травлении от 3 до 15 % HNO_3 . Химические реакции при взаимодействии цинка с разбавленной азотной кислотой можно упрощенно представить следующими уравнениями:



(аналогичные реакции можно написать для растворения магния в разбавленной азотной кислоте). Приведенные уравнения не исчерпывают всех реакций, протекающих при растворении цинка или магния в разбавленной азотной кислоте; частично протекают реакции $\text{HNO}_3 + 3\text{H}^+ = 2\text{H}_2\text{O} + \text{NO}$; $\text{NO} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{NO}_2$ и др.

При изучении и разработке процессов травления клише кардинальное значение имеет решение двух вопросов: 1) установление факторов, определяющих скорость травления и 2) определение условий травления, при которых на клише образуются устойчивые печатающие элементы.

Для решения первого вопроса надо обратиться к кинетике процесса травления. Из курса химической кинетики известно, что в общем случае реакции



ее скорость v может быть выражена уравнением

$$v = k e^{-E/RT} C_A^a C_B^b, \quad (4.4)$$

где e — основание натуральных логарифмов; E — энергия активации реакции; R — газовая постоянная; T — температура по шкале Кельвина; C_A и C_B — концентрация веществ A и B . В нашем случае можно принять, что A — азотная кислота, B — цинк. Поскольку цинк — твердое вещество и его концентрация с течением времени не меняется, можем написать:

$$v = + \frac{a[\text{Zn}^{2+}]}{at} = k \cdot e^{-E/RT} \cdot C_{\text{HNO}_3}^a. \quad (4.5)$$

Из имеющихся экспериментальных данных следует, что скорость растворения цинка в азотной кислоте пропорциональна концентрации кислоты, т. е. $a=1$ в формуле (4.5).

Энергия активации процесса, как следует из тех же экспериментальных данных, около $E=3$ ккал·моль⁻¹. Следовательно, травление цинка разбавленной азотной кислотой следует диффузионной (но не химической) кинетике. Это означает, что скорость травления лимитируется не скоростью самой химической реакции (не скоростью взаимодействия цинка с азотной кислотой), а скоростью транспортировки азотной кислоты из объема к поверхности металла и скоростью отвода продуктов реакции от поверхности цинка.

В практической работе при травлении цинковых клише оптимальный массообмен достигается применением струйных или роторных травильных машин (см. 4.6). Работа травильных машин, с одной стороны, обеспечивает оптимальную скорость процесса и вместе с тем позволяет в значительной степени автоматизировать и механизировать травление клише. Но применение травильных машин стало возможно лишь тогда, когда удалось отказаться от многоступенчатого ручного способа травления и перейти к одноступенчатым эмульсионному и безэмульсионному способам травления клише.

Для получения высококачественного клише исключительно важное

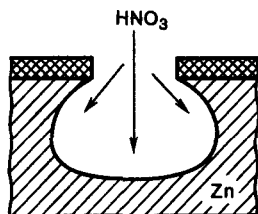


Рис. 4.4. Схема, поясняющая травление пробельных элементов не только вглубь, но и в стороны (под копировальный слой)

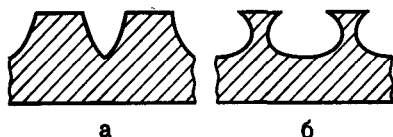


Рис. 4.5. Схема хороших (устойчивых) и плохих (неустойчивых) печатающих элементов формы высокой печати

значение имеет создание условий травления, при которых образуются устойчивые печатающие элементы, способные выдержать достаточно большое число оттисков с формы (достаточно большой тираж).

Если не принять особых мер, то при взаимодействии кислоты с металлом (цинком или магнием) непременно произойдет травление пробельных элементов не только вглубь, но и в стороны, т. е. наблюдается значительное боковое травление под копировальный слой (рис. 4.4). Опыт показывает, что скорость бокового травления составляет от одной трети до половины скорости травления вглубь. Боковое травление приводит к подтравливанию печатающих элементов, которые приобретают грибообразную форму вместо трапециевидной (рис. 4.5). Понятно, что грибообразные элементы неустойчивы, особенно в светах, где глубина травления велика, а сами элементы малы; такие элементы при печати легко отделяются от формы, а в некоторых случаях еще во время травления.

Поэтому при ручном способе кислотное травление выполняют в несколько стадий (ступеней), неоднократно прерывая действие кислоты для того, чтобы защитить кислотоупорным слоем боковые стенки полученного рельефа от травления. При этом способе режим травления штриховых и растровых клише различен. При изготовлении, например, комбинированных клише сначала травят растровое изображение (закрывая штриховое кислотоупорным лаком), а затем закрывают вытравленное растровое изображение и травят штриховое.

В настоящее время ручное травление уже почти не находит практического применения, так как это чрезвычайно громоздкий и длительный процесс, который невозможно автоматизировать; к тому же качество клише целиком зависит от мастерства травильщика.

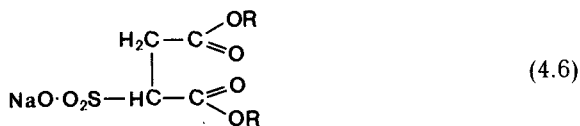
4.5. Одноступенчатое травление цинковых и магниевых клише

Поскольку многостадийный процесс ручного травления печатной формы громоздок, длителен и не поддается автоматизации и механизации, во многих лабораториях мира проводились интенсивные поиски способов одноступенчатого травления клише. Исследования заключались главным образом в том, что в травящий раствор вводили органические или неоргани-

ческие соединения, способные тормозить (ингибировать) растворение металла в кислоте. Однако эти ингибиторы большей частью в одинаковой степени тормозили травление как вглубь, так и в стороны и не устраняли подтравливание. Первый решительный успех был достигнут в 1953 г., когда химики фирмы «Доу» предложили одноступенчатый эмульсионный способ травления магниевых клише (позднее этот способ стали применять для травления и цинковых клише). В этом способе (как и в других, аналогичных) в процессе травления образуется кислотоупорная пленка, прилегающая к боковым граням печатающих элементов и тем самым автоматически защищающая их от подтравливания. Способ эффективен только при динамическом режиме травления, в первую очередь при работе на травильных машинах.

В способе эмульсионного травления защитная пленка образуется из углеводородной эмульсии, защищенной поверхностно-активными веществами (ПАВ). Это эмульсия типа «масло — вода». Жидкий углеводород (УВ) диспергирован в виде мельчайших капелек в растворе азотной кислоты. На поверхности этих капелек адсорбированы дифильные молекулы ПАВ, причем адсорбированы они своей гидрофобной частью, а гидрофильной частью направлены в сторону водного раствора, что обеспечивает гидрофилизацию и, следовательно, стабилизацию углеводорода эмульсии.

Из множества известных углеводородов наиболее подходящим оказался диэтилбензол (ДЭБ) — $\text{H}_5\text{C} \cdot \text{C}_6\text{H}_4 \cdot \text{CH}_3$. Но токсичность и огнеопасность ДЭБ вынуждают продолжать поиск новых углеводородов для эмульсионного травления. Так, например, в УНИИППе предложено использовать нефтяной растворитель, получаемый из высококипящей фракции малосернистой нефти, содержащей 30—40 % ароматических углеводородов. Токсичность этого растворителя примерно в 10 раз меньше, чем ДЭБ. Из числа ПАВ для эмульсионного травления наиболее пригодны анионоактивные ПАВ, молекулы которых асимметричны. В качестве активной гидрофильной группы они содержат сульфогруппу, в которой кислотный водород замещен ионом щелочного металла. Примером может служить производное сульфоянтарной кислоты — смачиватель СВ-102



где $\text{R} \dots - \text{C}_n\text{H}_{2n+1}$ (гидрофобная часть молекулы).

Это соединение находило широкое применение при эмульсионном травлении магниевых клише.

При эмульсионном травлении цинка рекомендовано в качестве ПАВ использовать продукты сульфирования касторового масла (главная составная часть которого — рицинолеиновая кислота) и его продуктов, таких как МКС, Сульфокаст и др. Для улучшения технологических свойств травящего раствора в него дополнительно вводят неноногенные ПАВ. Это — продукты конденсации окиси этилена с высшими жирными спиртами

(продукты Оттаиол, Рольфор 1134), с алкилфенолами (ОП-20) или с жирными кислотами («Нафтенокс 10»). В сочетании с анионоактивными ПАВ эти добавки уменьшают травление печатающих элементов, улучшают поверхность травления, а также увеличивают емкость раствора по ионам металла. Примерами комбинированных добавок, содержащих МКС и неионогенные ПАВ, могут служить «Сульфорицин Е», «Рубин» и др.

Требует специального обсуждения вопрос о механизме избирательного эмульсионного травления цинковых и магниевых клише (избирательным мы называем травление, при котором дно пробела травится, а боковые грани пассивируются). Для объяснения этого явления был выдвинут ряд гипотез отечественными учеными (С. Д. Казьмин, Л. Н. Петров, П. Л. Пашуля, И. В. Явный, В. А. Наумов, Е. В. Семина, В. И. Шеберстов и др.). Вопрос выяснен еще не во всех деталях, и точки зрения авторов не во всем согласуются, но общая, хотя и несколько упрощенная, картина вырисовывается достаточно четко.

Надо иметь в виду, что в неподвижном растворе травящая эмульсия полностью пассивирует как боковые грани, так и дно пробела, и травление вообще прекращается. Избирательность травления возрастает с увеличением скорости подачи эмульсии на форму, но лишь до известного предела: при росте скорости сверх оптимальной начинается подтравливание боковых граней. Из сказанного очевидно, что избирательность травления определяется гидродинамическими факторами.

Объяснение указанным фактам дает так называемая ударная теория, впервые выдвинутая сотрудниками фирмы «Доу». В неподвижном растворе пассивирующая пленка, состоящая из углеводородной эмульсии и адсорбированная на металле, покрывает как дно, так и боковые грани пробела (рис. 4.6, а). Но при интенсивной подаче травящего раствора давление его, начиная с некоторой скорости подачи, становится достаточным для разрушения пленки на дне, но не на боковых гранях пробела (рис. 4.6, б).

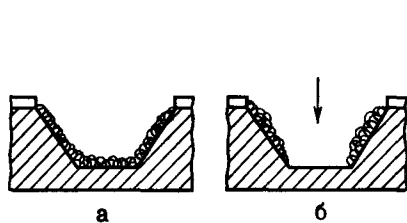


Рис. 4.6. Распределение пассивирующей пленки по краям пробела: а при неподвижном травящем растворе; б при динамическом режиме травления

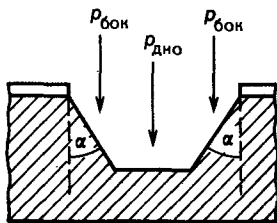


Рис. 4.7. Схема подачи струи травящего раствора на дно и на боковые грани пробела

При перпендикулярной подаче травящего раствора на форму, характерной для струйных травильных машин, раствор на боковую поверхность печатающего элемента попадает под острым углом (рис. 4.7). Оптимальная величина α — 15—40°. В связи с этим давление травящего потока

на боковую грань меньше, чем на дно пробела в соответствии с формулой

$$p_{\text{бок}} = p_{\text{дно}} \cdot \sin \alpha. \quad (4.7)$$

При $\alpha = 15 - 40^\circ$ $\sin \alpha = 0,25 - 0,64$; следовательно,

$$p_{\text{бок}} = (0,25 \dots 0,64) p_{\text{дно}}, \quad (4.8)$$

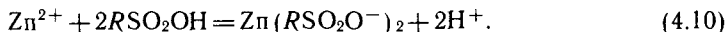
т. е. давление травящего раствора на боковую грань в 2—4 раза меньше, чем на дно. Поэтому при давлении на дно, достаточном для разрушения пассивирующей пленки, давление на боковые грани оказывается недостаточным; именно этим обстоятельством определяется выбор оптимальной скорости подачи раствора на форму. (Против ударной теории иногда выдвигается следующее возражение. В роторных машинах раствор подается не строго перпендикулярно к поверхности формы, и приведенный расчет становится недействительным. В самом деле, в роторных машинах дело обстоит сложнее. Но и там перпендикулярная составляющая потока достаточно велика для осуществления действия указанного механизма.)

Для понимания механизма избирательного травления необходимо принять во внимание также следующие обстоятельства. Мы говорили, что углеводородная эмульсия стабилизирована ПАВ. Но стабилизирована она слабо и нуждается в непрерывном эмульгировании, для чего служат эмульгаторы травильных машин. Если эмульгатор почему-либо прекратит свою работу, эмульсия очень быстро разрушится, расслонившись на нерастворимый слой жидкого углеводорода и растворимые в воде ПАВ. Плохая стабилизация эмульсии — одно из необходимых условий избирательного травления.

Очевидно, в травящем растворе всегда имеется равновесие (4.9), сдвинутое в значительной степени вправо:



Стабилизация эмульсии нужна лишь в такой степени, чтобы мельчайшие капельки углеводорода не слились (не скоалесцировали), а были донесены в виде мельчайших капелек до поверхности металла. Свободные капельки УВ на поверхности цинка наверняка не адсорбируются (их поверхность гидрофобна, а поверхность цинка гидрофильна). Между тем молекулы аннионоактивных ПАВ, которые можно представить как RCOOH или RSO_2OH , химически взаимодействуют с ионами цинка Zn^{2+} , как растворенными в азотной кислоте, так и находящимися в составе двойного диффузионного слоя цинка:



Этот процесс не только не тормозит, но, напротив, ускоряет растворение цинка в азотной кислоте. А капельки УВ, освободившиеся от стабилизирующего действия ПАВ (см. 4.9), под напором травящего раствора выдавливаются на боковые грани пробела и защищают их от подтравливания.

Изложенная теория объясняет защиту боковых граней в той стадии травления, когда уже образовалось какое-то углубление в результате действия травящего раствора. Но в самом начале травления вся поверхность

пробельного элемента одинаково доступна травящему раствору и испытывает одинаковое его давление p . Очевидно, вначале происходит как бы «затравка». Далее принимается во внимание (в «миграционной» гипотезе, развитой Л. Н. Петровым и позднее дополненной И. В. Явным) различие поверхностных свойств копировального слоя и пробела. Поверхность копировального слоя гидрофобна, и эмульсия, стабилизированная ПАВ, на ней не удерживается, она вместе с раствором кислоты с нее стекает (смывается) в сторону пробела. Таким образом, у краев пробела оказывается большая концентрация эмульсии, чем посредине его. Этот избыток эмульсии защищает края пробела от подтравливания.

В заключение необходимо коротко рассмотреть способ одноступенчатого безэмульсионного травления цинковых клише (разработан сотрудниками УНИИППа (И. В. Явный и др.). В этом способе для травления рекомендован смешанный раствор двух кислот: азотной (5—6 %-ной) и щавелевой (7—10 %-ной). Способ дает положительные результаты только при работе в травильных машинах. Одноступенчатое безэмульсионное травление основано на том, что ионы цинка с оксалат-ионами образуют малорастворимый оксалат цинка (кристаллизуется в виде $\text{ZnC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, произведение растворимости $\text{PR} = 1,5 \cdot 10^{-9}$), который и защищает боковые грани от подтравливания:



Опыт показывает, что при малых скоростях подачи травящего раствора образуется тончайшая пленка оксалата цинка как на боковых гранях, так и на дне пробела. Эта пленка не защищает металл от действия азотной кислоты, она проницаема для этого раствора. Но при больших скоростях подачи раствора за единицу времени образуются такие большие количества оксалата цинка ($\text{ZnC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), что он покрывает стенки и дно пробела рыхлой фазовой пленкой, очень слабо связанной с поверхностью металла. Поэтому, как и при эмульсионном травлении, при достаточном напоре струи травящего раствора фазовая пленка на дне пробела разрушается и выдавливается вверх по боковым стенкам.

Подводя итоги способам травления цинковых клише, надо сказать, что многоступенчатое ручное травление уже почти не используется. Широкое распространение получило одноступенчатое эмульсионное травление и ограниченное применение — безэмульсионное травление. Каждому из этих двух способов присущи не только достоинства, но и недостатки.

Недостатки эмульсионного травления: 1) высокая токсичность компонентов травящей эмульсии; 2) необходимость непрерывного эмульгирования раствора, что усложняет конструкции травильных машин; 3) необходимость специальной очистки промывных вод от эмульсии (кроме нейтрализации раствора и очистки его от ионов цинка).

Для безэмульсионного способа характерен в основном тот недостаток, что большая часть оксалата цинка образуется в растворе, а это приводит к непроизводительному расходованию щавелевой кислоты, к дополнительной трудоемкой операции удаления из травильной машины оксалата цинка (пропитанного азотной кислотой) и очистки поверхности клише от

этого осадка. Кроме того, безэмульсионное травление не всегда в нужной степени обеспечивает защиту боковых граней от подтравливания.

Какими путями пойдет дальнейшее развитие способов травления цинковых клише, сказать трудно. Возможно, необходимость такого травления вообще отпадет в связи с развитием фотополимерных печатных форм.

4.6. Травильные машины

Высокое качество цинковых и магниевых клише может быть достигнуто только в динамическом режиме. Быстрая и сильная подача травящего раствора (травящей эмульсии) на поверхность клише обеспечивает, во-первых, достаточную скорость процесса (мы уже видели, что травление следует диффузионной кинетике) и, во-вторых, избирательность травления (защита боковых граней от подтравливания). Оба эти фактора характерны для работы травильных машин, позволяющих регулировать скорость подачи и температуру травящего раствора, а также осуществлять эмульгирование раствора. Травильные машины детально рассматриваются в курсе формного оборудования* и здесь описаны очень кратко.

По принципу подачи травящей эмульсии на поверхность клише травящие машины разделяются на роторные (рис. 4.8) и струйные, или сопловые (рис. 4.9).

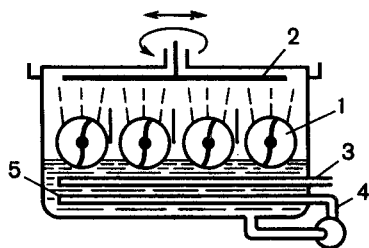


Рис. 4.8. Схема роторной травильной машины

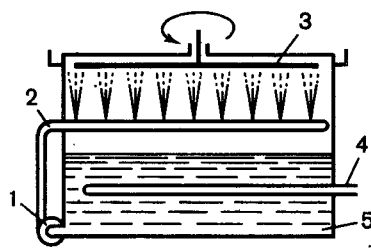


Рис. 4.9. Схема струйной травильной машины

Роторная машина для травления плоских форм состоит из резервуара с травящей эмульсией 5, роторов 1, вращающихся от электродвигателя и набрызгивающих эмульсию на клише (закрепленное на пластинодержателе 2), совершающем возвратно-поступательное движение, эмульгатора 4 для непрерывного интенсивного перемешивания эмульсии и термостатирующих устройств 3. Образующиеся при травлении газообразные продукты и выделяющиеся пары кислоты и диэтилбензола отсасываются в вентиляционную систему.

В струйных машинах травящая эмульсия 5 засасывается из резервуара центробежным насосом 1 (он же эмульгатор) и подается в трубопроводы 2,

* Грибков А. В. Формное оборудование. Часть 2. Стереотипное и фотомеханическое оборудование.—М., 1988.

с отверстиями (или насадками). Через эти отверстия (сопла) эмульсия струями под давлением набрызгивается на клише, закрепленное на пластинодержателе 3, который совершает сложное круговое движение. Регулирование силы давления эмульсии на клише производится изменением скорости вращения центрального насоса. Струйные машины снабжены также термостатирующим 4 и всеми другими необходимыми устройствами.

По технологическим характеристикам струйные и роторные машины примерно равноценны, но в настоящее время предпочтение отдается струйным машинам.

4.7. Общие сведения о получении фотополимерных печатных форм

Как известно, традиционные металлические формы высокой печати постепенно уступают место фотополимерным печатным формам (ФПФ). Начало использованию ФПФ положила фирма «Дюпон» (США), которая в 1958 г. впервые выпустила печатные пластины «Дайкрил». В настоящее время многие химические предприятия выпускают разнообразные фотополимеризующиеся пластины (ФПП) и жидкие светочувствительные композиции (ЖФПК). В СССР разработан ряд фотополимеризующихся композиций для получения ФПФ, краткая характеристика которых (а также наиболее важной зарубежной продукции) дана в табл. 4.2.

В основе получения ФПФ лежат реакции фотоинициированной радикальной полимеризации, сущность которых рассмотрена в главе 2. На фотополимеризующийся слой (ФПС) экспонируют растровую (или штриховую), а также текстовую фотоформу (негатив). Под действием УФ-радиации в облученных участках ФПС (под прозрачными местами негатива) протекают реакции фотополимеризации, в результате чего эти участки слоя теряют растворимость в соответствующем растворителе (например, в водно-щелочном растворе).

Практическое применение имеют как твердые (воздушно-сухие), так и жидкие ФПС. В первом случае это фотополимеризующиеся пластины (ФПП), т. е. твердые фотополимеризующиеся композиции (ТФПК), во втором случае — жидкие фотополимеризующиеся композиции. На рис. 4.10 дана схема получения печатной формы на твердом фотополимеризующемся слое. Как видно из нее, получение ФПФ в этом случае аналогично схеме работы негативного копирующего слоя или фоторезиста. Но толщина ФПС при получении ФПФ намного больше, чем копируемых слоев или фоторезистов. Так, если толщина слоя фоторезиста составляет 0,5—1,5 мкм, а копирующего слоя — 1,5—6,0 мкм, то толщина ФПС для получения ФПФ — 500—3000 мкм.

В связи с этим возникает вопрос, почему экспонированные и проявленные копируемые слои не используют непосредственно в качестве печатных форм, а проводят еще травление лежащей под ними подложки (металла)? Непосредственное использование проявленных копируемых слоев как форм высокой печати невозможно потому, что высота рельефа проявленной копии так мала, что при нанесении краски форма будет полностью

4.2. Общая характеристика фотополимеризующихся композиций для изготовления ФПФ

ФПК	Вид печати	Агрегатное состояние	Основной ингредиент		Учреждение или фирма, государство
			полимер	олигомер, мономер	
Целлофот	Высокая и высокая офсетная	ТФПК	Ацетосукцинат (ацетофталат) целлюлозы)	Диметакрил-триэтиленгликоль	УНИИПП (СССР)
Гидрофот	То же	ТФПК	Поливинило-вый спирт	Метакрилат-этиленгликоль	То же
Ликофот Т1	Высокая	ЖФПК	—	Олигоуретан-акрилат	—
Ликофот Т22	Высокая и высокая офсетная	ЖФПК	—	Олигоэфир-маленнат	—
Полнами-дные ФПК	То же	ТФПК	Смешанные полиамиды 54, 548 и др.	Диметакрилат этиленгликоля	УПИ им. Ивана Федорова (СССР)
Олигоэфир-акрилатные	Высокая	ЖФПК	—	Олигоэфирак-рилаты	УПИ им. Ивана Федорова (СССР)
Фото — 4ВО	Высокая и высокая офсетная	ЖФПК	—	Олигоэфирма-леинатфталаты, модифициро-ванные макро-диизоцианата-ми	КФ ВНИИ полиграфии сов-местно с ИХВС АН УССР (СССР)
Полирель	То же	ЖФПК	—	Олигоэфирма-леннаты	Институт поли-графии Вар-шавской поли-техники (ПНР)
Найлопринт	Высокая и высокая офсетная, мат-рицирова-ние	ТФПК	Спиртоводо-растворимые сополиамиды; водораствори-мый омыленный поливинилаце-тат	Метиленбис-акриламид	«БАСФ» (ФРГ)
Дайкрил	То же	ТФПК	Ацетосукцинат целлюлозы	Диакрилат триэтиленгли-коля	«Дюпон» (США)
НАП	Высокая и высокая офсетная	ТФПК	Омыленный поливиниловый спирт	Диметакрилат-этиленгликоля	«НАП» (Япония)
Летер-флекс	Высокая, высокая офсетная, флексограф-ская	ЖФПК	—	Олигоуретан-диены	В. Р. Граце (США)
АПР	Высокая и высокая офсетная	ЖФПК	—	Ненасыщенный полиэфир	«Асахи Хэми-кэл» (Япония)

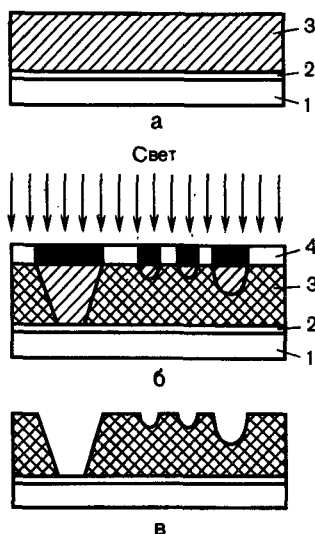


Рис. 4.10. Схема получения ФПФ из твердой фотополимеризующейся композиции: а—фотополимеризующаяся пластина (ФПП); б—схема действия УФ-излучения на ФПП; в—готовая печатная форма (ФПФ); 1—металлическая или пластмассовая подложка ФПП; 2—адгезионный слой; 3—слой твердой (воздушно-сухой) фотополимеризующейся композиции; 4—фотоформа (негатив) (ЖФПК): а—схема экспонирования ЖФПК; б—готовая печатная форма

закатываться краской. В принципе можно получить рельеф копировального слоя достаточной глубины, что и наблюдается при изготовлении ФПФ, но здесь решающее значение будут иметь: 1) восприимчивость поверхности рельефа к краске (степень ее гидрофобности) и 2) механические свойства рельефа (не надо забывать, что в процессе печати форма подвергается очень сильному давлению, не только вертикальному, но и боковому, в результате чего рельеф, особенно в светах, может быть деформирован, смят). Лишь полимерные формы по своим механическим свойствам могут конкурировать с металлическими и даже превосходить их (напомним, что полимерные стереотипы приходят на смену металлическим). Понятно, что обратное соотношение вполне возможно: если фотополимеризующуюся композицию нанести на подложку тонким слоем, то этот слой можно использовать в качестве копировального при условии, что пленка, оставшаяся на подложке, достаточно устойчива к действию травящих растворов; выше (4.3) уже было сказано, что в настоящее время при получении форм высокой печати широкое применение имеют копировальные слои на основе фотополимеризующихся композиций.

Получение ФПФ из жидкой фотополимеризующейся композиции (ЖФПК) схематически показано на рис. 4.11. Экспонирование фотоформы проводится в специальной формирующе-копировальной установке. Основная часть установки — формирующе-копировальная рама, состоящая из двух стекол 1 и 5 и ограничительной рамы 4. На стекле 1 закрепляется фотоформа (негатив) 2, иногда покрываемая прозрачной пленкой. На это же стекло помещается ограничительная рама, обеспечивающая необходимую толщину будущей печатной формы. На эту раму накладывают второе стекло. Оба стекла соединены прокладками и образуют полость, в которую заливают под давлением через отверстие б светочувствительную

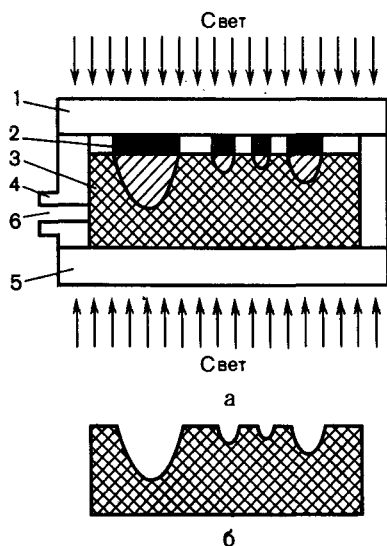


Рис. 4.11. Схема получения ФПФ из жидкой фотополимеризующейся композиции

композицию 3. Экспонирование проводят в этом случае с двух сторон. Излучение, поступающее в слой со стороны негатива, формирует печатающие элементы, а излучение, поступающее с обратной стороны, образует основу печатной формы. Чаще одно из стекол 5 заменяют магнитной плитой, на которую укладывают металлическую подложку с адгезионным слоем. При изготовлении ФПП и ЖФПК выполняют такие операции, как 1) монтаж негативных фотоформ; 2) подготовка к экспонированию ФПП, ЖФПК и экспонирующего оборудования; 3) экспонирование под негативной фотоформой; 4) подготовка вымывного оборудования и выявление печатающих элементов ФПФ путем растворения незаполимеризованных участков слоя (пробельных элементов); 5) модификация (дополнительная обработка) готовых печатных форм и 6) контроль их качества.

Важнейшая из этих операций — **экспонирование**. В ходе его в облучаемых участках ФПП или ЖФПК формируются печатающие элементы. Продолжительность и, следовательно, трудоемкость и энергоемкость этой операции зависят от мощности и спектра излучения источника света, качества монтажа фотоформ, состава и подготовки фотополимеризующихся материалов. В ряде случаев используются такие способы предэкспозиционной обработки для повышения светочувствительности ФПП, как предварительное облучение (фотокондиционирование) и выдерживание в атмосфере инертных газов (газовое кондиционирование), облучение с подогревом, обработка в парах растворителей, сдавливание и т. п. В целях повышения светочувствительности в ЖФПК вводят целевые добавки, их выдерживают в атмосфере инертных газов. Для управления профилем печатающих элементов ФПФ после экспонирования под фотоформой ФПП подвергают постэкспозиционной обработке — кратковременному экспонированию или термообработке.

Сформированные при экспонировании печатающие элементы необходимо вывить из сохранившихся неизменными ТФПК или ЖФПК. Для этого чаще всего применяют **растворение (вымывание)**. Однако известны технологии, в которых используют плавление ТФПК, пневматическое (выдувание) или вакуумное (отсос), а также механическое (выдавливание, выжимание) разделение элементов ФПФ и ЖФПК.

Готовые ФПФ подвергают **модификации**. Это вызвано неоднородностью фотополимера и необходимостью в связи с этим улучшить его эксплуатационные свойства — стабильность: смачиваемость красками, деформируемость и износостойкость. Модификацию выполняют различными способами: дополнительным экспонированием, термообработкой, термодиффузионной обработкой в растворах, дополнительным экспонированием под водой или водными растворами мономеров, нанесением термо- или фотоотверждением антифрикционных покрытий, а также сочетанием этих способов.

К оборудованию для **переработки ФПК в ФПФ** относятся установки различной производительности и с разными технологическими возможностями — от простых ручных до поточных линий для выполнения следующих операций: подготовки ФПП и ЖФПК, экспонирования, вымывания пробелных участков, модификации ФПФ и подготовки ФПФ к печати.

Оборудование для изготовления ФПФ по количеству операций можно подразделить на одно-, двух- и многооперационные; по назначению — для экспонирования ФПП и ЖФПК, для растворения пробелов ФПФ, для модификации ФПФ; по степени механизации — на ручные, полуавтоматические и автоматические поточные линии.

Технология изготовления ФПФ и особенности использования ФПП и ЖФПК предъявляют определенные требования к основному и вспомогательному формному оборудованию. Так, экспонирующие установки должны быть оснащены: 1) источниками излучения, обладающими необходимой фотоактивностью; 2) рефлектором-отражателем, обеспечивающим равномерное диффузионно-рассеянное облучение; 3) формирующе-копировальной полостью, которая должна обеспечивать минимальное поглощение фотоактивного излучения при максимальных контакте ФПК с фотоформой; 4) устройствами охлаждения источников излучения и формирующе-копировальной полости, защиты обслуживающего персонала от излучения и озона; 5) приводом и контрольно-измерительной и регулирующей аппаратурой, включающей экспозиметры, вакуумметры и др.

При конструировании вымывного оборудования должны быть учтены требования к условиям подачи вымывного раствора (струйный или фрикционный тип установок), в том числе и ее равномерности, температуре, продолжительности действия, необходимости фильтрования и др.

Особенности конструкций формного оборудования для изготовления ФПФ рассматриваются в курсе «Полиграфические машины»*.

* Грибков А. В. Формное оборудование. Часть 2. Стереотипное и фотомеханическое оборудование. М., 1988.

4.8. Фотополимеризующиеся материалы

Фотополимеризующиеся пластины (ФПП) для изготовления ФПФ высокой и высокой офсетной (типоофсетной) печати имеют многослойное строение (рис. 4.12). Собственно, фотополимеризующийся слой (ФПС) 2 прикреплен к металлической 6 или неметаллической подложке с помощью адгезионного (клеевого) 4, противоореального (АПС) 5 и промежуточного 3 слоев и защищен пленочным покрытием 1, отделяемым перед использованием ФПП.

Толщина ФПС зависит от назначения формы. Для высокой печати на газетных агрегатах, ролевых и листовых ротационных и плоскочечатных машинах она должна быть не меньше 0,5—0,67 мм, а для печатных машин высокой офсетной печати и печатания с гибких форм — не менее 0,33—0,43 мм. Толщина подложки — 0,25 мм, АПС — 0,015—0,025 мм, промежуточного слоя — 0,08—0,015 мм.

Функции адгезионного, противоореального и промежуточного слоев могут быть совмещены в одном слое, а подложка может быть получена из ФПК. Последнее, однако, технически и экономически не эффективно при использовании дорогостоящих ТФПК.

Ингредиенты ФПП и ЖФПК — полимеры, олигомеры, фотоинициаторы и целевые добавки — должны отвечать ряду требований. Общие требования одинаковы для всех ингредиентов: они должны быть доступны и дешевы, хорошо совмещаться (смешиваться), не быть токсичными, обладать высокой жизнеспособностью (сохраняемостью) и восприимчивостью к управлению.

Основной ингредиент ФПП — полимер — должен быть: 1) хорошим пленкообразующим материалом с приемлемыми физико-химическими, оптическими и физико-механическими свойствами; 2) бифильнорастворимым, в том числе в доступных, нетоксичных и регенерируемых органических растворителях, а также в воде.

Среди полимеров, наиболее распространенных при изготовлении ФПС, могут быть названы производные целлюлозы и поливинилового спирта, полиамиды. Низкая стоимость и недефицитность сырья, водорастворимость, высокие физико-механические свойства предопределили широкое применение ПВС для изготовления ФПФ (см. табл. 4.2).

Реакционноспособные олигомеры и мономеры — не

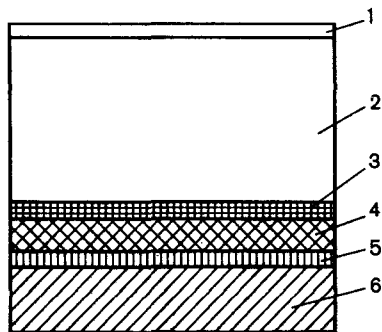


Рис. 4.12. Строение фотополимеризующихся пластин для изготовления печатных форм высокой и офсетной печати: 1—защитный слой; 2—фотополимеризующийся слой; 3—промежуточный слой; 4—адгезионный слой; 5—противоореальный слой; 6—металлическая подложка

только сшивающие агенты в ТФПК, но и основные полимерообразующие ингредиенты ЖФПК, эти ингредиенты должны: 1) обладать способностью к фотохимическим превращениям под действием ультрафиолетового излучения (320—400 нм); 2) быть водо- или щелочерастворимыми и хорошо совмещаться с полимерами, мономерами, фотоинициаторами и другими ингредиентами; 3) обеспечивать высокие репродукционно-графические и печатно-технические свойства ФПФ; 4) обладать низкой летучестью, гарантирующей стабильность свойств ФПП и ЖФПК.

Чаще всего в качестве таких веществ используют ненасыщенные карбоновые кислоты (например, метакриловую) и их сложные эфиры (например, глицидилметакрилат), амиды ненасыщенных одно- и двух-основных кислот и их производные, *N*, *N'*-метиленабисакриламид, сложные эфиры акриловой или метакриловой кислот и полиэтиленгликолей (диметакрилаттриэтиленгликоля) (см. табл. 4.2).

Широкое применение в ТФПК (в качестве сшивающих агентов), в ЖФПК (в качестве основных полимерообразующих ингредиентов) нашли олигоэфирмалеинаты, олигоэфиракрилаты, олигоуретанакрилаты и продукты их модификации.

Необходимый ингредиент фотополимеризующейся композиции — фотонициатор. Именно его природой определяется общая и спектральная чувствительность фотополимеризующегося слоя.

Фотоинициатор должен: 1) генерировать активные свободные радикалы или способствовать их образованию с высоким квантовым выходом; 2) обладать поглощением и способностью к превращениям в определенной требуемой области спектра (320—400 нм); 3) быть термостабильным.

Применение фотоинициаторов в практически важных ФПП и ЖФПК распределяется (по данным зарубежных авторов) примерно следующим образом: бензоин и производные — 57 %, антрахинон и производные — 35 %, бензофенон — 3 %, все остальные — 5 %.

Известны полимеры и реакционноспособные олигомеры, фрагментами молекул которых являются бензоиновые группы. Это гарантирует однородность ФПК, повышение скорости и глубины фотопревращений и высокое качество фотополимерного изделия, но существенно повышает стоимость ФПК.

Целевые микродобавки — ингибиторы термополимеризации, дезактиваторы кислорода воздуха, пластификаторы и наполнители, стабилизаторы, смачиватели, визуализаторы и другие ингредиенты — позволяют управлять сохраняемостью ФПК и ФПФ, скоростью и глубиной фотохимических превращений ФПК, физико-химическими и физико-механическими свойствами ФПФ.

Ингибиторы (стабилизаторы) термо- и фотополимеризации и кислород, растворенные в ФПК, обрывают цепь полимеризации, нейтрализуя свободные радикалы, образующиеся при распаде фотоинициаторов, и макро-радикалы, возникающие при росте полимерной цепи. Это способствует сохраняемости ФПП и ЖФПК, повышению контрастности элементов ФПФ, однако снижает светочувствительность ФПК.

Ингибирование полимеризации осуществляют введением в ФПП и

ЖФПК таких соединений, как гидрохинон, и хранением в воздушной среде. Кислород воздуха — синергист (сверхпропорциональный усилитель действия) ингибиторов типа гидрохинона и, собственно, ингибитор полимеризации. Стремление повысить светочувствительность ФПК приводит к необходимости дезактивации ингибиторов и кислорода перед использованием ФПП или ЖФПК.

Введение в ФПК структурообразователей, пластификаторов и наполнителей уменьшает расход дорогостоящих основных ингредиентов, позволяет регулировать скорость и глубину фотопревращений и изменять свойства фотоотвержденных материалов. Для этого используют, например, аэросилы — высокодисперсный диоксид кремния и его модификаты, дибутилфталат, глицерин и полиэтиленгликоли, высокодисперсные продукты из отработанных ФПФ, ЖФПК наполняют материалами, удаленными с пробелов ФПФ, т. е. той же ЖФПК.

Визуализаторы помогают оценивать эффект воздействия фотоактиничного излучения на ФПК и контрастируют элементы ФПФ, а смачиватели и антифрикционные добавки регулируют молекулярно-поверхностные свойства и износостойкость ФПФ. Среди визуализаторов могут быть названы, например, метиленовый синий и нигрозин, а среди веществ, модифицирующих молекулярно-поверхностные свойства ФПФ, — кремний и фторорганические соединения. Износостойкость ФПФ повышают, например, введением в ФПК дисульфидов молибдена.

Опишем некоторые ТФПК и ЖФПК. Так, например, в состав ТФПК типа «Целлофот» могут входить ацетосукцинат (или ацетофталат) целлюлозы, триэтиленгликольдиметакрилат, глицидилметакрилат, α -хлорантрахинон, полиэтиленгликоль, тетраоксипропилэтилендиамин, гидрохинон и глицерин.

ТФПК на основе производных ПВС (типа «Гидрофот») могут содержать водный раствор ПВС, монометакрилат этиленгликоля, полиэтиленгликоль, диметиламиноэтанол, натриевую соль антрахинондисульфокислоты и ионол.

ЖФПК «Ликофот Т-22» представляют собой раствор олигоэфирмалената, полученного из этиленгликоля, 1,2-пропиленгликоля, малеинового и фталевого ангидридов и адипиновой кислоты, диаллилфталата, метакриламида в триэтиленгликольдиметакрилате с добавкой фотоинициатора — изобутилового эфира бензоина.

Олигоэфиракрилатные, в том числе и гибридные, ЖФПК представляют собой смеси олигоэфиракрилатов и олигоэфиркарбонатакрилатов и олигоэпоксидов с фотоинициаторами (бензоином или его эфирами), дезактиваторами ингибитора и кислорода воздуха (аскорбиновой кислотой, хлористым оловом, визуализаторами (родамином-6Ж), пластификатором (дибутилфталатом), наполнителем (аэросилом А-380) и другими целевыми микродобавками, выпускаемыми химической промышленностью. В состав таких ФПК могут входить до 25 % ЖФПК, собранной с пробельных участков выдуванием, отсосом или выжиманием, а также до 5 % материала, полученного измельчением использованных ФПФ.

Технологические схемы изготовления ФПП, в которых выпаривают растворы ТФПК, полимерно-мономерную ТФПК измельчают и подвергают экструзии, каландрированию или прессованию, осуществляются при высоких температурах переработки (как правило, более 150 °С) и требуют для предотвращения термополимеризации введения в ТФПК значительных количеств ингибиторов и стабилизаторов. Это снижает светочувствительность ФПП, ухудшает качество ФПФ.

Поэтому наибольшее распространение для изготовления ФПП нашли такие способы, как непосредственная отливка обеспузыренного и отфильтрованного раствора ТФПК на предварительно подготовленную подложку с последующей сушкой и (чаще всего) отливка и сушка ФПС с последующей припрессовкой к подложке.

ФПП требуемой толщины получают склеиванием тонких пленок ФПС водными или органическими растворами клеев или клеями-расплавами с последующей припрессовкой их к металлическим или полимерным подложкам с адгезионными и противоореальными слоями.

Именно так изготавливают ФПП «Целлофот» по ПО «ТАСМА» (г. Казань) и ФПП «Гидрофот» на ПО «Свема» (г. Шостка).

При изготовлении ФПП важную роль играют растворители, подложка, адгезионные слои. Растворители должны: 1) обеспечивать хорошую совместимость ингредиентов и получение высококонцентрированных растворов ФПК; 2) образовывать высококачественные пленки ФПС с минимальным остатком растворителя; 3) подвергаться рекуперации для организации замкнутого, безотходного производства. При изготовлении ФПП на основе производных целлюлозы — ацетосульфатов или ацетофталатов — используют их растворы в смеси ацетона (80—90 %) и этилового спирта (20—10 %).

К подложкам, обеспечивающих размерную точность ФПФ, требуются геометрические, физико-механические и физико-химические свойства, гарантирующие надежность проведения формного и печатного процессов, в том числе прочность на растяжение, стойкость к механическим перегибам и химическим средам технологических процессов, изотропность свойств и равномерность толщины. В качестве материалов подложки ФПФ используются полимерные материалы (например, полиэтилентерефталатная или триацетатная пленки) и металлы (например, лента из стали 08КП, черная холоднокатаная жель ЧЖ-1 толщиной 0,25—0,28 мм).

Как правило, прочность сцепления ФПС, а в последующем — печатающих элементов ФПФ с такими подложками невелика. Поэтому возникает необходимость в адгезионном (клеевом) и противоореальном слое (АПС), который должен обеспечивать прочное и стабильное скрепление подложки, ФПС, а потом и элементов ФПФ, выполнять противоореальные функции, изготавливаться из промышленных, недорогих и недефицитных материалов, способных к фото- и термоотверждению. Это гарантирует дополнительное упрочнение связи печатающих элементов с подложкой, регулирование их профиля и глубины пробелов.

В качестве материалов для АПС используют фото- или термоотверждающиеся полимерно-мономерные или олигомерно-мономерные композиции.

Они содержат инициаторы и ускорители их фото- или термоотверждения (например, производные бензоина), а также поглотители актиничного излучения (например, оксиды железа).

Важный элемент конструкции ФПП — защитные покрытия на их поверхности. Они должны предохранять пластины от механического повреждения, препятствовать диффузии летучих ингредиентов из слоя и кислорода воздуха в слой и легко отделяться перед экспонированием.

Для обеспечения длительной сохранности ФПП хранят в упаковке (защитные пленки, припрессованные к поверхности; пакеты из светонепроницаемой бумаги; упаковочные ящики) на расстоянии не менее 1 м от отопительных приборов. ЖФПК должны храниться в светонепроницаемой и герметичной таре. Персонал, работающий с ФПП и ЖФПК, должен быть обеспечен индивидуальными средствами защиты, а помещения изготовления и хранения фотополимерных пластин, композиций и форм должны быть обеспечены эффективной общеобменной и местной вентиляцией.

4.9. Формирование печатающих элементов в фотополимеризующихся слоях

Воздействие фотоактиничного излучения вызывает в объеме ФПК фотохимические превращения, координаты граничных поверхностей которого определяются координатами периметра прозрачных элементов фотоформы, послышными фотохимическими и физико-химическими процессами отверждения и физико-оптическими явлениями, описываемыми законами геометрической и молекулярной оптики, фотометрии.

Фотохимические превращения ФПК начинаются под действием облучения чаще всего диссоциацией возбужденной молекулы инициатора с образованием свободных радикалов Φ , которые реагируют с молекулами мономера или олигомера, начиная рост цепи и образуя в конечном итоге фотополимер.

Фотохимические превращения в ФПК приводят к тому, что химические, физические, физико-химические и физико-механические свойства ФПК и фотополимера коренным образом отличаются. Израсходованы активные функциональные группы и образовано единое полимерное тело, а в сшитом фотополимере — единая, гигантская макромолекула; преобразовано агрегатное состояние — мономеры и олигомеры, как правило, жидкости, а фотополимеры — твердые тела; потеряны частично или полностью растворимость и плавкость, электропроводность и липкость; изменились молекулярно-поверхностные (смачиваемость) и оптические (цвет, прозрачность) свойства; возросла прочность и стойкость к агрессивным средам, уменьшились эластичность и гибкость.

Это является следствием того, что при фотополимеризации ЖФПК из олигомеров и мономеров или ТФПК из линейных полимеров, мономеров и олигомеров одновременно или последовательно протекают реакции, в результате которых образуются линейные и привитые полимеры и сополимеры, пространственно-сшитые и клатратные (типа «змейка в клетке») полимеры.

Фотохимические превращения в ФПК тормозятся кислородом и ингибиторами термополимеризации. В присутствии кислорода радикалы частично взаимодействуют с ним, образуя менее реакционноспособные частицы:



Возможны также реакции тушения возбужденного состояния инициатора кислородом, что также уменьшает эффективность иницирования.

Кроме того, в присутствии кислорода происходит взаимодействие с ним растущих макрорадикалов:



Так как константа скорости взаимодействия $\Phi_n M_m O O^*$ с двойной связью молекул мономера (олигомера) на два порядка меньше константы взаимодействия с радикалами $\Phi_n M_m$, то наблюдается снижение скорости полимеризации.

Совместное присутствие в ФПК кислорода и слабого ингибитора приводит к резкому ингибированию процесса (с синергическим эффектом), что в дальнейшем снижает скорость и глубину фотополимеризации.

Содержание кислорода и ингибитора в ФПК благоприятно при хранении ФПК, но нежелательно в процессе их переработки в ФПФ не только из-за уменьшения светочувствительности ФПК, но и из-за ухудшения репродукционно-графических и эксплуатационных физико-химических и физико-механических характеристик ФПФ. Уменьшение светочувствительности приводит к необходимости увеличения экспозиции, но даже значительное увеличение экспозиции не обеспечивает получения требуемого профиля печатающих элементов, так как кислород из неосвещенных участков ФПК мигрирует в освещенные участки. При этом в верхних слоях ФПК вызываются закипировка в тенях растровых и в других узких пробелах печатных форм и фотодеструкционные явления на их поверхности. Они усугубляются набуханием (вплоть до зернистого характера поверхности) в последующем вымывании пробельных элементов ФПФ. Поверхность печатающих элементов ФПФ с низкой степенью сшивания подвергается в печатном процессе усиленному воздействию связующих красок и их растворителей (смывок), что приводит к ускоренному износу форм.

В связи с этим возникает необходимость в дезактивации кислорода и ингибитора. Это осуществляется, как уже было указано, предэкспозиционной обработкой ФПК — вытеснением или расходом растворенного в ФПК кислорода газовым кондиционированием и фотокондиционированием ФПП и ЖФПК или введением целевых добавок в ЖФПК.

Так, например, для газового кондиционирования ФПП «Целлофот» помещают в шкаф-кондиционер, через который пропускают CO_2 со скоростью, достаточной для того, чтобы не впускать воздух на протяжении 10 ч для ФПП «Целлофот» типа А (толщина ФПС — 0,4 мм) и 24 ч для ФПП «Целлофот» типа Б (толщина 0,7 мм). Такая обработка ФПП позволяет получить требуемый трапецевидный профиль печатающего элемента при меньшей продолжительности экспонирования, что является результа-

том повышения скорости и глубины фотохимических превращений. При этом наблюдается резкое повышение микротвердости в нижних слоях печатающих элементов и уменьшение различия микротвердости верхних и нижних слоев. Однако при продолжительном газовом кондиционировании наблюдается снижение степени сшивания и ухудшение качества ФПФ, что объясняется появлением на их поверхности фотодеструкционных явлений.

Газовое кондиционирование ФПП, как видно из изложенного, длительно, нестабильно (кондиционированную пластину нельзя держать на воздухе более 15 мин), требует организации безопасной эксплуатации газовых баллонов. Вместе с тем, повышая светочувствительность верхних слоев, такое кондиционирование не позволяет полностью вытеснить кислород из нижних, близлежащих к подложке слоев ТФПК. А это не исключает закопирки теней растровых изображений и узких пробелов и получения печатающих элементов с грибообразным профилем.

Газовое кондиционирование ЖФПК непродолжительно, уменьшает индукционный период (в 4—5 раз) и увеличивает светочувствительность (в 2,3—2,5 раз).

Фотокондиционирование — это предварительное кратковременное экспонирование ФПП излучением, энергия которого еще недостаточна для инициирования фотополимеризации, но уже возбуждает фотохимические процессы, при которых кислород расходуется в реакциях со свободными радикалами и макрорадикалами.

Экспозиция в диапазоне $\lambda = 380 - 420$ нм, выделенном светофильтрами, выбирается, например, такой, чтобы увеличение ее времени на 15 с приводило к частичной фотополимеризации ФПП. Как видно из рис. 4.13, ФПП без предварительной обработки (кривая 5) имеют низкую скорость и глубину фотопревращений, что выражается большим наклоном прямолинейной части кривой и меньшим выходом нерастворимой гелефракции. Кондиционирование в кислороде (кривая 1) еще в большей степени снижает светочувствительность ФПП. Вытеснение кислорода из ФПП кондиционированием в углекислом газе (кривая 3) или в азоте (кривая 2) увеличи-

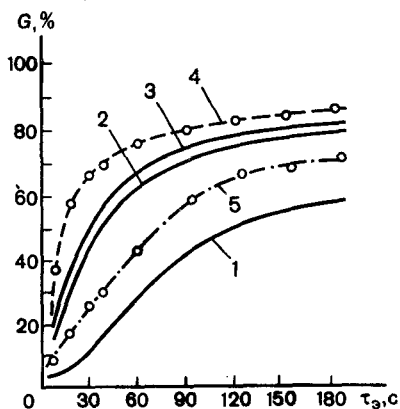


Рис. 4.13. Кривые зависимости выхода гелефракции от продолжительности экспонирования в условиях газового кондиционирования (сплошные линии) и фотокондиционирования (пунктир): 1—кондиционирование 1 ч в кислороде; 2—1 ч в азоте; 3—6 ч в углекислом газе; 4—фотокондиционирование 255 с при освещенности $50 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$; 5—без кондиционирования

вает скорость фотополимеризации и выход гель-фракции. Однако наиболее существенно увеличиваются скорость и глубина фотопревращений при фотохимическом связывании кислорода (кривая 4).

Связывание кислорода в объеме ФПС и особенно в близлежащих к подложке слоях позволяет значительно сократить продолжительность основного (под фотоформой) экспонирования при благоприятном влиянии на качество ФПФ. Так, например, для ФПП Целлофот при предварительном экспонировании под фильтром ТАЦ-УФ—70 в течение 100—150 с продолжительность основного экспонирования сокращается с 22 до 8—12 мин, а для ФПП Гидрофот при предварительном экспонировании под фильтром в течение 30—45 с — до 1,0—1,5 мин.

При этом значительно улучшается профиль печатающих элементов и градационная характеристика, уменьшаются графические искажения, возрастают адгезия печатающих элементов к АПС, глубина узких пробелов, выделяющая и разрешающая способности. Это объясняется тем, что при израсходовании кислорода в объеме ФПП его содержание в поверхностном слое быстро восстанавливается, поскольку предварительное экспонирование проводят в воздушной среде.

Повышение светочувствительности ЖФПК, помимо газового и фотокондиционирования, может быть осуществлено введением ряда целевых добавок с различным механизмом действия. Так, введение хлористого олова в ЖФПК приводит соответственно к химическому связыванию кислорода в результате образования хлорного олова, а аминопроводных — к нейтрализации кислорода и увеличению содержания свободных радикалов — бензозинных, аминных. Лимонная и аскорбиновая кислоты, введенные в ЖФПК, способствуют переводу ингибитора-гидрохинона в семихинонную неактивную форму, а сульфит натрия — в менее активное сульфопроизводное.

Эти добавки в связи с некоторым снижением жизнеспособности ЖФПК рекомендуется смешивать с базовыми ЖФПК перед непосредственным использованием. При этом гомогенизацию ЖФПК ускоряют действием ультразвуковых диспергаторов и магнетронов.

Фотохимические реакции полимеризации в ФПП и ЖФПК протекают под действием **фотоактиничного потока излучения** (A_r). Согласно определению

$$A_r = \int_0^{\infty} E_0(\lambda) \tau(\lambda) S(\lambda) d(\lambda), \quad (4.14)$$

где E_0 — спектральная характеристика облученности ФПС; $\tau(\lambda)$ — спектральная характеристика пропускания фотоформы, $S(\lambda)$ — спектральная характеристика чувствительности ФПС. Эта формула может быть использована для согласования всех элементов устройств формирования ФПФ (плночного или стеклянного покрытия в экспонирующих устройствах, основы негативной фотоформы с защитно-разделительным слоем, источника фотоактиничного излучения, собственно ФПС). При этом для получения возможно больших значений актиничности (и наименьшей продолжительности экспонирования) требуется так подбирать источник излучения, чтобы

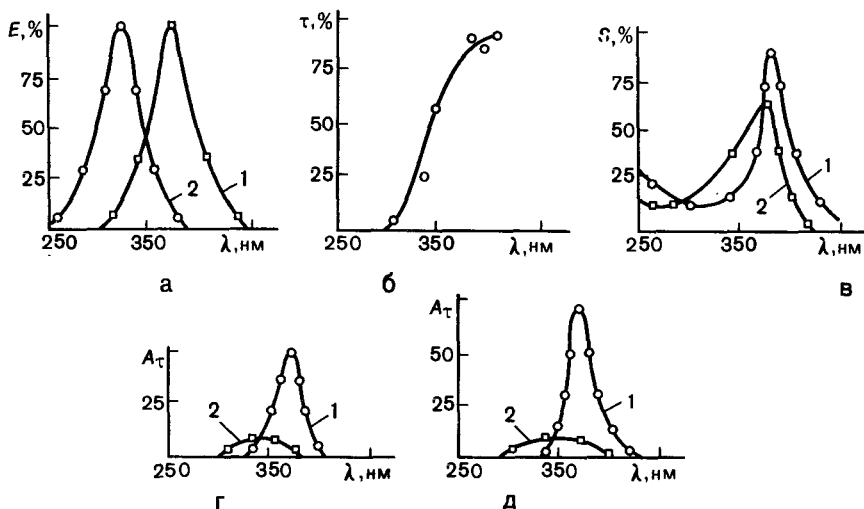


Рис. 4.14. Фотоактивность ЖФПК: а—спектральное распределение освещенности источников излучения; б—спектр пропускания силикатного стекла толщиной 10 мм; в—спектральная чувствительность ЖФПК; г—фотоактивность ЖФПК на основе МДФ-2; д—то же, на основе ОКМ-2; 1—лампы ЛУФ-80; 2—лампы ЛЭР-30

произведение его спектральной характеристики на спектральную характеристику ФПК оказалось максимальным. Этот принцип использован, например, для выбора источников излучения для получения ФПФ из ЖФПК (рис. 4.14).

Фотополимеризация во всем объеме ФПК, находящемся под фотоформой, протекает с экспоненциальным градиентом скорости по толщине слоя, т. е. по слою. При этом в последовательно наращиваемом слое возрастает индукционный период и уменьшается скорость образования фотоотвержденного материала.

Различие в скорости фотополимеризации на разной глубине ФПК приводит и к различию в степени превращения полимера. Неравномерность в степени фотоотверждения ФПФ по толщине не выравнивается при увеличении продолжительности экспонирования. Это связано также с тем, что избыток фотоактивной энергии способствует началу фотоокислительной деградации поверхностных слоев печатающих элементов ФПФ.

Влияние условий экспонирования ФПК на скорость и глубину фотополимеризации проявляется в продолжение этой реакции после прекращения облучения в явлении пост-эффекта. Явление вызвано иммобилизацией («замораживанием») свободных радикалов, их продолжительной сохраняемостью (так, например, в фотоотвержденном материале из ЖФПК свободные радикалы обнаружены методом электронного парамагнитного резонанса через 1500 ч после облучения).

Изучение влияния освещенности ФПК на скорость и глубину фотополимеризации показало отклонения в этих превращениях от закона

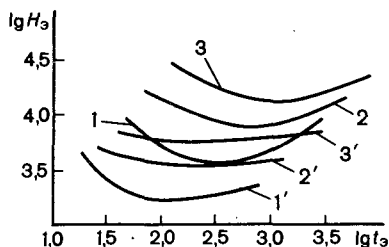


Рис. 4.15. Изолинии фотоотверждения слоев различной толщины из ЖФПК до (1, 2, 3) и после (1', 2', 3') пропускания углекислого газа; толщина слоев: 1, 1'—0,2 мм; 2, 2'—0,6 мм; 3, 3'—0,9 мм

взаимозаменяемости (рис. 4.15). При обескислороживании ФПК перекачивание O_2 прекращается или уменьшается и обнаруживается не только сдвиг изолиний $lg H_3$, $lg t_3$ в сторону меньшей продолжительности экспонирования, но и меньшие отклонения от закона взаимозаменяемости (показатель Шварцшильда близок к единице в более широкой области). Печатающие элементы ФПФ различной величины образуются в условиях разной освещенности, причем печатающие элементы меньших размеров при равной экспозиции получают меньшую дозу фотоактивной энергии, и, кроме того, при их формировании в объем ФПК диффундирует кислород из окружающих эти элементы неосвещаемых объемов ФПК. В связи с этим скорость и глубина фотополимеризации ФПФ, а следовательно, физико-химические и физико-механические свойства их будут различны. Различия в степени сшивания печатающих элементов разной величины, их пористости и экстрагируемости приводят к автоматическому образованию печатающих элементов различной высоты — к градиционному приправочному рельефу, величина интервала высот которого зависит от природы ФПК и условий изготовления ФПФ. Наличие такого рельефа благоприятно для повышения качества печатной продукции и сокращения времени приправки.

Физико-оптические процессы формирования печатающих элементов ФПФ могут быть упрощенно описаны с использованием законов оптики.

Распространяясь в ФПК, излучение формирует контур профиля печатающего элемента тем минимальным количеством поглощенной энергии, которое способно вызвать необходимые фотохимические превращения. Контур профиля печатающего элемента может быть поэтому определен как изоэнергетический контур.

Идеализированный процесс формирования профиля печатающих элементов ФПФ (без учета вклада рассеяния в ФПС и отражения от АПС) представлен на рис. 4.16, а.

Активность на поверхности ФПП от источника J_0

$$A_0 = (J_0/r_i^2) \cos \alpha_i = (J_0/l_0^2) \cos^3 \alpha_i \quad (4.15)$$

после преломления светового пучка на границах раздела С — С и В — В ослабляется в изотропной среде ФПК по закону Бугера — Ламберта — Бера:

$$A_i = A_0 \exp\{-Kx\} = A_0 \exp\{-K h i / \cos \beta_i\}, \quad (4.16)$$

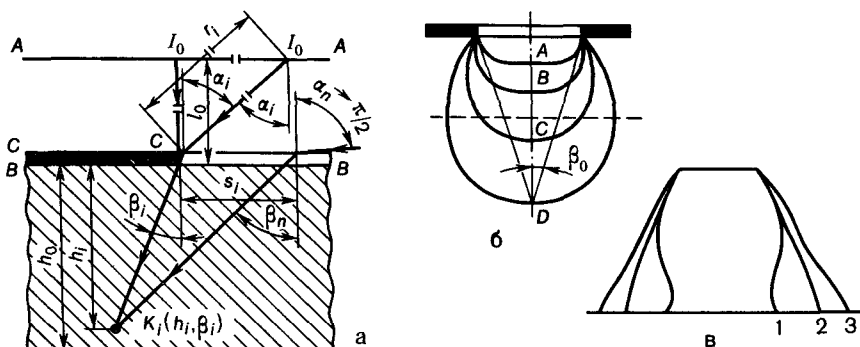


Рис. 4.16. Формирование профиля печатающих элементов ФПФ; а—схема расчета профиля ($A-A$ — светящаяся поверхность, $B-B$ — поверхность ФПК, $C-C$ — фотоформа); б—расчетные изоэнергетические кривые формирования профиля печатающих элементов (ФПФ Целлофот: $k=40 \text{ см}^{-1}$; $n=1,5$; $h_0=0,4 \text{ мм}$; A, B, C, D — уровни активности); в—экспериментальные профили печатающих элементов ФПФ из ФПП Целлофот (экспозиции: 1—недостаточная, 2—оптимальная, 3—избыточная)

где K — коэффициент поглощения; α_i и β_i — соответственно угол падения и преломления; x — длина пробега луча в слое; Ri — толщина слоя.

Поскольку

$$\sin \alpha_i = n \cdot \sin \beta_i \text{ и } \cos \alpha_i = \sqrt{1 - n^2 \sin^2 \beta_i}, \quad (4.17)$$

где n — показатель преломления материала ФПК, то

$$A_i = (J_0 / l_0^2) \sqrt{1 - n^2 \sin^2 \beta}^3 \exp \{ -Kn_i / \cos \beta_i \}. \quad (4.18)$$

Интегральную активность в произвольно выбранной точке k_i создает то излучение, которое попадает после преломления на эту точку с площадки S_i . Поэтому интегральная активность в точках объема ФПК определяется интегрированием (4.18) в пределах углов преломления:

$$\beta_{\min} \dots \beta_{\text{пр}}; E_i = \int_{\beta_{\min}}^{\beta_{\text{пр}}} A_i \alpha \beta. \quad (4.19)$$

Линии, соединяющие одинаковые значения E_i при различных значениях $\beta_{\min}$, должны определять форму профиля.

Расчеты изоэнергетических кривых формирования элементов ФПФ выполнены путем численного интегрирования. Они показали, что тело печатающего элемента формируется как раздуваемая оболочка, начальная поверхность которой равна поверхности прозрачного элемента фотоформы (рис. 4.16, б).

Эти аналитические исследования отображают в приемлемом для практики приближении процесс формирования печатающих элементов

ФПФ, что видно из сопоставления с реальной картиной получения таких элементов из ФПП (рис. 4.16, б и в), и использованы для оптимизации материалов и технологии получения ФПФ, адгезионно-противоореальный слой которых почти полностью поглощает фотоактиничное излучение (например, АПС Целлофот).

Для сокращения энергетических и трудовых затрат на изготовление ФПФ и обеспечения как упрочнения собственно печатающих элементов, так и повышения прочности их соединения с АПС целесообразно использовать в образовании этих элементов отраженное и рассеянное подложкой излучения. При этом с точки зрения получения пробельных элементов необходимой глубины, гарантирующей изготовление качественных оттисков с ФПФ при печатании, значительное отражение нежелательно. Элементы ФПФ быстрее образуются на подложках с АПС, отличающихся большим общим или значительным диффузионным отражением, чем на подложках с АПС, характеризующихся меньшими значениями общего отражения.

Взаимосвязь структурно-оптических характеристик АПС, фотоактиничного поля излучения в объеме ФПК (с учетом поглощения, рассеяния и преломления) и качества элементов ФПФ аналитически описывается с использованием теории переноса светового излучения в мутных средах (Гуревич — Кубелка — Мунк).

В технологическом процессе изготовления ФПФ из ФПП и ЖФПК **экспонирование** — важная операция, обеспечивающая высокое качество печатающих и пробельных элементов.

Одним из важнейших эксплуатационных показателей качества ФПФ является профиль печатающих элементов. От него зависят разрешающая и выделяющая способности ФПФ, прочность сцепления печатающих элементов с подложкой. Пологий профиль оказывается полезным с точки зрения надежного закрепления печатающих элементов на подложке, но нежелателен с точки зрения уменьшения глубины узких пробелов и, следовательно, уменьшения разрешающей способности, а также более быстрого ухудшения градиционных и графических характеристик оттисков из-за ускоренного увеличения печатающей поверхности формы при печати. Грибообразный профиль печатающих элементов приводит к их неустойчивости, потере мелких печатающих элементов и, следовательно, к ухудшению выделяющей способности. Таким образом, оптимальная экспозиция должна быть избрана не только так, чтобы обеспечить требуемую форму профиля печатающих элементов. Она должна обеспечить необходимые глубины узких пробелов, минимальные графические искажения и может быть определена как $H_{\text{опт}}^3$ — дозированное количество фотоактиничного излучения, обеспечивающее получение ФПФ с требуемыми показателями качества, в том числе регламентированных глубины узкого пробела $d_{\text{min}}^{\text{np}}$ и графических искажений размеров $d_{\text{min}}^{\text{печ}}$ печатающего элемента.

Оптимальная экспозиция $H_{\text{опт}}^3$ выявляется путем экспонирования ФПП или ЖФПК под тестовой фотоформой и вымывания пробельных участков ФПФ, т. е. по качеству готового изделия. Это требует: 1) копирования тестовой фотоформы на ФПК в стандартной экспонирующей установке при

различных значениях энергетической экспозиции H^3 , контролируемой УФ-дозиметром; 2) вымывания пробелов в стандартных условиях; 3) визуальной и инструментальной оценки качества ФПФ*; 4) определения минимальной ширины печатающих элементов $d_{\min}^{\text{печ}}$ с требуемым профилем (например, не менее 90° у вершины элемента) и построения графической зависимости $d_{\min}^{\text{печ}}, H^3$; 5) измерения глубины пробельных элементов $d_{\min}^{\text{пр}}$ и построения графической зависимости $d_{\min}^{\text{пр}}, H^3$; 6) определения координат точки пересечения кривых $d_{\min}^{\text{пр}}, d_{\min}^{\text{печ}}, H^3$ и определения $H_{\text{опт}}^3$.

При оптимальных экспозициях обеспечиваются (рис. 4.17) высокие показатели качества ФПФ, в том числе высокая разрешающая и выделяющая

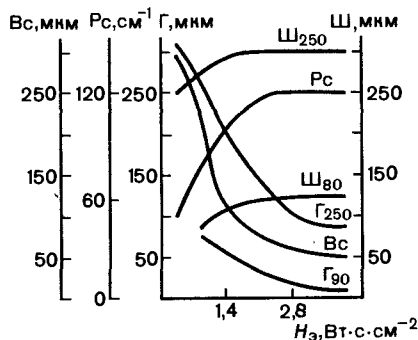


Рис. 4.17. Влияние продолжительности экспонирования на качество ФПФ: P_c — разрешающая способность; B_c — выделяющая способность; $Ш_{250}$ и $Ш_{80}$ — размеры печатающих элементов шириной соответственно 250 и 80 мкм; $Г_{250}$ и $Г_{90}$ — глубина пробелов шириной соответственно 250 и 90 мкм

щая способности, требуемые профили печатающих (с углом у основания $65\text{—}75^\circ$) и глубина пробельных элементов, минимальные графические искажения, плоская печатающая поверхность с резкой границей боковых граней. При недостаточных экспозициях наблюдаются печатающие элементы с грибообразным профилем, выпучивание поверхности и скругление границы печатающих элементов, нестойкость или отсутствие мелких штриховых и растровых элементов, повышенные графические искажения. Это связано с низкой степенью фотохимических превращений, поглощением фотоактиничного излучения в верхних слоях ФПК. В случае избыточных экспозиций обнаруживаются пологий профиль печатающих элементов (угол у основания $<60^\circ$), закопировка узких пробелов, повышенные графические искажения, выпучивание и скругление границ печатающей поверхности, уменьшение разрешающей способности. Эти явления вызываются светорассеянием в ФПК и отражением фотоактиничного потока от подложки, а также фотодеструкцией поверхности элементов ФПФ.

Экспонирование проводится активным УФ-излучением. При воздействии на человека больших доз УФ-облучения могут возникнуть заболевания кожи, глаз, нервной системы. Кроме того, УФ-излучение большой интенсивности ионизирует воздух. Это повышает содержание в нем озона, который по

* Ширина печатающих и глубина пробельных элементов тестовых ФПФ могут быть измерены на приборе для измерения микротвердости ПМТ-3 или часовом проекторе ЧП-200.

степени опасности относится к первому классу вредных веществ (предельно допустимая концентрация озона в воздухе рабочей зоны — $0,1 \text{ мг/м}^3$). Поэтому во время работы экспонирующих установок обязательно включается местная вытяжная вентиляция для удаления озона, исключается возможность открывания защитных кожухов для контроля горения ламп, используются защитные очки со специальными светофильтрами типа ЗНР-Э, темный фланелевый халат, матерчатые маска и перчатки, а при работе в непосредственной близости от источников излучения — щиток наголовный типа НН.

4.10. Формирование пробельных элементов

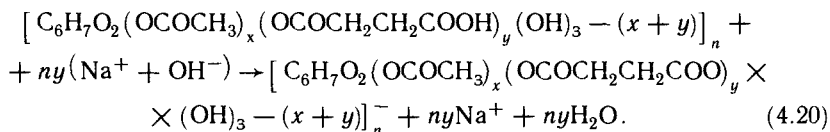
Пространственное разделение печатающих и пробельных элементов ФПФ требует удаления участков ФПП, находящихся при экспозиции под непрозрачными элементами фотоформы и сохранивших неизменными свои исходные физико-химические свойства — растворимость, плавкость. Чаще всего это разделение достигается растворением ТФПК.

К растворителям полимеров ФПП предъявляется ряд общих требований: высокая растворяющая способность при минимальном действии на шитые участки, способность образовывать концентрированные растворы с минимальными вязкостью и воздействием на печатающие элементы при насыщении, низкая степень летучести, невысокая стоимость, безопасность в пожарном отношении, нетоксичность и экологическая безопасность. Наиболее предпочтительным с точки зрения этих требований растворителем полимеров ФПП является вода. Растворимость полимеров в воде обусловлена достаточным содержанием полярных групп неионной или ионной природы в главной или боковых цепях.

Для приближенной оценки растворимости полимера в воде используют понятие о гидрофильно-гидрофобном балансе: одна гидроксильная или карбонильная группа переводит в раствор гидрофобную часть соответственно с молекулярной массой 115 или 215.

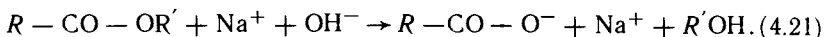
Бифильнорастворимые полимеры ФПП, например, на основе поливинилового спирта, полиоксидилена, полиамида из этиленгликолевой кислоты и пиперазина — полимерные незлектролиты и образуют водные растворы, которые по свойствам принципиально не отличаются от растворов неполярных или малополярных полимеров в органических растворителях и используются при изготовлении ФПП.

Особенностью водных растворов таких ионогенных полиэлектролитов, как ацетосуцинат и ацетофталат целлюлозы, является то, что эти полимеры переводятся в водорастворимую соль при взаимодействии свободных карбоксильных групп со щелочью.

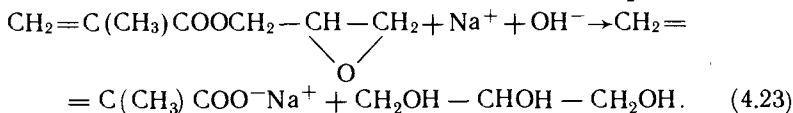
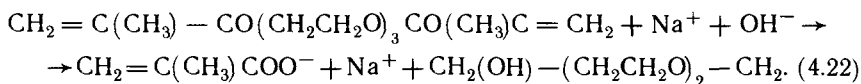


В экстремальных условиях при избытке щелочи, повышенной температуре ацетосукцинаты и ацетофталаты целлюлозы омыляются по сложноэфирным группам, в том числе и в звеньях цепей полимера, включенных в сшитую структуру, до нерастворимой, аморфной гидратцеллюлозы и растворимых натриевых солей уксусной, янтарной и фталевой кислот.

При растворении ФПП в раствор увлекаются и другие ингредиенты, где они растворяются или эмульгируются, а сложноэфирные ингредиенты в щелочных средах подвергаются и гидролизу по общей схеме



Так, протекающие в процессе формирования пробелов ФПФ Целлофот превращения сложных эфиров метакриловой кислоты можно представить уравнениями:



Пространственное разделение печатающих и пробельных элементов ФПФ из ЖФПК по сравнению с ФПП требует меньших затрат энергии, труда и материалов, может быть реализовано многими безрастворными способами — сдвиганием, вакууммированием (отсосом), механическим выдвливанием (выжиманием), но чаще всего с использованием растворителей.

Для изготовления ФПФ из ЖФПК могут быть использованы разбавленные щелочные водные растворы, в которых олигомеры и мономеры на протяжении короткого времени при сравнительно низких температурах (25—50 °С) практически полностью омыляются и могут образовывать относительно стабильные эмульсии типа «масло в воде».

Так, химическая стойкость олигомеров и полимеров олигоэфиракрилатов, олигокарбонатакрилатов и олигоэфирмалеинатов определяется наиболее слабым звеном — сложноэфирной группой. При воздействии гидролизующих сред эти важнейшие ингредиенты ЖФПК подвергаются щелочному, как показано выше, или кислотному разложению, образуя омыленные водорастворимые продукты, способные быть стабилизаторами водных эмульсий олигомеров и продуктов их неполного омыления. Например, в продуктах гидролиза олигоэфиракрилатов обнаружены растворимые в воде фталевая и метакриловая кислота и диэтиленгликоль. Установлено, что отработанный вымывной раствор ЖФПК «Ликфот-Т22» представляет собой слабощелочной (рН 9—10) коллоидный раствор полиэфирной смолы и низкомолекулярных составляющих в виде натриевых солей фталевой, адипиновой, малеиновой и метакриловой кислот, аллилового спирта, 1,2-пропиленгликоля, ди- и триэтиленгликоля.

Более легко гидролизуются сложноэфирные связи в звеньях олигомеров и мономеров, не вошедших в сшитую структуру, и это предопределяет

контрастность воздействия гидролизующих агентов, необходимую для формирования элементов ФПФ в слабощелочных водных растворах.

Водорастворимые ЖФПК, например, на основе диметилакрилатполиэтиленгликолей, олигоаминоэпоксинакрилатов или катионсодержащих олигоуретакрилатов представляют собой значительный интерес с точки зрения меньшей их экологической вредности, однако дороги и требуют корректировки для улучшения физико-механических свойств ФПФ.

Скорость растворения ФПП и ЖФПК и качество ФПФ зависят от термодинамического сродства полимера и растворителя, молекулярной массы полимеров и олигомеров, температуры, концентрации щелочи и продуктов растворения, гидродинамических условий подвода растворителя и отвода продуктов растворения от поверхности элементов ФПФ.

В процессе растворения пробелов различной величины выделяют индукционный, эффективный, замедленный и стабильный периоды. В индукционном периоде протекает набухание слоя; здесь происходит установление динамического равновесия диффузии растворителя в полимер ФПП и формирование диффузионного слоя; скорость углубления невысока. Эффективный период характеризуется постоянством коэффициента диффузии и скорости вымывания пробелов. В широких пробелах скорость передвижения макромолекул высока, что обусловлено протеканием процесса в гидродинамической зоне быстрого течения. В узких пробелах скорость меньше. Это связано с затруднением в выводе вязкого концентрированного раствора, продолжающего взаимодействовать с поверхностными слоями полимера ФПП, т. е. с образованием застойных зон. В замедленном периоде скорость углубления резко снижается, а в стабильном — углубление прекращается. Это связано с достижением АПС (в широких пробелах) или дна узких пробелов, сформированных в процессе экспонирования.

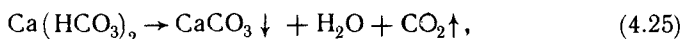
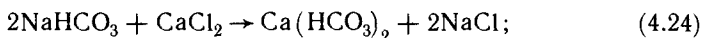
На скорость формирования пробелов и их равномерность по площади ФПФ существенно влияют такие гидродинамические факторы, как давление и способ подачи вымывного раствора. Высокую скорость вымывания при хорошем качестве форм обеспечивают форсунки, поток раствора из которых образует сплошной конус мельчайших капель. Для равномерного вымывания предпочтительна форма струи с сечением в виде квадрата или овала.

Равномерность вымывания ФПФ в значительной мере зависит от состояния форсунок. Но они постоянно забиваются продуктами растворения пробелов. Поэтому для вымывания пробелов ФПФ (особенно на небольших предприятиях) используют роторные травильные машины однопроцессного травления. Например, при скорости вращения роторов 90 мин^{-1} , при их погружении в вымывной раствор на глубину 15 мм и расстоянии от роторов до поверхности формы 20 мм время вымывания ФПФ «Целлофот» на полную глубину (0,7 мм) в машине TOP-20 составляет около 7 мин.

Природа растворителей, условия формирования пробелов ФПФ влияют не только на их пробельные, но и на печатающие элементы. Взаимодействие растворителей с элементами ФПФ может привести как к упрочнению их, так и к разрушению. Упрочнение материала ФПФ возможно благодаря «залечиванию» дефектов объема и поверхности элементов ФПФ (эффект Иоффе), а ослабление материала ФПФ может возникнуть в

результате адсорбционного снижения прочности (эффект Ребиндера). Оба процесса конкурируют.

Характеристики ФПФ зависят от активности растворителя пробелов, условий его применения. Так, исследования углубления пробелов ФПФ из ФПП «Целлофот» показали, что водные растворы едкого натра более активны при растворении ацетосульфатов целлюлозы, чем растворы кальцинированной соды и бикарбоната натрия. Продолжительное вымывание пробелов в растворах кальцинированной соды и бикарбоната натрия и повышение их концентрации сопровождаются не только набуханием и разрушением печатающих элементов, но и образованием белой, труднорастворимой пленки («корки»), появление которой обусловлено возникновением карбонатов кальция и магния



а удаление ее возможно лишь механическим путем.

При малых (менее 0,05 %) концентрациях едкого натра в растворе, недостаточной продолжительности вымывания (1—4 мин) и относительно низких температурах (18—20 °С) вымывающего раствора наблюдается малая глубина пробелов, что вызывает их отмарывание при печатании. Обнаруживаются также снижение разрешающей и выделяющей способностей, образование бочкообразного профиля, возникновение графических искажений, превышающих допустимые нормы. Снижение температуры вымываемого раствора существенно замедляет углубление пробелов; так, глубина 450 мкм в широких пробелах достигается при 29—30 °С за 4 мин, а при 18 °С за 15 мин. Попытка компенсировать низкие температуры и концентрации щелочи увеличением продолжительности вымывания не улучшает, как правило, качества ФПФ, так как длительное воздействие щелочного раствора приводит к разрушению мелких штриховых элементов.

Избыточное время воздействия вымывной слабощелочной среды (9—20 мин), чрезмерная активность, предопределяемая составом, температурой и давлением струй, например, избыточная концентрация едкого натра (0,3—1 %) в растворе, высокая (более 40 °С) температура также приводят к ухудшению качества ФПФ. Это выражается в скруглении границ печатающей поверхности и боковых граней печатающих элементов, в выпучивании печатающей поверхности, уменьшении разрешающей и выделяющей способностей, увеличении угла у основания (90—95 °) и графических искажений печатающих элементов. С повышением температуры скорость процесса увеличивается, однако наблюдается разрушение мелких печатающих элементов, что вызвано повышением степени набухания и степени гидролиза сложных эфирных групп фотополимера до его разрушения — деструкции.

Избыточная концентрация продуктов растворения приводит к наплывам на поверхности печатающих элементов и к забиванию ими узких пробелов, скруглению граней и выпучиванию печатающей поверхности, к налипанию продуктов растворения и к уменьшению выделяющей и разрешающей

способностей, т. е. к ухудшению качества ФПФ, а также к резкому снижению скорости вымывания и уменьшению глубины пробелов. Эти явления, вызванные израсходованием щелочи, увеличением вязкости раствора и концентрации продуктов гидролиза, наступают при определенной насыщенности вымывного раствора продуктами растворения пробелов, зависящей от природы ФПП и растворителя. Так, для ФПФ «Целлофот» они обнаруживаются в установке ФВФ-65 при обработке в 100 л слабощелочного раствора 1 м² пластин (4 формы размером 40×60 см), а для ФПФ «Гидрофот» явления ухудшения качества установлены после вымывания 100 л воды — 4,8 м² пластин (20 форм размером 40×60 см). У полиамидных ФПФ качество ухудшается при накоплении в вымывных растворах 4—5 % продуктов растворения пробелов.

Дефекты ФПФ, вызванные избыточной концентрацией продуктов растворения пробелов, пытаются устранить увеличением продолжительности вымывания, что приводит, однако, к дефектам, типичным для избыточного действия вымывающей среды. Отсюда необходимость периодической смены вымывного раствора. Аналогичные изменения репродукционно-графических показателей качества ФПФ обнаруживаются и для других типов ФПП, а также для ФПФ из ЖФПК.

Углубление пробелов ФПФ из ЖФПК происходит при меньших энергетических и трудовых затратах, чем углубление пробелов ФПФ из ФПП. Жидкая ФПК, находящаяся в пробелах ФПФ, в значительной мере сливается (до 85 % от общего количества), а оставшаяся в жидком и частично гелеобразном состоянии на дне пробелов и боковых гранях печатающих элементов удаляется слабощелочными водными вымывными растворами или водой с наложением температурного и механического полей.

Влияние условий углубления пробелов ФПФ из ЖФПК, например олигоэфиракрилатных, проявляется в следующем. Относительная скорость углубления пробелов ФПФ из таких ЖФПК уменьшается в ряду водных растворов: фосфата натрия > карбоната натрия > силиката натрия. Поскольку применение фосфатов в моющих веществах приводит к эвтрофикации (зарастанию) водоемов, предпочтительно применение карбоната и силиката натрия.

При низких температурах (до 45—50 °С) и концентрациях Na₂CO₃ (менее 0,5 %) на боковых гранях печатающих элементов сохраняется часть гелеобразного, частично фотоотвержденного материала, что приводит к уменьшению глубины узких пробелов и разрешающей способности, к повышенным графическим искажениям. Проведение процесса при 50—60 °С и 0,5—1 % концентрации обеспечивает получение высококачественных ФПФ, а превышение этих температур и концентраций вызывает графические искажения, появление микротрещин и других дефектов, что вызвано деstrukцией ФПФ.

В табл. 4.3 приведены условия вымывания пробелов для некоторых практически используемых случаев.

В оптимальных условиях углубления пробелов, зависящих от природы и продолжительности хранения ФПП и ЖФПК, природы и условий применения вымывных растворов, а также конструкции вымывного оборудо-

4.3. Условия углубления пробелов, обеспечивающие требуемые репродукционно-графические характеристики ФПФ

ФПФ	Состав вымывного раствора	Температура, °С	Тип вымывной установки и давление	Продолжительность вымывания, мин
Целлофот-3	0,3 %-ный водный раствор едкого натра	40 ± 2	Струйная вымывная машина ФВФ-65; до $3,5 \cdot 10^5$ Н/м ²	8,5
Гидрофот-2	Вода с добавкой пеногасителя	35—40	То же	6—8
Ликофот Т-1	Этиловый спирт	18—20	Вымывная машина	До 1,5
Ликофот Т-2	—	—	Установка ФЛП-66 для выдавливания ЖФПК из пробелов	До 1,5
Полиамидные УПИ	75%-ный раствор гидролизного этилового спирта	Не более 30	Вымывная машина	6—7
То же	20%-ный раствор роданида аммония в 60%-ном гидролизном этиловом спирте	Не более 30	Ультразвуковая установка	1—1,5
Олигоэфракрилатные	0,5—1%-ный водный раствор Na_2CO_3	55—60	Вымывная струйная машина $4,5 \cdot 10^5$ Н/м ²	2—3
Найлопринт LM, LD (ФРГ)	1%-ный водный раствор Na_2CO_3	40—50	Струйного типа	До 1,5
Найлопринт WM, WD (ФРГ)	Вода с добавкой пеногасителя	35—40	Струйного и фрикционного типов	До 3
НАПП (Япония)	То же	40—50	То же	1,5—4,5

вания, обеспечивается требуемое высокое качество ФПФ: разрешающая способность — более 120—150 лин/см; выделяющая способность — менее 40—50 мкм; незначительные графические искажения; углы у основания элементов — около 65—75 °; чистые пробелы с требуемой глубиной в широких пробелах, определяемые толщиной ФПС; четкие грани и плоская поверхность печатающих элементов. При этом обнаруживается некоторое благоприятное для печати снижение чистоты поверхности печатающих элементов (с 12—11-го класса до 10-го). Это вызвано, как полагают, суммарным воздействием фотоокислительной деструкции при экспонировании и ограниченном набухании при вымывании пробелов ФПФ.

4.11. Модификация фотополимерных печатных форм

Экспозиции, при которых получают требуемые репродукционно-графические характеристики ФПФ, как правило, не обеспечивают оптимальных эксплуатационных свойств. Для их достижения необходима более глубокая степень фотоотверждения и, следовательно, увеличение времени экспонирования, хотя при этом и ухудшаются репродукционно-графические характеристики ФПФ. Это вызвано особенностями послейного фотоотверждения ФПК и тем, что в результате обрыва растущих цепей кислородом и ингибитором и пространственных затруднений, а в последующем и фотоокислительной деструкции, протекающих последовательно и параллельно фотохимическому сшиванию, может уменьшаться молекулярная масса образующихся фотополимеров, оставаться неизрасходованными ненасыщенные углерод-углеродные связи и другие функциональные группы, образовываться микрогетерофазная структура с «зернами» сшивок и прослойками между ними, что ухудшает качество фотополимера. Все это требует **модификации ФПФ**. Она необходима и по следующей причине. В процессе изготовления ФПФ в ней возникают внутренние усадочные напряжения $\sigma_{\text{вн}}$. Они появляются при формировании печатающих элементов ФПФ (рис. 4.18) в связи с тем, что свободной усадке фотоотверждаемого в процессе экспонирования материала препятствует сила адгезии к подложке с АПС. В процессе вымывания напряжения снимаются в результате релаксации фотополимера, но затем в процессе сушки нарастают. Это можно объяснить тем, что в процессе вымывания в фотоотвержденном материале образуются структурные «пустоты», из которых удалены ингредиенты ФПП и в которые диффундирует вымывной раствор. При сушке происходит усадка фотоотвержденного материала, что и приводит к увеличению внутренних напряжений, проявляющихся в ухудшении адгезии печатающих элементов к подложке и их «скалыванию». Кроме снятия этих внутренних напряжений, возникает необходимость в регулировании и других эксплуатационных свойств ФПФ.

Наиболее распространенным способом модификации ФПФ является сочетание УФ-облучения и термообработки. Он предполагает дополнительное экспонирование сразу после вымывания пробелов и удаления избытка влаги протиранием ветошью и (или) обработку потоком нагретого воздуха. Экспонирование увеличивает степень сшивания в

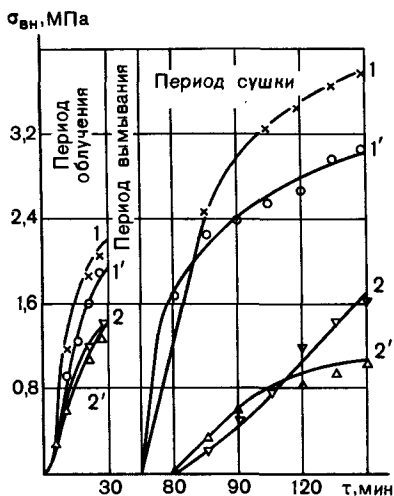


Рис. 4.18. Кинетические кривые изменения внутренних напряжений $\sigma_{вн}$ в процессах облучения, вымывания и сушки ФПФ: 1, 1' — толщина ФПС—0,4 мм; 2, 2' — толщина слоя—0,7 мм; 1, 2 и 1', 2' соответственно вдоль и перпендикулярно направлению отлива ФПС

объеме печатающих элементов ФПФ, их прочность, а также адгезию к подложке, а термообработка ФПФ (при 90 °С в течение 15 мин) с последующим покрытием глицерином позволяет более чем на 20 % снизить внутренние напряжения в печатающих элементах. Это вызвано термическим ускорением релаксационных процессов с образованием анизотропной устойчивой структуры, а также пластифицирующим действием глицерина.

Для повышения износостойкости ФПФ «Целлофот-2» и их стойкости к матрицированию предложена термодиффузионная модификация ФПФ в водных растворах кислот (серной, фосфорной) и солей двух- и трехвалентных металлов (Zn^{+2} , Fe^{+2} , Fe^{+3} , Al^{+3}). Наиболее высокие износостойкость и стойкость к матрицированию достигаются при использовании 5 %-ного водного раствора азотнокислого алюминия. При обработке солями ионы металлов связывают соседние карбоксильные группы ацетосукцинатов целлюлозы, увеличивая степень сшивания и, следовательно, жесткость фотополимера.

Всесторонне и существенно улучшить свойства ФПФ «Целлофот» можно путем их кратковременной (5—15 мин) термодиффузионной обработки в горячих (40—60 °С) водно-глицериновых (1:1) растворах, содержащих ингибитор термополимеризации (например, гидрохинон) и стабилизатор (например, иодистый калий) с последующей сушкой. Такой эффект может быть объяснен ограниченным набуханием печатающих элементов ФПФ в водно-глицериновом растворе. Степень набухания обратно пропорциональна степени фотоотверждения. Набухание способствует тому, что межзвеньевые пространственной сетки релаксируют и принимают более благоприятное положение, сохраняющееся при сушке и снимающее избыточное внутреннее напряжение.

Нагревание усиливает эти процессы и одновременно положительно влияет на адгезионно-противоореолный слой, вызывая его дополнительную термо-

полимеризацию и увеличивая адгезию печатающих элементов. Внесение в межузловое пространство пластификатора (глицерина), ингибитора и стабилизатора идет пропорционально степени набухания и положительно сказывается на свойствах ФПФ при хранении и печатании. В свою очередь, эта перестройка структуры благоприятно сказывается на тиражестойкости ФПФ, способствуя структурной приспособляемости и, как следствие, меньшему изменению тех показателей, по которым принято судить о степени износа печатных форм в процессе печатания. Так, если после печатания 500 тыс. оттисков у обычных ФПФ изменения соединительных штрихов литер достигали 40 % (допустимо 70 %), то у ФПФ, подвергнутых термодиффузионной обработке, эти изменения составляли менее 15 %.

Аналогичны способы модификации ФПФ из ЖФПК. Наиболее распространено дополнительное облучение. Иногда дополнительное облучение ФПФ из ЖФПК и ФПП проводят под тонким слоем воды. Она устраняет ингибирующее действие кислорода воздуха. Если же растворить в воде акриламид или другой мономер, то их фотополимеризация на поверхности форм изменит молекулярно-поверхностные свойства, а дополнительная фотополимеризация объема форм — физико-механические свойства ФПФ.

Сочетание дополнительного облучения с термической обработкой при относительно невысоких температурах (40—60 °C) повышает прочность ФПФ из ЖФПК на 20—30 %. Это объясняется фото- и термополимеризацией неизрасходованных ранее — в процессе формирования печатающих элементов — ненасыщенных связей. С целью повышения эффекта термической модификации ФПФ в состав ФПК вводят инициаторы термополимеризации. Так, например, в состав ЖФПК на основе олигоуретана-акрилатов вводят динитрил-бис-изомасляной кислоты, в олигоэфиракрилатные ЖФПК — перекисные инициаторы (перекись бензоила и др.).

Среди других методов модификации ФПФ из ЖФПК испытана с положительным эффектом обработка кремний- и фторорганическими соединениями с последующим термическим их отверждением. Это позволяет не только упрочнить ФПФ, но и улучшить их поверхностные свойства.

Нарушение рекомендуемых режимов модификации ФПФ, в том числе продолжительности облучения и температуры, концентрации активных сред, приводит к снижению прочностных свойств печатных форм, к ухудшению восприятия и отдачи краски, к повышенному набуханию в растворителях и связующих красок, к снижению тиражестойкости. Это вызвано фото- и термоокислительной деструкцией или ограниченным набуханием ФПФ, вплоть до их разрушения. Следует также указать, что и в оптимальных режимах все эти способы не устраняют характерной для фотоотверждения неравномерности сшивания печатающих элементов ФПФ, что считают благоприятным для их «автоприправляемости».

Важная технологическая задача — обеспечение сохранности ФПФ в период от их изготовления до установки в печатную машину или в перерывах между печатанием частей тиража (заводами).

Этому способствует тщательное соблюдение рекомендованных режимов изготовления, модификации и хранения ФПФ.

5.1. Общие сведения об изготовлении форм глубокой печати

В настоящее время в СССР число типографий, использующих глубокую печать, невелико. Но вместе с тем ряд крупных полиграфических предприятий продолжает успешно применять глубокую печать, а в мировой полиграфии объем производства глубокой печати примерно равен объему производства высокой печати. Глубокая печать доминирует в производстве массовых иллюстрированных журналов; значительный объем продукции способом глубокой печати выпускают предприятия по изготовлению упаковок, обоев и декоративных бумаг. Наиболее применим фотомеханический (фотохемографический) способ изготовления форм с использованием пигментной бумаги, но уже второе десятилетие наблюдается тенденция к замене этого сложного и многостадийного процесса электрогравированием.

Для глубокой печати характерно то, что печатающие элементы углублены по отношению к поверхности формы. Во время печатания эти углубления заполняются жидкой краской, которая наносится в избытке на всю форму, а затем ракелем* полностью снимается с пробельных элементов, лежащих в одной плоскости и служащих опорой для ракеля (это так называемая rakelная глубокая печать). В процессе печатания жидкая краска выбирается бумагой из углублений печатной формы.

Способы изготовления форм глубокой печати принято разделять на фотомеханические и гравировальные (электромеханическое гравирование и гравирование лазерным лучом). В то время как в фотомеханических способах углубления на печатной форме получаются при одновременном, но избирательном воздействии травящего раствора на всю форму, электронно-управляемое гравирование работает по принципу последовательного получения точек изображения. Оптически сканируемые элементы изображения дают электронные сигналы, которые управляют резцом или лазерным лучом, гравирующим поверхность формного материала. В этой главе рассматриваются лишь фотомеханические способы изготовления форм глубокой печати (о получении печатных форм способами гравирования см. главу 6).

К фотомеханическим способам относятся: 1) традиционный, наиболее широко используемый способ с применением пигментной бумаги; 2) глубокая автотипия и 3) полуавтотипная глубокая печать. В традиционном способе печатающие элементы формы (ячейки, заполненные краской) имеют одинаковую поверхность, но различную глубину — меньшую в светах оригинала и большую в тенях (рис. 5.1). Печатающие элементы формы глубокой автотипии имеют одинаковую глубину, но различаются по размерам по-

*Ракель — упругий стальной нож с заточенным лезвием.

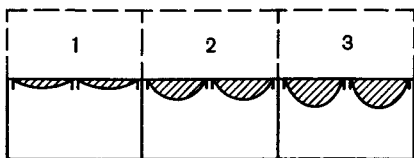


Рис. 5.1. Схема печатной формы традиционного способа глубокой печати

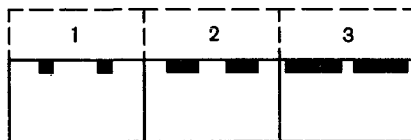


Рис. 5.2. Схема печатной формы глубокой автотипии

верхности (рис. 5.2). При полуавтотипной глубокой печати объем печатающих элементов определяется их поверхностью и глубиной.

При традиционном способе глубокой печати, где объем печатающих элементов определяется только их глубиной, возможно непосредственное (без растривания) воспроизведение полутонового оригинала, так как ячейки различной глубины передают на одинаковые поверхности бумаги различное количество краски, пропорциональное глубине ячеек. В первом приближении (в некоторых пределах глубины ячеек) оптическая плотность оттиска пропорциональна глубине ячейки $D = kl$.

Получение форм глубокой печати традиционным способом состоит из следующих технологических операций: 1) подготовки формного цилиндра; 2) получения копии оригинала на пигментной бумаге; 3) переноса копии на поверхность формного цилиндра и 4) травления поверхности цилиндра через копию.

5.2. Подготовка формного цилиндра

Формные цилиндры глубокой печати входят в комплект печатных машин и используются неограниченное число раз. Эти цилиндры массой от 70 до 700 кг в основе своей стальные. На поверхности стали (рис. 5.3) нанесены гальваническим способом два слоя меди: основной слой толщиной 1,5—3 мм и так называемая медная тиражная рубашка толщиной 0,08—0,12 мм. Если основной слой образуется не из цианосодержащего электролита, то на стальную поверхность для лучшего удерживания основного слоя предварительно наносят тонкий (5—10 мкм) слой никеля (рис. 5.3). Обычно в типографию цилиндры поступают уже с основным слоем меди. Если же этого слоя нет, то его наращивают в типографии, что занимает несколько суток.

На основной слой меди в типографии химически осаждают тончайший (около 1 мкм) слой серебра. Этот разделительный слой препятствует срастанию тиражной рубашки с основным медным слоем. Тиражная медная рубашка наносится гальваническим путем из медных электролитов, после чего тщательно шлифуется и полируется. Наращивание ее из медных электролитов с органическими блескообразующими добавками сокращает время полировки или даже устраняет ее необходимость. Печатная форма, т. е. сочетание печатающих и пробельных элементов на поверхности тиражной рубашки, образуется в последующих процессах копирования и травления.

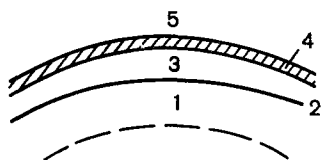


Рис. 5.3. Слон формного цилиндра глубокой печати: 1—сталь; 2—слой никеля; 3—основной слой меди (1,5—3 мм); 4—разделительный слой (~1 мкм); 5—тиражная рубашка (~0,1 мм)

Чтобы повысить износостойкость и достичь тиража свыше 300 тыс. экземпляров, необходимо формные цилиндры после травления хромировать. Тонкий хромовый слой высокой твердости оказывает действенную защиту форм при механических нагрузках. Хромирование не влияет на качество вытравленной формы и не препятствует переносу краски в процессе печатания. По окончании печатания медную рубашку снимают с формного цилиндра подрезыванием по образующей, что легко удается благодаря разделительному слою. Если поверхность основного слоя при этом не повреждена, то после ее обезжиривания, полировки и нанесения разделительного слоя на нее гальванически наращивают новую медную рубашку.

К формным цилиндрам предъявляются очень жесткие требования в отношении их макро- и микрогеометрии. Здесь особенно большое значение имеют: строгое постоянство диаметра на протяжении всего цилиндра, отсутствие волнистости поверхности, твердость и однородность поверхности, отсутствие на ней случайных, даже мельчайших выступов и углублений (каждое такое углубление при печатании заполняется краской и пачкает оттиск).

Для современного развития процессов подготовки формных цилиндров характерна тенденция комбинирования в одном устройстве нескольких операций. Так, например, в Киевском филиале ВНИИ полиграфии разработана первая советская автоматизированная линия (ЛГФМ-1500) для меднения цилиндров глубокой печати. Линия состоит из следующих машин: 1) для монтажа и демонтажа на цапфах цилиндра; 2) для электролитического обезжиривания поверхности; 3) для промывания поверхности и нанесения разделительного слоя; 4) для меднения формного цилиндра.

5.3. Копирование изображения и перенос копии на формный цилиндр

Следующая стадия изготовления формы глубокой печати — очувствление (сенсibilизация) пигментной бумаги и копирование на нее сначала растра, а затем полутонного диапозитива. Сущность этих операций заключается в следующем.

Пигментная бумага состоит из бумажной подложки с нанесенным на нее желатиновым слоем; толщина этого пигментно-желатинового слоя, согласно действующим ТУ, составляет 60 ± 5 мкм (у различных сортов английской пигментной бумаги Аутотайп толщина слоя — 40—60 мкм). В желатиновом слое диспергирован пигмент (обычно Fe_2O_3), придающий слою коричнево-красную окраску. Непосредственно перед употреблением бумагу сенсibilизируют путем купания в течение нескольких минут в 3—5 %-ном растворе бихромата калия ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). Практически повсеместно очувствле-

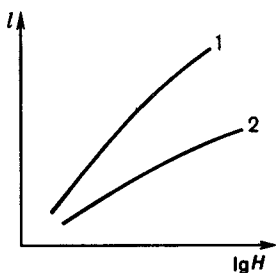


Рис. 5.4. «Контрастно» (кривая 1) и «мягко» (кривая 2) работающие пигментные бумаги

ние проводят в термостатированной установке в 3 %-ном растворе $K_2Cr_2O_7$ при температуре $13 \pm 1^\circ C$ (рН раствора — 5,8—6,0) в течение 2,5—3 мин.

Пигмент в желатиновом слое играет двойную роль. Во-первых, окраска позволяет следить за наличием и толщиной копируемого слоя на проявленной копии (проявленная копия визуально представляет собой тоновый негатив оригинала). Во-вторых, красно-коричневый пигмент, поглощая цвета в синей и ближней УФ-областях спектра, т. е. в тех его областях, к которым чувствителен слой хромированной желатины, служит «серым» светофильтром для актиничного излучения. Наложение этого светофильтра эквивалентно ослаблению в одинаковое число раз всех световых потоков, прошедших через диапозитив и входящих в желатиновый слой, что приводит к снижению контраста изображения. Следовательно, регулируя концентрацию пигмента в желатиновом слое, можно регулировать контраст (высоту) желатинового рельефа и, следовательно, контраст изображения на оттиске. В соответствии с этим различают «мягко» и «контрастно работающие» пигментные бумаги (рис. 5.4).

При изготовлении копии на пигментную бумагу экспонируют сначала растр, а затем полутонный оригинал (диапозитив). При действии лучистой энергии в хромированном желатиновом слое пигментной бумаги протекает ряд фотохимических и темновых реакций, ведущих к задубливанию желатины, т. е. к снижению ее набухаемости и растворимости в воде (эти реакции детально рассмотрены в главе 2). Чем дольше экспозиция, тем сильнее и на большей глубине в слое протекает задубливание желатины.

Растр в глубокой печати выполняет совсем другие функции, чем в высокой или плоской печати. В глубокой печати при помощи растра на печатной форме создаются стенки между ячейками, заполненными жидкой краской. Эти стенки (они же пробельные элементы), разделяя ячейки с краской, служат вместе с тем опорой для ракеля, снимающего избыток краски с формы. Растр для глубокой печати — плоскопараллельная стеклянная пластина, на которой расположены темные, непрозрачные квадраты, разделенные узкими прозрачными линиями (рис. 5.5). Линиатура растра — 60—80 $см^{-1}$, а при изготовлении почтовых марок и ценных бумаг — 100—120 $см^{-1}$. Растр экспонируют так, чтобы задубливание желатинового слоя под прозрачными линиями протекало глубоко (рис. 5.6), но все же не достигало подложки (если задубливание достигнет подложки, то после проявления копии бумажная подложка не будет отделяться от желатинового слоя).

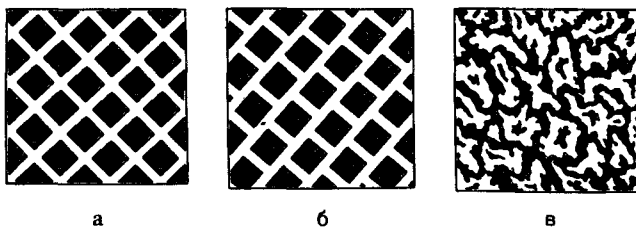


Рис. 5.5. Растры глубокой печати: а—крестообразный; б—с кирпичной структурой; в—корешковый

После экспонирования раstra на тот же слой экспонируют тоновый диапозитив. Под более светлыми участками диапозитива задубливание желатинного слоя протекает более глубоко, под более темными — менее глубоко (рис. 5.7). Но глубина дубления, даже под самыми светлыми участками

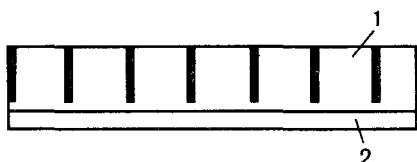


Рис. 5.6. Схема желатинового слоя пигментной бумаги, на который проэкспонирован растр

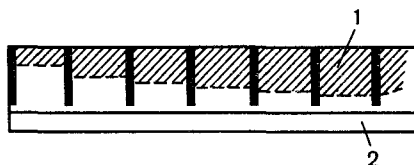


Рис. 5.7. Схема желатинового слоя пигментной бумаги, на который проэкспонирован растр, и тоновый диапозитив

диапозитива, должна быть меньше глубины дубления растровых линий (в зависимости от контрастности полутоновый рельеф изменяется по толщине от 9 до 15 мкм).

После двух экспонирований по тонкому слою ламинарно стекающей по цилиндру воды копию прикатывают желатиновым слоем к медной поверхности цилиндра. Затем цилиндр переносят в проявочное устройство, где при вращении цилиндра копия проявляется в воде, а бумажная подложка легко снимается. Во время проявления не задубленные участки желатинового слоя растворяются в воде. Температуру воды сначала поднимают от 30 до 45 °С, а затем понижают до 20 °С. Проявленную копию, плотно сидящую на поверхности цилиндра, промывают холодной водой, высушивают спиртом, обдувают воздухом. После этого форму травят в растворе хлорного железа.

Для получения форм высокого качества существенное значение имеют свойства пигментной бумаги и условия ее сенсibilизации. Весьма важно, во-первых, сохранять высокую стабильность размеров пигментной бумаги в течение всех операций с ней. Эта стабильность определяется в основном свойствами бумажной подложки — составом бумажной массы, длиной и характером переплетений бумажных волокон, характером и количеством клеящих веществ в составе бумаги.

При очувствлении пигментной бумаги очень важно во всех случаях поддерживать постоянство условий сенсibilизации, что относится в первую очередь к концентрации и рН бихроматного раствора, к температуре и продолжительности сенсibilизации. Рекомендуется пигментную бумагу сенсibilизировать 3 %-ным раствором $K_2C_2O_7$ при рН 5,5—5,7 в течение 3 мин при 17 °С. При многократном использовании сенсibilизирующего раствора его концентрация и рН меняются, поэтому необходимо каждый раз добавлять к нему свежий, подкрепляющий раствор, доводя до нормы концентрацию бихромата и рН раствора. Сенсibilизирующий раствор необходимо хранить в темноте, в плотно закрытом сосуде.

После сенсibilизации пигментную бумагу прикатывают желатиновым слоем к сушильному диску (стеклянному или пластиковому) и сушат тем или иным способом (например, путем обдувания воздухом или протиранием специальным войлоком). В результате сушки поверхность бихромата желатинового слоя становится глянцевой. Это необходимо для того, чтобы обеспечить тесный контакт поверхности с растром и с пленочным диапозитивом при копировании и с медной поверхностью цилиндра при переносе.

Сенсibilизированная и высушенная пигментная бумага не может долго храниться, так как в бихроматжелатиновом слое протекают процессы темнового дубления (см. главу 2). При комнатной температуре сохранность свойств пигментной бумаги — не более 5 ч, в холодильнике — сутки.

Опыт показывает, что для линейного воспроизведения оригинала (тонового диапозитива) интервал его оптических плотностей должен составлять для черно-белого оригинала $\Delta D = 1,7 - 0,3$ и для цветного $\Delta D = 1,65 - 0,3$ (оптические плотности менее 0,3 и более 1,7 при передаче искажаются). Это надо иметь в виду во время изготовления тонового диапозитива. Трудности возникают тогда, когда одновременно травят изображение и шрифт, а шрифт часто имеет более высокие оптические плотности ($D > 2$). В этом случае шрифт вуалируют через маску (для того, чтобы вуалирующее экспонирование действовало только на шрифт). В результате вуалирования пигментной бумаги глубина травления для шрифта снижается и становится равной глубине ячеек глубоких теней изображения.

После экспонирования пигментную бумагу увлажняют и под давлением накатывают на медную поверхность цилиндра, к которой и приклеивают частично набухший бихроматжелатиновый слой бумаги. Сплошная тонкая пленка воды на поверхности цилиндра препятствует образованию воздушных пузырьков между поверхностью цилиндра и бихроматжелатиновым слоем. На качество переноса существенное влияние оказывают: состояние поверхности цилиндра, температура помещения, скорость переноса и химический состав воды.

Поверхность цилиндра перед переносом должна быть тщательно очищена от жировых и окисных пленок. Жировой слой с поверхности удаляется слабощелочным водным раствором или другим жирорастворяющим раствором, а окисные пленки — 3 %-ным раствором соляной кислоты. После этого цилиндр должен быть по возможности быстро высушен, чтобы предотвратить образование новых окисных пленок.

Вода при переносе должна быть химически чистой, свободной от ионов

железа и меди, которые могут реагировать с бихроматжелатиновым слоем. Водопроводная вода часто содержит физически растворенный воздух, который при переносе поглощается желатиновым слоем, а позднее, в результате повышения температуры при проявлении, вновь освобождается и образует пузырьки в слое. Воздух из воды можно удалить, если нагреть ее до 75 °С, а затем медленно охладить до 20 °С.

В процессе переноса иногда возникают дефекты склеивания бихроматжелатинового слоя с поверхностью цилиндра. Причиной этого в ряде случаев заключается в переэкспонировании (в особенности растра), т. е. в излишнем задубливании слоя. Соответствующие участки слоя плохо воспринимают воду, не набухают и не приклеиваются к поверхности цилиндра. Дефекты склеивания часто наблюдаются на цилиндрах со слишком глянцевой поверхностью или слишком тонкой структурой меди.

Проблема приводки — одна из самых важных при изготовлении форм глубокой печати. И наибольшее значение здесь имеют: точность работы машины для переноса, отклонения от норм размеров цилиндра, стабильность размеров пигментной бумаги. К точности работы машины для переноса предъявляются следующие требования: цилиндр во время переноса не должен отклоняться в стороны, прижимающий валик должен стоять аксиально к оси цилиндра, копия не должна смещаться и не должна изменять своих размеров.

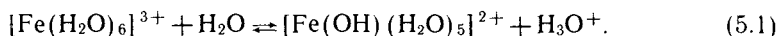
После переноса копию проявляют теплой водой (30—40 °С). До проявления необходимо снять с копии бумажную подложку. Для этого ее поливают спиртом, в результате чего клеящие вещества бумаги разрушаются, и вода проникает сквозь подложку. Вода растворяет желатиновый слой, непосредственно прилегающий к бумаге, и подложка легко снимается без повреждения копии. Только после этого начинается, собственно, проявление копии. Продолжительность проявления зависит главным образом от температуры и скорости вращения цилиндра.

После проявления копии цилиндр охлаждается до 20—22 °С, копию сушат сначала спирто-водной смесью, а затем обдувают воздухом.

5.4. Физико-химические основы травления форм глубокой печати

Травление медной поверхности печатного цилиндра — заключительная и вместе с тем важнейшая стадия получения печатной формы. Для травления используют раствор хлорного железа — FeCl_3 .

Хлорное железо кристаллизуется в виде $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. При растворении этой соли в воде трехвалентное железо образует гидратированные комплексные ионы $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$. Эти ионы — сильная кислота ($\text{pK}_{\text{кисл}} = 2,22$), так как они гидролизуются по схеме:

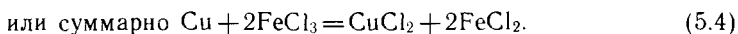
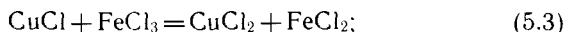
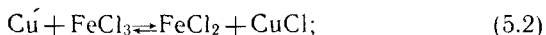


Образующийся двухвалентный катион — слабое основание ($\text{pK}_{\text{осн}} = 11,78$). В то время как ионы $[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ бесцветны, гидратизомерные комплексы $[\text{FeCl}(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+}$, $[\text{FeCl}_2(\text{H}_2\text{O})_4]^{+}$ и $[\text{FeCl}_3(\text{H}_2\text{O})_3]$ — интенсивно-

желтые. Соответственно образующиеся при гидролизе ионы $[\text{Fe}(\text{OH}) \times (\text{H}_2\text{O})_5]^{2+}$ (формула 5.1) и продукт более глубокого гидролиза — ионы $[\text{Fe}(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})_4]^+$ — желто-коричневые. Степень гидролиза возрастает с понижением кислотности раствора. В дальнейшем ходе гидролиза, кроме упомянутых, возникают еще промежуточные ступени основных изополикатионов. Конечный продукт гидролиза — красно-коричневая коллоидная гидроокись железа $[\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{H}_2\text{O})_3]$ — часто обнаруживается в виде осадка в травящем растворе.

Процесс травления начинается тогда, когда раствор хлорного железа проникает через набухший бихроматжелатиновый рельеф к поверхности цилиндра. Процесс травления можно условно разделить на следующие стадии: 1) набухание задубленного бихроматжелатинового слоя свободной (не связанной в гидраты) водой раствора хлорного железа при одновременном проникновении этого раствора через набухший и набухаемый слой к поверхности цилиндра; 2) травление меди — окислительно-восстановительная реакция растворения меди, в процессе которой медь окисляется, а ионы трехвалентного железа восстанавливаются до двухвалентного состояния (формула 5.2); 3) обратный ток продуктов реакции — ионов Fe^{2+} и Cu^{2+} .

Комплексные ионы трехвалентного железа на поверхности меди дегидратируются, и ионы Fe^{3+} окисляют медь сначала до одновалентного, а затем до двухвалентного состояния:



Образующийся в первой стадии продукт CuCl почти нерастворим в воде и остается на поверхности меди, что ведет к ее пассивации. Но при избытке ионов хлора (Cl^-) в растворе пассивация быстро устраняется, так как образуются водорастворимые комплексные анионы:

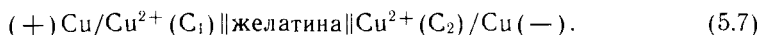


Поэтому добавление к травящему раствору соляной кислоты HCl или хлорида щелочного металла (например, NaCl) устраняет эффект пассивации.

В процессе травления на поверхности меди образуется двойной электрический слой Cu/Cu^{2+} , изменяющийся во времени и отражающий кинетику частичных реакций травления. В виде модели



процесс можно представить протекающим в электрохимической ячейке с двумя медными электродами:



В соответствии с этим потенциометрическая кривая может количественно отражать ход процесса травления.

Набухание желатинового слоя, приводящее к возрастанию его толщины, обусловлено увеличением в слое содержания свободной воды (не связанной в гидраты). Физически набухание заключается в том, что молекулы воды внедряются между макромолекулами полипептидов (из которых состоит желатин) и раздвигают их. В результате этого увеличивается проницаемость слоя и ионы Fe^{3+} могут свободно двигаться к поверхности меди. Кинетика ограниченного набухания (набухания задубленного желатинового слоя) выражается уравнениями:

$$dh/dt = \bar{k}(h_{\max} - h); \quad (5.8)$$

$$h = h_{\max}(1 - e^{-kt}); \quad (5.9)$$

$$k = \frac{1}{t} \ln \frac{h_{\max}}{h_{\max} - h}, \quad (5.10)$$

где dh/dt — скорость набухания; $\bar{k}$ — константа скорости; h — толщина набухающего слоя ко времени t ; $h_{\max}$ — предельная, равновесная толщина слоя (при $t \rightarrow \infty$). Из этих уравнений видно, что скорость набухания велика в начальный момент и постепенно с течением времени затухает по экспоненциальному закону. Величины $h_{\max}$ различны для участков различной степени задубленности: чем больше задубленность, тем меньше $h_{\max}$. Поэтому скорость набухания тем меньше, чем больше задубленность слоя. Понятно, что набухание, т. е. засасывание воды желатиновым слоем, сопровождается переносом к поверхности меди растворенных в воде ионов Fe^{3+} . Следовательно, чем выше скорость набухания, тем большее количество ионов Fe^{3+} поступит к поверхности меди за единицу времени и тем выше будет скорость травления.

Помимо набухания, транспорт ионов Fe^{3+} обусловлен их диффузией от концентрации G в растворе к концентрации $C=0$ у поверхности меди. Были сделаны попытки, используя законы Фика, вычислить коэффициенты диффузии и определить зависимость их величин от условий проведения процесса. Однако экспериментальные результаты не позволяют сделать какие-либо надежные заключения.

Для получения должной градации травления набухание имеет большее значение, чем диффузия. Если при травлении использовать предварительно набухший желатиновый рельеф, то градация травления будет слишком вялой. Опыт показывает, что только сухие слои (в предыдущем параграфе было указано, что копия на поверхности цилиндра до начала травления высушивается) обеспечивают достаточно дифференцированное время начала травления и в соответствии с этим хорошую градацию всего процесса травления.

5.5. Технологические аспекты травления форм глубокой печати

На процесс травления форм глубокой печати наибольшее влияние оказывают: 1) концентрация хлорного железа FeCl_3 ; 2) концентрация ионов

меди Cu^{2+} в травящем растворе (в процессе травления ионы меди неизбежно в нем появляются); 3) концентрация в травящем растворе свободной соляной кислоты; 4) наличие в растворе специальных добавок; 5) температура раствора и цилиндра; 6) характер нанесения раствора на цилиндр.

Из общих положений химической кинетики, казалось бы, следует, что с увеличением концентрации FeCl_3 скорость травления должна монотонно возрастать. Но в действительности она проходит через максимум, что видно из табл. 5.1, заимствованной из книги Н. И. Синякова*. В этой таблице представлены результаты опытов травления меди растворами FeCl_3 различной концентрации при непосредственном контакте FeCl_3 с поверхностью меди (без желатинового рельефа). В табл. 5.1 приняты обозначения:

d — плотность раствора (г. см^{-3}); l — глубина травления (мкм) при постоянной продолжительности травления. Как видно из табл. 5.1, наибольшая скорость травления была достигнута при плотности раствора $1,29 \text{ г. см}^{-3}$.

5.1. Глубина травления меди растворами хлорного железа различной концентрации

$d, \text{ г. см}^{-3}$	1,17	1,23	1,26	1,29	1,33	1,37	1,41	1,45	1,49
$\text{FeCl}_3, \%$	23,0	29,9	34,0	38,2	43,8	49,3	55,0	61,0	66,0
$l, \text{ мкм}$	180	210	220	230	210	200	180	160	80

Прохождение скорости травления через максимум по мере увеличения концентрации раствора находит простое объяснение, если принять во внимание, что: 1) скорость процесса пропорциональна не концентрации, а активности ионов Fe^{3+} и 2) вязкость раствора сильно возрастает по мере увеличения его концентрации.

В общем виде скорость v травления может быть выражена равенством:

$$v = ke^{-\epsilon/RT} \cdot a_{\text{Fe}^{3+}},$$

где ϵ — энергия активации химического взаимодействия ионов Fe^{3+} с медью (опыт показывает, что она лежит на уровне $4-5 \text{ ккал. моль}^{-1}$); R — газовая постоянная; T — температура $^\circ\text{К}$; $a_{\text{Fe}^{3+}}$ — активность ионов Fe^{3+} . Но, как известно, активность связана с концентрацией C соотношением:

$$a_{\text{Fe}^{3+}} = \gamma \cdot C_{\text{Fe}^{3+}}, \quad (5.12)$$

где γ — коэффициент активности, который для очень разбавленных растворов равен единице, а по мере увеличения концентрации снижается, сначала медленно, а затем быстрее. Из равенств (5.11) и (5.12) получаем

$$v = ke^{-E/RT} \cdot \gamma \cdot C_{\text{Fe}^{3+}}. \quad (5.13)$$

Из равенства (5.13) следует, что увеличение концентрации $C_{\text{Fe}^{3+}}$ ведет к возрастанию скорости v , а уменьшение γ — к ее снижению. При малых концентрациях γ снижается медленно, а по мере возрастания концентрации

* Синяков Н. И. Изготовление форм. М., 1974.

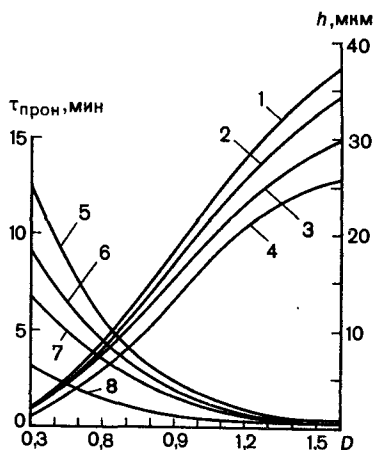


Рис. 5.8. Влияние концентрации травящего раствора на продолжительность τ его проникновения через желатиновый рельеф и на глубину травления меди h : кривые 1 и 5 приведены для травящего раствора плотностью $1,379 \text{ г/см}^3$; 2 и 6 — $1,369 \text{ г/см}^3$; 3 и 7 — $1,361 \text{ г/см}^3$; 4 и 8 — $1,349 \text{ г/см}^3$

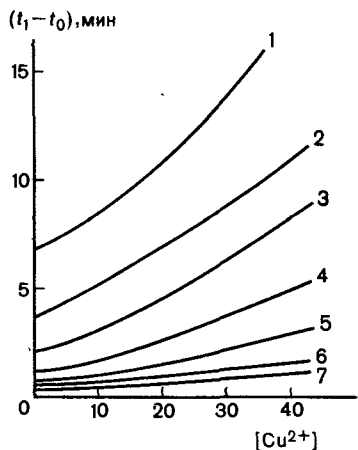


Рис. 5.9. Продолжительность проникновения травящих растворов различной плотности через задубленный желатиновый слой в зависимости от содержания ионов Cu^{2+} в растворе: кривая 1 приведена для раствора плотностью $1,390 \text{ г·см}^3$; 2 — $1,376 \text{ г·см}^3$; 3 — $1,361 \text{ г·см}^3$; 4 — $1,349 \text{ г·см}^3$; 5 — $1,337 \text{ г·см}^3$; 6 — $1,325 \text{ г·см}^3$; 7 — $1,313 \text{ г·см}^3$

все быстрее, поэтому скорость травления, по мере увеличения концентрации, проходит через максимум. Увеличение вязкости раствора при больших концентрациях, снижая подвижность ионов, дополнительно снижает скорость травления (этот фактор должен быть особенно ощутим, когда травление идет через желатиновый рельеф).

На рис. 5.8 показано влияние плотности травящего раствора на скорость его проникновения через желатиновый рельеф и на глубину травления. По оси абсцисс рис. 5.8 нанесены оптические плотности (от 0,3 до 1,6) оригинала-диапозитива, который копировали на бихроматжелатиновый слой пигментной бумаги. При оптической плотности $D=1,6$ слой остался практически незадубленным, а при оптической плотности $D=0,3$ степень дубления была наибольшей. Как видно из рис. 5.8, скорость проникновения травящего раствора через незадубленный слой ($D=1,6$) велика (продолжительность проникновения меньше 1 мин) и практически одинакова для всех использованных растворов независимо от их плотности. Напротив, продолжительность проникновения через сильно задубленный слой ($D=0,3$) в большой степени зависит от плотности раствора: она тем больше, чем выше концентрация раствора. Это обусловлено, несомненно, значительным замедлением набухания слоя и увеличением вязкости раствора. Глубина травления под сильно задубленным участком слоя (за данный промежуток времени) очень мала (2—3 мкм) и почти не зависит от плотности раствора; под незадубленными

или слабо задубленными участками слоя глубина травления возрастает с увеличением концентрации раствора. При сравнении результатов, приведенных в табл. 5.1 и на рис. 5.8, может показаться, что они противоречат друг другу. Как следует из табл. 5.1, в растворах с $d > 1,29$ формы травятся медленнее, чем в менее концентрированных растворах, а из рис. 5.8 следует, что скорость травления возрастает при увеличении d от 1,349 до 1,376. Но не надо забывать, что опыты, результаты которых отражены в табл. 5.1 и на рис. 5.8, были выполнены в различных условиях, и то, что фактическая концентрация раствора у поверхности меди, когда раствор предварительно должен пройти через желатиновый рельеф, значительно меньше, чем снаружи, над поверхностью рельефа.

При многократном воздействии свойства травящего раствора меняются, во-первых, за счет частичного истощения раствора, т. е. расходования части FeCl_3 , и, во-вторых (что особенно важно), в результате накопления ионов Cu^{2+} в растворе. Ионы меди тормозят проникновение травящего раствора сквозь желатиновый рельеф (рис. 5.9). Это торможение тем больше, чем сильнее задублен соответствующий участок желатинового рельефа, в результате чего градация возрастает. Тормозящее действие объясняется тем, что ионы Cu^{2+} образуют комплексы с функциональными группами макромолекул желатины, что приводит к дополнительному сшиванию макромолекул и, следовательно, к задубливанию слоя. Добавление к травящему раствору, содержащему ионы Cu^{2+} , этилендиаминететрауксусной кислоты (ЭДТА) в форме ее натриевой соли приводит к ускорению проникновения травящего раствора сквозь рельеф, что объясняется связыванием ионов Cu^{2+} в комплексы с ЭДТА. В практической работе при многократном использовании травящего раствора к нему время от времени добавляют «пополнитель» — раствор FeCl_3 с добавлением ЭДТА.

Конечная цель травления медной поверхности цилиндра — получение печатной формы, способной воспроизводить на оттиске градацию тонов (оптических плотностей) оригинала. Воспроизведение может быть пропорциональным или непропорциональным (рис. 5.10). Пропорциональная (в том числе тождественная) передача характеризуется равенством

$$D_{\text{отт}} = k \cdot D_{\text{ор}}, \quad (5.14)$$

где $k = \text{tg} \alpha$ (α — угол наклона прямой над осью $D_{\text{ор}}$). При $\text{tg} \alpha = 1$ ($\alpha = 45^\circ$) можно говорить о тождественной передаче ($D_{\text{отт}} = D_{\text{ор}}$); если $\text{tg} \alpha < 1$ ($\alpha < 45^\circ$), получается вялое изображение; если же $\text{tg} \alpha > 1$ ($\alpha > 45^\circ$), получается контрастное изображение. В случае непропорциональной передачи $\text{tg} \alpha$ — величина переменная.

Таким образом, регулируя условия травления, можно управлять градацией тонов изображения. Чем больше различаются скорости травления в светах и в тенях (под сильно и слабо задубленными участками рельефа), тем контрастнее изображение на оттиске. Опыт показывает, однако, что при еще широко применяемом ручном травлении получить пропорциональную передачу тонов удастся лишь при многоступенчатом травлении. Поэтому тоновые иллюстрации травят обычно последовательно четырьмя-шестью растворами убывающей концентрации, начиная с самой концентрированной

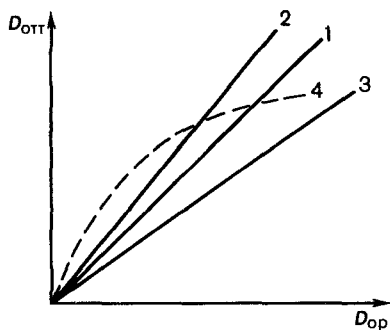


Рис. 5.10: Тождественная (1), пропорциональная (2 и 3) и непропорциональная (4) передача тонов на оттиске

($d=1,42 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$) и кончая растворами наименьшей концентрации ($d=1,36-1,34 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$), в результате чего удается получить удовлетворительную градацию изображения. Понятно, что ручной многоступенчатый способ травления — весьма трудоемкий и длительный процесс, качественный результат которого всецело зависит от опытности мастера-травильщика.

В настоящее время интенсивно разрабатываются автоматизированные машинные способы травления форм глубокой печати. Наиболее перспективно применение травильных машин-автоматов с программным управлением. Эти автоматы можно разделить на две группы. К первой относятся автоматы, в которых травление происходит с постепенным уменьшением концентрации FeCl_3 в травящем растворе по заданной программе. Ко второй группе относятся автоматы, в которых применяют раствор FeCl_3 одной концентрации, но в этот раствор введены специальные добавки, регулирующие скорость проникновения его через задубленный желатиновый рельеф таким образом, что в процессе травления достигается заданный интервал глубин печатающих элементов. В этих автоматах градационную передачу можно регулировать также изменением скорости передачи травящего раствора на вращающийся цилиндр. Автоматы оснащены электронной аппаратурой, позволяющей осуществлять обратную связь (автоматически и непрерывно измеряется глубина печатающих элементов и автоматически вносятся необходимые коррективы в процессе травления).

Примером автоматизированного регулирования травления форм глубокой печати может служить система «Контромат», где с использованием обратной связи регулируется скорость вращения цилиндра, температура и концентрация травящего раствора. Из рис. 5.11 видно, что с увеличением скорости вращения цилиндра возрастает глубина печатающих элементов главным образом в тенях оригинала (там, где степень задубленности желатинового слоя наименьшая). Рис. 5.12 иллюстрирует влияние температуры и концентрации травящего раствора на градацию травления. Как видно из рис. 5.12, в этом случае получена почти линейная зависимость глубины печатающих элементов от оптической плотности оригинала. Практика показывает, что для проведения программного травления с обратной связью (система «Контромат») достаточно изменения одного параметра — скорости вращения цилиндра.

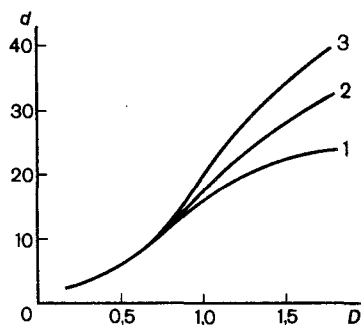


Рис. 5.11. Пример изменения тоновоспроизведения оригинала путем изменения скорости вращения цилиндра (по оси ординат — глубины печатающих элементов, по оси абсцисс — оптические плотности оригинала)

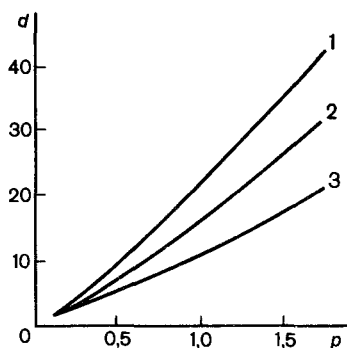


Рис. 5.12. Влияние температуры и концентрации травящего раствора на тоновоспроизведение оригинала (по оси ординат — глубины печатающих элементов, по оси абсцисс — оптические плотности оригинала)

После изготовления печатной формы проводят пробную печать и решают вопрос, необходима ли корректура этой формы. Существенными причинами корректуры могут быть: 1) необходимость улучшения тонопередачи; 2) устранение погрешностей, допущенных при изготовлении формы; 3) устранение механических повреждений печатной формы.

Различают два вида корректуры: плюс- и минус-корректуру. Под плюс-корректурой подразумевают все манипуляции, связанные с добавлением отсутствующих печатных элементов или углублением имеющихся. Минус-корректурa — это уменьшение глубины или устранение печатающих элементов. Как для плюс-, так и минус-корректуры используют механические, химические и электрохимические способы.

Механические способы для плюс-корректуры: корректурное гравирование, рулетирование; для минус-корректуры — давление, зачистка, шлифовка, припаивание. Химический способ — дополнительное травление раствором FeCl_3 , причем участки, не подлежащие травлению, предварительно закатываются устойчивой к травлению краской. Этот способ применяется преимущественно для плюс-корректуры. Гальванический способ плюс-корректуры заключается в анодном окислении меди печатной формы; для этого цилиндр подключают к положительному полюсу источника тока, а рабочие электроды к отрицательному полюсу. Гальваническая минус-корректурa заключается в электрохимическом осаждении меди в растровых ячейках. Этим методом может быть проведена корректура также хромированных цилиндров, причем сначала на цилиндр наносится тонкий слой никеля, а затем проводится меднение поверхности.

5.6. Изготовление печатной формы глубокой автотипии

Печатная форма глубокой автотипии, как уже было упомянуто (в 5.1, рис. 5.2), имеет одинаковые по глубине, но разные по размерам печатающие элементы (в тенях большие, в светах малые). Следовательно, на оттиске краска везде ложится слоем одинаковой толщины (в противоположность обычной глубокой печати) и визуальная оптическая плотность не пропорциональна количеству краски, нанесенному на единицу поверхности, а выражается более сложной зависимостью:

$$D_v = -\lg(1 - S + S \cdot 10^{-D'}) \simeq \lg \frac{1}{1 - S}, \quad (5.15)$$

где S — доля поверхности оттиска, запечатанная краской; D — оптическая плотность слоя краски (см. рис. 5.13). Вследствие этого возможности градиционной передачи в глубокой автотипии снижены по сравнению с обычной глубокой печатью. Но глубокая автотипия имеет то преимущество, что процесс изготовления печатной формы проще, быстрее и экономичнее, чем в обычной глубокой печати. Глубокая автотипия находит применение главным образом при массовой печати изображений на упаковочных материалах и обоях.

Изготовление печатной формы глубокой автотипии включает следующие операции: 1) изготовление растрового диапозитива полутонового оригинала; 2) нанесение копируемого слоя на медную поверхность цилиндра; 3) копирование растрового диапозитива; 4) проявление копии; 5) травление медной поверхности раствором хлорного железа; 6) удаление копируемого слоя с медной поверхности.

Идея автотипного растрирования в глубокой печати почти так же стара, как и сама глубокая печать. Но первые опыты глубокой автотипии, выполненные на пороге нашего столетия, не дали достаточно удовлетворительных результатов. Это объясняется тем, что при обычном растрировании изображения (с применением обычного проекционного раstra) на печатной форме не образуются опорные для ракеля растровые линии, что приводит к быстрому износу печатной формы в темных местах, где размеры пробельных элементов малы. Успех был достигнут лишь тогда, когда были разработаны специальные пленочные комбинированные полутоновые контактные растры.

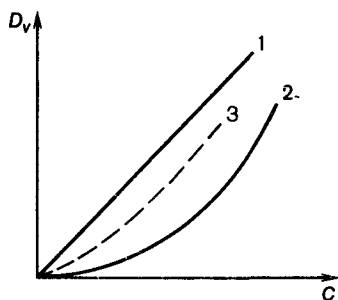


Рис. 5.13. Визуальная оптическая плотность D_v оттиска в зависимости от количества краски C , нанесенной на единицу поверхности оттиска: 1—обычная глубокая печать; 2—автотипия (глубокая растровая печать); 3—полугавтотипная глубокая печать

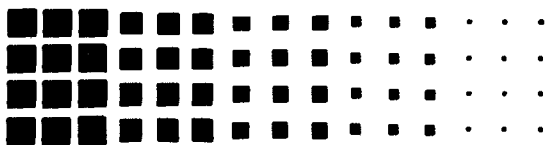


Рис. 5.14. Схема воспроизведения тоновой ступенчатой шкалы

В этих растрах совмещены, по существу, два растра: один для получения на печатной форме опорных растровых линий и другой — для получения соответствующей площади печатающих элементов в зависимости от оптической плотности тонового оригинала. Комбинированный контактный растр состоит из непрозрачных линий, пересекающихся под прямым углом, а в квадратах между прозрачными линиями оптическая плотность от минимальной в центре возрастает к краям (так же как в контактном растре, применяемом при изготовлении форм высокой и плоской печати). В результате контактного копирования растра на контрастную фототехническую пленку получают растровый диапозитив, схема воспроизведения тоновой ступенчатой шкалы на котором показана на рис. 5.14.

После того, как формный цилиндр обычным образом подготовлен (отшлифован точно по размерам, отполирован и обезжирен), на него наносят тонкий (3—4 мкм) копируемый слой. При нанесении слоя может быть использован один из следующих способов: 1) центрифугирование, 2) распыление, 3) погружение или кольцевание, 4) с применением воздушного ножа. Центрифугирование, при котором цилиндр вращается одновременно вокруг своих продольной и поперечной осей, применимо лишь в случае малых цилиндров (в случае больших масс цилиндров возникают технически неуправляемые центрифугальные силы). При нанесении посредством аэрографа слой легко загрязняется. Наиболее надежен способ погружения с применением поливного кольца. В этом способе кольцеобразная гибкая манжета с копируемым раствором опоясывает вертикально стоящий цилиндр (рис. 5.15) и равномерно движется вниз; заданная толщина слоя на цилиндре легко достигается путем регулирования скорости движения кольца. Использование воздушного ножа значительно сокращает (по сравнению с описанным способом) время нанесения слоя и обеспечивает удовлетворительную равномерность толщины слоя.

Подлежащие копированию диапозитивы монтируются на стабильной по размерам прозрачной пленке. Копировальное оборудование различается по способу прижима копируемых диапозитивов к поверхности копируемого слоя цилиндра. К этим способам относятся: 1) вакуумный способ и 2) способ натягиваемой пленки. Вакуумный способ ненадежен и при работе с большими цилиндрами занимает много времени. Существует несколько вариантов способа с натягиваемой пленкой, сущность одного из них понятна из схемы рис. 5.16. Экспонирование проводят обычно излучением ксеноновой лампы через щелевую диафрагму.

После проявления копии следует травление цилиндра. Существуют два основных способа: 1) травление раствором хлорного железа и 2) электро-

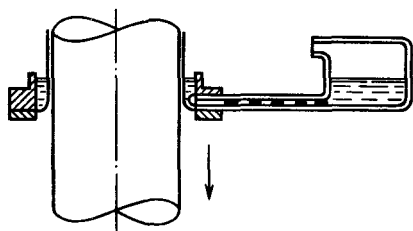


Рис. 5.15. Нанесение копирующего слоя на цилиндр с помощью поливного кольца

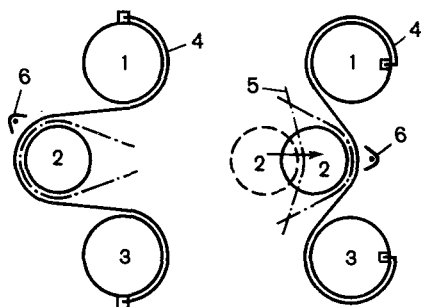


Рис. 5.16. Схема копирующего оборудования с натягиваемой пленкой: 1 и 3—верхний и нижний натягивающие барабаны; 2—печатный цилиндр; 4—натягиваемая пленка; 5—пленка с копируемыми диапозитивами; 6—источник освещения

литическое травление. В противоположность обычной глубокой печати, где для травления применяется серия растворов FeCl_3 переменной (убывающей) концентрации, в глубокой автотипии используется только один раствор FeCl_3 плотностью чаще всего $1,42 \text{ г. см}^{-3}$. Раствор равномерно наносится на цилиндр путем его набрызгивания или погружения в него цилиндра. Что касается электролитического травления, то его основным достоинством является то, что оно позволяет легко регулировать процесс. Рекомендуется следующий раствор для электролитического травления: $145\text{—}263 \text{ г. л}^{-1} \text{ NaCl}$, $45\text{—}88 \text{ г. л}^{-1} \text{ NH}_4\text{Cl}$ и $10\text{—}50 \text{ г. л}^{-1} \text{ HCl}$; плотность тока $4\text{—}4 \cdot 10^3 \text{ А} \cdot \text{м}^{-2}$.

5.7. Изготовление печатной формы для полуавтотипной глубокой печати

Под полуавтотипной глубокой печатью понимается печать с форм, в которых печатающие элементы различаются между собою не только размерами поверхности, но и глубиной. Цель разработки указанных форм заключается в сочетании простой копирующей и травильной техники получения форм глубокой автотипии с несомненными достоинствами форм глубокой печати. Применение форм полуавтотипной печати обеспечивает лучшую градацию изображения по сравнению с глубокой автотипией: в светах достигается более мягкий переход к бумажно-белым тонам, а в тенях — лучшее разделение тонов (см. рис. 5.13).

Формы полуавтотипной глубокой печати могут быть получены следующими способами: 1) фотохемографические способы (способы травильной техники); 2) электромеханическое гравирование и 3) гравирование лазерным или электронным лучом. В настоящее время при изготовлении форм полуавтотипной глубокой печати доминирует способ электромеханического гравирования, а фотохемографические способы отходят на задний план вследст-

вие многостадийности процесса и связанных с этим больших затрат времени, труда и материалов. Гравирование лазерным или электронным лучом при получении форм глубокой печати находится пока еще в стадии разработок. Получение печатных форм способами гравирования рассмотрено в главе 6, а здесь мы коротко остановимся на фотохемографических способах.

Принцип фотохимических способов заключается в двойном экспонировании светочувствительного материала. Экспонирование проводят через полутонный позитив и через растровый позитив, чтобы создать опору для ракеля, а также для того, чтобы регулировать тонопередачу изображения. В качестве светочувствительного материала используют пигментную бумагу, оцувствленную бихроматом калия, или другие светочувствительные материалы, которые при изготовлении форм глубокой печати называются обычно переносными пленками (например, Аутофильм, Ротаргофильм). Последние, по сравнению с пигментной бумагой, более стабильны по размерам, но вследствие высокой стоимости не находят широкого применения. Процессы, следующие за экспонированием, те же, что и при изготовлении форм обычной глубокой печати, но для травления обычно применяют один раствор определенной концентрации. Последовательные стадии процесса можно представить следующей схемой: растровый диапозитив и полутонный диапозитив — пигментная бумага (переносная пленка) → перенос бумаги или пленки на цилиндр → проявление, корректура → однованное травление → пробная печать → корректура цилиндра → печать тиража.

Чтобы избежать изготовления двух диапозитивов (полутонного и растрового), разработан способ, в котором сначала полутонный позитив и контактный растр накладывают на галогенидосеребряную фотопленку для переноса (ротофильм) и экспонируют, после чего удаляют контактный растр и проводят полутонное копирование. После травления получают ячейки (печатающие элементы), разные как по площади, так и по глубине. Однако этот способ не нашел практического применения вследствие высокой стоимости пленки для переноса. Существуют и многие другие варианты указанного принципа, но они не имеют практического значения.

ПОЛУЧЕНИЕ ПЕЧАТНЫХ ФОРМ ЭЛЕКТРОННЫМ ГРАВИРОВАНИЕМ И С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

6.1. Получение клише электронным гравированием

Для получения иллюстрационных форм высокой печати — клише — способом фотоэлектронного гравирования созданы электронно-гравировальные автоматы. Применение их повышает производительность труда, сокращает время изготовления форм и трудоемкость процесса, снижает себестоимость продукции за счет экономии материалов, сокращения производственных площадей и исключения из производства дорогостоящих фотоматериалов, фоторепродукционных аппаратов, центрифуг, копировальных рам, травильных машин и другого оборудования.

Однако электронное гравирование имеет ряд ограничений: неэффективность изготовления крупноформатных клише (более $30 \times 40 \text{ см}^2$). Кроме того, качество матрицирования с гравированных клише очень низкое, что объясняется специфическим профилем гравированного пробельного элемента, который хуже заполняется матричным материалом, чем клише, изготовленное химическим травлением.

Сущность электронно-гравировального способа изготовления форм заключается в том, что световой поток, отраженный от оригинала, преобразуется в электрический сигнал, который после соответствующего усиления поступает на режущую систему, непосредственно создающую на формном материале печатающие и пробельные элементы (рис. 6.1).

Отечественной промышленностью было выпущено значительное количество электронно-гравировальных аппаратов марки ЭГА. Из зарубежных электронно-гравировальных автоматов наибольшее распространение получил универсальный автомат «Вариоклишграф К-181» западногерманской фирмы «Хелл». Эти машины позволяют получать штриховые и растровые клише с точечной и линейной структурой печатающих элементов с черно-белых и цветных оригиналов.

Различные электронно-гравировальные автоматы могут иметь конструктивные особенности, но принцип работы у них один и тот же (рис. 6.2): луч света, падающий на оригинал 1, отражается от его поверхности и фокусируется системой линз 6 на катоде фотоэлемента 5, где энергия светового потока преобразуется в электроэнергию. Осветитель 2, система линз 6, фотоэлемент 5 конструктивно объединены и образуют фотоголовку 3 автомата. Электрический сигнал на выходе фотоголовки зависит от светлоты (яркости) просматриваемого участка оригинала: чем светлее этот участок, тем большее количество света отражается и тем сильнее электрический сигнал на выходе фотоголовки. Сигнал направляется в электронный усилитель 4, 7, где он усиливается до необходимой мощности. Усиленный электрический сигнал поступает в режущую головку 14, которая представля-

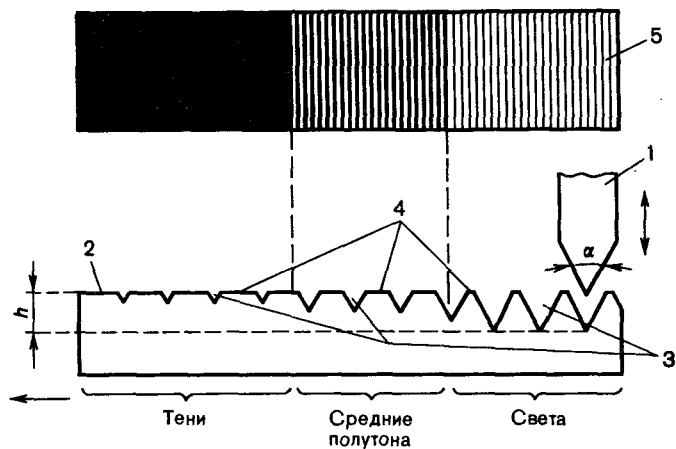


Рис. 6.1. Схема гравирования клише на автомате: 1—резец; 2—формный материал; 3—пробельные элементы; 4—печатающие элементы; 5—оригинал

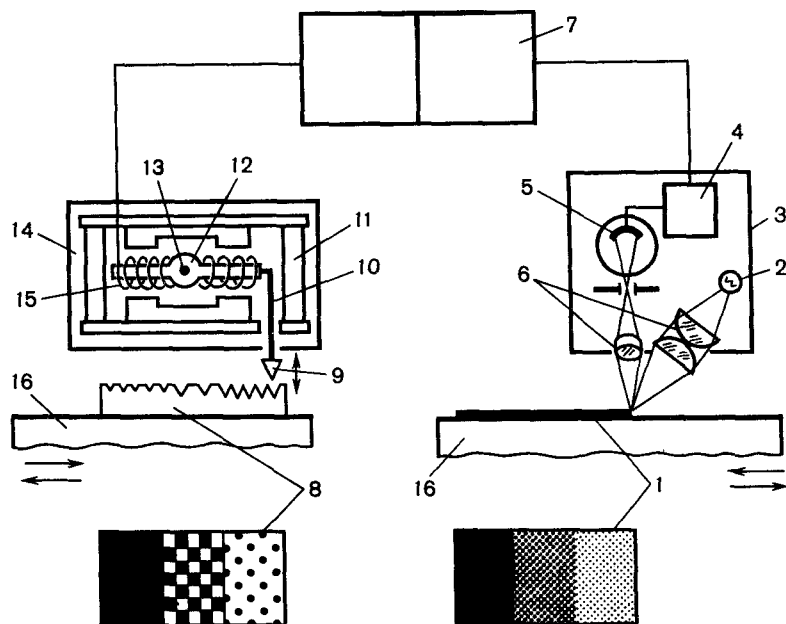


Рис. 6.2. Схема электронного гравирования клише

ет собой магнитно-электрическое устройство, состоящее из якоря 13 с укрепленным на нем резцом 9, штока 10 и обмотки 15, что все вместе образует электромагнит 11 (12 — ось, на которой закреплен сердечник). При появлении в катушке электромагнита тока через систему рычагов сообщается движение резцу, который погружается, в зависимости от сигнала, на различную глубину в формный материал 8, расположенный на столе 16. Для получения клише с точечной структурой резцу сообщается непрерывное колебательное движение (вверх-вниз), определяющее частоту растра.

Основной задачей тоновоспроизведения оригинала по любому из известных способов изготовления печатных форм, включая и электронное гравирование, является получение печати формы с заданной градационной характеристикой. Правильность решения этой задачи оценивается кривой тоновоспроизведения на оттиске в координатах $D_{\text{отт}} = f(D_{\text{ор}})$. В фотомеханических способах эта функция зависит от фотографического, копировального, травильного и других звеньев технологической цепи воспроизведения оригинала. В способе электронного гравирования эти переходные этапы процесса отсутствуют, и весь градационный процесс сводится к градационной настройке автомата. Характер кривой зависит от многих переменных факторов, таких, как характер оригинала (контрастный или малоконтрастный, детализированный в светах или тенях изображения), структура печатающих элементов (точечная или линейная), масштаб воспроизведения, линиятура гравирования, выбор и установка резца, настройка машины, печатная бумага и краска при получении оттисков и т. п. Поэтому в каждом конкретном случае необходимо находить оптимальные режимы настройки автомата для получения заданной кривой тоновоспроизведения.

Механизм образования печатающих и пробельных элементов формы заключается в следующем. Растровые печатающие и пробельные элементы при гравировании клише образуются в результате погружения резца в материал формной пластины. Резец, перемещаясь перпендикулярно по отношению к

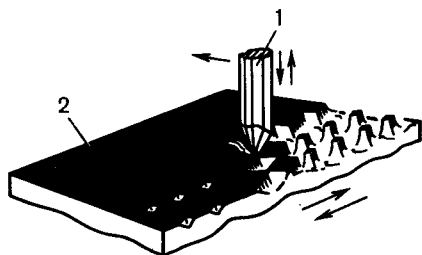


Рис. 6.3. Схема гравирования клише с точечной структурой растровых элементов

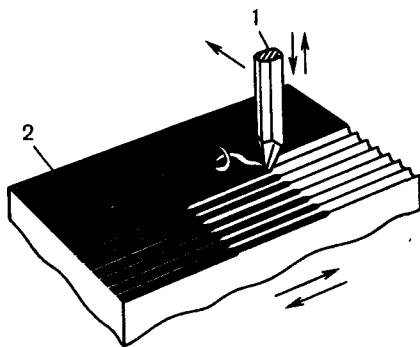


Рис. 6.4. Схема гравирования клише с линейной структурой растровых элементов

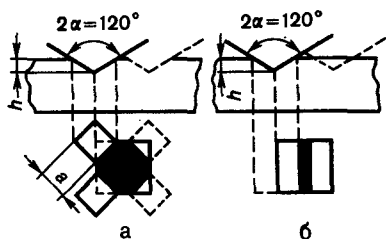


Рис. 6.5. Схема точечного и линейного гравирования с углом заточки резца 120° (а—точечное, б—линейное гравирование)

поступательно движущемуся материалу, вырезает на поверхности формы пластины углубления — пробельные элементы клише. При перемещении резца l с заданной частотой вверх-вниз на формном материале 2 образуются точечные растровые элементы (рис. 6.3). После нарезания одной строки резец смещается для гравирования следующей строки. В зависимости от силы сигнала площадь и форма растровых элементов различны. При плавном опускании или подъеме резца и возвратно-поступательном движении формной пластины клише будет иметь линейную структуру печатающих элементов (рис. 6.4). В этом случае полутона оригинала воспроизводятся линиями различной ширины. Угол наклона граней печатающих элементов клише зависит от угла заточки резца. Обычно при гравировании клише с точечной или линейной структурой изображения используют резцы в форме четырехгранной трапеции. Резец во время гравирования расположен диагонально основанию пирамиды в направлении движения. При точечном гравировании резец выгравировывает между элементами раstra квадратные пробельные элементы (рис. 6.5, а), величина которых зависит от глубины h погружения резца в формный материал. Чем глубже входит резец в формный материал, тем больше по размеру пробельный элемент. При сравнении рис. 6.5, а и б видно, что при одном и том же угле заточки резца α и одинаковой глубине резания h при линейном гравировании получается меньшая растровая плотность, чем при точечном (примерно в три раза). Недостаток линейного гравирования заключается в том, что линейная структура растровых элементов более заметна глазом и ее возможности изменения градации в нужном направлении весьма ограничены.

Размер растрового печатающего элемента зависит от глубины гравирования h и от угла α заточки резца, т. е. от угла 2α в вершине пирамиды (см. рис. 6.5).

Напомним, что понимается под растровой плотностью D^p . Как известно, визуальная оптическая плотность D^v растрового изображения выражается формулой

$$D^v = -\lg[(1 - S) \cdot 10^{-D_0} + S \cdot 10^{-D_k}], \quad (6.1)$$

где S — запечатанная доля поверхности слоя (т. е. покрытая слоем краски); D_0 и D_k — оптические плотности соответственно подложки (фона) и слоя краски на растровых элементах. При условии, что $D_0 = 0$, а значение D_k достаточно велико ($D_k \geq 1,5$), формула (6.1) переходит в следующую формулу:

$$D^v = \lg \frac{1}{1-S} = -\lg(1-S). \quad (6.2)$$

При определении растровой плотности D^p за единицу поверхности берется поверхность растрового элемента и принимается, что S_r — темная часть этого элемента. При этих условиях

$$D^p = D^v = \lg \frac{1}{1-S_r}. \quad (6.3)$$

Если d — диаметр квадратного растрового элемента, то очевидно, что

$$D^p = \lg \frac{d^2}{d^2 - S_r}. \quad (6.4)$$

Вместе с тем понятно, что

$$S_r + S_6 = d^2, \text{ т. е. } S_6 = d^2 - S_r, \quad (6.5)$$

где S_6 — светлая часть растрового элемента, откуда

$$D^p = \lg \frac{d^2}{S_6}. \quad (6.6)$$

Для получения требуемой градации оптических плотностей на оттиске необходима определенная градация растровых оптических плотностей на форме. Это достигается регулированием режима гравирования, а именно: регулированием величины погружения h резца в гравировемый материал и угла α его заточки. Поэтому важно знать зависимость $D^p = f(h, \alpha)$.

В связи с этим различают растровые плотности точечного гравирования $D^p_{\text{точ}}$ и соответственно — линейного гравирования $D^p_{\text{лин}}$. Функции $D^p = f(h, \alpha)$ для этих двух случаев различны. Обратимся сначала к точечному гравированию.

При точечном гравировании при условии погружения резца до середины стороны элемента раstra (рис. 6.6, а) будем иметь $S_6 = S_r = \frac{d^2}{2}$ и следовательно $D^p_{\text{точ}} = \lg \frac{d^2}{d^2/2} = \lg 2 = 0,3$. Как понятно из рис. 6.6, а, это достигается при условии

$$h_{S_6=S_r} = \frac{d}{2 \lg \alpha}. \quad (6.7)$$

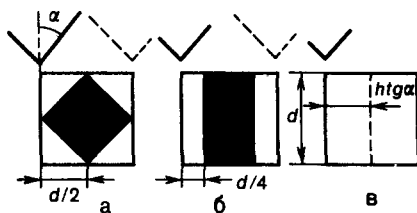


Рис. 6.6. Схема получения одинаковой площади печатающих элементов при точечном и линейном электрогравировании: а — грани резца доходят до середины стороны элемента раstra d ; б — при линейном гравировании для достижения равной плотности с точечным; в — предельная глубина гравирования, при которой исчезает растровый элемент

Можно показать далее, что при $h < h_{S_6=S_7}$ будем иметь

$$D_{\text{точ}}^p = \lg \frac{2d^2}{(2h \cdot \operatorname{tg} \alpha)^2}, \quad (6.8)$$

а при $h > h_{S_6=S_7}$ получим

$$D_{\text{точ}}^p = \lg \frac{d^2}{d^2 - (d\sqrt{2} - h \operatorname{tg} \alpha \sqrt{2})^2}. \quad (6.9)$$

При линейном гравировании (рис. 6.6, б) равенство светлой и темной поверхности $S_6=S_7$ будет достигнуто при условии

$$h_{S_6=S_7} = \frac{d}{4 \operatorname{tg} \alpha}. \quad (6.10)$$

При $S_6=100\%$ растровый элемент исчезнет ($S_6=0$), растровая плотность станет равной нулю. Это состояние возможно при условии

$$h_{S_6=100\%} = \frac{d}{2 \operatorname{tg} \alpha}. \quad (6.11)$$

Следовательно, $D_{\text{лин}}^p > 0$ может быть получено только при $h < h_{S_6=100\%}$:

$$D_{\text{лин}}^p = \lg \frac{d}{2h \cdot \operatorname{tg} \alpha}. \quad (6.12)$$

Приведенные расчеты растровых плотностей с учетом угла заточки резца, линиатуры и глубины гравирования позволяют получить градационную характеристику для любого режима гравировального растрового процесса, т. е. $D^p = f(D_{\text{оп}})$.

На основании расчетов строятся таблицы значений растровых плотностей, получаемых при точечном и линейном гравировании в зависимости от режимов электронно-гравировального процесса, а затем градационные кривые зависимости $D^p = f(h)$, показанные на рис. 6.7. Как видно из этих графиков, резцы с меньшим углом заточки ($\alpha < 90^\circ$) дают лучшие результаты точечного гравирования (кривая 1). Это же наблюдается и при линейном гравировании. Кроме того, уменьшение угла заточки резца увеличивает «широту гравирования». При точечном гравировании относительное значение коэффициента контрастности γ примерно вдвое больше, чем при линейном (рис. 6.8).

В отличие от фотомеханических способов, где требуемую градационную передачу получают и корректируют на фотографической стадии или при травлении клише, при управлении электронным гравированием достаточно только электронная коррекция.

Преобразования электродинамической мощности, в зависимости от требуемой градационной передачи, могут быть найдены с помощью многозвенных графиков, например четырехступенчатого (рис. 6.9): I квадрант — заданная градационная кривая воспроизведения; II квадрант — требуемые глубины гравирования при заданных линиатуре и угле заточки резца; III квадрант — вспомогательный для переноса координат; IV квадрант —

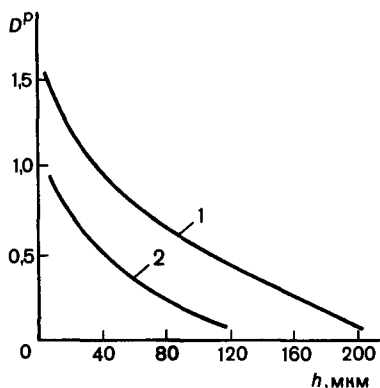


Рис. 6.7. Зависимость D^p от h при точечном гравировании и при разных углах заточки резца (1=90°, 2=120°)

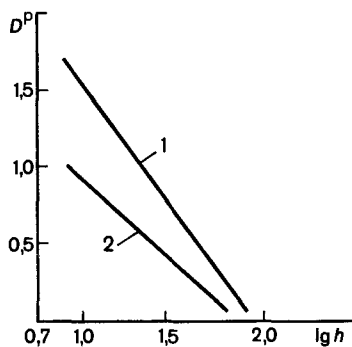


Рис. 6.8. Зависимость контрастности изображения при точечном 1 и линейном 2 гравировании

требуемые режимы работы электронного градиационного корректора для достижения заданной градиационной передачи изображения. Значения входного напряжения $V_{вх}$ располагаются на одной оси с $D_{ор}$, так как оно пропорционально световой энергии, поступающей от оригинала в фотоголовку, и на оси уменьшается от центра слева направо, а значения $D_{ор}$ в этом направлении увеличиваются.

При правильном воспроизведении оригинала на репродукции должны быть сохранены все детали яркостей (детали оптических плотностей) оригинала. Однако не со всякого оригинала можно получить качественное клише электронно-гравировальным способом. В первую очередь причиной этого может быть незначительная разница оптических плотностей отдельных участков оригинала, в результате чего на репродукции эти поля не различаются глазом, сливаются, что ведет к потере деталей изображения. В этих

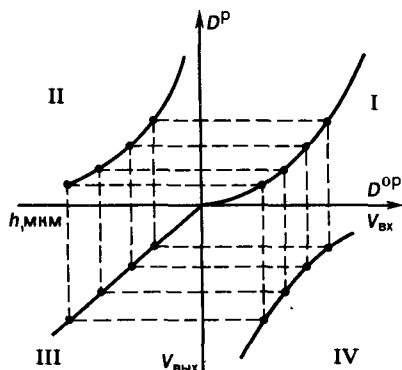


Рис. 6.9. График определения электронной коррекции для получения заданного градиационного воспроизведения на оттиске (при условии $D^p = D_y$, т. е. когда $D^* \geq D_{ор\max}$)

случаях оригинала подвергают предварительной ретуши, которую проводят с учетом линиатуры растра, свойств бумаги и краски, т. е. с учетом условий гравирования и печатного процесса. При этом ретушь для электронного гравирования должна проводиться очень тщательно, так как незначительные дефекты приводят к браку клише.

Различают техническую ретушь и градационную. При технической ретуши устраняют дефекты оригинала: пятна, полосы, царапины и т. п. При градационной ретуши выявляют главные по содержанию элементы изображения: отделяют блики от светлых полутонов и тени от темных полутонов с учетом необходимых величин перепада оптических плотностей на данном участке шкалы яркостей.

При воспроизведении художественных репродукций стараются получить большее число полутонов, а для газетной репродукции изображение прорисовывают по контуру, увеличивая разность плотностей участков оригинала и уменьшая число деталей плотности. Для воспроизведения текста применяют шрифты без тонких засечек и соединительных линий; линиатура гравирования должна быть не менее 70 лин/см.

Настройку гравировального автомата для черно-белой репродукции проводят по серой контрольной шкале и по оригиналу.

При воспроизведении цветной репродукции цветоделенные клише получают в результате электронной развертки, цветоделения, электронного цвето-корректирования многокрасочного оригинала и гравирования формного материала.

Цветоделение при электронном гравировании аналогично фотографическому процессу и проводится с помощью зональных светофильтров: синего, зеленого и красного. Отличие от фотопроцесса заключается в том, что вместо фотографического слоя приемником лучистой энергии служит фотоэлемент, спектральная чувствительность которого соответствует спектральной зоне пропускания светофильтра.

Цветоделительная фотоголовка проводит поэлементное считывание изображения. При этом свет от каждой точки оригинала фиксируется фотоэлементом, создавая на выходе фотоголовки разность потенциалов. Как и при фотографическом цветоделении, здесь должно выполняться следующее условие: выделяемый цвет должен оказывать минимальное воздействие на фотоэлемент, а два невыделяемых цвета — максимальное. Для каждого цвета краски получают цветоделенное клише. При настройке ЭГА требуется учитывать цветовые характеристики печатных красок и порядок их наложения, масштаб репродуцирования, линиатуру гравирования, характеристику бумаги, градационную характеристику изготавливаемой репродукции и другие параметры.

В процессе электронного цветоделения для выделения требуемого цвета необходимо создать в гравировальном автомате такие условия, при которых выделяемый цвет оказывает на фотоэлемент действие, аналогичное действию темных участков или воспроизводимого черно-белого оригинала, а действие двух невыделяемых цветов — действие белой бумаги.

Мерой цветоделительных искажений при электронном гравировании является искажающая разность сигналов, определяемая по шкале контроля. Кор-

ректирование цвета заключается в изменении сигнала до нужной величины в местах искажающих разностей сигналов с помощью электронных блоков коррекции. Электронное цветокорректирование, в отличие от фотомеханического, более гибко, так как позволяет избирательно проводить маскирование малого участка цветного оригинала, независимо от следующего просматриваемого участка.

Проводя технико-экономический анализ фотомеханического и электронно-гравировального способов изготовления клише, следует отметить следующее. При всем своем преимуществе по сокращению таких процессов, как фотографический и копировальный, способ электронного гравирования по сравнению с современными фотомеханическими малопроизводителен (наибольшая линейная скорость гравирования у лучших зарубежных автоматов составляет 7—12 м/мин). Поэтому их рационально использовать в малых районных типографиях, выпускающих продукцию с небольшим объемом иллюстраций.

6.2. Электронное гравирование форм глубокой печати

Применение электроники в репродукционной технике открыло большие возможности для автоматизации формных процессов, в частности в формных процессах глубокой печати. Появились принципиально новые способы и методы переработки информации путем ее электронного считывания и записи. В рамках этого развития были разработаны автоматы для электромеханического гравирования форм глубокой печати, которые позволяют исключить такие труднорегулируемые процессы, как изготовление пигментной копии и травление форм.

Электромеханическое гравирование форм используется преимущественно при воспроизведении журнальной продукции. Экономически более целесообразно применять этот способ для изготовления многокрасочных бесстыковых форм и форм с повторяющимися рисунками (имитация ценных пород дерева, мрамора, упаковочные изделия, печать на тканях, обои). Процесс гравирования при этом малооперационен, высокостабилен, практически безвреден, что способствует сохранению окружающей среды.

Формы глубокой печати, полученные электромеханическим гравированием, характеризуются переменными глубиной и площадью печатающих элементов. Принцип электромеханического гравирования форм глубокой печати аналогичен гравированию клише для высокой печати. Отличие заключается в том, что углубленные элементы формы заполняются краской и являются печатающими элементами. Гравирование поверхности формного цилиндра производится алмазным резцом с пирамидальной заточкой. В зависимости от величины управляющего электрического импульса резец вырезает на поверхности форм ячейки пирамидальной формы. Глубина резания соответствует сигналу, поступающему от развертывающего устройства. Для обеспечения стабильного воспроизведения оригинала угол заточки резца должен оставаться неизменным.

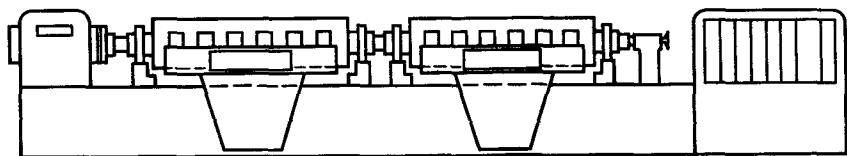


Рис. 6.10, а. Гравировальная установка для изготовления форм глубокой печати

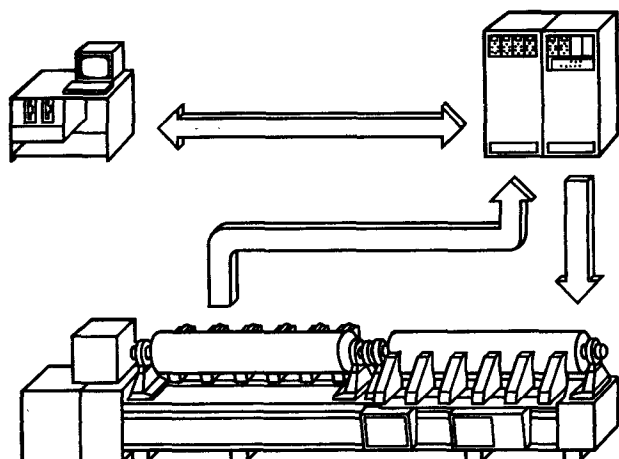


Рис. 6.10, б. Гравировальная система Гелиоклишграф К-201

Автомат состоит из двух и более установок. Одна из установок служит для считывания изображения оригинала; вторая (или несколько) — для гравирования растровых ячеек на поверхности формного цилиндра. Наибольшее распространение получили электромеханические гравировальные автоматы Гелиоклишграф фирмы «Хелл» (ФРГ). Имеется несколько десятков модификаций Гелиоклишграфа. К последним моделям относятся Гелиоклишграфы К-201, К-202 и К-203. В модели К-201 (рис. 6.10) считывающий и гравиремый цилиндры жестко соединены друг с другом. Модель К-202 (рис. 6.11) представляет собой автомат с раздельно работающими устройствами сканирования оригинала и гравирования цилиндров. Гравирующая часть установки может работать совместно с системой НДР цифровой обработки данных и изготовления форм (рис. 6.12). Модель К-303 — специализированный автомат для получения печатных форм, используемых для запечатывания декоративно-упаковочных материалов и форм с повторяющимся рисунком. Данные о гравирваемом изображении записываются на магнитных

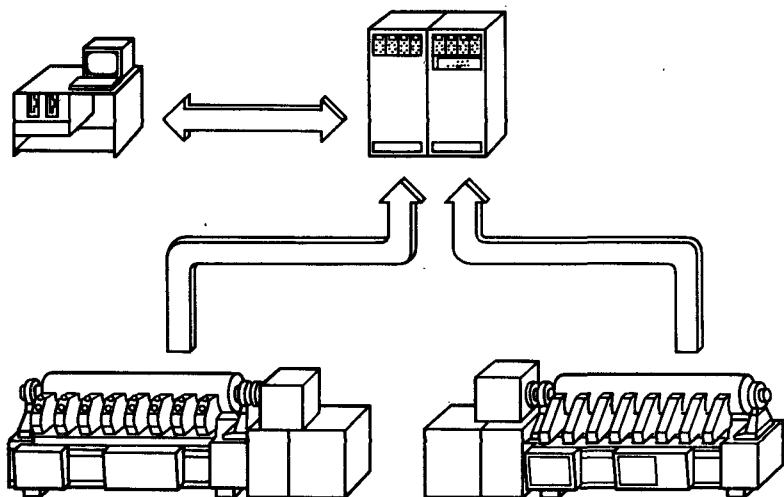


Рис. 6.11. Гравировальная система Гелиоклиштограф К-202

дисках, что позволяет многократно дублировать рисунок по окружности цилиндра.

Работа автоматов проходит следующим образом. Сканирующая головка, состоящая из источника света, оптической системы и световода, воспринимает свет, отраженный от закрепленной на вращающемся цилиндре негативной копии оригинала в виде фотоотпечатка. Длина сигнала соответствует элементу окружности цилиндра, а ширина — диафрагме объектива. Изображение делится на отдельные элементы, оптический сигнал от которых попадает на фотодиод, преобразуется в электрический сигнал, а затем в цифровом виде запоминается в запоминающем устройстве ЭВМ. Перед записью сигнал изображения подвергается ряду градационных преобразований с учетом соответствующей градационной кривой печатного процесса. Когда последний элемент изображения первой линии периметра заносится в память, сканирующая головка перемещается на шаг вдоль оси цилиндра и процесс записи продолжается. Сканирование и последующее гравирование происходят по замкнутым круговым линиям.

При перемещении гравирующей головки на половину ширины будущей печатающей ячейки и начале гравирования очередной круговой линии происходит промежуточное запоминание информации об изображении. Контроль осуществляет специальный микропроцессор, который получает информацию о параметрах процесса гравирования из управляющей ЭВМ станции обслуживания в зависимости от вида продукции и особых требований издательства или заказчика. Данные об изображении суммируются на магнитных дисках.

В процессе гравирования сигналы изображения последовательно вызываются из ячеек памяти, преобразуются в аналоговую форму и передаются

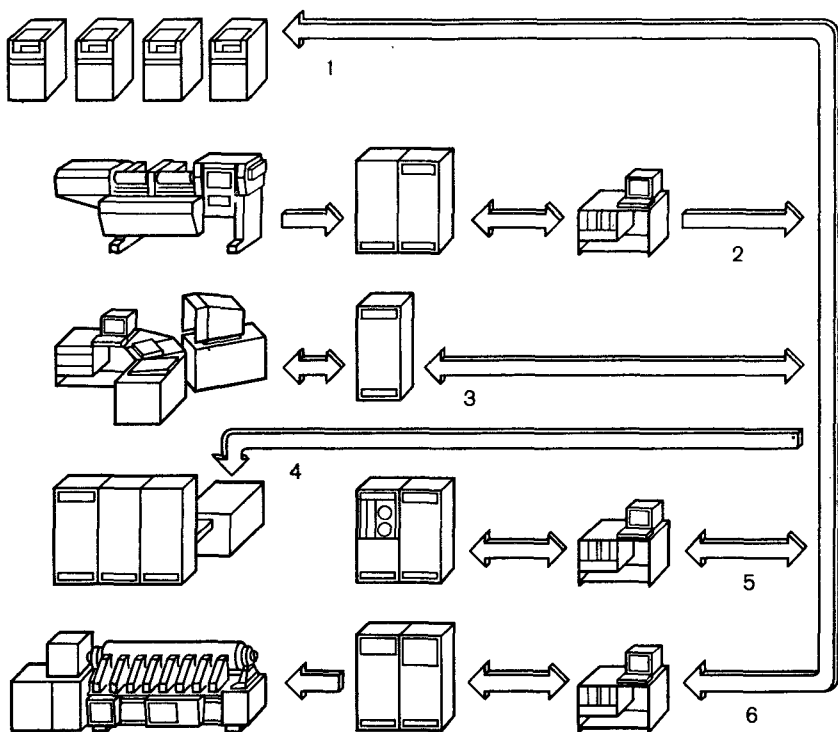


Рис. 6.12. Система изготовления печатных форм HDP: 1—дисковые ЗУ; 2—станция ввода информации; 3—станция переработки информации; 4—пробопечатное устройство; 5—станция вывода информации с устройством долговременной памяти; 6—гравировальная станция, включая станцию сортировки данных (спуск полос)

по окружности вращающегося формного цилиндра с частотой колебания алмазного резца $4000 \text{ ячеек с}^{-1}$, что и обеспечивает эффект растривания. В результате образуются четырехугольные ячейки, форма которых способствует хорошему переносу краски на запечатываемый материал. Для исключения отклонений в процессе гравирования из-за износа резца в рассматриваемых моделях автоматов предусмотрена электронная коррекция.

Глубина и размер ячеек при гравировании находятся в определенной взаимозависимости: при изменении окружной скорости вращения цилиндра и неизменной частоте гравирования форма и расположение ячеек изменяются. При больших скоростях вращения получается удлинённая, а при малых — сжатая форма ячеек (рис. 6.13); при этом возникает эффект «поворота растра». При изготовлении форм для многокрасочной печати для голубой и пурпурной красок получают ячейки удлиненной или сжатой формы с линиатурой 70 лин/см, для желтой — 58 лин/см, для черной — 100 лин/см; для воспроизведения текста используют обычно линиатуру 100 лин/см. При ис-

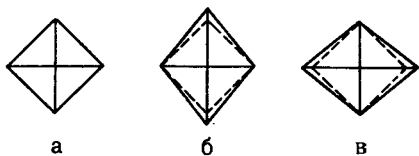


Рис. 6.13. Формирование ячеек: а— нормальная форма; б—вытянутая; в— сжатая

пользовании ЭГА в системе Helio Data Processing (НДР) данные об изображениях поступают непосредственно в Гелиоклишграф К-202 ГМ от станции выхода информации системы Хромаком, пройдя предварительную обработку в специальной сортировочной станции, где из отдельных страниц монтируется печатная форма (см. рис. 6.12). Все операции и виды работ задаются в диалоговом режиме с помощью клавиатуры и видеотерминала системного обеспечения. Параметры издания можно вводить заранее. После ввода данных по схеме спуска полос, цвету, линиатуре раstra оператор определяет параметры самого процесса гравирования. Информация о всех режимах работы и градационных характеристиках записывается на дисках. Повторяющиеся задания программируются только один раз. Для различных видов печатной продукции составляются различные пакеты программ, например, для изготовления журнальных форм, для печатания декоративных и упаковочных материалов и др.

Гелиоклишграфы К-201 и К-202 могут быть оснащены дополнительными устройствами формирования шрифтов и специальных знаков, которые можно гравировать в любом месте основного изображения. Запас шрифтов хранится в памяти на магнитных дисках, кегль их можно изменять (одна гарнитура включает 128 знаков).

При печати с имитацией фактуры древесины или другого материала необходимо изготовление бесстыковых печатных форм. При обычном фотомеханическом способе это представляет большие трудности, связанные с исключительно тщательной подгонкой изображения на стыке или с проведением двойного или многократного травления. При электронном гравировании этот вопрос решается следующим образом. Два составных оригинала, создающие непрерывное изображение, монтируют на цилиндре-оригиналодержателе с некоторым смещением. Каждый из них считывается своей оптической головкой (оригиналы должны быть несколько больше половины окружности цилиндра). Через каждые пол-оборота цилиндра попеременно включается электронный импульс от той или другой оптической головки, и это практически исключает разрыв в изображении.

Другой вариант заключается в использовании цифрового вычислительного устройства, которое посылает замедленный сигнал из памяти машины, и это позволяет гравирующей системе получать изображение на стыке в момент, когда развертывающая система не воспринимает сигнал изображения.

Электронная система автомата обеспечивает многократное размножение оригинала по длине окружности формного цилиндра. Это возможно за счет разности скоростей вращения цилиндра-оригиналодержателя и гравирую-

мого цилиндра или вызова сигналов из памяти запоминающего устройства вычислительной машины. Аналогично можно изменять масштаб изображения в осевом направлении и по окружности за счет изменения величины подачи гравирующей системы по сравнению с развертывающей, и наоборот. В случае необходимости получения зеркального изображения можно осуществлять движение развертывающей и гравирующей систем в противоположном направлении. Другое достоинство автомата — возможность дублирования печатных форм, что важно при печатании больших тиражей. В этом случае одна развертывающая машина может управлять одновременно несколькими гравирующими. Применение ЭВМ и магнитных дисков позволяет производить запись изображения в издательстве, а гравирование — в типографии.

Для электромеханического гравирования необходимы специально подготовленные оригиналы. С этой целью с монтажа диапозитивов (текстовые, штриховые, тоновые) получают негативную копию на непрозрачном фотографическом материале. В качестве такого материала используется, например, двухслойная безусадочная фотобумага (подложка — алюминиевая фольга), на которую фотографическим путем экспонируют текст и иллюстрации. Возможно применение специальной безусадочной пленки, имеющей в качестве подложки непрозрачную пластмассовую фольгу. В некоторых случаях прозрачные негативные изображения монтируют на окрашенной в белый цвет поверхности цилиндра-оригиналодержателя или на белой подложке-основе. Считывание производят в отраженном свете. Изготовление диапозитивов аналогично изготовлению фотоформ для пигментного способа с химическим травлением.

Применение ЭВМ, видеотерминальных устройств и магнитных дисков для записи информации с пакетами программ позволяет исключить многие промежуточные операции.

Целесообразность применения электронно-гравировальных автоматов зависит от степени эффективности этой технологии в конкретных условиях предприятия. Применение их может быть эффективным лишь в том случае, если эти дорогостоящие машины будут загружены работой на полную мощность и будут выполнять такие заказы, которые при обычном пигментном способе гравирования требуют многократного копирования и травления с целью получения идентичного результата. Электронное гравирование, бесспорно, экономически более эффективно при изготовлении многокрасочных работ с повторяющимися изображениями, например для печати этикеток и различных упаковок. Надежность и точность воспроизведения изображения при изготовлении форм-дубликатов, возможность регулировки и управления градацией получаемых изображений создают неоспоримые преимущества по сравнению с традиционными способами. Кроме того, благодаря высокой скорости гравирования возможно помещение актуальных материалов в уже готовую форму, что позволяет в короткий срок и вовремя выпустить периодическую продукцию, сократив простой печатной машины.

Несмотря на широкое применение электронных методов обработки информации, технологический процесс изготовления форм глубокой печати еще включает большое число трудоемких и малопроизводительных операций

подготовки, обработки и отделки поверхности формного цилиндра. Перспективным является разработка и внедрение гибких форм, которые в какой-то степени позволили бы решить эту проблему.

6.3. Лазеры в полиграфии. Способы формирования изображения на формных материалах лазерным излучением

Одним из кардинальных решений проблемы комплексной механизации и автоматизации формных процессов является применение автоматизированных систем прямого преобразования текст-иллюстрационной информации в изображение на материале печатной формы (или непосредственно на запечатываемом материале).

Разработка лазерных методов обработки материалов позволила использовать их в полиграфии. Выпускается большое количество лазерных систем для факсимильной передачи изображения, набора, обработки черно-белых и цветных изображений, для электронной верстки, для изготовления форм высокой, глубокой и офсетной печати.

Первоначальное свое применение лазеры нашли в цветоделителях-цветокорректорах: они оказались наиболее удобными осветителями для электронного растривания, фокусирования луча и управления им.

Создание мощных лазеров позволило использовать световой луч в качестве резца. Электронно-механическое гравирование хотя и позволяет автоматизировать изготовление печатных форм, но из-за инерционности гравирующих головок с резцами не дает возможности использовать высокие скорости гравирования формы и высокую разрешающую способность при воспроизведении оригинала. Имеются ограничения и в использовании формного материала. Световой луч-резец, напротив, обладает высоким быстродействием, практической безынерционностью и обеспечивает высокую разрешающую способность. Лучом лазера можно обрабатывать различные материалы, легко проводить градационную корректуру при помощи электронно-вычислительных устройств и централизованно управлять изготовлением форм на больших расстояниях.

Создано большое количество лазеров, отличающихся используемой активной средой, рабочей длиной волны (излучения видимого, инфракрасного и ультрафиолетового диапазонов), мощностью излучения, конструктивным исполнением и другими параметрами. Обычно лазеры разделяют на газовые, твердотельные, полупроводниковые, жидкостные (рис. 6.14). Для полиграфии наибольший интерес представляют газовые и твердотельные лазеры. Благодаря пространственно-временной когерентности лазерное излучение может быть сконцентрировано в виде узких световых пучков диаметром в несколько ангстрем. Это позволяет достигать колоссальной плотности энергии — около $10^{10} - 10^{12}$ Вт/см². Так, например, рубиновые лазеры могут развивать мощность в импульсе до десятков мегаватт, а частота вспышек не превышает десятков герц.

В качестве активного вещества в лазерах, работающих в непрерывном режиме излучения, используют в основном различные смеси газов.

На рис. 6.15 приведена схема одного из применяемых в полиграфии

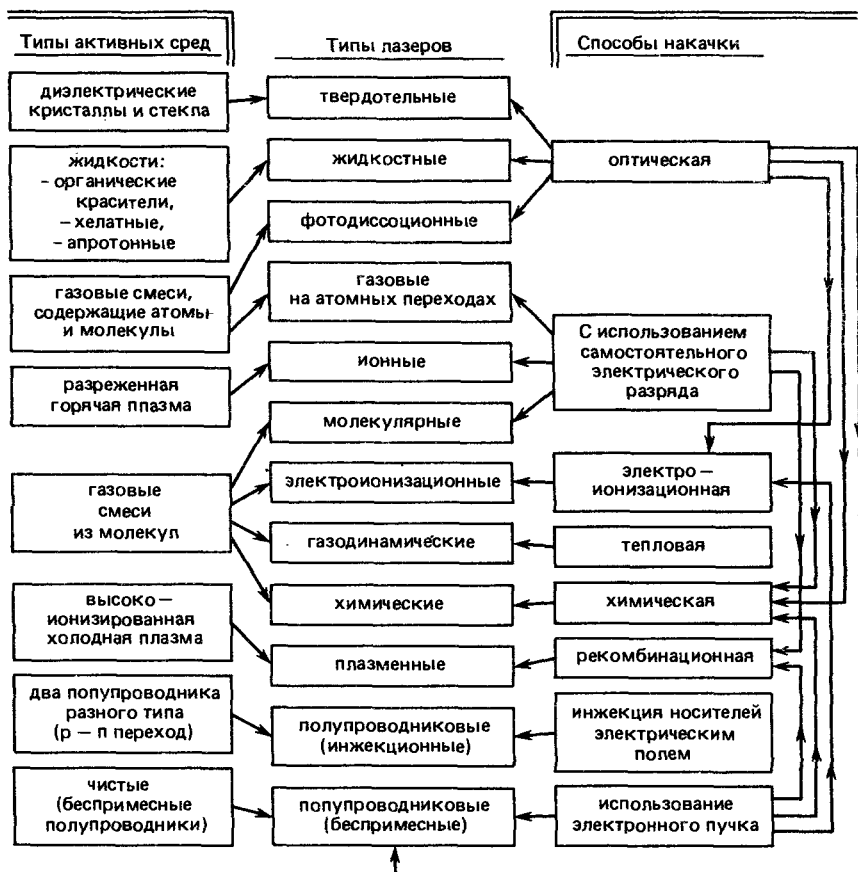


Рис. 6.14. Классификация лазеров

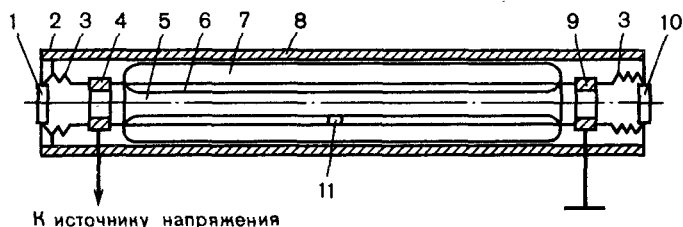


Рис. 6.15. Схематическое изображение конструкции CO_2 -лазера в отпаивном варианте: 1—полностью отражающее зеркало; 2—изолятор; 3—сильфоны; 4—анод; 5—газоразрядный канал; 6—рубашка охлаждения газоразрядного канала; 7—резервный объем газовой смеси; 8—жесткая арматура оптического резонатора; 9—катод; 10—полупрозрачное зеркало; 11—канал, соединяющий разрядный объем с резервным

газовых лазеров на углекислом газе (CO_2 -лазер). Он включает газоразрядную трубку, образованную тремя соосными стеклянными трубками различных диаметров. Внутренняя трубка ограничивает осевой газоразрядный канал 5, окруженный рубашкой водяного охлаждения 6. Наружная стеклянная трубка образует резервный объем 7, соединенный с газоразрядным каналом 11 через отверстие. Газоразрядная трубка заполняется смесью газов, куда входят рабочий газ CO_2 и два буферных газа — азот и гелий. Оба этих газа позволяют получить значительно большие уровни мощности и высокий к. п. д. Газоразрядная плазма образуется и поддерживается в газоразрядном канале с помощью источников постоянного тока, подключенного к электроду 4. Второй электрод 9 обычно заземляется. Такой лазер генерирует излучение с длиной волны 10,6 мкм со сравнительно высоким для лазеров к. п. д. (до 10%) и может развивать мощность до сотен ватт в непрерывном режиме. Резонансная система образуется двумя отражающими поверхностями 1 и 10 и характеризуется тем, что электромагнитное поле в них локализуется вдоль оси резонатора с самоограниченным небольшим поперечным сечением. Оптический резонатор komponуется с газоразрядной трубкой таким образом, чтобы объем, занимаемый электромагнитным полем, совпадал с объемом газоразрядной плазмы. Это обеспечивает максимальную эффективность преобразования энергии. Свойства оптического резонатора определяют характеристики лазерного луча: его диаметр, расходимость, направление распространения и стабильность этих параметров. Стабильность параметров лазерного луча определяется также свойствами источника накачки. Ток разряда должен иметь минимальные импульсы и не зависеть от изменения напряжения питающей сети.

Газовые лазеры обеспечивают генерацию в широком диапазоне, начиная с ультрафиолетового до далекой инфракрасной области спектра (примерно от 0,266 до 10,6 мкм).

Применительно к полиграфии газовые лазеры можно разделить на три группы: газовые ультрафиолетового излучения, видимого диапазона и инфракрасные. Из ультрафиолетовых лазеров можно использовать молекулярный лазер на азоте ($\lambda = 0,3371$ мкм), а также ионный кадмиевый лазер ($\lambda = 0,3250$ мкм). В качестве лазеров видимого диапазона применяют ионный аргоновый и атомарный гелий-неоновый. Аргоновый лазер работает в синезеленой области спектра. Сочетание коротких длин волн с большими уровнями мощности позволяет использовать этот лазер для изготовления печатных форм. Гелий-неоновый лазер наиболее широко используется для работы в красной области спектра. Из инфракрасных лазеров наибольшее применение находит молекулярный лазер на CO_2 (λ — около 10 мкм). CO_2 -лазеры различны по конструкции, назначению и характеристикам. При непрерывном излучении они позволяют получать мощность около сотен киловатт, а в импульсном режиме — до десятков мегаватт. В полиграфии наиболее удобны в эксплуатации так называемые автономные или отпаянные лазеры — более компактные и простые в эксплуатации. Отечественной промышленностью выпускается большое число лазеров, которые могут быть использованы в полиграфии. Это лазеры марки ЛГИ, ЛГ, ОКГ, ЛТИ и др. Наряду с CO_2 -лазером в полиграфии применяют гелий-неоновый, аргоновый

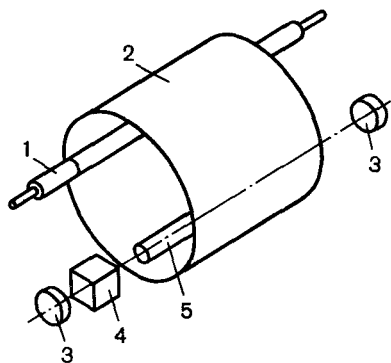


Рис. 6.16. Схема твердотельного лазера с эллиптическим отражателем: 1—лампа накачки; 2—рефлектор; 3—зеркало оптического резонатора; 4—активный элемент; 5—элемент управления лазерным излучением

лазеры и некоторые другие, в зависимости от вида технологии, формного материала и способа печати.

Твердотельные лазеры отличаются от газовых только характером накачки. В качестве активного вещества в них, например, используется рубин, стекло с примесью неодима и иттрий-алюминиевый гранат с примесью неодима. Твердое активное вещество возбуждается источником оптического излучения — газонаполненными лампами накачки, например ксеноновыми лампами.

Излучатель твердотельного лазера схематически показан на рис. 6.16. Лампа накачки 1, выполненная в виде тонких цилиндров, и активный элемент 4 помещены в замкнутый рефлектор 2 для более эффективного использования энергии ламп накачки. Лампа накачки и активный элемент располагаются в фокусах замкнутого рефлектора, что обеспечивает максимальную концентрацию световой энергии, излучаемой лампой накачки в толщине активного вещества. Для упрощения конструкции в качестве зеркал оптического резонатора используют торцы активного элемента, которые соответствующим образом обрабатывают до требуемого значения коэффициента отражения. Для обеспечения специальных свойств лазерного излучения могут быть установлены внешние зеркала 3 и управляющие элементы 5.

Твердотельные лазеры используются преимущественно в импульсном режиме. Лазеры с иттрий-алюминиевым гранатом способны работать также и в непрерывном режиме.

В системах записи изображения, работающих по принципу последовательного формирования знаков (например, в наборных машинах), целесообразно применять импульсные лазеры. Для этого необходимо обеспечить частоту повторения импульсов лазера и частоту включения и выключения механизма формирования знаков. При записи полноформатной формы частота повторения импульсов лазерного излучения должна быть не менее 1,5 — 2 МГц, так как при меньшей частоте штрихи на формном материале будут иметь разрывы, искажающие изображение. Импульсные лазеры практически не обеспечивают такой высокой частоты повторения

импульсов, поэтому для факсимильной записи изображения целесообразнее использовать лазеры, работающие в непрерывном режиме.

Как известно, высокая мощность лазерного луча достаточна для расплавления и испарения любых материалов. В сочетании с кратковременностью нагрева, малой площадью воздействия, независимостью нагрева от механических свойств материала простота управления световой энергией дает широкие возможности применения мощных лазеров для обработки как металлического, так и неметаллического формных материалов.

При воздействии на материал лазерного излучения могут происходить процессы двух типов — тепловые и фотохимические. Для полиграфии представляют интерес оба эти типа. Развитие тех или иных процессов зависит от интенсивности излучения, природы облучаемого вещества, рабочей длины волны излучения, длительности и частоты повторения импульсов и некоторых других параметров (например, диаметр луча). Воздействие лазерного луча на сильно поглощающие материалы хорошо описывается тепловой моделью. При падении лазерного луча на поверхность он частично отражается и частично поглощается, нагревая материал.

Процесс обработки формного материала лазерным излучением включает следующие стадии: нагрев материала, плавление, испарение (или возгонка), разрушение материала с выбросом образующихся продуктов, охлаждение. При рассмотрении всего процесса в динамике происходит следующее. Когда плотность возрастает до значений около 10^5 Вт/см², начинается плавление материала. По мере поступления лучистой энергии граница между жидкой и твердой фазами (поверхность расплава) постепенно перемещается в глубь материала (рис. 6.17, а). При этом площадь поверхности расплава увеличивается, теплота начинает более интенсивно отводиться в глубинные слои за счет теплопроводности, в результате устанавливается стационарная поверхность расплава.

При повышении мощности лучистой энергии, падающей на поверхность материала, до 10^6 — 10^7 Вт/см² наряду с плавлением будет происходить интенсивное испарение (кипение) материала. Часть вещества перейдет в парообразное состояние, в результате чего на поверхности материала образуется лунка, а затем и отверстие (рис. 6.17, б).

При повышении плотности лучистой энергии до 10^9 Вт/см² начинается эффективная ионизация светом паров вещества, что ведет к образованию высокотемпературной плазмы. Возникшая плазма начинает преграждать излучению доступ к поверхности материала (рис. 6.17, в), интенсивно поглощая это излучение. В связи с этим не следует допускать образования плазмы и доводить мощность лазерного излучения до критического значения.

Используя оптическую систему фокусировки, можно сфокусировать лазерный луч в световое пятно на поверхности материала диаметром 10 мкм (диаметр точек при линиатуре раstra 70 лин/см составляет от 20 до 110 мкм). Это позволяет достичь весьма высокой плотности световой энергии на очень маленьком участке поверхности. Например, выходная мощность непрерывно генерирующего лазера составляет 1 кВт. При фокусировке светового пятна диаметром 100 мкм получим плотность световой энергии (в пределах пятна), равную 10^7 Вт/см². Необходимо при этом принимать во внимание кон-

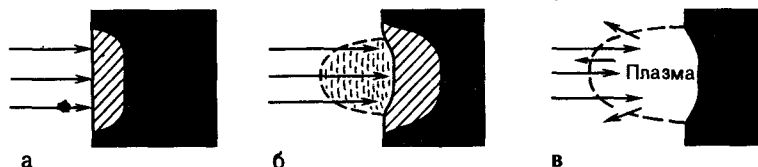


Рис. 6.17. Схема воздействия мощного лазерного излучения на вещество при увеличении плотности световой энергии: а—вещество плавится; б—вещество плавится и интенсивно испаряется; в—образуется плазма, преграждающая доступ излучению к поверхности вещества

центрацию энергии во времени. Этой концентрацией можно управлять, изменяя длительность одиночных световых импульсов (для импульсных лазеров), или частоту следования импульсов в импульсной последовательности, или скорость протяжки материала. Например, плотность световой мощности достаточно высока для того, чтобы происходило не только плавление, но и интенсивное испарение материала. При этом излучение представляет собой одиночные импульсы длительностью около $10^{-7} - 10^{-8}$ с. В этом случае в материале поглощается большое количество лучистой энергии за очень малое время. Поверхность расплава за это время не успевает переместиться в более глубокие слои материала и в результате еще до того, как будет расплавлена сколь-либо заметная масса вещества, уже начнется интенсивное его испарение. В этих условиях основная часть поглощаемой веществом световой энергии будет расходоваться не на плавление, а на испарение.

Большое значение имеют также спектральные характеристики излучения, поскольку от длины волны зависит доля световой энергии, отражаемой поверхностью материала. При этом надо учитывать, что более коротковолновое излучение можно сфокусировать в пятно меньшего диаметра.

Таким образом, динамика образования ячеек при взаимодействии сфокусированного луча лазера с материалом, а значит, и скорость получения печатающих и пробельных элементов существенно зависят от длительности воздействия, частоты импульсов, плотности энергии, приложенной к поверхности обрабатываемой формы, теплофизических параметров материала, отражающей его способности, спектральной характеристики излучения и некоторых других параметров.

Физико-химический механизм воздействия лазерного излучения на материал заключается в следующем. Воздействие лазерного излучения на металлы и неметаллы различно. В металлах кванты излучения поглощаются в основном электронами проводимости, которые отдают воспринятую энергию кристаллической решетке, увеличивая тепловую энергию колебаний атомов решетки. Характерное время релаксации этого процесса — $10^{-10} - 10^{-11}$ с. Процесс протекает в слое толщиной $10^{-5} - 10^{-6}$ см, соответствующей глубине проникновения излучения в металл.

В неметаллических материалах механизмы поглощения излучения более разнообразны. Здесь может происходить фотоэмиссия электронов с последующей передачей им энергии излучения и последующего нагрева, ана-

логично процессам, происходящим в металле. Может происходить и непосредственное взаимодействие квантов со структурными элементами материалов. В прозрачных материалах существенную роль могут играть различные центры поглощения (пузырьки газов, микротрещины, скопление примесей и т. п.).

Повышение температуры материала в результате поглощения лазерного излучения может сопровождаться изменением его оптических и теплофизических свойств, а также фазовыми переходами. В ряде случаев при нагревании могут активизироваться диффузионные процессы в твердом теле и некоторые химические реакции на его поверхности и в приповерхностных слоях. Дальнейший подвод энергии вызывает разрушение материала, которое, как правило, сопровождается испарением. Возможны и другие механизмы термического разрушения, например, возгонка, растрескивание хрупких материалов, воспламенение и горение, термическое разложение и т. п.

Если интенсивность излучения невелика и свет поглощают частицы, способные к химическому превращению, проходит фотохимический процесс. Но при этом важно, чтобы время, за которое происходит возможная химическая реакция, было намного меньше времени перехода поглощенной энергии в тепловую. По своему характеру фотохимические реакции, инициирование лазерным излучением могут существенно отличаться от аналогичных процессов, происходящих под действием обычных источников излучения. В первую очередь это касается скоростей реакций и степени превращения исходных реагентов. Наибольший интерес для полиграфической технологии представляет область использования фотохимического действия лазерного излучения как реакции деструкции и фотополимеризации.

При изготовлении печатных форм применяют несколько вариантов лазерного излучения: 1) испарение или возгонка — при изготовлении форм высокой и глубокой печати путем прямого воздействия на формный материал с получением рельефного изображения, минуя стадии фотографирования и копирования; 2) испарение тонких слоев материала при получении полиметаллических офсетных форм; 3) испарение копируемого слоя с последующей обработкой форм офсетной высокой печати; 4) фотохимическое воздействие на копируемый слой с полимеризацией или деструкцией полимера и изменения его физико-химических свойств, например, за счет изменения адгезионно-когезионных свойств поверхности; 5) осаждение слоев с заданными свойствами на поверхность формного материала.)

6.4. Возможные технологические схемы изготовления печатных форм с помощью лазерного излучения

Одним из способов изготовления форм высокой печати является абляция* материала с образованием рельефа. Возможны варианты применения монометаллической пластины (например, цинковой) и двухслойной, состоящей

* Абляция (от позднелатинского *ablatio* — отнятие) — унос вещества с поверхности твердого тела потоком горячего газа.



Рис. 6.18. Схема элемента, полученного в пластмассе с помощью лазерного излучения

из верхнего металлического слоя и нижнего пластмассового. В первом случае, например, для достижения глубины пробелов — 400 мкм, линейной скорости обработки — 54 м/с, линииатуры — 300 лин/см и диаметра лазерного луча 40 мкм каждая точка поверхности формного материала должна быть обработана лучом в течение $0,74 \cdot 10^{-6}$ с, т. е. скорость испарения должна равняться $5,4 \cdot 10^4$ см/с. Для этого требуется плотность энергии $6 \cdot 10^9$ Вт/см². Для выполнения этих режимов необходимо использовать лазерное облучение мощностью 75 кВт в непрерывном режиме. Реализация такого варианта изготовления форм представляет большие трудности, так как испарение металла или пластмассы сопровождается образованием наплывов по краям элементов и разбрызгиванием капель расплава, что требует дополнительной механической обработки поверхности (рис. 6.18).

Более экономичен и реализуем вариант с применением многослойного формного материала, например Лазер-Плате. Он состоит из алюминиевой основы толщиной 0,254 мм, двух полимерных слоев из нитроцеллюлозы и полиметилметакрилата общей толщиной 0,508 мм и верхнего слоя меди толщиной 6,5 — 8 мкм. Общая толщина формной пластины — 0,762 мм. Изготовление формы проводят в два этапа. Вначале модулируемое излучение аргонового лазера воздействует на медный слой формной пластины. Медь поглощает излучение, и энергия лазера преобразуется в тепло, что приводит к удалению меди с пробельных участков формы в соответствии с оригиналом. Пластмассовый слой обладает высокой устойчивостью к излучению аргонового лазера и не подвергается его воздействию. Скорость перемещения оригинала и пластины при сканировании составляет примерно 30 см/мин, что соответствует времени записи газетной полосы (2 мин). Одновременно информация о записи изображения обрабатывается в цифровом виде ЭВМ, которая управляет СО₂-лазером. На втором этапе формную пластину переносят в секцию абляции пластмассы, в которой с помощью СО₂-лазера мощностью 350 Вт выжигают рельеф в пластмассе, свободной от слоя меди (пробельные элементы). Обладая высокой устойчивостью к спектру излучения СО₂-лазера, медь остается на форме неповрежденной. Время образования пробелов в пластмассе — около 4 мин, глубина больших открытых пробелов достигает 500 мкм. Форма не требует дополнительной обработки. Общее время изготовления формы — 6 мин, а каждой последующей — 4 мин, поскольку операция сканирования и операция выжигания пластмассы выполняются параллельно: пока идет сканирование другого оригинала и его запись, ЭВМ одновременно управляет СО₂-лазером для выжигания пластмассы на второй секции.

Недостатками способа и системы Лазер-Граф являются применение специального многослойного материала и высокая энергоемкость системы.

Более прост и практичен процесс лазерного гравирования печатных форм на пластмассах. Теплопроводность этих материалов примерно на два порядка ниже теплопроводности металлов. При обработке пластмасс лазерным лучом практически вся энергия расходуется только на нагрев выжигаемой части материала. Некоторые же виды пластмасс, такие как целлулоид, локально возгораются под действием лазерного излучения без образования жидкой фазы. Это устраняет наплывы и бортики вокруг печатающих элементов, что обеспечивает качественное получение печатных форм.

В Московском полиграфическом институте разработана лазерная гравировальная установка ЛГУ для изготовления растровых клише. В качестве источника излучения используется CO_2 -лазер типа ЛГ-43. Установка ЛГУ практически выполняет функции электронного гравировального автомата с более высокой (в 3—6 раз) производительностью. Основными элементами установки являются: оригиналодержатель, фото- и синтезирующие головки, механизм линиатуры, устройство масштабирования, лазер непрерывного действия, колимлирующая система, электрооптический модулятор, оптическая система и формодержатель. Масштаб изменяют ступенчато путем установки сменных цилиндров. Клише, полученные на ЛГУ, выдерживают тираж около 120 тыс. отт. Качество получаемых растровых элементов — высоко, оно не требует дополнительной обработки. Однако установка ЛГУ может изготавливать лишь отдельные клише и не предназначена для получения полноформатных тексто-иллюстрационных форм. Скорость гравирования низкая — около 1 м/с. При этом энергия лазерного излучения достаточна лишь для образования пробелов небольшой глубины на растровых клише (до 70 мкм). Установка ЛГУ может быть использована и для получения офсетных печатных форм, негативов и диалозитивов.

Для изготовления форм офсетной плоской печати отечественным машиностроением (ЦНИИ «Электроника») разработан лазерный гравировальный автомат ЛГА. Источником излучения в нем служит инфракрасный лазер на CO_2 . На рис. 6.19 приведена структурная схема ЛГА. Установка включает систему развертки, состоящую из трех цилиндров. От привода 1 вращается формный цилиндр 2, на котором крепится формный материал. Он представляет собой металлические, бумажные или пластмассовые пластины, покрытые тонкой олеофобной пленкой. Лазерное излучение фокусируется на поверхность формной пластины объективом 3.

Каретка с лазерным объективом перемещается с помощью шагового двигателя 4, управляемого электронным блоком 5. В установке использован серийный одномодовый лазер 6 на CO_2 типа ЛГ-25Б, обеспечивающий линейную поляризацию излучения. Мощность лазерного излучения — около 30 Вт. Работает лазер в непрерывном режиме. С помощью металлического поворотного зеркала 7 излучение лазера направляется на электрооптический модулятор 8 и далее на объектив. Питание лазера осуществляется от стабилизированного источника тока 9.

На одной оси с формным цилиндром 2 укреплен цилиндр 10, на котором с помощью вакуумной системы крепится монтаж текстовых, штриховых и тоновых изображений. При вращении цилиндров оригинал построочно считывается оптико-электронным устройством 11, перемещаемым

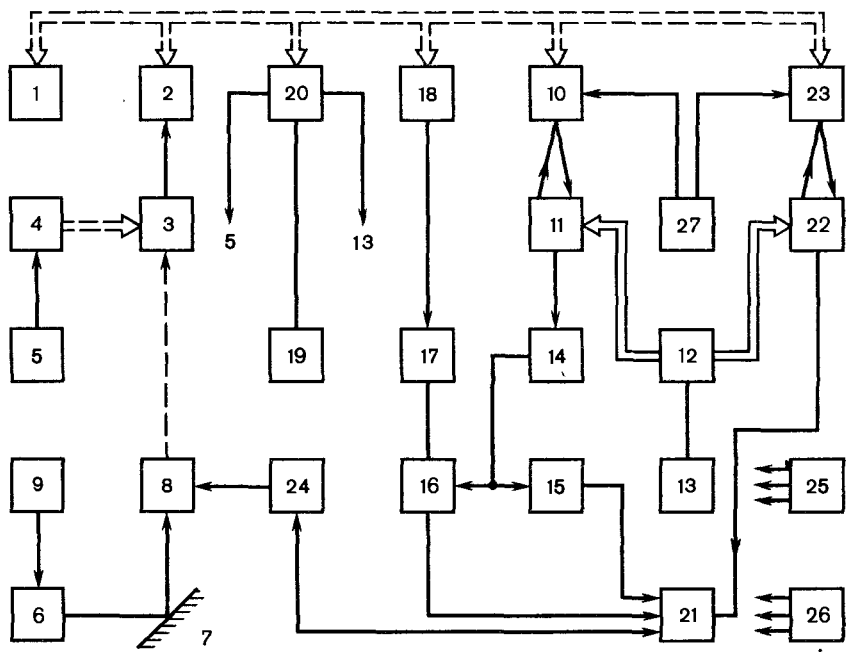


Рис. 6.19. Структурная схема лазерного автомата ЛГА: 1—привод; 2—формный цилиндр; 3—лазерный объектив; 4—шаговый двигатель; 5—электронный блок; 6—лазер на CO_2 ; 7—поворотное зеркало; 8—электрооптический модулятор; 9—источник тока; 10—оригиналодержатель; 11—считывающее оптико-электронное устройство; 12—шаговый двигатель; 13—управляемый блок; 14—корректор; 16—23—блоки преобразования аналогового сигнала с программным управлением

вдоль цилиндра другим шаговым двигателем 12, управляемым своим блоком 13. Считывающее устройство вырабатывает аналоговый сигнал, несущий информацию об изменении оптической плотности оригинала вдоль строк считывания. Этот сигнал поступает на корректор 14, а далее разветвляется на два канала — штриховой и растровый. Входящие в структурную схему блоки 16—23 составляют электронную систему преобразования аналогового сигнала с программным управлением.

Эта система вырабатывает синхронизированную последовательность электрических сигналов оригиналов, имеющих координатно-временную привязку к поверхности обрабатываемого формного материала. Благодаря этому обеспечивается образование регулярной растровой структуры заданной линиатуры. Электронная система обеспечивает также управление шаговыми двигателями в соответствии с заданной линиатурой и автоматическое переключение каналов прохождения аналогового сигнала со штрихового на растровый, в зависимости от того, какая часть монтажа считывается в данный момент — штриховая или тоновая.

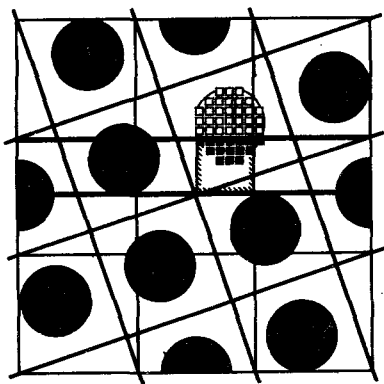


Рис. 6.20. Схема формирования растровых точек в лазерном растрирующем устройстве

При записи тоновых изображений автоматически включается растровый канал, с помощью которого образуются растровые элементы. Растровый элемент образуется несколькими подэлементами (рис. 6.20), размер которых непрерывно управляется системой считывания в соответствии с изменением оптической плотности оригинала в считываемой в данный момент точке изображения.

В ЛГА заложена возможность программированного изменения чувствительности схемы выработки растровых импульсов, что позволяет реализовать различную форму растровых элементов — треугольную, круглую, трапециевидную и т. п. Имеется также возможность считывать и записывать как позитивные, так и негативные изображения и их комбинации.

При расчете процесса лазерного гравирования офсетных форм следует учитывать ряд следующих величин: $\xi_0 S$ — энергия, необходимая для гравирования одного растрового элемента; для n элементов требуется энергия $\xi_0 S n$. Эту энергию нужно получить от лазера за время t . С учетом того, что не вся энергия излучения расходуется на разрушение и удаление вещества, получим

$$W(1 - \rho)t = \xi_0 S n, \quad (6.13)$$

тогда

$$v = \frac{n}{t} = \frac{W(1 - \rho)}{\xi_0 S}, \quad (6.14)$$

$$W = \frac{v \xi_0 S}{1 - \rho}, \quad (6.15)$$

где S — площадь элемента, м^2 ; ξ_0 — плотность энергии, $\text{Дж}/\text{м}^2$; v — скорость гравирования, раст. эл./с; W — мощность излучения, Вт; t — время, с; ρ — коэффициент отражения поверхности.

ЦНИИ «Электроника» и ВНИИ полиграфии разработали технологический процесс прямого изготовления офсетных форм для печати без увлажнения. На одном из цилиндров закрепляется монтаж штриховых и

тоновых изображений, а на другом — формная пластина, состоящая из гладкой алюминиевой фольги с лаковым бакелитовым подслоем, поглощающим излучение, и полисилоксановым антиадгезионным по отношению к печатной краске покрытием. Под действием лазерного луча испаряется полимерный слой на участках соответствующих печатающих элементов. После записи и промывки продуктов возгонки получается готовая печатная форма. Продолжительность изготовления формы размером 370×450 мм составляет 20 мин.

Во ВНИИ полиграфии разработан лазерный способ изготовления монометаллических печатных форм на алюминии. В зависимости от природы верхнего слоя полимера могут быть осуществлены два способа формирования изображения: позитивный и негативный.

В первом случае под действием лазерного излучения полимер теряет способность растворяться в исходных растворителях, а во втором — разрушается и удаляется с формной поверхности. При негативном способе обработка формы после лазерного облучения заключается в гидрофиллизации пробелов и защите их коллоидом. При позитивном способе после облучения на форму наносят краску и проявляют изображение водой; гидрофиллизации и защиты пробельных элементов не требуется.

На ЛГА в случае использования пленок с окрашенными слоями возможно получать штриховые, тоновые и комбинированные негативы и диапозитивы.

За рубежом ряд фирм выпускает лазерные установки для изготовления офсетных форм. Они отличаются по конструкции, применению различных лазерных систем, производительностью и назначением. В некоторых из них предусмотрено подключение нескольких дополнительных записывающих секций для одновременного экспонирования нескольких копий с одного оригинала, автоматической линейной транспортировки и обработки экспонированных пластин, устройство для stapелирования готовых форм. Все операции изготовления форм выполняются автоматически. Модель Лазерит 100 F предназначена для децентрализованного изготовления форм. При изготовлении формы можно одновременно записывать информацию на магнитную ленту и в случае необходимости повторить запись на материале. Для более эффективного использования систем создаются специальные слои на основе фотоматериалов и диазосоединений, сенсibilизированных к области излучения лазера.

В полиграфической технологии нашел применение способ изготовления офсетных форм с использованием лазера и электрографических пластин (например, пластины Эльфазол фирмы «Кале»). В качестве электрографической пластины может быть использована зерненная и анодированная алюминиевая основа с нанесенным на нее органическим фотополупроводниковым слоем. Для записи изображения применяют аргоновый лазер с излучением в видимой зоне спектра. Технологический процесс включает следующие операции: зарядка электрографической пластины, лазерное облучение, проявление, термическое закрепление изображения, удаление фотополупроводникового слоя с пробелов, промывка, фиксирование, гуммирование и сушка формы.

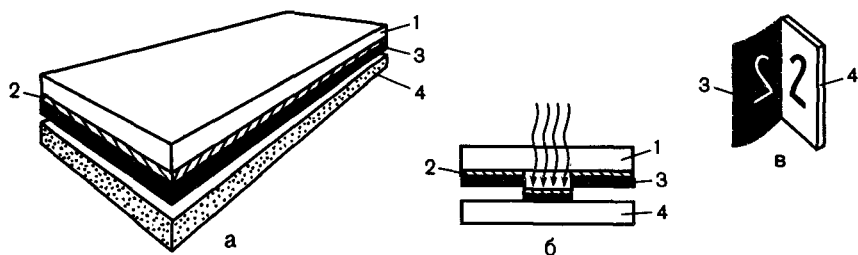


Рис. 6.21. Схема получения печатной формы с использованием пленки Лазер-маск: а—схема пленки Лазер-маск (1—прозрачная основа, 2—промежуточный слой, 3—слой, чувствительный к лазерному излучению, 4—алюминиевая пластина); б—воздействие лазерного излучения на пленку Лазер-маск; в—получение негатива и печатной формы

Одним из вариантов изготовления офсетных форм является способ, при котором под воздействием лазерного излучения копировальный слой изменяет свои поверхностные свойства и гидрофильный материал приобретает гидрофобность, и наоборот. В результате действия лазера могут изменяться длина и форма неорганических или органических полимерных цепей и образовываться дополнительные межмолекулярные связи, обуславливающие изменение физико-химических свойств поверхности, результатом чего является изменение смачиваемости.

Получение офсетных форм с применением лазерных систем может производиться путем осаждения полимерных слоев на формный материал. Так, например, в качестве полимерной пленки может быть использован материал Лазер-маск (рис. 6.21), состоящий из полимерной основы, покрытой олеофильным черным термочувствительным слоем. Пленка накладывается слоем вниз на анодированную алюминиевую пластину и вводится в записывающий блок, где с помощью вакуума пластина и пленка приводятся в контакт. При записи лазерный луч проходит через прозрачную для излучения основу к термочувствительному слою, который нагревается и переносится на алюминиевую пластину. Изображение, перенесенное на поверхность, подвергается термической и последующей гидрофилизации и гидрофобизации формы. Оставшуюся пленку с изображением используют в качестве негатива для последующего изготовления фотополимерных форм или офсетных форм традиционным способом.

6.5. Изготовление форм глубокой печати с помощью лазерного излучения

Глубокая печать при своем преимуществе передаче тонов изображения имеет основной недостаток — высокую себестоимость изготовления печатных форм по сравнению с изготовлением форм высокой и офсетной печати. Продолжительность изготовления форм глубокой печати может составлять несколько десятков часов. При больших тиражах приходится

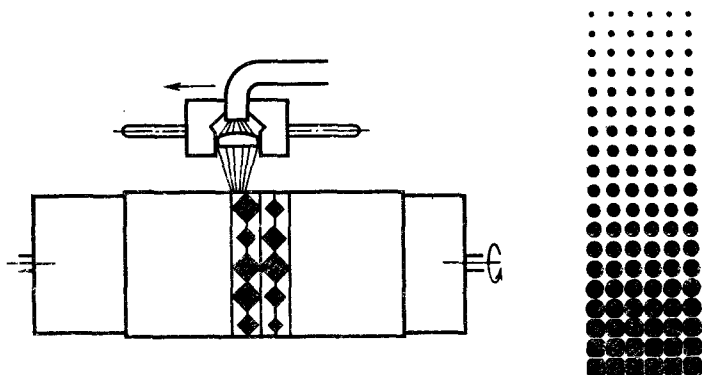


Рис. 6.22. Гравировочная система лазерного автомата для изготовления форм глубокой печати

изготавливать несколько комплектов цилиндров, и вопрос идентичности их при изготовлении встает остро даже при автоматическом машинном травлении.

Использование лазера для изготовления форм глубокой печати перспективно, оно позволит исключить некоторые механические и химические процессы, уменьшить многооперационность при изготовлении форм. Практическое применение могут иметь несколько вариантов: непосредственное удаление под действием лазерного излучения медного покрытия; предварительное растривание поверхности формного цилиндра с последующим заполнением ячеек специальной смолой и испарением ее под действием модулированного луча лазера; непосредственное лазерное гравирование пластмассового формного цилиндра с последующей металлизацией поверхности с целью повышения тиражеустойчивости формы.

При гравировании цилиндров глубокой печати лучом лазера оптическая плотность оригинала при развертке изображения с помощью анализирующего устройства преобразуется в электрические сигналы, которые управляют воздействием луча на формный цилиндр. В зависимости от интенсивности или продолжительности воздействия луча лазера на форме образуются различные по размерам и глубине ячейки в соответствии с оптической плотностью оригинала (рис. 6.22). При этом луч лазера фокусируется в пятно нужного размера, чтобы обеспечить соответствующую плотность энергии в световом пятне. Особенностью является то, что, применяя различные оптические системы, можно менять конусность в широких пределах как при настройке автомата, так и в процессе гравирования путем смещения фокальной плоскости относительно поверхности цилиндра. Интервал глубин с учетом площади ячеек достигается определенной дозировкой энергии излучения лазера, либо длительностью импульса излучения. Для получения необходимой дозировки энергии применяют амплитудный модулятор, который изменяет интенсивность и позволяет воспроизвести полную градиационную шкалу изображения. Минимальная интенсивность излучения лазера для прямой возгонки металла при проработке светов изображения должна

составлять не менее 10^6 Вт/см². Мощность излучения лазера при формировании ячейки раstra — 70 лин/см и размере ячейки 100×100 мкм должна составлять примерно 100 Вт. Расчет скорости гравирования и мощности излучения лазера может быть приведен при помощи формул, аналогичных формулам 6.14 и 6.15:

$$v = \frac{n}{t} = \frac{W(1-\rho)}{\varepsilon_0 P}; \quad (6.16)$$

$$W = \frac{v \varepsilon_0 S}{1-\rho}, \quad (6.17)$$

где P — средний объем ячейки; ε_0 — плотности энергии, Дж/м².

По способу системы Лазергравюр-700 формный цилиндр предварительно растрируется травлением или гравированием растровых ячеек на глубину, несколько превышающую требуемую для теней изображения (около 50 мкм). Затем в электростатическом поле производят набрызгивание на цилиндр эпоксидной смолы специального состава, устойчивой к растворителям печатных красок. Смолы подвергаются термическому отверждению, и избыток их сошлифовывают на шлифовально-полировальном станке до появления пробелов. На следующем этапе осуществляется лазерное гравирование, при котором смола, заполняющая ячейки, испаряется на требуемую глубину и площадь. Для этого используется высокомошный СО₂-лазер. Скорость вращения цилиндра — 1000 об/мин, а скорость перемещения оптической системы лазера в направлении образующей цилиндра — 75 мм/мин; время гравирования цилиндра с длиной образующей 1600 мм и длиной окружности 1200 мм составляет 33 мин.

Система Лазергравюр может работать в двух режимах. Более простой вариант предусматривает непосредственное соединение гравировальной машины с цветоделителем-цветокорректором. При втором варианте информация, поступающая с цветокорректора, предварительно записывается на магнитном диске, который используется для управления гравировальной секцией. Такой режим работы более экономичен, так как гравировальная секция может работать вне линии обработки оригиналов от накопителя магнитных дисков.

Современные цветоделители-цветокорректоры, такие как, например, Магнаскэн-550, позволяют записать информацию для всех четырех цветоделенных цилиндров, оборудуются дополнительными устройствами для автоматической верстки и визуального контроля цветового баланса.

По окончании гравирования получают пробные оттиски и проводят необходимую корректуру. Для повышения тиражестойкости цилиндры подвергают хромированию или никелированию. После печатания тиража удаляют никелевый или хромовый слой и эпоксидную смолу из ячеек. Затем цилиндр используется повторно (до 10 раз). При сошлифовывании меди с пробелов, при полировании ячейки повторно вытравливаются на требуемую глубину.

Преимуществом системы Лазергравюр-700 по сравнению с традиционным фотомеханическим способом изготовления форм глубокой печати является следующее: сокращение времени изготовления формных цилиндров; сни-

жение (до 50 %) расходов на изготовление печатных цилиндров; уменьшение расходов на фотопроцессы; улучшение качества печати за счет обеспечения постоянного объективного контроля за всем процессом изготовления форм; возможность обеспечения корректуры уже на стадии ввода оригинала; высокая степень автоматизации всего процесса. Недостатком способа является необходимость предварительного растривания поверхности формного цилиндра путем травления или гравирования растровых ячеек.

Другим способом изготовления форм глубокой печати при прямом воздействии лазерного луча на формную поверхность является применение пластмасс, обеспечивающих высокую тиражестойчивость форм. Специальная пластмасса, устойчивая к действию растворителей, отличается высокой износостойкостью, близкой к износостойкости хрома. Положительным является и то, что при ее выжигании не выделяются токсичные газы.

Для цилиндров большого формата используются листы пластмассы толщиной 2 мм, которые натягиваются на цилиндр; кромки листов на стыке свариваются. Под действием последующей термической обработки происходит усадка пластмассы и ее прочное сцепление с поверхностью формного цилиндра. После лазерного гравирования и печатания тиража пластмассовые покрытия снимают и надевают новое.

Для цилиндров малого формата используют готовые пластмассовые рукава. В первом случае в установке предусмотрен резец с алмазным накопечником, с помощью которого проводят механическую обработку рубашки, доводят ее до требуемой толщины и одновременно полируют поверхность, удаляя излишки материала на сварном стыке. Параллельно с механической обработкой лазер используют для гравировки изображения. Печатающие элементы на таком цилиндре имеют форму не традиционных ячеек, а непрерывных спиральных линий. Для повышения тиражестойкости формы медяты или хромируют. Если после первого гравирования на цилиндре остается достаточно толстый слой пластмассы, цилиндр может быть использован для получения новой формы. В этом случае резцом удаляют старое изображение, а старую рубашку снимают путем нагрева.

Лазерный способ изготовления форм офсетной, глубокой, флексографской печати весьма перспективен, достаточно прост и эффективен для создания автоматизированных систем скоростной переработки информации с выходом готовых печатных форм. Благодаря возможности соединения автоматов с лазерным излучением и с ЭВМ стало возможным при усовершенствовании систем скоростной переработки информации отказаться от применения систем считывания расклеечного оригинала-макета и перейти к системам с цифровым управлением. В этих системах вся информация о сверстанном издании, преобразованная с помощью цифрового кодирования, вводится в оперативную память компьютерных устройств и преобразуется в систему командных импульсов записывающего лазерного блока.

Анализируя эффективность лазерных способов изготовления печатных форм, можно отметить следующее. Поскольку при изготовлении форм высокой печати путем прямого воздействия лазерного излучения на металлы требуются лазерные установки большой мощности, то реализация такого варианта в ближайшее время не имеет практической перспективы.

Глава 7.

ФОРМЫ СПЕЦИАЛЬНЫХ СПОСОБОВ ПЕЧАТИ

7.1. Разновидности специальных способов печати и их общая характеристика

В настоящее время не существует научной классификации специальных способов печати; это понятие условное, без четко обоснованных критериев, отличающих его от классических (обычных) способов печати. В соответствии с ОСТ 29.112—86 специальные способы печати отличаются от классических либо составом краски, либо материалом печатной формы, либо технологией печатания. По сложившейся традиции к специальным способам печати относят:

1) классические способы печати (высокую прямую, плоскую офсетную, глубокую прямую), используемые для получения оттисков на нетрадиционных материалах, например на полимерных пленках, листах металлов, бумагах со специальной обработкой (с металлическим или полимерным покрытием) и т. д.;

2) способы печати, отличающиеся от классических методом переноса красочного слоя с печатной формы на запечатываемую поверхность: а) высокая офсетная печать, т. е. печатание с форм высокой печати офсетным способом с использованием упругоэластичной пластины; б) глубокая офсетная печать — печатание с форм глубокой печати офсетным способом с использованием упруго-эластичных материалов; в) электрические способы печати, основанные на переносе красочного изображения с форм классических способов печати на запечатываемый материал посредством электрических сил;

3) способы печати, отличающиеся от классических строением печатной формы: а) фототипная печать (прямой и косвенный способы), основанная на способности слоя хромированной желатины печатной формы терять набухаемость в воде и приобретать свойства восприятия печатной краски в зависимости от степени его светового дубления; б) плоская офсетная печать без увлажнения, основанная на применении форм плоской печати, пробельные элементы которых не воспринимают краску в процессе печатания и не требуют увлажнения; в) контактная плоская печать с эластичных форм, т. е. с таких форм, где гидрофильные пробельные и олеофильные печатающие элементы расположены на одной эластичной поверхности формного материала; г) флексографская печать — печатание с эластичных форм высокой печати маловязкими быстрозакрепляющимися красками; д) ферромагнитная печать, основанная на формировании скрытого магнитного изображения печатной формы и механического переноса с нее ферромагнитного красочного порошка на запечатываемый материал;

4) способы печати, отличающиеся от классических строением печатной формы и методом переноса красочного слоя с формы на запечатываемый материал: а) трафаретная (прямая и офсетная) печать — способ печати с

печатных форм, печатающие элементы которых пропускают через себя продавливаемую краску, а пробельные — ее задерживают; б) печать с голографических форм, основанная на проецировании с помощью лазера изображения отражающих голограмм на бумагу, покрытую порошкообразным красочным веществом. Оно фиксируется на бумаге под воздействием луча лазера, образуя изображение (незакрепленный порошок отсасывается с бумаги); в) лазерная печать, где информация поступает из компьютера в печатающее устройство, на барабане которого лазер формирует изображение, передаваемое тономером на бумагу, с последующим его тепловым закреплением;

б) способы печати без использования печатных форм, например струйные способы печати, основанные на формировании красочного изображения непосредственно на запечатываемой поверхности набрызгиванием краски из системы мельчайших сопел. При этом подача краски регулируется из отдельных сопел в соответствии с заданной программой от ЭВМ;

б) печатание специальной продукции с особыми свойствами или назначением: а) печать переводных изображений — получение красочных изображе-

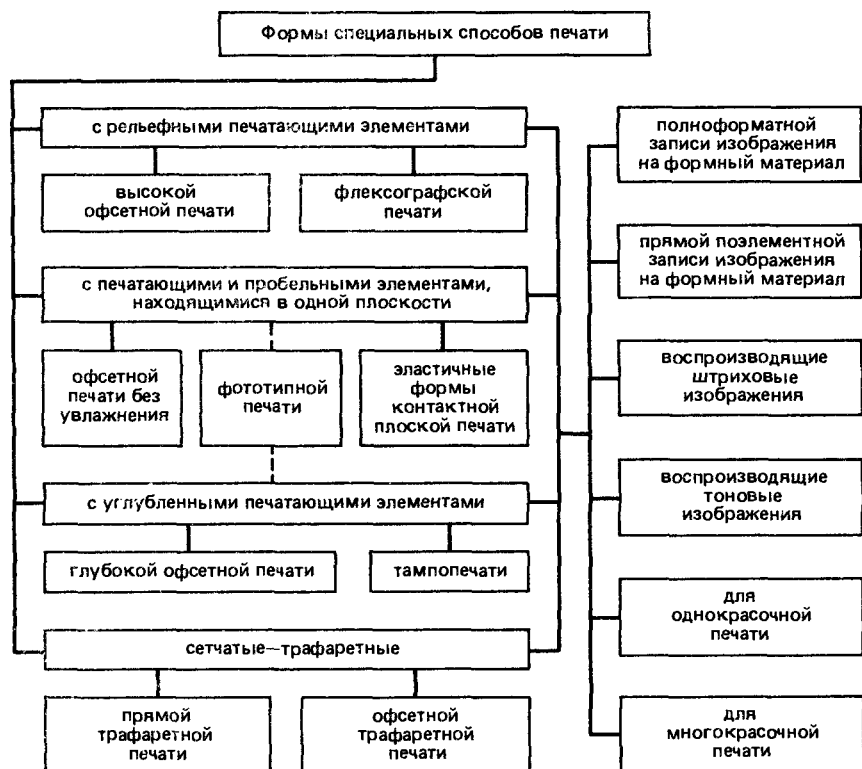


Рис. 7.1. Классификация форм специальных способов печати

ний на временной (бумажной или полимерной) подложке для последующего перевода (переноса) на другую поверхность и закрепления на ней; б) рельефно-точечная печать — получение оттисков посредством тиснения или трафаретной печати на бумаге или полимерных пленках с рельефно-точечными элементами, воспроизводящими текст по азбуке Брайля (Брайлевская печать); в) печать продукции со стереоскопическим эффектом — получение, например, способом плоской офсетной печати на оттиске определенным образом закодированных изображений с последующей припрессовкой к ним пленочных линзовых растров. При рассматривании изображения обоими глазами создается иллюзия объемного эффекта.

Специальные способы печати используются как для выпуска специальной печатной продукции (печатание на невпитывающих материалах, печатание плат в радиоэлектронике, переводных изображений, печатание на тканях и т. д.), так и для издательской продукции (наглядных пособий, плакатов, репродукций картин и даже газет и других изданий).

Каждый способ печати характеризуется своими технологическими особенностями и производственными возможностями, имеет свои сферы применения. Некоторые способы не получили в нашей стране широкого использования, например, электрофизические способы печати — электростатическая печать с классическими печатными форм, печать с голографических форм, — ферромагнитная печать, струйные способы печати; почти не используется плоская офсетная печать без увлажнения и контактная плоская печать с эластичных форм.

Для специальных способов печати применяются как обычные формы классических способов печати, так и формы, имеющие свои особенности (например, формы трафаретной печати). Однако во всех случаях печатные формы изготавливаются с учетом таких факторов, как способ переноса красочного слоя с формы и состава печатной краски, характер воспроизводимого изображения, вид запечатываемого материала, тип печатной машины, назначение и использование печатной продукции. На рис. 7.1 приведена классификация применяемых форм специальных способов печати.

7.2. Формы трафаретной печати.

Общие сведения

Формы трафаретной печати (рис. 7.2, а) в большинстве случаев представляют собой натянутую на прямоугольную раму гибкую сетку (рис. 7.3), на которой пробельными элементами служат участки, закрытые задубленным или запolyмеризованным копировальным слоем, а печатающими элементами — открытые участки сетки. В процессе печатания поверхность формы располагается на расстоянии 2—5 мм от поверхности запечатываемого материала. Ракель В (рис. 7.2), надавливая на сетку, прогибает ее и создает узкую полоску контакта с запечатываемым материалом, формируя на нем калиброванный по толщине красочный слой.

По мере перемещения полосы контакта запечатываемый материал отделяется от формы вместе с красочным слоем, вытекающим из ячеек сетки (рис. 7.2, г). Однако объем краски V_0 , перешедший из ячейки на

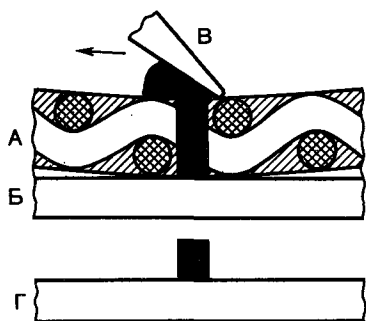


Рис. 7.2. Схема получения оттиска трафаретной печати: А—печатная форма; Б—запечатываемый материал; В—рапель; Г—оттиск

оттиск, всегда меньше калиброванного объема краски V_k , находящейся в ячейке. Таким образом, коэффициент переноса краски $K_n = \frac{V_o}{V_k}$ всегда меньше единицы. Он прежде всего зависит от свойств сетки и запечатываемого материала, а также от свойств краски и режимов печатания. С увеличением частоты сетки K_n уменьшается в среднем от 0,6 до 0,4.

Трафаретная печать применяется для запечатывания разнообразных листовых материалов различной толщины и микрогеометрии их поверхности (картона, бумаги, ткани, металла, пластмассы), а также получения изображений на готовых изделиях сложной конфигурации. Этот способ печати характеризуется относительной дешевизной и простотой изготовления печатных форм, а также получением благодаря большой (до 80—100 мкм) толщине красочного слоя ярких и насыщенных изображений. Формат запечатываемой продукции может достигать в отдельных случаях до 4×8 м. Но тиражеустойчивость печатных форм не превышает 40—50 тыс. отт., скорость печатания — не более 4,0—5,0 тыс. отт/ч, а разрешающая способность — не выше 40—50 лин/см.

Характеристика сеток. Технологические и репродукционно-графические характеристики трафаретных печатных форм во многом определяются видом и свойством сеток (рис. 7.3). В зависимости от материала сетки могут быть синтетическими (полиамидные, полиэфирные и т. д.) и металлическими (стальные, латунные, медные, из фосфористой бронзы). Они различаются также по виду нитей (например, моноволокно или скрученное волокно), количеству (плотности или частоте) нитей на 1 см (рис. 7.3), толщине сетки e , ширине ячейки a , коэффициенту живого сечения — относительной площади ячеек S и толщине (диаметру) нитей.

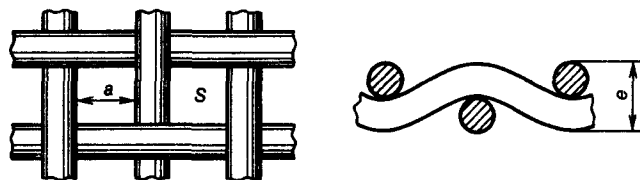


Рис. 7.3. Схематическое изображение фрагмента сетки: a — ширина ячейки; S — площадь ячейки; e — толщина нитей

С увеличением частоты сетки уменьшается ее коэффициент живого сечения, что приводит не только к уменьшению толщины красочного слоя, перешедшего на оттиск, но и его площади. Для выполнения функций формного материала сетки должны быть стойки к истиранию, действию растворителей печатных красок, а также обладать эластичностью, высокой механической прочностью и минимальной деформацией при растяжении, хорошей адгезией копировального слоя. Эти свойства сеток зависят от свойств используемых для них нитей. Например, полиамидные мононити должны обладать разрывной прочностью не менее 50 МН/м^2 , относительным удлинением при разрыве — 15—20 %, относительным остаточным удлинением — 7 %, водопоглощением (при 20—65 % относительной влажности) — не более 4,5 %, плотностью — $1,14 \text{ г/см}^3$.

В настоящее время получили широкое применение сетки полиамидных и полиэфирных мононитей. Последние более устойчивы на разрыв, к истиранию и щелочам, а также практически не поглощают влагу. Они выпускаются с частотой от 20 до 180 нит/см. Выбор частоты сетки осуществляется в зависимости от характера воспроизводимого изображения, типа запечатываемого материала и свойств печатных красок. Металлические сетки обладают высокой механической прочностью, устойчивостью к воде, кислотам и щелочам, относительно большой площадью ячеек (что обеспечивает хорошее прохождение краски при печатании), высокой сопротивляемостью к истиранию. Но стоимость их выше, чем полимерных сеток.

Натяжение сеток на формные рамы. Наибольшее применение в трафаретной печати получили тигельные и плоскочечатные машины, для которых используются прямоугольные печатные формы. Они могут изготавливаться прямым, косвенным и комбинированным способами. В первом случае изображение копируется с фотоформ непосредственно на сетку, во втором — на промежуточный светочувствительный материал с последующим переносом на сетку, а в третьем — изображение копируется как и в первом случае, но копировальный слой, который комбинируется из пленочного материала и копировального раствора.

Выбор сеток и их подготовка для всех способов производится одинаково. В зависимости от формата печатной машины и запечатываемого материала выбирается соответствующий формат сетки и формной рамы. Однако из-за необходимости преодоления рабочего зазора между сеткой и запечатываемым материалом изображение на сетке должно занимать не более 50 % ее площади.

Для натяжения сетки на раму служат механические или пневматические натяжные устройства. Формная рама должна быть достаточно жесткой и легкой для использования в работе. Она изготавливается из профиля алюминия или стали. Натяжение сетки должно обеспечить стабильность линейных размеров формы в процессе печатания. Степень натяжения сетки должна быть взаимосвязана с ее упругостью, вязкостью печатных красок, твердостью и усилием прижима ракеля при печатании.

Основное условие для натяжения сетки — не превышать предел текучести ее материала, при этом особое внимание обращается на одновременность и равномерность натяжения сетки (по утку и основе). Степень натяжения

сетки контролируется с большой точностью специальным прибором, состоящим из измерительной головки и индикаторного устройства. Края натянутой на раму сетки прочно закрепляются специальным двухкомпонентным клеем или с помощью зажимов.

7.3. Требования к оригиналам и фотоформам для трафаретной печати

Воспроизведение штриховых оригиналов. Трафаретным способом печати воспроизводятся в основном штриховые одно- и многоцветные оригиналы. Они должны удовлетворять прежде всего общим требованиям, как и для классических способов печати (см. ОСТ 29.106—85). Однако специфика способа печати с помощью сеток ограничивает точность воспроизведения штрихов. Поэтому их ширина на оригинале и расстояние между ними должны быть такими, чтобы на форме они были соответственно не менее 0,15 и 0,20 мм. При изготовлении прямым способом форм, воспроизводящих полиграфический шрифт, кегль его на оттиске должен быть не менее 8 п.

Формный процесс с использованием негативных копируемых слоев производится с диапозитивов. Штриховые диапозитивы должны удовлетворять в основном тем же требованиям, которые предъявляются к ним в классических способах печати. Но максимальная и минимальная оптические плотности их должны быть согласованы с типом копируемого слоя. Так, например, для слоя на основе ПВС — латекс максимальная оптическая плотность $D_{\max}$ должна быть не менее 1,5 и $D_{\min}$ — не более 0,2, а при использовании фотополимеризующихся слоев $D_{\max}$ — не менее 3,0 и $D_{\min}$ — не более 0,2.

Воспроизведение тоновых оригиналов. Тона в трафаретной печати можно воспроизводить как с помощью низко- и среднелинейатурных растров, так и без них. В последнем случае тональность передается путем последовательного печатания несколькими красками, близкими друг другу по оттенкам (например, светло-серый, серый, темно-серый и черный). Для этого с одноцветного оригинала изготавливают один тоновый диапозитив, с которого получают прямым способом несколько (4—6) печатных форм при различной величине экспозиции при копировании.

При самой малой экспозиции получают форму для наиболее светлых участков и, наоборот, при наибольшей — форму для самых глубоких теней. Печатание начинают с самой светлой краски. Каждая последующая краска перекрывает на определенных участках предыдущую, создавая постепенный переход от светлого к темному.

Такой принцип можно также использовать при воспроизведении многоцветных оригиналов. Для этого с оригинала изготавливают цветоделенные тоновые диапозитивы и с каждого диапозитива по указанной технологии изготавливают несколько печатных форм. Рассмотренный способ воспроизведения тоновых оригиналов дает хороший качественный эффект с большой градацией тонов. Однако этот способ трудоемок и неэкономичен.

При использовании растров, как и в классических способах печати, одноцветные оригиналы воспроизводят в одну краску, а многоцветные —

обычно в четыре (желтая, пурпурная, голубая и черная). Однако на конфигурацию растровых элементов и их устойчивость на печатной форме значительное влияние оказывает способ изготовления печатных форм и частота сетки. Последняя сильно ограничивает линиатуру применяемых растров. В связи с этим тоновые оригиналы для трафаретной печати должны быть яркими, не перегруженными мелкими деталями. Оптическая плотность цветных диапозитивов не должна превышать 2,4.

Экспериментально установлено, что линиатура растра должна быть по крайней мере в 3—4 раза ниже частоты сетки. Например, при применении линиатуры растра 30 лин/см частота используемой для печатной формы сетки должна быть не ниже 110—120 нит/см. В связи с этим для трафаретной печати используются растры от 12 до 30 лин/см.

Наилучшая градационная передача изображения достигается формами, изготовленными косвенным способом. Однако в этом случае происходит повышение контраста в средних и темных тонах и понижение его в светах. Эти искажения необходимо учитывать при определении градационных требований к растровым диапозитивам, используемым для копирования. При применении низколиниатурных растров относительная площадь растровых элементов на диапозитиве в светах должна быть не менее 10—15%, а в тенях не более 80—85%.

При изготовлении растровых диапозитивов для многокрасочной печати необходимо учитывать, что из-за большой толщины красочного слоя на оттиске (более 15—20 мкм) и значительной кроющей способности печатных красок получение цветных тонов происходит за счет пространственного синтеза. Для уменьшения появления муарных структур на оттисках рекомендуются иные углы поворота растра относительно нитей сетки, чем в классических способах печати, а именно: для желтой краски — 7°, голубой — 22°, пурпурной — 52° и черной — 82°. Кроме того, должно обеспечиваться одинаковое натяжение сетки для каждой из четырех рам и идентичность режима технологического процесса для всех четырех печатных форм.

7.4. Изготовление форм трафаретной печати

Прямой фотохимический способ изготовления печатных форм. Сущность прямого способа заключается в экспонировании копировального слоя, находящегося на сетке, через диапозитив (или монтаж диапозитивов) и последующей обработке копии (в большинстве случаев проявлении и сушке). Оставшийся на сетке копировальный слой выполняет функцию пробельных элементов печатной формы. В связи с этим к копировальным слоям предъявляются дополнительные требования.

Копировальный слой должен обладать достаточной адгезией к нитям сетки, стойкостью к механическим и физико-химическим воздействиям после экспонирования и обработки. Так, например, степень набухания копировального слоя в растворителях печатной краски не должна превышать 8—10%, при этом усилие отслаивания слоя от нитей должна быть не менее 0,2 Н. Кроме того, слои должны изготавливаться из недефицитных

и нетоксичных материалов, серийно выпускаемых промышленностью, проявляться в воде или других нетоксичных дешевых растворителях.

Из большого многообразия предложенных копировальных слоев для прямого способа изготовления трафаретных печатных форм нашли применение:

а) слои на основе поливинилового спирта (ПВС) с введением латекса для повышения tiraжестойкости (состав: раствор ПВС, латекс, краситель, двухромовокислый аммоний). Эти слои характеризуются простотой копировального процесса, низкой стоимостью, водным проявлением копии. Но они обладают темновым дублением, усадкой при сушке, низким сроком сохранности, а также нестабильной светочувствительностью;

б) фотополимеризующиеся копировальные слои на основе различных модификаций полиамидов или водорастворимых сополиамидов или же на основе ненасыщенных уретановых олигомеров. Эти слои обладают стабильностью и продолжительностью срока службы композиций, способностью к высокой степени фотополимеризации, хорошими репродукционно-графическими и физико-механическими показателями. Кроме твердых фотополимеризующихся материалов могут применяться и жидкие, например, на основе олигоэфиракрилатов (но они менее удобны для изготовления печатных форм).

Нанесение копировального раствора на сетки, натянутые на формные рамы, производится в специальных устройствах, работающих по принципу смачивания обеих сторон сетки копировальным раствором. Перед нанесением раствора для лучшей адгезии слоя к сетке последняя обрабатывается обезжиривающим раствором (например, моющими средствами типа «Лотос»). Высушивают копировальный слой в сушильном шкафу при горизонтальном расположении сетки.

Характер расположения слоя на сетке зависит от многих факторов, в том числе от частоты сетки, режима нанесения раствора и его физико-химических и физико-механических свойств. Для получения наибольшей графической точности воспроизведения изображения слой должен покрывать поверхность сетки на 10—12 мкм, сглаживая ее (рис. 7.4, А). Такая гладкая рабочая поверхность обеспечивает хороший контакт копировального слоя с фотоформой при экспонировании, а при печатании — с запечатываемым материалом. Однако получение такой ровной поверхности не всегда возможно, и слой 2 (рис. 7.4, А) в некоторой мере повторяет структуру поверхности сетки 1.

В последнее время стали выпускаться (например, фирмой «Мураками Скрин», Япония) сетки одноразового использования с нанесенным на них однокомпонентным копировальным слоем, который сохраняет свои рабочие свойства в течение двух лет. Натяжение такой сетки на раму производится только по индикатору и строго контролируется.

Копирование диапозитивов обычно производится в специальных пневматических копировальных станках или в копировально-множительных машинах с увеличенным размером резиноктаневого коврика, охватывающего формную раму. Источник освещения выбирается в соответствии со спектральной чувствительностью копировального слоя. В процессе экспонирования лучи, прошедшие через прозрачные участки диапозитива 3 (рис. 7.4, А),

204

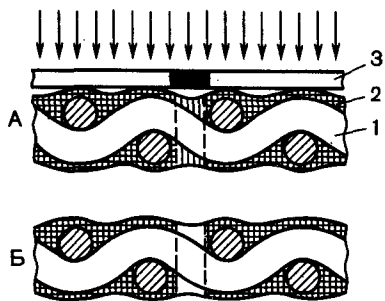


Рис. 7.4. Схема изготовления трафаретной формы прямым способом: А—экспонирование под диапозитивом (1—сетка, 2—копировальный слой, 3—диапозитив); Б—готовая печатная форма

вызывают дубление или фотополимеризацию копировального слоя в будущих пробельных участках печати формы.

Однако большая толщина копировального слоя, отражение света от нитей сетки и недостаточный оптический контакт между слоем и фотоформой вызывают при экспонировании значительное светорассеяние, что отрицательно сказывается на графической точности воспроизведения изображения.

На рассеивающую способность сетчатых подложек оказывает влияние угол падения лучей источников освещения копировальной установки. При больших углах возрастает отражение света от нитей сетки, приводящее к искажению элементов изображения. В связи с этим рекомендуется использовать для экспонирования источники освещения, дающие параллельные лучи, направленные по нормали к поверхности стекла копировальной установки.

Искажения графических элементов возникают также из-за дифракции и интерференции света. Они появляются при экспонировании благодаря периодичности в строении сетчатой подложки. Это явление зависит от природы материала сетки, ее плотности и толщины нитей. Графическую точность получаемого на сетке изображения можно повысить путем окрашивания нитей сетки в красный или черный цвета, а также непосредственного окрашивания копировального слоя.

Величина экспозиции определяется в зависимости от тех же основных факторов, что и в копировальном процессе изготовления печатных форм высокой и плоской офсетной печати.

Проявление экспонированной копии осуществляется до полного вымывания копировального слоя из ячеек сетки печатающих элементов (рис. 7.4, Б). Состав проявляющего раствора определяется видом копировального слоя. После проявления и высушивания печатная форма подвергается контролю и при незначительных дефектах в виде проколов и царапин корректируется копировальным раствором с последующим облучением.

Для повышения тиразежестойкости форм, изготовленных на основе ПВС, их подвергают дополнительному химическому дублению (в растворе двуххромовокислого аммония или в фенолформальдегидно-сульфитном дубителе). С этой же целью формы, изготовленные с использованием копировального

слоя на основе водорастворимых сополимеров, подвергают дополнительной комбинированной обработке: тепловой (при 70 °С) и химической (в растворе хромового ангидрида).

Косвенный фотохимический способ изготовления печатных форм. Этот способ заключается в том, что с диапозитива изготавливают копии на светочувствительном материале, нанесенном на временную подложку, а потом ее переносят на поверхность сетки, натянутой на формную раму. Для этих целей используют копировальные материалы, представляющие собой бумажную, а чаще всего тонкую (40—60 мкм) полимерную, например лавсановую, пленку 1 (рис. 7.5, А), покрытую копировальным слоем 3, который связан с подложкой промежуточным подслоем 2.

В зависимости от состава копировального слоя материалы могут быть и в неочувствительном виде (на основе ПВС и желатины) и предварительно очувствленные на основе фотополимеризующихся композиций. В первом случае копировальный материал перед экспонированием необходимо очувствлять, например в растворе двуххромовокислого аммония, и высушить, что вызывает неудобство при его использовании.

В нашей стране разработан предварительно очувствленный копировальный материал марки КПО-1, сохраняющий свои рабочие свойства не менее года. Светочувствительность его — $2 \cdot 10^{-7}$ (лк·с)⁻¹, прочность на разрыв — 50—60 МПа, относительное удлинение — 5%, усиление отслаивания от тканевой сетки — 150 Н/м.

Для экспонирования используют копировальные станки или копировально-множительные машины, применяющиеся для изготовления форм плоской офсетной печати или высокой печати. Источники освещения для копировального оборудования выбираются в зависимости от спектральной чувствительности копировального материала. Лучи света, проходя через прозрачные участки диапозитива 4 (рис. 7.5, А) и прозрачную полимерную основу 1 копировального материала, уложенного на бумажную прокладку 5, вызывают дублирование или фотополимеризацию копировального слоя 3 (величину экспозиции определяют опытным путем).

После экспонирования копия проявляется соответствующим раствором (в зависимости от состава слоя) до полного удаления неэкспонированных участков (рис. 7.5, Б). Полученную копию во влажном состоянии накладывают на тщательно обезжиренную поверхность сетки и выдерживают

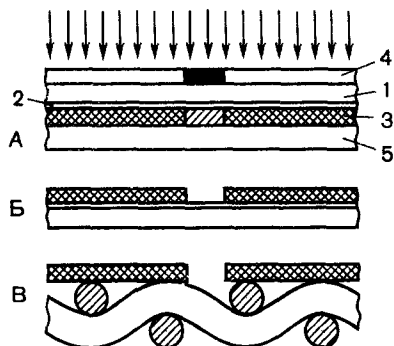


Рис. 7.5. Схема изготовления трафаретной формы косвенным способом: А—экспонирование под диапозитивом: 1—тонкая полимерная пленка; 2—подслой; 3—копировальный слой; 4—диапозитив; 5—бумажная прокладка; Б—проявленная копия; В—готовая печатная форма

некоторое время (около 30 мин) под небольшим давлением. Затем копию высушивают и отделяют полимерную основу копировального материала, в результате чего на сетке остается копировальный слой, образуя пробельные элементы печатной формы (рис. 7.5, В). Степень адгезии копировального слоя к сетке зависит прежде всего от природы слоя и сетки, а также от частоты сетки и обезжиренности ее поверхности.

Комбинированный фотохимический способ изготовления печатных форм. Этот способ разработан на базе прямого и косвенного способов и сводится к следующему. На рабочую сторону копируемого материала, например на основе ПВС и желатины, и удаляют его подложку. Затем наносят на обратную сторону сетки вспомогательный копировальный раствор (например, на основе ПВС и его производных). Этот раствор заполняет ячейки сетки и проникает в слой копировального материала. После высушивания (при неактивном освещении) и отделения полимерной основы на сетке получается копировальный светочувствительный слой с ровной рабочей поверхностью (на внешней стороне сетки). Экспонирование и обработка копии осуществляется так же, как и при прямом способе.

Сравнительная характеристика способов изготовления печатных форм. Качество формы трафаретной печати характеризуют следующие ее основные показатели: репродукционно-графические свойства, стабильность ее размеров в процессе печатания, тиражестойкость. Эти показатели зависят как от способа изготовления форм, так и от применяемых сеток и состава копировального слоя.

Прямой способ изготовления форм — наиболее простой, дешевый, благодаря большой площади адгезионного контакта копировального слоя с сеткой обладает достаточно высокой тиражестойкостью (до 50 тыс. оттисков). При этом тиражестойкость форм может быть повышена за счет их химической металлизации (меднения) с последующим электролитическим наращиванием более износостойкого металла (никеля или хрома) до нужной толщины.

Однако репродукционно-графические характеристики форм прямого способа, прежде всего из-за неровности поверхности копировального слоя на форме, невысоки (см. табл. 7.1 и рис. 7.6, кривая 1). При печатании с таких

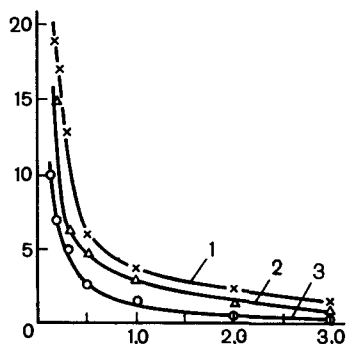


Рис. 7.6. Искажения элементов на оттиске (по вертикальной оси, %) в зависимости от ширины штриха (по горизонтальной оси, мм) и способа изготовления трафаретной формы: 1 — прямой способ; 2 — комбинированный способ; 3 — косвенный способ

форм (рис. 7.4, Б) между копировальным слоем и запечатываемым материалом появляются зазоры, образующие по контуру печатающего элемента полости. В последние затекает печатная краска и вызывает на оттиске искажения: увеличение линейных размеров и «зубчатость» штрихов. Степень появления зубчатости зависит от угла расположения штрихов относительно направления нитей сетки, частоты и толщины сетки, величины микронеровностей поверхности копировального слоя.

Репродукционно-графические характеристики форм, изготовленных прямым способом, можно улучшить, применяя технологию более ровного покрытия рабочей поверхности сетки копировальным слоем. Для этого, например, используют способ нанесения копировального раствора с помощью ракеля-кюветы с зубчатым ракелем.

Косвенный способ изготовления форм обеспечивает значительно лучшие репродукционно-графические характеристики как печатной формы, так и печатного процесса (см. табл. 7.1 и рис. 7.6, кривая 3). Но из-за малой

7.1. Основные показатели форм трафаретной печати

Способ изготовления форм	Тиражестойкость, тыс. оттисков	Разрешающая способность, лин/см	Выделяющая способность, мм	Неровность контура штриха, мкм, не более
Прямой, со слоем на основе ПВС	50	25	0,30	150
Прямой, со слоем из ФПМ, нанесенным с использованием зубчатого ракеля	50	45	0,15	50
Косвенный, с использованием копировального материала, очувствленного перед экспонированием	5	50	0,10	25
Косвенный, с использованием копировального материала с ФПМ	5—7	45—50	0,15	25

площади адгезионного контакта копировального слоя к сетке (см. рис. 7.5, В) формы обладают в несколько раз меньшей тиражестойкостью (5—7 тыс. оттисков). Кроме того, технология этого способа несколько сложнее и дороже прямого способа.

Комбинированный способ изготовления форм сочетает основные достоинства как прямого, так и косвенного способов. Ровная рабочая поверхность копировального слоя и хорошее закрепление его на сетке обеспечивают повышенную тиражестойкость (10—15 тыс. оттисков) и достаточно высокую графическую точность (см. рис. 7.6, кривая 2). Однако этот способ наиболее сложен.

Особенности изготовления ротационных форм трафаретной печати. В последние годы начинают применяться, например в текстильной промышленности, ротационные машины трафаретной печати, позволяющие запечатывать с высокой скоростью рулонный материал большой ширины. Печатная

форма для этих машин представляет собой полый цилиндр с сетчатой поверхностью, на которой находятся печатающие и пробельные элементы.

Для таких печатных форм используются обычно трубчатые бесстыковые сетки, выпускаемые в виде рукавов определенного диаметра и ширины. Эти сетки должны удовлетворять прежде всего указанным выше требованиям, а также быть прочными и жесткими со скрепленными друг с другом нитями, иметь необходимую точность размеров сетки по диаметру (особенно для многокрасочной печати). При прямом фотохимическом способе изготовления форм копировальный слой наносят на трубчатую сетку, которая во время экспонирования вращается. Оптический контакт между сеткой и диапозитивом достигается за счет сжатого воздуха. Источник света при экспонировании совершает медленное движение по образующей цилиндра.

Существуют и другие способы изготовления ротационных трафаретных форм, основанные на использовании электрических процессов, а также лазерного гравирования.

С помощью лазерного гравирования возможно изготовление непосредственно с оригинала цилиндрических печатных форм на полимерном листовом (не сетчатом) материале. Для управления процессом используют ЭВМ. По одному из вариантов этот материал представляет собой влаго- и термостойкий ламинат, состоящий из двух листов двусосновоориентированного полиэтилентерефталата толщиной 0,05—0,06 мм и прочностью на разрыв (при 5%-ном удлинении) 1050 кгс/см².

Сущность изготовления форм заключается в следующем. Формный лист ламината натягивают на цилиндрическую оправу (изготовленную по необходимому формату) и стыкуют его продольные кромки УЗ-сваркой. Затем в лазерном автомате на формном листе гравировуют (выжигают) в соответствии с оригиналом отверстия минимальным диаметром 0,050—0,305 мм при расстоянии между отверстиями 0,254—4,138 мм. Диаметр отверстий увеличивается от светов к теням, а их расстояние между ними, наоборот,— от теней к светам.

Лазерное излучение можно использовать как источник деструкции или полимеризации копировального слоя, нанесенного на сетку. Для изготовления форм лазерным гравированием может быть использована также полиэтилентерефталатная пленка с медным и никелевым покрытием или металлическая пленка.

7.5. Формы флексографской печати

Общие сведения. В флексографском способе печати, являющемся разновидностью высокой печати, используются упругоэластичные (резиновые или полимерные) печатные формы и маловязкие быстрозакрепляющиеся печатные краски. В процессе печатания краска наносится на печатную форму дозированным по толщине слоем с помощью распределительного валика (так называемого растрового или анилоксного), поверхность которого расчленена на мельчайшие ячейки в виде усеченных пирамид или призм глубиной около 25 мкм. С печатной формы краска передается на запечатываемый материал под очень малым давлением, обеспечивающим высокую

тиражестойкость печатных форм (до нескольких млн оттисков). Кроме того, маловязкие быстрозакрепляющиеся краски, содержащие летучие растворители, позволяют печатать с большой скоростью как одно-, так и многокрасочную продукцию на различных материалах (полимерных пленках, бумаге и т. д.).

Флексографская печать по качественным показателям начинает конкурировать с плоской офсетной и глубокой печатью, являясь самым экономичным способом. Но она используется пока еще главным образом для производства этикеточно-упаковочной продукции, а в последнее время начинает применяться за рубежом для выпуска продукции — как книжной, так и газетной.

Флексографские печатные формы служат не только для переноса краски на запечатываемый материал, но и выполняют в процессе печатания функцию декеля. Они компенсируют отклонения в росте печатающих элементов, дефекты рабочих поверхностей печатающего аппарата и неровности поверхности запечатываемого материала, а также позволяют печатать без приправки. Кроме того, в процессе печатания форма непрерывно подвергается воздействию различного рода полярных и неполярных растворителей, входящих в состав печатных красок. Эти требования удовлетворяются прежде всего благодаря определенным упругоэластичным и физико-химическим свойствам материала печатной формы и ее конструкции.

Характеристика печатных форм. Кроме факторов печатного процесса качество флексографских оттисков во многом определяется следующими характеристиками печатной формы:

а) физико-механическими, включающими модуль эластичности, соотношения обратимых и остаточных деформаций, время релаксации;

б) геометрическими — толщиной формы и ее равномерностью, глубиной пробельных элементов, геометрическим профилем печатающих элементов и микрогеометрией их поверхности;

в) физико-химическими — прежде всего набухаемостью формы в растворителях, входящих в состав печатных красок;

г) репродукционно-графическими.

Эти характеристики могут колебаться в широких пределах в зависимости от конкретных условий: характера воспроизводимого оригинала, вида запечатываемого материала и печатных красок, конструкции печатной машины и режима процесса печатания. Так, например, толщина форм может быть от 1,7 до 6,0 мм (допустимая точность неравномерности роста печатающих элементов — $\pm 0,010$ до $\pm 0,015$ мм), глубина пробельных элементов — 0,44—3,5 мм, твердость по Шору А от 20—30 до 60—70 ед. Набухаемость форм в растворителях не должна превышать 3%; форматы форм — от 210×300 до 1070×1530 мм.

Флексографские формы позволяют печатать одно- и многокрасочные штриховые изображения (с толщиной штрихов не менее 0,1 мм), растровые изображения от 24 до 54 лин/см, а также текст кеглем от 6 п. Оптимальный угол наклона боковых граней печатающих элементов составляет 70—80°. Допустимое сжатие печатных форм при печатании растровых изображений должно быть в пределах 0,025—0,07 мм, штриховых и текста 0,05—0,10 мм,

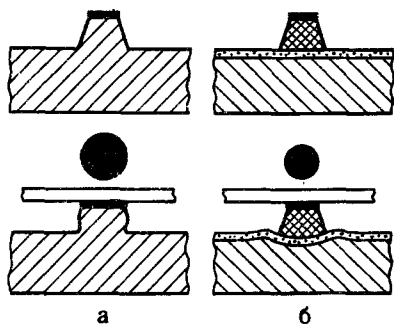


Рис. 7.7. Схема получения оттиска флексографской печати: а—с однослойной формы; б—с двухслойной формы

плашек 0,10—0,70 мм. Все формы предназначаются для ротационных печатных машин (плоскопечатные машины в флексографской печати не применяются). Тиражестойкость некоторых форм достигает 4 млн оттисков.

Разновидности печатных форм. По своей конструкции печатные флексографские формы могут быть в виде пластин, валов со сменными цилиндрическими или с постоянными формами. Наибольшее применение получили пластинчатые формы, которые подразделяются на:

а) однослойные, состоящие из одного упругоэластичного материала, например резины, каучука или полимера;

б) двух- и трехслойные, у которых слои различаются упругоэластичными свойствами, позволяющими улучшать деформационные характеристики печатных форм.

При печатании с однослойных форм (рис. 7.7, а) в полосе контакта происходит деформация печатающего элемента, без изменения его объема, что приводит к увеличению ширины штриха или площади растрового элемента на оттиске. У многослойной формы печатающий слой изготавливается из эластомера со сплошной структурой, а основание — из микропористого эластомера, который при сжатии изменяется в объеме. При этом модуль упругости нижнего материала должен быть в 2—3 раза ниже модуля упругости печатающего слоя. В этом случае в зоне контакта печатающих элементов не деформируется (рис. 7.7, б), а происходит изменение под ним объема материала основания формы, благодаря чему значительно уменьшаются искажения изображения.

На рис. 7.8 показано графическое искажение штриха толщиной 0,4 мм на оттиске в зависимости от деформации в зоне контакта печатных форм различных конструкций. Из рис. 7.8 видно, что даже при значительном изменении деформации формы в зоне контакта минимальное искажение дают двухслойные формы. Однако следует заметить, что точность воспроизведения зависит не только от физико-механических свойств материала формы, но и от отношения толщины демпферного слоя к общей высоте формы. Это соотношение различно для формных материалов, имеющих различные физико-механические свойства.

При изготовлении флексографских форм любым способом необходимо учитывать искажения, возникающие в процессе печатания, особенно растро-

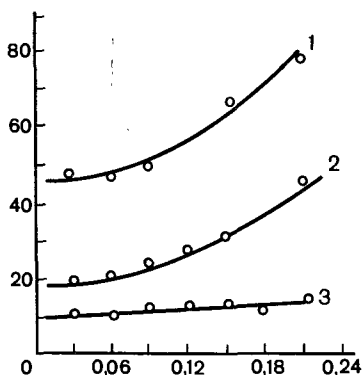


Рис. 7.8. Зависимость графических искажений на оттиске (в %) от деформации в полосе печатного контакта (в мм) для различных по конструкции печатных форм:

1—однослойная резиновая форма; 2—однослойная фотополимерная; 3—двухслойная фотополимерная на микропористой демпферной основе

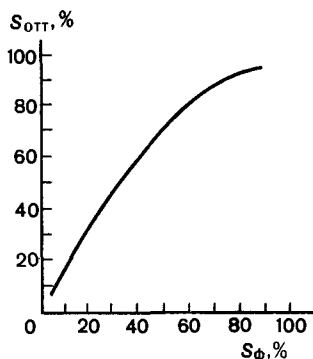


Рис. 7.9. Градационная кривая тоновоспроизведения в флексографской печати

вых изображений. Последние воспроизводятся флексографским способом в интервале от 5 до 95% площади растровых элементов. Однако, как видно из рис. 7.9, тоновоспроизведение характеризуется искажением, наибольшим в средних тонах. Линиатура раstra выбирается в зависимости от вида формы, характера запечатываемого материала, величины давления печатания, конструкции красочного аппарата печатной машины и свойств красок.

При воспроизведении многоцветных тоновых оригиналов, в отличие от классических способов печати, рекомендуются другие наклоны растровых линий, а именно: для голубой краски — $7,5^\circ$, пурпурной — 67° , желтой — $82,5^\circ$ и черной $37,5^\circ$. Это вызвано применением красконаносящего валика с растриванной поверхностью. Корректурa цветodelения фотоформ выполняется с учетом кривой тоновоспроизведения печатания (см. рис. 7.9).

Особенности технологии изготовления форм. Флексографские печатные формы могут быть изготовлены тремя способами:

а) прессованием (реже — литьем) с использованием оригинальных металлических форм высокой печати;

б) фотохимическим способом из фотополимеризующихся материалов;

в) электроинно-механическим или лазерным гравированием.

Первые два способа применяются для изготовления пластинчатых форм, а третий — для форм цилиндрического типа. В настоящее время пока еще широко используются в нашей стране печатные резиновые формы, полученные прессованием с полимерных матриц*. Последние изготавливают с

* Воскресенский М. И., Колосов А. И. Наборные процессы и переработка текстовой информации. М., 1989.

оригинальных форм высокой печати, например, клише, характеристика которого должна учитывать процессы матрицирования и стереотипирования с последующей шлифовкой рабочей поверхности стереотипов. При этом глубина пробельных элементов должна быть больше, чем для непосредственного печатания на 50—100% (в зависимости от площади пробельных элементов), а профиль печатающих элементов должен иметь почти прямоугольную форму.

При определении необходимых размеров негативов для изготовления клише следует учитывать деформации материалов на всех стадиях изготовления резиновых печатных форм, а также размер образующей формного цилиндра печатной машины. Так, например, для крупноформатных форм длину негатива L_n можно рассчитать по следующей эмпирической формуле:

$$L_n = K \left[L + 2\pi \left(\sigma + \frac{h}{3} \right) \right] \frac{(1000 + \beta_1)(1000 + \beta_2)}{10^4},$$

где K — коэффициент, учитывающий деформацию цинкографской копии при обжиге; L — длина окружности формного цилиндра, мм; σ — толщина липкой ленты (или клеевого слоя) для закрепления формы на формном цилиндре, мм; h — толщина резиновой формы, мм; β_1 — усадка матричного материала, %; β_2 — усадка резиновой формы, %.

Получить упругоэластичный формный материал, устойчивый одновременно к различным растворителям печатных красок, практически невозможно. Поэтому резиновые композиции для форм имеют различный состав для полярных и неполярных растворителей и различную твердость (от 40 до 70 ед. по Шору А) в зависимости от характера запечатываемого материала.

Формы из резины могут быть однослойными и на демпферной подложке (процесс изготовления последних сложнее). Для магнитного крепления флексографских форм на формном цилиндре печатной машины нижний слой формы можно изготовить из ферромагнитной резины. Обладая высокой эластичностью и достаточной стойкостью к растворителям, резиновые формы требуют точной механической обработки (шлифовки по росту). А однослойные формы подвержены деформации и усадке (около 2,5%). Кроме того, процесс их изготовления характеризуется многостадийностью и трудоемкостью. Качество воспроизведения с резиновых форм штриховых и растровых изображений гораздо ниже, чем в классических способах печати. Литевой способ изготовления флексографских полиэфируретановых форм на недеформирующейся подложке несколько упрощает технологический процесс. Но он не решает проблемы улучшения качества печатных форм, а также сокращения и удешевления производственного цикла их изготовления.

Фотополимерные флексографские одно- и многослойные формы по качеству получаемых с них оттисков почти не уступают оттискам плоской офсетной печати. Они обеспечивают воспроизведение штриховых, а также тоновых оригиналов с высокой точностью. Градационная передача растрового изображения может достигать от 3 до 85%, линиятура раstra — до 54 лин/см. Кроме того, по сравнению с резиновыми

формами они удобны при монтаже на формном цилиндре, обеспечивают лучший и равномерный переход краски на запечатываемый материал, более точную приводку красок (до 0,1 мм), а также сокращают и удешевляют технологический процесс их изготовления. Но стойкость их к растворителям и механическая прочность ниже, чем у резиновых форм.

Для изготовления фотополимерных форм могут использоваться как твердые, так и жидкие фотополимеризующиеся материалы, позволяющие получать после экспонирования и обработки необходимые упругоэластичные свойства формы и глубину пробельных элементов. Однако формы из твердых материалов обладают лучшими репродукционно-графическими показателями.

В последние годы благодаря совершенствованию формных материалов удалось значительно уменьшить толщину флексографских фотополимерных форм, например, с 3,0 до 0,76 мм при глубине пробельных элементов 460 мкм с сохранением высокой упругости и эластичности формы. Такие формы лучше воспроизводят растровые изображения и более экономичны. Но в этом случае значительно повышаются требования к точности их изготовления.

Технологический процесс изготовления флексографских ФПФ и протекающие при этом фото- и физико-химические явления те же, что и при изготовлении обычных ФПФ высокой печати (см. главу 4). В нашей стране наряду с ЖФМ для флексографских форм начали применять и ТФМ, например, флексофот — многослойный материал, состоящий из светочувствительного слоя (толщиной 0,7—1,0 мм), размероустойчивой пленки (0,10—0,14 мм) и эластичной подложки (1,0—2,0 мм), твердость по Шору А — 50—70 ед. Проявление после экспонирования производится раствором трихлорэтилена и бутанола (1:1). Формы из этого материала предназначены для печатания спиртовыми и спирто-водными красками.

За рубежом выпускается большой ассортимент однослойных и многослойных ФПП для флексографской печати, различающихся прежде всего толщиной, упругоэластичными свойствами и стойкостью к растворителям. В зависимости от конкретных условий (характера изображения и запечатываемого материала, состава краски) выбирается тот или иной вид ФПП. Наибольшей известностью в нашей стране пользуются пластины марок Сирель фирмы «Дюпон» (США), Нейлофлекс и Нейлопринт фирмы «БАСФ» (ФРГ). Фирма «Дюпон» выпускает также пластины (например, РО-S и НО-S) для изготовления форм, с которых можно печатать различными красками — спиртовыми, водными, гликолевыми, на основе смеси растворителей.

Пластины имеют обычно размеростойкую полимерную пленку, находящуюся снизу у одно- и в середине у многослойных пластин. Процесс изготовления форм на таких пластинах обычно сводится к предварительному экспонированию оборотной стороны пластины, основному экспонированию через негатив, вымыванию ФПМ из пробельных элементов, сушке, обработке специальным раствором для устранения липкости поверхности формы и дополнительному экспонированию.

Лазерное гравирование — наиболее прогрессивный способ изготовления бесшовных (бесстыковых) флексографских печатных форм различных размеров для печатания продукции с повторяющимися изображе-

ниями (обои и т. д.). Такие формы гравировются обычно на обрезиненных валах или тонкостенных цилиндрах (гильзах). Для этого за рубежом выпускаются несколько моделей систем (автоматов). Они могут непосредственно сканировать оригинал или использовать информацию, записанную в цифровом виде на магнитных носителях.

В зависимости от типа лазерной системы изменяется и технология изготовления печатных форм. Так, например, по одному из вариантов лазерная система соединяется с помощью интерфейса с репромонтажной системой, обеспечивая гравирование формы по технологии, аналогичной гравированию форм глубокой печати (см. главу 6). По другому варианту на поверхность обрезиненного формного цилиндра наносят тонкий слой меди. Одновременно с считыванием оригинала аргоновый лазер прожигает медный слой, образуя «маску». Затем углекислый лазер выжигает оголенную резину до необходимой глубины пробельных элементов. После этого маска снимается с формы, которая становится готовой к печати. Линиатура гравирования — от 24 до 40 лин/см, тиражестойкость форм достигает 2 млн оттисков.

Бесшовные печатные формы могут изготавливаться также и фотохимическим способом на выпускаемых для этой цели ФПП. Из пластины необходимого формата делается цилиндрическая заготовка путем сварки ее кромок. После шлифовки поверхности (до заданного размера диаметра) и выравнивания с помощью каландра изготавливается печатная форма по той же технологии, что и пластинчатые ФПФ в изогнутом виде.

Пластинчатые флексографские формы, как однослойные, так и многослойные, крепятся на поверхности формных цилиндров печатных машин обычно клеевым способом (двусторонней липкой лентой). В последнее время стал применяться более прогрессивный способ: приклейка пластинчатых форм на поверхность съемных тонких (0,125 мм) металлических (обычно никелевых) гильз, изготавливаемых гальваноспособом. При этом внутренний диаметр гильзы должен быть несколько меньше диаметра формного цилиндра. Гильза (или несколько более коротких гильз) надевается на корпус формного цилиндра при помощи сжатого воздуха, который во время надевания растягивает ее. После прекращения подачи воздуха гильза плотно прилегает к поверхности цилиндра. Для снятия гильзы с цилиндра (после печатания тиража) также применяют сжатый воздух.

Для изготовления бесшовных форм гильзы могут покрываться резиновым слоем с последующим гравированием на нем изображения. Вместо резинового слоя можно покрыть гильзы ФПМ для изготовления печатной формы форматной записью (копированием негатива) или поэлементной записью (лазерным излучением). Функции металлических гильз могут выполнять также гильзы, изготовленные из стекловолокна.

7.6. Формы фототипной печати

7.6.1. Технология изготовления печатных форм

Общие сведения. Фототипная форма представляет собой подложку, на которой находится нерастворимый желатиновый слой с гидрофильными пробельными и олеофильными печатающими элементами. Эти элементы имеют складчатую (зернистую) поверхностную структуру, которая хорошо проявляется при набухании желатина в водных растворах.

Характер и величина складок зависит от тональности воспроизводимого изображения. Темным участкам соответствуют наибольшие складки, а в светах они едва заметны. При нанесении печатной краски на набухший слой формы в светлых участках она заполнит только углубления между складками, а в тенях покрывает сплошь всю поверхность. Таким образом складки выполняют как бы функцию растровых элементов нерегулярной структуры. При этом печатающие элементы имеют очень малые размеры (примерно такие же, как при использовании растра 500 лин/см).

Однако в отличие от высокой и плоской офсетной печати тональность передается не только за счет различной площади печатающих элементов, но и толщины красочного слоя, увеличивающейся от светов к теням. Благодаря этому обеспечивается очень высокая точность воспроизведения тоновых одно- и многоцветных оригиналов.

Фототипные формы для плоскочечатных машин обычно изготавливают на стеклянных пластинах, а для ротационных — на гибких подложках. Причем в последнем случае формы могут быть изготовлены как для прямой, так и офсетной печати.

Схема изготовления печатных форм. Наибольшее применение получили формы на стеклянных пластинах для прямой печати. Технологический процесс их изготовления проходит по следующей схеме. На тщательно очищенную зеркальную стеклянную пластину толщиной 7—10 мм наносят тонкий подслой, состоящий из желатина, жидкого стекла и хромовых квасцов. Пластику помещают в горизонтальной плоскости и на подслое наносят раствор желатина с двуххромовокислым калием с таким расчетом, чтобы после высушивания получить светочувствительный слой толщиной 30—40 мкм. Сушку проводят в специальном сушильном шкафу при 50—60 °С. Фотоформой служат тоновые негативы, градационная характеристика которых должна быть согласована с типичной характеристической кривой печатной формы. Они должны иметь хорошо проработанные детали без больших плотностей в тенях; интервал оптических плотностей — 1,2—1,3; $D_{\min}$ — не ниже 0,25.

Экспонирование осуществляется в обычных пневматических копировальных станках от люминесцентных ламп, в результате чего происходит дубление желатина, в принципе такое же, как и при получении пигментной копии глубокой печати. Только в этом случае образуется рельеф набухания, а не вымывания. Степень дубления различных участков зависит от оптических плотностей негатива: одни участки не будут иметь дубления, а другие получат максимальное дубление.

Но в последнем случае световой поток полностью не поглощается желатином. Оставшаяся часть его пройдет через стеклянную подложку и поглотится поверхностью резинового коврика копировального станка. Благодаря этому не произойдет задубливания желатина со стороны подложки. Величина экспозиции определяется опытным путем в зависимости от конкретных условий копировального процесса.

Экспонированную копию тщательно промывают проточной водой (2—2,5 ч) до полного удаления из слоя солей хромовой кислоты. При этом слой набухает, и его поверхность приобретает складчатую структуру — происходит окончательное формирование печатающих и пробельных элементов формы. Промытая форма высушивается под вентилятором. Тиражестойкость таких форм достигает 2—3 тыс. оттисков.

Стремление повысить скорость печатания привело к разработке технологии изготовления фототипных форм на гибкой подложке: зерненом алюминии, пластмассе и т. д., что дало возможность использовать для печатания ротационные машины. Однако это не решило вопроса значительного повышения тиражестойкости форм.

В СССР разработан и используется способ офсетной фототипной печати с форм, изготовленных на зерновых алюминиевых пластинах. С целью уменьшения рефлексного отражения света от подложки при экспонировании на алюминий наносят в два приема двухслойный светочувствительный материал (хромированный желатин). Состав этих слоев отличается количеством вводимых хромовых солей, дубителей и других добавок. Нижний слой обладает меньшей светочувствительностью и поэтому отраженный свет не вызывает сильного его задубливания.

Способ офсетной фототипной печати позволяет печатать с одной формы тираж до 10 тыс. оттисков. Но градационная характеристика их гораздо ниже, чем у оттисков, полученных прямым способом.

7.6.2. Физико-химические основы изготовления форм фототипной печати

Механизм образования печатающих элементов. Главным фактором при изготовлении фототипной формы является образование складчато-ретикулированной структуры желатинового слоя, что дает возможность получить безрастровые печатающие элементы. Ретикуляция желатинового слоя происходит в результате внутренних напряжений, появляющихся при его сушке.

Образование воздушно-сухого желатинового слоя связано с его усадкой. Величина усадки зависит от скорости удаления воды из слоя и нарастания вязкости желатина в процессе пленкообразования. Но так как пленкообразование начинается с поверхности слоя, то скорость удаления из него воды будет замедляться по мере ее диффузии к поверхности. Это приводит к усадке слоя по толщине, благодаря чему на границе желатин — основа появляются напряжения, которые способны нарушить адгезию желатина к подложке.

При набухании экспонированного слоя в воде эти напряжения уменьшаются по мере снижения его степени светового дубления и совсем

исчезнут на неэкспонированных участках. Так как световое дубление желатина уменьшается от поверхности вглубь, то набухание верхних участков всегда будет меньше основной массы слоя. Поэтому они будут находиться в состоянии сжатия, готового изогнуть слой. Различие в степени напряжения слоя и давления набухания приводит к образованию складок различных размеров и глубины. В неэкспонированных участках складки не образуются.

Факторы, влияющие на качество печатных форм. Технологические и репродукционные показатели печатных форм зависят от многих факторов формного процесса, в том числе от:

- свойств желатина, который должен быть хорошо очищенным и относительно твердым (температура плавления 29—33 °C);

- концентрации в слое хромовых солей, определяющих светочувствительность слоя, оптимальная величина которого находится в пределах 18—25 %;

- режима сушки светочувствительного слоя, во многом определяющего ретикуляцию желатинового слоя. Обязательное условие сушки — перепады температуры внутри сушильного шкафа и окружающего воздуха (например, 20—22 и 40—45 °C соответственно);

- толщины светочувствительного слоя, определяющего, при прочих равных условиях, размер и глубину складок; рекомендуемая толщина для стеклянных пластин 30—40 мкм, для металлических — 25—30 мкм;

- величины экспозиции, оказывающей влияние на градиционную характеристику формы; должна быть строго оптимальная экспозиция (определяется опытным путем);

- температуры воды и длительности промывки копии, которые устанавливаются опытным путем применительно к конкретным условиям (например, при 20 °C промывка продолжается 1,5 ч, при 14 °C — 2 ч, при 8 °C — 3,5 ч).

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Адгезия 51, 52, 57, 58
 - жидкостей к форме 57, 58
 - копируемых слоев 13, 19, 59, 60, 89
 - расчетные формулы 51, 52
- Альгинат натрия 93
- Алюминиевая формная основа 59, 60
 - биметаллических форм 67
 - монометаллических форм 61
 - сплавы алюминия 59, 112
- Алюминиевые формные пластины 79
 - подготовка поверхности 61, 63, 72, 73
- Анодное оксидирование алюминия 62
- Безэмульсионное травление клише 120, 121
- Биметаллические офсетные формы 48, 49
 - изготовление 49, 50, 91, 92, 97
 - формные пластины 81
- Бифильнорастворимые полимеры 140
- Выделяющая способность 47
 - копируемых слоев 47
 - фотополимерных форм 138, 140
- Вымывание пробелов фотополимерных форм 126
 - оборудование 142, 145
 - растворы 145
 - скорость процесса 142, 144
 - факторы, влияющие на качество 142, 146
- Газовые лазеры 182, 183
- Гальванованна обезжиривания 73
- Гальванолитии обработки офсетных пластин 72, 74
- Гелиоклишграф 176
 - принцип работы 117
 - технологические характеристики 179, 180
 - типы автоматов 179
- Гидрофилизация пробельных элементов офсетной формы 49, 50
 - на алюминии 49, 63, 64, 90
 - на стали 65, 90
 - на хrome 50
- Гидрофильные полимеры
 - желатина 22
 - альгинат натрия 93
 - гуммиарабик 93
 - декстрин 90, 93
 - карбоксиметилцеллюлозы натриевая соль 90, 93
 - поливиниловый спирт 22, 29, 123, 129
 - поливинилпирролидон 29
- Гидрофобизация печатающих элементов на меди 92
- Гидрофот 123, 129, 130, 145
- Глубокая автотипия 150
- Двойное экспонирование 166
- Декапирование
 - алюминиевых пластин 62
 - стальных пластин 65, 68
- Диазониновая соль 27, 28
- Диазопродукты 31, 33
- Диазосмолы 21, 28, 29, 81
- Диффузионный перенос 102, 103
- Диффузия травящего раствора 156, 157
- Желатина 22
 - в пигментной бумаге 151, 153
- Желатиновая копия 153, 155
- Жидкие фотополимеризующиеся композиции 123, 125
- Защитные покрытия
 - нанесение 95, 96
 - офсетных пластин 72
 - офсетных форм 90, 93
 - фотополимерных пластин 131
- Защитные свойства копируемых слоев 18, 19, 35
- Зернение электрохимическое
 - алюминиевых пластин 62
 - стальных пластин 65
- Избирательность проявления копируемых слоев 17, 34
- Изготовление копий 14, 18
 - для форм высокой печати 113, 114
 - для форм глубокой печати 151, 154
 - для форм плоской офсетной печати 83, 86
- Изготовление флексографских форм лазерным гравированием 214, 215
- прессованием 212
 - фотохимическим способом 212
- Изготовление форм диффузионным переносом 102, 103
- Ингибиторы фотополимеризации 38, 39, 128
- Источник света 16, 43, 45, 84, 139, 140

ксеноновые лампы 84
металлогалогенные лампы 84
ртутные лампы 135
Истощение травящего раствора 160

Кислород
в понижении светочувствительности 132

в старении копировальных слоев 82

Кислотостойкость копий 24, 25, 35, 81

Клише
магниевого 106, 112
цинкового 106, 110, 111

Кондиционирование фотополимеризующихся пластин
газовое 132
· фотокондиционирование 133

Консервация формы 93

Контрольные шкалы
полутонная сенситометрическая 86
растровая 87

Копировальный процесс 14, 18
в глубокой автотипии 163, 164
в глубокой печати 151, 154
на диазосолах 84, 86
на ортонафтохинондиазидах 85, 86, 34
на хромированном поливиниловом спирте 25, 113, 114

Копировальные слои
состав 14
функции 12, 13
характеристики 41, 47, 84, 113

Копировальные слои на основе диазосмол
свойства 28, 81
состав 28, 81
химические реакции 28, 29

Копировальные слои на ортонафтохинондиазидах 29, 35
свойства 32, 34, 35, 80, 87, 88
состав 30, 31
химические реакции 32, 33

Копировальные слои на фотополимеризующихся композициях 35, 41
для трафаретных форм 203, 204
свойства 39, 40, 114
состав 37, 40, 114
химические реакции 36, 38, 39

Копировальные слои на хромированном поливиниловом спирте 22
свойства 25, 27
состав 22, 26
химические реакции 22, 24

Копировальные станки 94, 95
Краевой угол смачивания 50

в избирательных условиях 56, 57
расчетные формулы 50, 53, 60
участков офсетной формы 56, 57

Ксеноновые лампы 84

Лазер 181

принцип работы 182, 183

типы лазеров 182

Лазергравюр 195

Лазерная гравировальная установка 189

Лазерное гравирование
клише 189
форм глубокой печати 194, 196

Лазерное излучение 181
воздействие на вещество 186, 187
характеристики 185

Лазерный гравировальный автомат для офсетных форм 100, 189, 191

Лазерный способ изготовления монометаллических офсетных форм 192, 193
ротационных форм трафаретной печати 209
электрофотографических офсетных форм 192

Ликотот 123, 129, 141, 145

Линейное гравирование растровых клише

принцип 169, 170

управление градацией 172, 173

Люминесцентная лампа 135, 216

Магний и его сплавы 111, 112

Материалы для лазерного гравирования 188

Меднение стальных пластин 68

Меднение формного цилиндра 151

Медные формные пластины высокой печати 112

Медь

осаждение 69

свойства 55, 56, 92

травление 155, 156

Металл-основа

офсетных форм 58, 59

форм высокой печати 109, 112

Металлогалогенные лампы 84, 94

Микроцинк 110, 111

Многослойные материалы 188

Модификация фотополимерных форм 126, 146

УФ — облучением с термообработкой 146, 148

термодиффузионной обработкой 147
химической обработкой 148

Модифицированный поливиниловый спирт 113, 114

Молекулярная структура копировального слоя 18, 19

Монометаллические офсетные форм-

ные пластины
изготовление 61, 66, 76, 77, 89, 90
типы 74, 79, 80, 82, 83

Монометаллические офсетные формы
48, 79

оборудование 96
схемы изготовления 49, 95
требования и характеристики 80, 87

Набухание пигментно-желатинового
слоя 154, 157

Нанесение копировального слоя на
пластину

валковым способом 75
распылением в электростатическом
поле 76
способом падающей завесы 75
центрифугированием 75

Нанесение копировального слоя на
трафаретную сетку 204

Нанесение копировального слоя на
формный цилиндр 164

Нанесение на форму защитного по-
крытия 90, 93, 96

Наполнение оксидной пленки 63

Натяжение сетки на раму 201

Негативный копировальный слой 12

Никелирование химическое 68

Обезжиривание

алюминиевых листов 62, 73

стальных листов 65, 68, 73

Обжиг цинкографских копий 114

Окрашивание цинкографской копии 114

Оксидирование алюминия 62, 63

Олигоэфракрилаты 37, 38, 128

Ортонaftохинондиазиды 30, 33
диазопродукты на их основе 30, 31

фотолиз 32

Офсетная печать без увлажнения
99, 101

Офсетные формы 7, 48, 50

для печати без увлажнения 100
полученные диффузионным перене-
сом 102, 103

Пассивирование поверхности стали 65

Перенос (перевод) пигментной ко-
пии на цилиндр 154, 155

Печатающие элементы офсетных
форм 7

биметаллических 91, 93

монометаллических 87, 89

Печатная форма 6, 7

глубокой автотипии 163, 165

Пигментная бумага 151, 152

свойства 152

очувствление 151

Пигментная копия 154, 155

Пленкообразующий полимер копиро-
вального слоя 31, 32

Поверхностное натяжение 50, 55
краски 54

участков формы 55, 87, 92

рабочих жидкостей 52, 54, 57

формных материалов 55, 57, 87, 92

Позитивный копировальный слой 12, 13

Полиамидные фотополимеризующиеся
композиции 39, 40, 127

Поливиниловый спирт 22, 23, 113

Полимеры фотополимеризующихся
композиций 39, 40, 127

Полиметаллические офсетные пластины
49

изготовление 49, 50, 71, 72

предварительное очувствление 74, 81-
типы и характеристики 67, 74, 81, 82

Полисилоксановый каучук 100

Полуавтотипная глубокая печать 165

Послекопировальный эффект (пост-
эффект) 27, 135

Поточные линии для изготовления
биметаллических офсетных форм
97, 99

монометаллических офсетных форм
97, 99

фотополимерных форм 126

Поточные линии для обработки копий
94, 99

Предварительно очувствленные пла-
стины для изготовления

офсетных форм
монометаллических 79, 80

полиметаллических 81

Пробельные элементы офсетных форм
7, 48, 55, 90, 93

Проекционное экспонирование 101

Промывка 96

Профиль печатающих элементов 116

формирование в фотополимерных
формах 137—140

формирование при травлении 116,
118, 120

Проявление копий

на ортонафтаохинондиазидах 34,
96, 98

на поливиниловом спирте 113

на трафаретных сетках 205

на электрофотографическом мате-
риале 104

Прямое копирование на формный ма-
териал 101

Разрешающая способность

копировальных слоев 13, 46, 113

фотополимерных форм 138, 139

Ракель 7, 149
 Растворение пробелов фотополимер-
 ных форм 126, 142, 146
 Растворители
 для копировальных слоев 15, 31, 32
 для фотополимерных форм 140, 145
 Растр глубокой печати 152, 153
 Ротационные формы трафаретной пе-
 чати 208—209

 Световое дублирование хромированных по-
 лимеров 23, 24
 Светочувствительность копировальных
 слоев
 величина 16, 45, 84
 определение и расчет 42, 44
 факторы, влияющие на величину
 45, 46
 Светочувствительность слоев на ос-
 нове
 ортонафтохинондиазидов 32
 хромированных полимеров 25, 26
 Светочувствительность фотополимери-
 зующихся пластин 134
 Сенситометрия копировальных слоев
 41, 47
 Сетки трафаретных форм 200
 Смачивание
 избирательное 56, 57
 механизм 52—54
 параметры смачивания формы жид-
 костями 54—58
 параметры смачивания формы ко-
 пировальным слоем 55, 74
 Спектральные кривые копировальных
 слоев на основе
 ортонафтохинондиазидов 32, 85
 фотополимеризующихся компози-
 ций 37
 хромированных полимеров 25
 Специальные способы печати 197, 199
 классификация форм 198
 Стальная основа для офсетных форм
 58, 59, 61, 66, 74
 оборудование для подготовки по-
 верхности 72, 73
 подготовка поверхности 64, 65
 Старение
 копировального слоя 80—82
 фотополимерных пластин 131
 Сухое проявление электрофотографи-
 ческого изображения 104, 105
 Сушка копировального слоя 14, 15, 77,
 78

 Твердотельные лазеры 184
 Твердые фотополимеризующиеся ком-
 позиции 123

Темновое дублирование хромированных ко-
 пировальных слоев 26, 27
 Термодиффузионная модификация фо-
 тополимерных форм 146, 147
 Термообработка копий 17
 на ортонафтохинондиазидах 34, 88,
 89, 95, 97
 на поливинилом спирте 114
 Технологические схемы изготовления
 форм
 биметаллических офсетных 49, 97
 монометаллических офсетных 49, 95
 глубокой автотипии 163—164
 глубокой печати 151
 фотополимерных из жидких компо-
 зиций 125, 126
 фотополимерных из твердых компо-
 зиций 124
 Тиражестойкость
 офсетных форм 80—82, 88
 фотополимерных форм 108
 Тоновоспроизведение
 при изготовлении форм глубокой
 печати 160—162
 при изготовлении форм трафарет-
 ной печати 202, 203
 при линейном гравировании 169,
 170
 при точечном гравировании 169, 170
 Точечное гравирование растровых кли-
 ше 171—173
 Точность воспроизведения растровых
 фотоформ 83
 Трафаретные машины 115, 121, 122
 Травление клише
 безэмульсионное 120
 кинетика процесса 114—116
 эмульсионное 117
 Травление клише
 магнитных 117
 цинковых 114, 116
 оборудование для травления
 115, 116
 Травление форм глубокой печати
 градационные характеристики 156
 кинетика процесса 156—158
 механизм и химические реакции
 155, 156
 способы 160, 161
 Травящие растворы
 для меди 155, 156
 для хрома 91
 для цинка 114, 117, 120
 Традиционная (пигментная) глубокая
 печать 150
 Трафаретная печать 200
 Трафаретные печатные формы 199
 способы изготовления 204—207

Удаление сшитого копируемого слоя 92
Управление градацией изображения форм глубокой печати 160, 161

Флексографская печать 209

Флексографские печатные формы 210—211

пластинчатые 215

резиновые 213

фотополимерные 213, 214

Формирование печатающих элементов фотополимерных форм 136—138

Формирование растровых элементов в лазерном автомате 191

Формные пластины

для биметаллических офсетных форм 67—72

для монометаллических офсетных форм 58, 59, 66—68

для форм высокой печати 109—112

Формные рамы 201

Формный цилиндр 150, 151

Формирование пробельных элементов офсетных форм 90, 92, 93

фотополимерных форм 140—145

Формирующе-копируемая рама 124, 125

Фотоинициаторы 36, 38, 128

Фотоактивный поток 134

Фотокондиционирование 133

Фотомеханический способ изготовления форм 106, 107

Фотополимеризация 35, 36, 131, 132

Фотополимеризующиеся композиции жидкие 122, 123

на полиаидах 39

на полиэфиракрилатах 40, 114

на поливиниловом спирте 123

твердые 122, 123

Фотополимеризующиеся пластины 122, 130, 131

Фотополимерные печатные формы 106 из жидких композиций (ЖФПК) 125, 146

из твердых композиций (ТФПК) 124

схемы изготовления 107, 124, 125, 146

Фотополупроводники 103—105

Фоторезисты 13, 14

Фототипные печатные формы 216—218

Фотоформы 9

для глубокой печати 151

для офсетной печати 48, 83

для трафаретной печати 203

для фотополимерных форм 125

для фототипных форм 216

Фотохемографический способ изготовления форм 9, 10, 12, 106, 107

Характеристические кривые копируемых слоев 41, 42

Химическое дубление 25, 98, 205

Хлорное железо 155, 156

Хром

осаждение 69, 70

свойства 56, 57, 92

травление 91

Хроматы (включая бихроматы) 22—24

Хромированная желатина 22, 24

Хромированный поливиниловый спирт 22—27

Хромовое покрытие полиметаллических пластин 71, 72

Цветоделение при электронном гравировании 174—175

Целлофот 123, 129, 141—143, 145, 147

Центрифугирование 75

Цинк 109—111

Экспонирование

копируемых слоев 94

жидких фотополимеризующихся композиций 125

фотополимеризующихся пластин 125—126, 135, 138—140

Электролитическое травление 165

Электролиты

анодного оксидирования 63

медные 69,

хромовые 70

Электронное гравирование

клише 168

форм глубокой печати 177—179

цветоделенных клише 174

Электрофотографические офсетные формы 103—105

Электронно-гравировальные автоматы 167—168

Эльфазол 105

Эмульсионное травление 117—119

ЛИТЕРАТУРА

1. Калибачук В. А., Сулакова Л. И. Печатные формы на основе светочувствительных диазосоединений. Киев, 1981.
2. Котик Р. А. Современная фототипия. М., 1983. (Полигр. пром-сть: обзор информ.; Вып. 1).
3. Лазаренко Э. Т. Фотохимическое формирование печатных форм. Львов, 1984.
4. Лапатухин В. С. Механизм тиражеустойчивости пробельных элементов форм плоской печати без увлажнения. М., 1983.
5. Настоящее и будущее флексографского способа печати/Тремут В. М., Мартынюк Ф. С., Татаренко Л. С. и др. М., 1975.
6. Никанчикова Е. А., Попова А. Л. Технология офсетного производства. Ч. 1. Изготовление печатных форм. М., 1978.
7. ОСТ 29.112—86. Специальные виды печати. Термины и определения.
8. Печатные формы из фотополимеризующихся материалов/Розум О. Ф., Золотухин А. В., Ивать Д. М., Лазаренко Э. Т. Киев, 1987.
9. Плясунова Т. С. Изготовление офсетных печатных форм прямым фотографированием оригинала на формную пластину. М., 1987.
10. Применение лазеров для изготовления печатных форм/Сорин Л. А., Плясунова Т. С., Шаманова В. И., Садикова М. С. М., 1982. (Полигр. пром-сть: обзор информ.; Вып. 1).
11. Светочувствительные полимерные материалы. Л., 1985.
12. Сенситометрия светочувствительных полимеров/Ляликов К. С., Кириш Ю. Э., Ковалева К. А., Августинович Н. П. //Журн. науч. и прикл. фотографии и кинематографии, 1965. Т. 10. № 3. С. 200—206.
13. Синяков Н. И. Технология изготовления фотомеханических печатных форм. 2-е изд., испр. и доп., 1974.
14. Современная глубокая печать: Пер. с нем. М., 1980.
15. Современная трафаретная печать/Бригинец Л. А., Клечак Р. И., Тремут В. М. и др. М., 1975.
16. Солохина В. Г., Самошенкова К. Г., Беляева Ю. И. Электрохимические методы в формных процессах офсетной печати. М., 1978.
17. Сопова О. И. Современное состояние и развитие глубокой печати. М., 1981. (Полигр. пром-сть: обзор информ.; Вып. 4).
18. Фотохимические процессы в слоях/Ельцов А. В., Батеха И. Г., Беккер Г. и др. Л., 1978.
19. Шеберстов В. И., Уарова Р. М. Фотохимия светочувствительных материалов полиграфической технологии. М., 1984.



ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧАТНЫХ ФОРМ



Полиграфические машины



Технология полиграфии



Организация и экономика