

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**И. Г. Громыко, М. И. Кулак**

# **ТЕХНОЛОГИЯ ДОПЕЧАТНЫХ И ПЕЧАТНЫХ ПРОЦЕССОВ**

*Допущено  
Министерством образования Республики Беларусь  
в качестве учебного пособия для студентов высших  
учебных заведений по специальностям  
«Издательское дело», «Информационные системы и технологии  
(издательско-полиграфический комплекс)»*

Минск 2011

УДК 655.2/3(075.8)  
ББК 37.8я73  
Г87

**Р е ц е н з е н т ы :**

кафедра электронно-вычислительных машин БГУИР;  
кандидат физико-математических наук,  
заведующий лабораторией компьютерной графики  
РУП «Криптотех» Гознака *Н. И. Сильванович*

**Громько, И. Г.**

Г87      Технология допечатных и печатных процессов : учеб. пособие для студентов специальностей «Издательское дело», «Информационные системы и технологии (издательско-полиграфический комплекс)» / И. Г. Громько, М. И. Кулак. — Минск : БГТУ, 2011. — 252 с.  
ISBN 978-985-530-062-6.

В учебном пособии представлены основные этапы технологического процесса прохождения изданиями допечатной и печатной стадий, приведены различные технологии допечатной подготовки, включающие особенности изготовления фотоформ, их монтажа, копировальных и формных процессов, изготовление печатных форм методом поэлементной записи. Рассматривается технологический процесс основных и специальных способов печатания, подготовка основных материалов печатного процесса, а также вопросы оценки качества печатной продукции.

**УДК 655.2/3(075.8)  
ББК 37.8я73**

**ISBN 978-985-530-062-6**

© УО «Белорусский государственный  
технологический университет, 2011  
© Громько И. Г., Кулак М. И., 2011

# ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие «Технология допечатных и печатных процессов» предназначено для студентов специальностей «Издательское дело», «Информационные системы и технологии». Также оно может быть рекомендовано как дополнительная литература для студентов специальности «Технология полиграфических производств». Изучаемая дисциплина является одной из важнейших в подготовке специалистов издательско-полиграфического комплекса. Учебное пособие написано в соответствии с рабочей программой.

Целью курса «Технология допечатных и печатных процессов» является изучение теоретических и практических вопросов технологии допечатного и печатного производства в полиграфической промышленности, технологических процессов изготовления печатной продукции, организации технологического процесса с применением традиционной и новой техники и технологии, а также общего принципа работы различного полиграфического оборудования.

Содержание курса «Технология допечатных и печатных процессов» построено на основе традиционного подхода. Все разделы учебного пособия расположены в технологической последовательности проведения комплекса операций на допечатной и печатной стадиях производства.

Учебное пособие включает разделы, посвященные основным сведениям о допечатной подготовке изданий, технологии изготовления фотоформ, копировальным и формным процессам с применением современных технологий, контролю качества в системах допечатной подготовки изданий, технологическим процессам основных и специальных способов печатания, контролю и подготовке основных печатных материалов, а также вопросам оценки качества печатной продукции. При этом большое внимание уделяется вопросам организации технологического процесса с применением передовой техники и прогрессивной технологии. В частности, в учебном пособии рассматриваются вопросы, связанные как с традиционной технологией изготовления печатных форм, так и с более перспективной технологией прямого экспонирования пластин Computer-to-Plate.

Благодаря использованию современных полиграфических материалов и высокопроизводительного печатного оборудования можно получать продукцию высокого качества в пределах минимальных допусков. Поэтому изучение единичных показателей качества и факторов, на них влияющих, позволяет дать всестороннюю оценку печатного процесса.

Теоретический материал, приведенный в учебном пособии, способствует целостному и взаимосвязанному представлению о технологических процессах прохождения изданий на допечатных и печатных стадиях, разработке типовых технологических схем, а также о технико-экономической оценке изучаемых технологических процессов и оборудования.

Присутствующие в пособии поясняющие схемы и рисунки позволяют упростить процесс усвоения теоретического материала и обеспечить более эффективную профессиональную подготовку студентов.

В соответствии с содержанием конкретной темы разработаны практические занятия, в ходе проведения которых студенты должны закрепить теоретические знания, полученные на лекциях. Для этих целей в конце каждого раздела учебного пособия приведены вопросы для самопроверки, что позволяет осуществлять контроль знаний по определенной теме.

Завершающим этапом изучения курса «Технология допечатных и печатных процессов» для специальности «Издательское дело» является выполнение курсовой работы, которая позволяет овладеть основными принципами проектирования технологии выпуска конкретного издания на стадии проведения допечатных и печатных процессов.

## **Глава 1**

# **КЛАССИФИКАЦИЯ ПЕЧАТНОЙ ПРОДУКЦИИ И ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ЕЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ**

### **1.1. Классификация печатной продукции**

Полиграфическая продукция используется практически во всех областях жизнедеятельности человека. Ассортимент продукции обширен и многообразен, поскольку она используется как в личных, так и в общественных и производственных целях. В связи с этим не существует общепринятой, обоснованной ее классификации и поэтому полиграфическую продукцию подразделяют на группы в зависимости от назначений [1].

К основным видам печатной продукции относят следующие:

1. Газетная продукция. Представляет собой периодические издания в виде нескольких несшитых листов.

2. Журналы — периодические издания определенной тематики. Состоят из одной или нескольких сброшюрованных тетрадей. Журналы подразделяются на тонкие, состоящие из одной-четырех тетрадей, вложенных в обложку и скрепленных скобами, и толстые — содержащие более четырех тетрадей, вложенных в обложку и скрепленных через всю толщину проволокой или бесшвейным клеевым способом.

3. Книги и брошюры. Это непериодические издания. Брошюра представляет собой книжное издание объемом свыше четырех, но не более 48 страниц, а книга — такое же издание, но объемом свыше 48 страниц. При этом брошюра и книга различаются лишь объемом, но не конструкцией издания.

4. Листовая продукция. Представляет собой один или несколько листов любого формата без скрепления. К листовой продукции относятся афиши, плакаты, а также буклеты, сфальцованные в два и более сгибов.

5. Картографическая продукция. Представляет собой карты разнообразной тематики — картографические, экономические и т. д. Сюда же относят и атласы, представляющие собой по конструкции книги или брошюры.

6. Упаковочная и этикеточная продукция.
7. Акцидентно-бланочная продукция — бланки, билеты, программы и т. д.
8. Беловые товары — альбомы, блокноты, записные книжки и т. д. По конструкции представляют собой брошюры и книги. С точки зрения полиграфического производства акцент делается на брошюровочно-переплетные процессы, доля печатных процессов при этом минимальна.

От вида печатной продукции зависит и техническая сложность ее издания, которая, в свою очередь, определяется характером воспроизводимых оригиналов. В зависимости от этого различают три группы сложности изданий:

1. Текстовые оригиналы. Кроме текста могут содержать также таблицы, формулы, графические рисунки и т. д.
2. Изобразительные оригиналы. По характеру изображения могут быть штриховыми, растровыми и комбинированными, а по красочности — одно- и многокрасочными.
3. Смешанные оригиналы. Содержат текст и иллюстрации.

Время подготовки печатной машины к печатанию и сам процесс печатания тиража зависит от группы сложности. В принципе, оригиналы всех групп сложности могут быть выполнены любым из основных способов печати. Однако затраты на подготовку к печати, как и сам процесс печатания, будут различаться.

## **1.2. Классификация оригиналов при воспроизведении их полиграфическими методами. Требования, предъявляемые к оригиналам**

Оригинал — все, что поступает из издательств в типографии или на комбинаты для полиграфического воспроизведения: оригинал рукописи произведения автора, фотографии, рисунки, чертежи и т. д., специально подготовленные для полиграфического воспроизведения.

Издательский текстовой оригинал — это текстовая часть произведения, прошедшая редакционно-издательскую обработку, подписанная в набор или печать ответственными лицами издательства и подготовленная к сдаче на полиграфическое предприятие для изготовления печатной формы [2].

Издательские текстовые оригиналы могут быть:

- 1) рукописные;
- 2) машинописные (в настоящее время не применяются);
- 3) печатные для переиздания без изменений;
- 4) печатные для переиздания с изменениями;
- 5) электронные;
- 6) машиночитаемые.

Ранее изданная книга может быть использована в качестве оригинала для переиздания без изменений или с изменениями. Для изготовления такого оригинала страницы книги наклеивают на одну сторону листов стандартной бумаги указанного размера. Многоколоночные издания должны быть разрезаны по колонкам, точно скомплектованы по порядку следования текста и наклеены по одной колонке на стандартный лист бумаги. Шрифт должен быть не меньше кегля 10 пт, нормальной плотности и прямого начертания. Никаких исправлений и добавлений в полиграфическом оригинале делать не разрешается. Все страницы с добавлениями и исправлениями должны быть перепечатаны, вычитаны и включены в оригинал под общей нумерацией.

Рукописный оригинал допускается в исключительных случаях. Частично такие оригиналы оформляются для сложного словарного текста, лингвистических и формульных текстов. Рукописный оригинал должен быть написан крупным четким почерком чернилами черного или темно-синего цвета, расстояние между строками должно быть равным 1 см.

Текст в электронном виде — компьютерный файл, содержащий текстовую информацию, сопровождаемый распечаткой и необходимыми пояснениями. Использование файла освобождает от набора, но оригиналом считается распечатка текста.

Машиночитаемые текстовые оригиналы используются для технологий оптического распознавания.

Изобразительный оригинал — иллюстрация, выполненная в виде рисунка, чертежа, фотографии, диапозитива, оттиска и т. д. (например, гравюра, компьютерная графика) и предназначенная для воспроизведения полиграфическими средствами.

Изобразительные оригиналы классифицируются по следующим критериям:

1. По виду подложки: изображение воспринимается в отраженном или проходящем свете (например, прозрачные — на фотопленке, непрозрачные — на бумаге).

2. По цвету: особенности спектра сигнала, создающего изображение (черно-белые, монохромные, цветные).

3. По структуре изображения: аналоговый и цифровой характер сигнала, создающего изображение (многоградационные — полутоновые, двухградационные — штриховые).

Градации изображения характеризуются оптической плотностью — мерой пропускания света для прозрачных материалов и отражения для непрозрачных.

Полутоновые изображения, например рисунки карандашом, акварелью, фотографии, имеют несколько оптических плотностей.

Штриховые изображения, например рисунки и чертежи тушью, имеют две оптические плотности — плотность штрихов и плотность подложки.

4. По способу получения. В зависимости от способа изготовления изобразительные оригиналы могут быть:

- 1) фотографические (на фотопленке или фотобумаге);
- 2) рисованные;
- 3) полиграфические (печатные, имеющие растровую структуру);
- 4) электронные оригиналы (на CD и DVD-дисках, цифровая фотография).

Общие требования к качеству изобразительных оригиналов, предъявляемые технологическим процессом воспроизведения, изложены в ОСТ 29.106-90.

Общие технические требования распространяются на все типы изобразительных оригиналов и определяют их общие характеристики: чистоту и плоскостность оригиналов, отсутствие на них различного рода технических дефектов (загибов, складок, трещин, царапин и других повреждений), размеры оригиналов (в миллиметрах) и поля вокруг изображений. Эти требования устанавливают также соответствие способа воспроизведения его техническим возможностям.

К обработке не допускаются оригиналы с явно выраженным рельефом поверхности. Непрозрачные оригиналы, предназначенные для обработки в электронно-оптических системах со сканерами барабанного типа, должны изготавливаться на гибкой подложке, толщина которой позволяет закреплять оригиналы на цилиндре. При этом толщина оригинала должна составлять не более 0,4 мм, а разброс размеров по толщине — не более 10 мкм.

Прозрачные оригиналы должны быть выполнены на бесцветном прозрачном материале, а непрозрачные — на гладкой белой



бумаге или фотобумаге без вуали; в случае использования глянцевых фотобумаг глянец должен быть равномерным по всей поверхности фотоотпечатка.

Основные требования к штриховым оригиналам:

- 1) штриховые элементы должны быть интенсивно черными, оптическая плотность не менее 1,5;
- 2) края штрихов должны быть резкими;
- 3) оптическая плотность подложки не должна превышать 0,15;
- 4) масштаб воспроизведения штриховых оригиналов должен быть 33–100%, свыше 100% — по согласованию с типографией.

Основные требования к полутоновым оригиналам:

- 1) одноцветные фотографические полутоновые оригиналы должны быть выполнены в виде черно-белого изображения (обеспечение нейтральности серых тонов);
- 2) изображение должно быть резким в необходимых деталях;
- 3) зона размытия в масштабе репродукции должна быть не более 100 мкм, если нерезкость не требуется по желанию заказчика;
- 4) на оригинале не должна быть заметна зернистость фотоматериала, если это не требуется специально;
- 5) как одноцветные, так и многоцветные оригиналы должны иметь хорошую градационную передачу, т. е. максимум деталей в средних тонах изображения;
- 6) потеря сюжетно важных деталей в светах и тенях изображения не допускается.

Несоблюдение требований, предъявляемых к оригиналам, увеличивает объем работ по коррекции изображений в процессе их допечатной подготовки.

Требования не распространяются на следующие изобразительные оригиналы:

- 1) произведения живописи и графики, не созданные специально для полиграфического воспроизведения;
- 2) уникальные документы, имеющие историческую ценность;
- 3) полиграфические оригиналы (требования определяются издательством и типографией);
- 4) изображения, созданные с помощью компьютерной графики.

На обороте каждого оригинала должны быть указаны следующие данные:

- 1) название издательства;
- 2) фамилия автора;

- 3) название издания;
- 4) вид оригинала (штрих, тон, слайд);
- 5) номер иллюстрации;
- 6) название раздела издания;
- 7) сквозной номер цветным карандашом в кружках в одном и том же месте (сквозная нумерация повторяется около ссылок на рисунки на полях текстовой части и около подрисовочных подписей);
- 8) название иллюстрации (например, для изданий по изобразительному искусству);
- 9) линиатура растра;
- 10) изменение масштаба иллюстрации при репродуцировании;
- 11) визы художественного и ведущего редакторов.

Посторонних надписей и пометок ни на лицевой, ни на оборотной стороне оригиналов быть не должно. Все необходимые надписи на оригиналах иллюстраций и контрольных фотоотпечатках должны быть сделаны аккуратно и четко.

Надписи и пометки на обороте оригинала не должны просвечивать на его лицевой стороне.

Цветные диапозитивы (слайды) должны быть помещены каждый в отдельный конверт. К конверту приклеивается контрольный фотоотпечаток.

### **1.3. Основные этапы изготовления полиграфической продукции**

Полиграфия — область технологического производства и совокупность технических, вычислительных и материальных средств, направленных на тиражирование оригиналов (изображений, текстов, документов) в виде печатных изданий определенного уровня качества; отрасль техники, совокупность технических средств и технологических приемов, используемых для получения большого количества печатных копий (репродукций) оригиналов, прошедших редакционную подготовку.

Полиграфический процесс — регламентированная последовательность технологических операций, проводимых с использованием технических средств изготовления печатной продукции и направленных на производство полиграфических изданий.

Технология полиграфического производства включает в себя три основных технологии:

- 1) допечатных процессов;
- 2) печатных процессов;
- 3) брошюровочно-переплетных процессов.

Допечатные процессы — все стадии полиграфической технологии, связанные с подготовкой издания к печати, до изготовления печатной формы включительно.

На процессы допечатной подготовки издания влияют следующие факторы:

- 1) вид продукции и ее характеристика;
- 2) вид и способ печати;
- 3) характеристики печатного и послепечатного процессов;
- 4) сроки исполнения;
- 5) соотношение «цена/качество».

От качества проведения допечатной подготовки зависит в результате качество печати и послепечатной обработки. Ошибки, допущенные при допечатной подготовке, практически невозможно исправить на последующих этапах.

Допечатная подготовка объединяет в себе следующие процессы:

- 1) набор и обработка текста;
- 2) создание изображений, обработка иллюстраций и цветопроба;
- 3) верстка;
- 4) спуск полос;
- 5) изготовление фотоформ;
- 6) изготовление печатных форм.

Применение персональных компьютеров позволило проводить на них набор, обработку изображений, верстку, спуск полос, а также осуществлять управление записью фотоформ, печатных форм и процессом печатания.

В зависимости от типа выпускаемой продукции и требований к ней для изготовления печатных форм применяются три технологии с компьютерной обработкой текста и иллюстраций:

- 1) компьютер – фотоформа (Computer-to-Film), по которой печатные формы изготавливаются путем контактного копирования изображения с негативных или позитивных монтажных фотоформ на формные пластины;

2) компьютер – печатная форма (Computer-to-Plate), по которой запись информации осуществляется поэлементно непосредственно с компьютера на постоянную печатную форму;

3) компьютер – печатная машина, по которой запись информации осуществляется поэлементно непосредственно с компьютера на переменную (Computer-to-Print) или постоянную (Computer-to-Press) печатную форму.

Печатные формы, изготовленные с применением перечисленных технологий, отличаются возможностями цветопередачи, передачи тонов, четкости изображения, точности приводки, экономическими показателями.

С полученной печатной формы печатают серию идентичных оттисков. Печатная краска наносится на печатную форму и, в зависимости от способа печати, прямо или косвенно переходит на бумагу под воздействием печатного цилиндра, оказывающего давление. Значение давления в каждом конкретном случае должно быть строго определенным. Чтобы максимально «сгладить» неровности на поверхности печатной формы, используется упруго-эластичный декель.

Для получения полиграфической продукции оптимального качества большое значение имеет правильный подбор материалов. Для каждого из способов печати применяются определенные краски и виды бумаги.

Отпечатанная продукция поступает далее в брошюровочно-переплетный цех, где и выполняются послепечатные процессы.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Перечислить виды издательских текстовых оригиналов. Какие требования предъявляются к каждому из них?

2. По каким критериям классифицируются изобразительные оригиналы?

3. Каковы основные требования, предъявляемые к штриховым оригиналам?

4. Перечислить требования, предъявляемые к полутоновым оригиналам.

5. Каковы основные этапы изготовления полиграфической продукции?

## Глава 2

# СИСТЕМЫ ДОПЕЧАТНОЙ ПОДГОТОВКИ ИЗДАНИЙ

### 2.1. Компьютерные издательские системы. Особенности воспроизведения изобразительных оригиналов

В основе построения систем допечатной подготовки изданий лежит концепция системного подхода к организации допечатного процесса, при котором все технологические операции, связанные с вводом, обработкой и выводом изображений, согласованы друг с другом, используют одинаковые форматы данных, единые параметры, принципы связи и управления различными этапами единого процесса. При этом все технические и программные параметры аппаратного и программного обеспечения находятся в жесткой взаимосвязи, что позволяет существенно оптимизировать весь процесс допечатной подготовки и добиваться максимально возможной производительности всей системы [3].

Компьютерные издательские системы — комплекс, включающий в себя [2]:

- 1) персональные компьютеры для ввода текста, обработки изображения, верстки и управления процессом в целом;
- 2) сканирующие устройства;
- 3) выводные устройства;
- 4) сетевое обеспечение;
- 5) программное обеспечение.

Воспроизведение изображения на оттиске идентично оригиналу по ряду объективных причин невозможно. К этим причинам относятся:

- 1) различные характеристики подложки оригинала и тиражной бумаги;
- 2) различный цветовой синтез оригинала и оттиска;
- 3) различные интервалы оптических плотностей оригинала и оттиска, что влияет на градационную передачу;
- 4) различный цветовой охват пигментов фотоплёнок, художественных и печатных красок;

5) изображение на оригинале непрерывное, на оттиске — дискретное, что отрицательно влияет на воспроизведение мелких деталей и градационную передачу;

6) различный масштаб оригинала и оттиска, что влияет на резкость изображения.

В связи с перечисленными причинами при обработке оригинала для последующего воспроизведения необходимо учитывать нижеуказанные параметры:

- 1) градационные свойства;
- 2) цветность;
- 3) наличие мелких деталей;
- 4) погрешности (в частности, растр на полиграфических оригиналах, а также механические повреждения: пыль, царапины и т. д.);
- 5) желания заказчика.

**Градационные свойства изображений.** Градация — определенный последовательный ряд оптических плотностей изображения.

Градационная точность — соответствие градаций на оригинале и на оттиске.

Градации серого — переход оптических плотностей от белого цвета до черного.

Градации цветового тона — постепенный переход одного цветового тона от белого до максимально насыщенного.

В зависимости от величины оптической плотности на участках изображения выделяются следующие зоны:

- 1) точка белого (чисто-белая область, не содержащая каких-либо деталей);
- 2) диффузионные света (растровая точка 2–10%);
- 3) света (10–35%);
- 4) полутона (35–65%);
- 5) тени (65–80%);
- 6) глубокие тени (80–98%);
- 7) точка черного (область, содержащая насыщенный черный цвет).

Точность градационного воспроизведения оригинала определяют следующие факторы:

- 1) динамический диапазон оптических плотностей оригинала;
- 2) сюжетные особенности;

3) особенности технологического процесса, применяемое оборудование и материалы.

Динамический диапазон оптических плотностей оригинала, как правило, превышает динамический диапазон оттиска. Теоретически динамический диапазон может принимать значения от 0 до 4 D. Характерные значения динамического диапазона для некоторых видов источников изображения равны следующим величинам:

- 1) 0,9–1,0 (иллюстрации на газетной бумаге);
- 2) 1,5–2,0 (иллюстрации на мелованной бумаге);
- 3) 2,0–2,5 (фотоснимки);
- 4) 2,5–3,0 (негативы);
- 5) 2,7–3,2 (качественные слайды);
- 6) 3,5–4,0 (специальные профессиональные слайды высокого качества).

Сюжетные особенности оригинала определяются тем, в какой зоне оптических плотностей находятся сюжетно важные детали: в светах, тенях и т. п. Например, на оригиналах, сюжетно важные детали которых сосредоточены в светах, контраст в этой области должен быть сильно увеличен по сравнению с контрастом в полутонах и тенях.

Особенности технологического процесса, применяемое оборудование и материалы определяются технологией допечатной подготовки (возможности системы ввода, характеристики растра, технология изготовления печатных форм, особенности фото процесса и копировально-формных процессов), видом печати, печатными машинами, процессом печати, бумагой, характеристиками и порядком наложения красок, формированием ахроматической составляющей.

**Цветность.** Цветопередача — визуально точно воспринимаемое цветовоспроизведение оригинала на оттиске при сравнении изображений в одинаковом освещении.

Для цветных изображений существует три группы точности воспроизведения: физическая, физиологическая и психологическая.

Физическая точность — совпадение изображений на оригинале и на оттиске по спектральному составу. Может быть только в том случае, если оригинал и репродукция с него выполнены на одинаковой бумаге и одинаковыми красками.

Физиологическая (колориметрическая) точность — визуально одинаково воспринимаемые цвета с различными спектральными характеристиками. При воспроизведении оригинала следует учитывать цветовой охват оригинала и оттиска.

Психологическая точность — воспроизведение памятных цветов (цвет травы, неба, фруктов и т. п.), при этом, как правило, оригинал и оттиск вместе не рассматриваются; сохранение цветовых соотношений, а не абсолютных характеристик цветов.

Точность цветопередачи зависит как от процессов допечатной подготовки, так и от процесса печати.

Цветопередача при допечатной подготовке в основном определяется системными цветовыми искажениями (компенсируются базовой цветокоррекцией) и качеством цветоделения.

Цветопередача на оттиске зависит от следующих факторов:

- 1) точности передачи градаций;
- 2) технологического процесса, применяемого оборудования и материалов.

**Наличие мелких деталей.** Штрихи — это элементы различной толщины, имеющие только один уровень яркости (оптической плотности) по отношению к фону.

Качество воспроизведения штриха определяется следующими его характеристиками:

- 1) точностью передачи геометрических размеров;
- 2) резким переходом оптических плотностей на границах;
- 3) прямолинейностью краев детали.

При сканировании штрихового изображения, в связи с технологией процесса считывания, могут возникать определенные погрешности:

- 1) уменьшение размеров штриха вплоть до исчезновения очень тонких элементов;
- 2) сдвиг изображения;
- 3) размытие границ штриха;
- 4) пилообразность краев (у наклонных штрихов).

В дальнейшем в процессе фотовывода и в копировально-формных процессах есть вероятность усиления этих недостатков из-за светорассеивания в системах. Так как синтез цифрового изображения пиксельный, то полностью избежать указанных погрешностей воспроизведения штриха невозможно. Для визуального неразличения, в частности пилообразности границ, необходимо



правильно определить разрешение сканирования и вывода (на фотопленку и формную пластину).

Получение резкого, неразмытого края штрихового элемента возможно при использовании высококонтрастной фототехнической пленки с относительно высокой разрешающей способностью или при непосредственной записи информации лазерным лучом на формную пластину (технология Computer-to-Plate).

В процессе печатания на воспроизведение штриха оказывают влияние:

- 1) вид печати;
- 2) технологический процесс;
- 3) материалы;
- 4) неточность совмещения цветов.

Изменение масштаба исходного изображения может привести к потере мелких деталей (при значительном уменьшении размеров) или к их размытию и потере резкости (при значительном увеличении).

## **2.2. Ввод изображений. Системы обработки изображений**

**Сканеры.** Сканирование — процесс поэлементного ввода изображения на специальном устройстве — сканере.

Сканер — оптико-механическое электронное устройство для оцифровывания графических изображений.

Сканеры бывают планшетные и барабанные. Разные типы сканеров предназначены для выполнения различных работ. В частности, существуют сканеры для сканирования как плоскостных оригиналов, так и объемных предметов. Пригодность устройства для конкретной задачи определяется рядом факторов:

- 1) видом и форматом оригинала;
- 2) масштабированием изображения;
- 3) способом изготовления оригинала;
- 4) конечным продуктом (вид продукции).

Основными характеристиками сканеров являются:

1. Разрешение — число точек (пикселей), приходящихся на единицу длины. Разрешение измеряется в количестве точек на дюйм и обозначается dpi (dots per inch). Разрешающая спо-

способность сканеров бывает двух видов: физическая и интерполяционная.

Физическое разрешение определяется конструктивными особенностями сканеров. Интерполяционное разрешение — программное повышение разрешения путем включения в формируемый образ дополнительных элементов с присвоением им усредненных значений реально считанных точек. Интерполяционное разрешение не добавляет в изображение деталей, но сглаживает границы растровых точек, и проработка мелких деталей становится более четкой.

2. Динамический диапазон — интервал, внутри которого возможно считывание без потери градаций. Чем больше динамический диапазон сканеров, тем больше градаций он распознает и тем больше деталей зафиксирует. Максимальный динамический диапазон сканеров — 4,2.

3. Глубина цвета — максимальное число оттенков цвета или градаций серого, которые может считывать сканирующее устройство для каждого вводимого пикселя. Сканер с глубиной цвета 1 бит регистрирует два цвета — черный и белый, 8 бит — 256 уровней (например, градаций серого).

4. Порог чувствительности — уровень, выше которого сканер считывает изображение как белое (0), а ниже — как черное (1). Применяется для преобразования полутонового изображения в бинарное.

5. Скорость работы сканера, определяемая следующими характеристиками:

- а) скоростью считывания информации;
- б) скоростью обработки;
- в) скоростью передачи через аппаратный интерфейс.

Скорость сканирования учитывается в основном у профессиональных моделей сканеров, так как работа проходит с большими объемами графической информации. При использовании современных сканеров скорость передачи данных через аппаратный интерфейс не учитывается, так как она достаточно велика, а время, затрачиваемое на этот процесс, незначительно.

**Принципы работы сканеров.** *Планишетные сканеры.* На прозрачной поверхности размещается оригинал. Свет от источника проходит через диафрагму сквозь прозрачный оригинал или отражается от непрозрачного, фокусируется объективом, попадает

на систему полупрозрачных зеркал, проходит через три светофильтра (красный, зеленый и синий) и считывается элементами ПЗС-линейки.

*Барабанные сканеры.* Свет от источника, пройдя сквозь оригинал, закрепленный на поверхности барабана, или отразившись от него, проходит через фокусирующий объектив и диафрагму. Затем сфокусированный луч попадает на призму или комплект зеркал и через цветные светофильтры — на светочувствительные элементы фотоэлектронных умножителей (ФЭУ).

Полученный сигнал преобразуется в последовательность электрических сигналов, а затем — цифровых кодов, воспринимаемых компьютером. Величина электрического сигнала пропорциональна интенсивности света, отраженного от изображения на оригинале. В результате сканирования оригинала его образ сохраняется в виде графического файла, где каждая точка изображения представлена несколькими байтами информации.

**Графические станции.** Для обработки изобразительной информации используются рабочие станции, которые включают:

- 1) аппаратное обеспечение;
- 2) программное обеспечение.

Свойства графической станции, определяющие качество и скорость обработки изображений:

- 1) быстродействие процессора;
- 2) быстродействие и объем оперативной памяти;
- 3) характеристики жесткого диска;
- 4) характеристики видеокарты;
- 5) возможность калибровки монитора;
- 6) формат и разрешающая способность монитора;
- 7) платформа станции и ее программное обеспечение.

### **2.3. Способы электронного растривания изображений**

При воспроизведении изображения в высокой и плоской офсетной печати краска наносится на запечатываемый материал слоем одной толщины. Таким образом, тональность различных участков полутонового изображения возможно передать отдельными мелкими точками, обладающими определенными свойствами [2].

Растривание — преобразование полутоновой информации в дискретную, микроштриховую (двухградационную), пригодную для воспроизведения на фотоформе и печатной форме.

Электронное растривание — реализация воспроизведения полутонового изображения с использованием аппаратных и программных средств. Зрительное восприятие растрового изображения как полутонового создается, в зависимости от способа растривания, за счет изменения площади растровых элементов или их количества на единицу площади.

Способы растривания изображений:

- 1) регулярное растривание (амплитудная модуляция);
- 2) нерегулярное растривание (частотная модуляция);
- 3) гибридное растривание;
- 4) модуляция интенсивности.

Амплитудно-модулированное растривание изображений характеризуется изменением площади печатных элементов при постоянном шаге их установки, т. е. центры растровых точек находятся на одинаковом расстоянии друг от друга, образуя регулярную решетку.

Основным недостатком регулярного растривания является эффект интерференции (муар) при печати многоцветного изображения. Для уменьшения муара каждое цветоделенное изображение растрируется с определенными углами поворота растра для каждой краски:

- 1) для черной —  $45^\circ$ ;
- 2) для желтой —  $0^\circ$ ;
- 3) для пурпурной —  $15^\circ$ ;
- 4) для голубой —  $75^\circ$ .

Чем выше линиятура растра, тем муар становится менее заметен. Однако воспроизведение высоких линиятур предъявляет повышенные требования к технологии фотопроцессов, копировально-формных процессов и печати.

Частотно-модулированное (стохастическое) растривание передает изображение изолированными друг от друга печатными элементами одного размера, расстояние между которыми распределено по случайному закону (растривание с формированием нерегулярной структуры). Информация об изображении кодируется изменением частоты следования импульсов, т. е.

расстоянием между точками, которое определяется тональностью оригинала.

Частотно-модулированное растривание по сравнению с амплитудным имеет следующие преимущества:

- 1) лучшая передача мелких деталей за счет использования растровых точек минимального размера;
- 2) обеспечение более высокого разрешения;
- 3) отсутствие муара;
- 4) более точная цветопередача;
- 5) более плавные переходы градаций.

К недостаткам стохастического растривания относится, например, увеличение растискивания растровой точки при печати.

Гибридное растривание объединяет преимущества использования амплитудной и частотной модуляций, которые применяются в зависимости от сюжетного содержания оригинала. Амплитудное растривание используется для воспроизведения полутонов, а частотное — для воспроизведения светов и теней.

Модуляция интенсивности применяется в глубокой печати. Тональность передается площадью растровой точки и толщиной красочного слоя, т. е. оптической плотностью, что дает возможность расширения цветового охвата.

При электронном растривании классические углы поворота растра в точности не реализуются, так как перевод аналогового сигнала в цифровой неизбежно сопровождается возникновением ошибок квантования. Квантование (дискретизация по уровню) — замена непрерывно изменяющихся значений тонов изображения дискретным рядом значений (шкалой квантования).

Ошибки квантования вызывают отклонения, которые могут привести к возникновению муара. Для избежания этого используется рациональное растривание (рациональными называются числа, которые могут быть представлены в виде правильной дроби). Так как при цифровом растривании растровая точка представляет собой пиксельную структуру и невозможно получение части пикселя, то допустимы только такие углы, для которых края повернутой растровой ячейки состоят из целых пикселей:

- 1) для черной —  $45^\circ$ ;
- 2) для желтой —  $0^\circ$ ;

3) для пурпурной —  $71,6^\circ$ ;

4) для голубой —  $18,4^\circ$ .

Изображение, повернутое под углом, будет иметь различное число пикселей, поэтому осуществляется автоматический пересчет линиатуры.

Недостатками рационального растрирования являются следующие ограничения:

1) отсутствие определенных стандартом углов поворота растра;

2) различные линиатуры растров внутри одного цветоделенного комплекта, значительно отклоняющиеся от заданных;

3) ограниченное число конфигураций растра.

Иррациональными называются числа, которые могут быть представлены в виде непериодической бесконечной дроби. Основа иррационального растрирования — растровая матрица, в которой расстояние между центрами растровых точек точно соответствует определенному значению для каждой линиатуры.

Растровая матрица представляет собой распределение некоторых значений составляющих элементов, постепенно убывающих от центра к периферии в соответствии с сигналом, модулируемым полутонным оригиналом. Форма растровой точки при повороте периодически изменяется из-за чередования пикселей, в отличие от рационального растрирования, при котором форма точки твердо зафиксирована.

В электронном способе растрирования достигается более жесткая связь размеров печатных элементов со значением электрического сигнала изображения, чем при использовании фотомеханического растрового эффекта. Распределения экспозиции формируют в электронном растрировании различными способами, наиболее отличительным признаком которых является непрерывность или дискретность изменения площади получаемых точек.

Растрирование с непрерывным управлением площадью называется аналоговым, а растрирование с дискретным изменением — цифровым. Электронное растрирование осуществляется с применением цифровых методов и базируется на использовании цифрового аналога контактного растра — цифровой растровой матрицы.

В базе данных растрирующего устройства содержится комплект цифровых растровых матриц (битовых карт), которые определяют форму растровой точки и ее площадь.

Последовательность выполнения операций электронного растрирования:

1. Оцифрованный сигнал изображения сравнивается с растровой матрицей в растровом процессоре (Raster Image Processor, RIP).

2. На основании сравнения вырабатывается электрический сигнал, который управляет оптическим сигналом выводного устройства.

Основные характеристики растрового изображения:

1. Линиатура растра (растровая частота), определяющая количество линий (рядов растровых точек) на сантиметр (лин./см) или на дюйм (lines per inch, lpi). Чем меньше (ниже) линиатура растра, тем крупнее растр. С увеличением линиатуры растровые ячейки (растровые квадраты, в которые вписаны растровые точки) уменьшаются, и тем самым повышается качество изображения.

Наиболее распространены следующие линиатуры:

- 1) 48 лин./см (иллюстрации в газетах);
- 2) 60–80 лин./см (иллюстрации в рекламных и книжно-журнальных изданиях);
- 3) 80–120 лин./см (высокохудожественные репродукции).

2. Угол растра — угол, под которым находятся ряды растровых точек. Стандартный угол для черной краски —  $45^\circ$ . Данная величина при печати позволяет визуально получить не набор растровых точек, а оттенки серого. Помимо этого, угол поворота растра позволяет при многокрасочной печати свести к минимуму явление муара — возникновение посторонней растровой структуры, а также применяется для создания специальных эффектов.

3. Форма растровой точки может быть различной: круглая, квадратная, ромбообразная, цепеобразная, эллиптическая, треугольная, в виде небольших изображений и т. д. Например, квадратные точки делают вид изображения более резким и контрастным, а эллиптические (ромб со скругленными углами) создают сглаженные градационные переходы. Как правило, различные формы растровых точек применяются для создания специальных эффектов.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. По каким причинам невозможно воспроизведение изображения на оттиске идентично оригиналу?
2. Какие факторы определяют точность градационного воспроизведения оригинала?
3. Какие характеристики определяют качество воспроизведения штриховых элементов?
4. Перечислить основные характеристики сканеров.
5. Какие способы растривания изображений существуют и в чем их сущность?



## *Глава 3*

# **ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФОТОФОРМ**

### **3.1. Классификация фотоформ. Фототехнические пленки для фотовыводных устройств. Свойства фототехнических пленок**

Фотоформа — позитивное или негативное изображение на прозрачной подложке, используемое для получения печатных форм методом форматного копирования. Фотоформы классифицируются по следующим признакам:

- 1) по характеру изображения;
- 2) по полярности;
- 3) по положению;
- 4) по способу монтажа.

По характеру изображения фотоформы делятся на полутоновые, штриховые и растровые.

Полутоновые фотоформы являются многоградационными. Изготавливаются на неконтрастных фототехнических пленках, что обеспечивает плавный переход оптических плотностей. Применяются в традиционных способах получения печатных форм глубокой печати.

Штриховые фотоформы имеют два уровня оптических плотностей изображения: минимальный и максимальный, т. е. являются двухградационными. Для их изготовления используются высококонтрастные фотопленки.

Растровые (микроштриховые) фотоформы передают изображение растровыми точками, которые, в зависимости от способа растривания, могут различаться по площади или по количеству точек одинакового размера на единицу площади, но вне зависимости от этого будут обладать одной оптической плотностью. Таким образом, растровые фотоформы, как и штриховые, имеют два уровня оптической плотности: плотность растровой точки и плотность фона.

Оптическая плотность на фотоформе зависит от величины растровой точки и определяется пропусканием светового потока через данную фотоформу.

По полярности фотоформы могут быть позитивные и негативные в зависимости от вида печати.

Для изготовления печатных форм плоской офсетной печати на формных пластинах с позитивным копировальным слоем применяются позитивные фотоформы. При прохождении через прозрачные элементы фотоформы излучение воздействует на копировальный слой, разрушая его структуру, в результате образуются пробельные элементы.

Фотоформы с негативным изображением применяются для изготовления печатных форм плоской офсетной печати с негативным копировальным слоем и флексографских печатных форм. Под воздействием излучения, проходящего через прозрачные участки фотоформы, на копировальном слое образуются печатающие элементы.

Вне зависимости от полярности штрихами и фоном на фотоформе являются те участки, которые соответствуют им на оригинале.

По положению изображения фотоформы бывают прямые и зеркальные. При копировании изображения на формную пластину требуется, чтобы эмульсионный слой фотоформы был обращен к копировальному слою. Поскольку изображение на печатной форме плоской офсетной печати прямое, то изображение на фотоформе должно быть зеркальное, независимо от полярности копировального слоя. Изображение на печатной форме флексографской печати зеркальное, следовательно, на фотоформе оно должно быть прямым.

По способу монтажа фотоформы могут быть составные и цельные. Составные фотоформы изготавливаются из фотоформ полос, наклеиваемых на прозрачную основу при ручном монтаже. Цельные фотоформы выводятся на фотонаборный автомат (ФНА) сразу на формат печатного листа.

Для записи в экспонирующих устройствах используются технические фотографические пленки, которые обеспечивают необходимое почернение при коротком времени экспонирования. Технологический процесс в системе «компьютер – фотоформа» предусматривает проявление фотопленки в жидких химических растворах.

Свойства фототехнических пленок:

1. Светочувствительность — характеристика реагирования светочувствительного слоя на действующее излучение. Фототехнические пленки, предназначенные для фотовыводных устройств, должны обладать высокой и стабильной светочувствительностью.

Она определяется по результатам измерения оптических плотностей полей, полученных на фотоматериале в результате экспонирования в сенситометре через оптический клин. По ГОСТу светочувствительность фототехнических пленок характеризуется величиной, обратной количеству освещения, которое необходимо для получения на пленке оптической плотности 0,85 над вуалью.

2. Спектральная чувствительность характеризует реакцию фотографического материала на излучения волн различной длины. Описывается кривыми спектральной чувствительности. Должна быть согласована с длиной волны излучения источника света в выводном устройстве.

3. Коэффициент контрастности описывается градиентом приращения оптической плотности изображения при изменении экспозиции. Чем выше коэффициент контрастности, тем резче перепад плотностей на границах элемента изображения. Коэффициент контрастности фототехнических пленок, как правило, превышает 7, а при оптимальных режимах химико-фотографической обработки близок к 10. В результате сочетания высокого коэффициента контрастности и небольшого светорассеяния в пленке элементы изображения на фотоформе получаются плотные и резкие, что обеспечивает в дальнейшем получение качественного изображения на печатной форме.

4. Максимальная оптическая плотность: чем выше значение коэффициента контрастности, тем максимальная оптическая плотность будет выше. Как правило, у фототехнических пленок она равна или больше 4,0.

5. Вуаль — общее равномерное затемнение фотографического слоя под действием обрабатывающих растворов, которое понижает прозрачность и контраст изображения на фотоформе. Причинами появления вуали могут стать, например, слишком высокая температура проявителя или излишняя длительность процесса проявления.

6. Резкость изображения зависит от разрешающей способности фотографического материала. Эта характеристика определяет малый размер деталей, которые фотопленка может воспроизвести. Значения разрешающей способности фототехнических пленок, предназначенных для фотовыводных устройств, находятся в пределах 400–600 мм<sup>-1</sup>. Такая пленка при оптимальной экспозиции воспроизводит штрих, ширина которого 1 мкм.

### 3.2. Основные характеристики фотонаборных автоматов

Для получения скрытого фотографического изображения текста и растрованных иллюстраций в допечатных процессах по технологии Computer-to-Film применяются фотонаборные автоматы (ФНА). В современных фотонаборных автоматах для формирования изображения используется принцип сканирования световым лучом, сфокусированным на плоскости фотоматериала в пятно малого размера [3].

Процесс изготовления фотоформ состоит из двух основных этапов:

- 1) получение скрытого фотографического изображения;
- 2) обработка фотопленки после экспонирования.

Для получения скрытого фотографического изображения на фотоформе применяются фотовыводные устройства (ФВУ). Принцип записи заключается в том, что световое пятно, последовательно перемещаясь по расположенным с определенным шагом вертикальным или горизонтальным линиям, постепенно обходит всю площадь поверхности фотоматериала, на которой должно быть записано изображение. При этом в результате модулирования интенсивности светового сигнала по принципу «да – нет» осуществляется экспонирование фотоматериала и тем самым запись скрытого фотографического изображения черно-белых отрезков и точек. Из этих элементов постепенно и формируется полное изображение шрифтовых знаков, штриховых и растрованных полутоновых иллюстраций, других графических элементов.

Основными характеристиками устройств фотовывода являются:

- 1) формат;
- 2) разрешающая способность;
- 3) линиатура растра;
- 4) повторяемость (точность позиционирования, размерная точность);
- 5) тип используемого источника излучения;
- 6) стабильность экспозиции;
- 7) производительность;
- 8) возможность работать с проявляющим устройством в режиме «on-line»;
- 9) принцип построения схемы разворачивающего устройства.

**Формат.** Влияет на возможность вывода публикации пополюсно или на полный формат печатного листа. Пополосный вывод подразумевает дальнейшее изготовление монтажа фотоформ ручным способом. Формат ФВУ бывает двух видов: максимальный формат и формат экспонирования.

**Разрешение и размер точки.** Под разрешением (разрешающей способностью) понимается количество точек, воспроизводимых лазерным лучом, на единицу длины (обычно на дюйм) фотоматериала. Поскольку запись лазерным лучом связана с синхронизацией движения либо пленки, либо развертки луча, разрешающая способность не может плавно изменяться. Все ФНА имеют несколько фиксированных значений разрешающей способности. Эти фиксированные значения все производители фотонаборных автоматов делают приблизительно одинаковыми, поскольку они должны удовлетворять требованиям теории растривания. Вот наиболее часто встречающиеся значения: 1270, 1693, 2032, 2540, 3387, 4064, 5080 dpi. Используются и другие значения разрешения, например 1219, 1372, 2400, 2438 и т. д. Разрешение во многом определяется конструкцией сканирующей и оптической систем, применяемым лазером и программным обеспечением. Использование специальных алгоритмов растривания и различных программно-аппаратных усовершенствований, предлагаемых производителями, во многих случаях позволяет обеспечить достаточно хорошее качество при разрешении 2400 dpi.

**Линиатура растра.** Этот параметр в большинстве случаев характеризует не сам фотонаборный автомат, а растровый процессор. Диапазон допустимых линиатур, как правило, жестко связан с разрешением. Практически требования к линиатуре определяются характером печатной продукции. Для журнальной продукции линиатура растра обычно составляет 133–150 lpi, для рекламной иногда достигает 200 lpi. Предел различимости растровой структуры оттиска невооруженным глазом находится на уровне 200 lpi.

**Повторяемость.** При изготовлении пленок для последующей цветной печати производится растривание и вывод на ФНА четырех цветоделенных пленок для голубой, пурпурной, желтой и черной краски. Как правило, все четыре цвета выводятся последовательно друг за другом. Естественно, при печати совокупность цветных растровых точек должна правильно передать изображе-

ние. Если происходит довольно сильное смещение, то изображение теряет правильную цветопередачу и геометрические размеры.

Повторяемость характеризуют максимальным несовмещением точек по формату на определенном количестве подряд выведенных фотоформ. Современные фотонаборные автоматы имеют очень хорошие показатели по этому параметру. Например, у барабанных ФНА практически стандартом стало значение  $\pm 5$  мкм, а у ФНА капстанового типа этот параметр находится в пределах 25–40 мкм.

**Тип используемого источника излучения.** В качестве источника излучения в фотовыводных устройствах применяются лазеры: гелий-неоновый (длина волны 633 нм), инфракрасный (от 780 нм), аргоновый (488 нм), красный лазерный диод (670–680 нм). В настоящее время не выпускаются фотовыводные устройства с гелий-неоновым и аргоновым лазерами.

Чем меньше длина волны, тем более четкое пятно (точку) на фотоматериале можно получить при записи. Такие точки изображения, у которых оптическая плотность на краях очень резко изменяется от максимального значения до минимального, называют жесткими, а точки с более плавным изменением оптической плотности на краях — мягкими. При записи изображения с невысокими линиятурами раstra (133, 150 lpi) влияние жесткости точки практически неуловимо, а с учетом погрешностей собственно печатного процесса и вовсе исчезает. При высоких же линиятурах печати жесткость луча начинает играть более принципиальную роль, так как для достижения таких линиятур требуется адекватное уменьшение диаметра сканирующего лазерного пятна.

Последние модели ФНА, за редким исключением, используют в качестве источника лазерный диод, работающий в спектре видимого красного света (670–680 нм). Достоинства лазерного диода состоят в том, что он очень устойчив к колебаниям температуры, не подвержен старению, имеет малые размеры, потребляет значительно меньше энергии. Широкое применение этого источника обусловлено двумя причинами. Во-первых, относительно недавно был разработан новый тип пленки под этот источник. Использование нового типа пленки и видимого красного источника теперь дает такие же результаты по качеству записи, как, например, гелий-неоновый источник света. Во-вторых, лазерный диод дешевле, чем гелий-неоновый и аргоновый источники света.

Существуют и выпускаются модели ФНА, в которых установлен лазерный диод, работающий в инфракрасном спектре света 780 нм. Но из-за большей длины волны он проигрывает в качестве записи лазерному диоду, работающему в видимом красном спектре света.

К достоинствам лазерного источника излучения относятся:

- 1) монохроматичность;
- 2) малая расходимость пятна;
- 3) высокая интенсивность;
- 4) простота в управлении.

Монохроматичность излучения и его малая расходимость позволяют с помощью оптической системы сфокусировать лазерный луч в пятно размером, сопоставимым с длиной волны излучения. Причем чем меньше длина волны, тем пятно меньшего размера можно получить. В различных фотонаборных автоматах в зависимости от используемого типа лазера и конструкции оптической системы сканирующее световое пятно имеет размеры от 5,2 до 30 мкм.

Высокая интенсивность излучения позволяет записывать изображение с большой скоростью. Это обусловлено тем, что оптическая плотность изображения на фотопленке, полученная после ее проявления, зависит от экспозиции (произведения освещенности фотоматериала на время экспонирования). Высокая интенсивность лазерного луча создает значительную по величине освещенность фотоматериалов в сканирующем пятне, при которой требуемую экспозицию можно получить за очень короткое время экспонирования. Чем меньше времени требуется для экспонирования фотоматериала, тем с большей скоростью может перемещаться световое пятно по фотоматериалу и соответственно быстрее производится запись изображения.

Возможность быстрого и достаточно простого управления лазерным лучом также обеспечивает высокую скорость записи. Для управления лазерным лучом по интенсивности применяются электрооптические и акустооптические модуляторы, которые под действием электрических сигналов открывают или закрывают путь для прохождения лазерного луча. Управление пространственным положением лазерного луча при развертке изображения в виде точечно-растровых строк осуществляют вращающиеся зеркальные дефлекторы с одной или несколькими отражающими гранями. Частота вращения зеркальных дефлекторов в современных фотонаборных автоматах достигает более 40 тыс. об./мин.

**Стабильность экспозиции.** Характеризуется тем, что характер излучения, его мощность и другие параметры при экспонировании в заданном режиме на настроенном фотовыводном устройстве остаются неизменными.

**Производительность.** Определяет скорость записи, что соответственно влияет на время, требуемое для вывода фотоформы, и рентабельность фотовыводного устройства. Скорость записи зависит от скорости перемещения фотоматериала, записывающей головки (или записывающего луча) и от разрешения записи. Выражается в количестве сантиметров экспонированного фотоматериала максимальной ширины для конкретного ФНА в минуту.

**Возможность работать с проявляющим устройством в режиме «on-line».** Определяет непрерывный процесс экспонирования — обработки фотоматериала, что увеличивает скорость получения готовой фотоформы, а также стабильность всего процесса. В режиме работы «off-line» фото пленка после экспонирования попадает в приемную кассету, кассета вынимается из фотовыводного устройства и устанавливается в проявляющее устройство.

### **3.3. Основные типы фотонаборных автоматов. Формирование изображения на фотоматериале**

Принцип построения схемы развертывающего устройства в значительной мере определяет большинство из перечисленных параметров ФНА [2]. По конструкции различаются:

- 1) устройства с протяжкой фотоматериала;
- 2) устройства с креплением фото пленки на цилиндре;
- 3) устройства с креплением фото пленки внутри цилиндра.

**Устройства с протяжкой фотоматериала** (устройства ролевого или капстанового типа). Фотоматериал располагается в плоскости и перемещается (непрерывно или дискретно), осуществляя развертку изображения по вертикали. Горизонтальная развертка изображения производится непрерывно вращающимся многогранным, а иногда качающимся одногранным, зеркальным дефлектором.

Лазерный луч, пройдя через систему линз и зеркал, попадает на многогранное непрерывно вращающееся (или качающееся одногранное) зеркало. Отразившись от него, проходит через линзу и, отразившись еще от одного зеркала, осуществляет запись на фотоматериале.



Основными достоинствами ФНА с протяжкой фотоматериала являются простота конструкции, достаточно высокая надежность, низкая цена. К другим преимуществам этих фотонаборных автоматов можно отнести возможность записи большого по длине участка пленки. Максимальная длина ограничивается только возможностями растрового процессора и реже емкостью приемной кассеты. Определенным достоинством следует считать и относительно малые размеры.

Недостатки ФНА капстанового типа обусловлены построением оптической системы, погрешностями изготовления и работы вращающихся многогранных дефлекторов и механизма протяжки фотопленки.

Главным требованием к механизму перемещения пленки является стабильность ее перемещения в зоне экспонирования. Различают стабильность средней скорости движения и стабильность мгновенной скорости по отношению к средней.

Под средней скоростью перемещения пленки принято понимать значение скорости, рассчитанное как фактическое перемещение пленки за 1 мин или сравнимый с 1 мин интервал времени. Под нестабильностью средней скорости перемещения пленки понимают среднее значение отклонения средних скоростей перемещения от номинальной скорости движения пленки, наблюдаемое, как правило, в пределах одного рулона пленки.

Мгновенной скоростью считают скорость движения пленки в конкретный момент времени, т. е. производная от перемещения пленки по времени. Под нестабильностью мгновенной скорости понимается среднее значение отклонения мгновенной скорости от средней скорости, действующей в данный момент времени, наблюдаемое, как правило, в течение 1 мин или в течение того периода, за который производится измерение средней скорости.

Из-за изменения в процессе записи средней скорости движения пленки вследствие изменения сил, действующих на пленку, проскальзывания пленки, ее растяжения ухудшается качество выводимых пленок.

Нестабильность мгновенной скорости перемещения пленки возникает из-за локальных отклонений размеров и формы элементов механизма перемещения от идеальных.

**Устройства с креплением фотоматериала на цилиндре.** Фотоматериал отрезается от рулона и крепится на барабане. Развертка по вертикали происходит за счет вращения барабана, а по

горизонталю — за счет перемещения оптической записывающей системы вдоль образующей барабана.

В фотонаборных автоматах с внешним барабаном фотоленка закрепляется на поверхности барабана эмульсией наружу. В процессе записи барабан вращается и фотоленка экспонируется лазерным лучом, направленным по нормали к поверхности барабана и перемещающимся параллельно его оси.

В современных ФНА с внешним барабаном практикуется многолучевая запись изображения, когда одновременно экспонируется несколько (шесть, восемь, двенадцать и более) рядом расположенных точечно-растровых строк. При этом в качестве источника света может быть использован один лазер, луч которого специальной оптической системой расщепляется на несколько лучей, или несколько лазерных диодов, лучи которых сведены в линейную матрицу. За счет многолучевой записи и большой частоты вращения барабана ФНА этого типа имеют высокую производительность.

ФНА с внешним барабаном экспонируют лист фотоленки, длина которого точно равна длине окружности барабана. Это исключает возможность последовательного вывода изображений небольшого формата, что снижает гибкость использования такого устройства. Кроме того, пленка на барабане фиксируется вакуумной системой. С учетом большой частоты вращения барабана такая система является узлом повышенного риска отказов. Также фиксация и снятие пленки с барабана — процесс довольно длительный. Все это приводит к тому, что при чрезвычайно высокой скорости экспонирования ФНА с внешним барабаном по производительности уступают автоматам с внутренним барабаном.

При использовании многолучевой записи в ФНА с внешним барабаном удается снизить частоту его вращения и избежать вышеперечисленных проблем, однако усложняется управление пучком лазерных лучей. Это связано с невозможностью обеспечить одинаковую интенсивность всех лучей, что приводит к некоторой неоднородности получаемого изображения, которую можно обнаружить при снижении оптической плотности на экспонированной фотоленке до 3,2–3,4 D. Достоинство у ФНА с внешним барабаном всего одно — источник света находится очень близко к фотоматериалу и луч всегда попадает на него под углом 90°. При этом геометрия записываемой точки и ее жесткость практически идеальные.

Ввиду большого количества недостатков и высокой стоимости ФНА с внешним барабаном сейчас встречаются редко, несмотря на то что они позволяют записывать изображение с разрешающей способностью до 5000 dpi.

**Устройства с креплением фотопленки внутри полого цилиндра.** Фотоматериал располагается на внутренней поверхности неподвижного барабана. Запись осуществляется по вертикали за счет непрерывно вращающегося зеркала или призмы, а по горизонтали — за счет перемещения зеркала и оптической системы внутри барабана по его оси.

Фотонаборные автоматы, работающие по принципу «внутренний барабан», работают следующим образом. Пленка из подающей кассеты поступает на внутреннюю поверхность полого полубарабана. Там пленка фиксируется при помощи вакуумной системы, создающей разрежение на барабане под пленкой, или системы механических прижимных валов.

Вакуумная система фиксации фотоматериала с точки зрения качества позиционирования предпочтительнее, чем механическая. Она обеспечивает очень плотное прилегание фотоматериала по всей поверхности внутреннего барабана, но является узлом с большей вероятностью отказа, чем механическая система. После размещения и фиксации фотоматериала на внутреннем барабане лазер и оптическая система, расположенные на каретке точно на оси барабана, перемещаются вдоль этой оси. При этом модулированный лазерный луч отклоняется поперек направления движения при помощи вращающейся призмы. После экспонирования фиксация пленки снимается и материал протягивается, поступая в приемную кассету.

Важным обстоятельством при записи изображения является то, что расстояние от сканирующей призмы до фотоматериала всегда постоянно, так как луч находится в центре цилиндра и попадает на пленку под углом  $90^\circ$ , следовательно, геометрия пятна всегда идеальна и представляет собой окружность.

Одной из проблем автоматов с внутренним барабаном является высокая точность его изготовления, которая должна быть обеспечена в пределах 2 мкм, и точность в соосности барабана с оптической осью, вдоль которой перемещается каретка с лазером.

При работе ФНА этого типа необходимо также обеспечить его работу без световых бликов, что означает устранение возможности экспонирования на пленке отраженного от поверхности бара-

бана луча, при котором возникает наведенная засветка материала. Можно для этого применять барабан с ограниченным углом разворота, но это уменьшает достижимый формат экспонирования.

Фотонаборные автоматы с внутренним барабаном позволяют записывать изображение с растром до 305 lpi и обеспечивают повторяемость  $\pm 5$  мкм по всему формату.

Основным этапом настройки (калибровки) фотовыводного устройства является подбор необходимой мощности излучения источника света, который включает:

- 1) вывод тестовой шкалы для определенного типа фотографического материала. Тестовая шкала содержит изменения оптических плотностей от минимальной к максимальной с определенным шагом и изменяемые мощности излучения;

- 2) выбор по шкале наиболее оптимального для последующего копирования динамического диапазона (максимальной и минимальной оптической плотности) и необходимой мощности излучения.

Эти измерения должны проводиться для фотоматериала в зависимости от фирмы-производителя и от типа светочувствительного слоя.

При экспонировании тестовой шкалы на фотовыводном устройстве с подобранной мощностью излучения устанавливаются следующие настройки:

- 1) время экспонирования;
- 2) параметры обработки (концентрация проявляющего раствора и фиксажа, температура растворов, температура сушки фотопленки).

По результатам измерения данных, полученных на тестовой шкале, производятся вычисления и строятся компенсационные кривые для оптимизации процессов записи и обработки.

Получение изображения на фотографическом материале в фотовыводных устройствах основано на фотографическом действии актиничного светового излучения определенной мощности на светочувствительный слой фотоматериала. В результате экспонирования на фотопленке образуется скрытое изображение: содержащиеся в светочувствительном слое галоидные соли серебра разлагаются и выделяются мельчайшие частицы металлического серебра.

При записи в фотовыводных устройствах лазерный луч создает скрытое фотографическое изображение поэлементно, из точек и

прямолинейных отрезков. В результате изображение, сформированное из отдельных элементов, имеет растровую структуру с пилообразной формой некоторых контуров, особенно наклонных линий. Для избежания дискретизации при записи знака или растровой точки зона перекрытия линий, формирующих это изображение, должна быть примерно 20%, т. е. шаг записи должен быть на 20% меньше диаметра светового пятна. Чем меньше диаметр записывающего пятна и соответственно выше разрешение, тем менее заметен пилообразный контур знака или растровой точки и выше качество изображения в целом.

Растровые точки представляются в виде растровых ячеек, состоящих из  $16 \times 16$  микроточек (субэлементов), которые дают возможность получения 256 градаций серого. Значение оптической плотности определяется процентом заполнения суперячейки микроточками. Оптическая плотность на фотоформе зависит от размера растровой точки и определяется пропусканием светового потока через данную фотоформу.

Тип лазера влияет на размер записывающего пятна: чем меньше длина волны, тем диаметр пятна может быть меньше и тем более четкую точку можно получить при записи. Жесткость растровой точки зависит также от метода регулировки размера пятна лазера. В зависимости от типа лазера и конструкции системы световое пятно имеет диаметр 5,2–30 мкм.

Тоновый диапазон на фотоформе должен быть 2–98%. Минимальный диаметр записывающего пятна зависит от линиатуры записи: при линиатуре до 200 lpi размер точки должен быть 15–20 мкм, до 300 lpi — 10–12 мкм.

Записанная растровая точка должна иметь максимально равномерную оптическую плотность по всей площади поверхности и жесткие края. Это необходимо для последующего качественного процесса копирования изображения с фотоформы на формную пластину. Для получения впоследствии качественной печатной формы плоской офсетной печати методом позитивного копирования максимальная оптическая плотность на фотоформе должна быть не менее 3,8, минимальная — не больше 0,08.

Процесс записи изображения на фотоматериал состоит из следующих этапов:

1. Передача данных из растрового процессора в управляющее устройство ФВУ. Управляющее устройство состоит из следующих частей:

1) интерфейс RIP, который осуществляет прием цифровых данных матрицы экспонирования от растрового процессора;

2) основной контроллер, организующий работу всех узлов устройства вывода;

3) блок памяти для хранения данных о настройках фотовыводного устройства и информации об изображении в процессе записи (один или два жестких диска);

4) блок управления, вырабатывающий сигналы управления системами и механизмами.

2. Модуляция лазерного луча. Осуществляется в процессе записи по принципу «есть сигнал – нет сигнала» в зависимости от информации растрового процессора. При появлении сигнала лазерный луч записывает информацию на фотоматериал.

3. Экспонирование. Осуществляется записью отдельных дорожек, формирующих в результате растровый элемент.

Фотохимическая обработка фотографического материала включает в себя проявление, фиксирование, промывку водой и сушку. В результате обработки химическими реактивами металлическое серебро восстанавливается. Это вызывает почернение тех участков светочувствительного слоя, на которые воздействовало излучение. Остатки неразложившихся галоидных солей удаляются. После обработки светочувствительный слой воспроизводит оптическое изображение, характеризующееся двумя оптическими плотностями: плотностью фона и плотностью растровых элементов, штрихов и знаков шрифта.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Привести классификацию фотоформ в соответствии с их характеристиками.

2. Перечислить основные свойства фототехнических пленок, предназначенных для получения фотоформ.

3. Каковы основные характеристики фотовыводных устройств?

4. На какие виды делятся фотовыводные устройства в зависимости от принципа строения записывающего устройства?

5. Из каких этапов состоит процесс записи изображения на фотоматериал?

## Глава 4

# МОНТАЖ ФОТОФОРМ

### 4.1. Технологический процесс изготовления монтажа фотоформ

Монтаж фотоформ выполняется в монтажном отделении на специальных монтажных столах с нижним освещением в соответствии со спуском. При многоцветной печати для каждой краски изготавливается отдельный монтаж с точным расположением материала для совмещения красок при печати [2].

Цеховые условия:

- 1) общая освещенность монтажного отделения должна быть 500 лк;
- 2) освещенность монтажного стола должна быть 1500–2000 лк;
- 3) постоянная оптимальная температура: в холодное время года 18–20 °С, в теплое — 21–23 °С;
- 4) относительная влажность воздуха 40–60%;
- 5) воздух в помещении должен вентилироваться.

Качество фотоформ полос, предназначенных для монтажа, проверяется монтажистом и мастером участка. К фотоформам предъявляются следующие требования:

- 1) размеры изображения должны быть равными заданным в соответствии с макетом издания;
- 2) негативы и диапозитивы не должны иметь вуали, пятен, посторонних точек, заломов;
- 3) расстояние от края изображения до края пленки должно быть не менее 2 см;
- 4) изображение на негативах и диапозитивах, предназначенных для изготовления офсетных печатных форм, при просмотре со стороны эмульсионного слоя должно быть зеркальным по отношению к оригиналу;
- 5) изображение должно быть резким по всей площади фотоформ;
- 6) штрихи на негативах и промежутки между штрихами на диапозитивах должны быть прозрачными;

7) резкость и оптическая плотность растровых точек на фотоформах должны быть достаточными для копировального процесса;

8) линиятура растра и угол поворота, а также размер, плотность и резкость растровых точек должны соответствовать требуемым.

Технологический процесс изготовления монтажа состоит из следующих основных операций:

- 1) расчерчивание эскиза монтажа;
- 2) расчерчивание плана монтажа;
- 3) монтаж фотоформ на прозрачной основе.

**Расчерчивание эскиза монтажа.** Эскиз монтажа расчерчивается на листе бумаги формата А4 и содержит линии корешков, головок, места расположения полос с их нумерацией, соответствующей спуску.

**Расчерчивание плана монтажа.** На монтажный стол помещается прозрачная основа с нанесенной на нее миллиметровой сеткой и лист бумаги, по формату соответствующий тиражному листу. План монтажа расчерчивается в соответствии с эскизом.

На план монтажа наносятся линии корешков и головок, рамки полос, метки-кресты, углы, метки для фальцовки (по указанию технолога производственного отдела), а также линии для установки шкал контроля формного и печатного процессов. Расчерченный план проверяется и утверждается мастером или технологом цеха.

**Монтаж фотоформ.** На монтажный стол помещается план монтажа так, чтобы изображение на монтаже получилось зеркальным. На расчерченный лист укладывается прозрачная основа для монтажа и закрепляется на стекле стола липкой лентой. Монтаж для многоцветной продукции рекомендуется начинать с контурной или голубой краски.

На монтажной основе точно по ориентирам устанавливаются фотоформы полос и закрепляются полосками липкой ленты или специальным клеем. Липкая лента должна быть расположена на расстоянии не менее 5 мм от изображения. После приклейки монтажист проверяет правильность установки каждой фотоформы.

Помимо фотоформ полос, на монтажной фотоформе закрепляются приводочные метки-кресты, метки для фальцовки, углы для



обрезки, корешковые метки. Шкала контроля формного процесса помещается на участке за обрезным полем листа, шкала оперативного контроля печатного процесса — у края обрезного поля.

## 4.2. Основные требования к качеству монтажа

Требования к качеству монтажа:

- 1) расположение всех фотоформ на монтаже должно полностью соответствовать макету;
- 2) все размеры на монтаже должны полностью соответствовать размерам, указанным в макете;
- 3) все фотоформы полос должны быть прочно закреплены на монтажной основе;
- 4) на монтажах, предназначенных для воспроизведения многокрасочных изображений, фотоформы полос должны быть установлены с точностью, при которой несовмещение красок не превышает 5 мкм;
- 5) пробельные места на монтаже диапозитивов должны быть прозрачными, на монтаже негативов — непрозрачными;
- 6) на монтаже не должно быть повреждений и загрязнений;
- 7) не допускается наложение фотоформ полос одна на другую в местах соединений, а также наличие заусениц на краях пленки.

Дефекты монтажа:

- 1) перекося фотоформы полосы;
- 2) несовмещение цветоделенных монтажных фотоформ по крестам;
- 3) расположение фотоформ полос не соответствует их расположению на макете;
- 4) отклеивание фотоформы полосы;
- 5) наложение краев двух соседних фотоформ полос.

Для исправления этих дефектов рекомендуется соответственно переклеить фотоформу полосы, проверить качество клея или липкой ленты, обрезать края полосной фотоформы.

Готовые монтажи хранят в горизонтальном положении в закрытых металлических шкафах. Монтажи фотоформ должны быть защищены от пыли и теплового воздействия. Срок хранения монтажей — до окончания сдачи заказа издательству. После оконча-

ния срока хранения монтажи разбираются, фотоформы полос утилизируются, а монтажная основа очищается от остатков клея и предназначается для дальнейшего использования.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Какие цеховые условия должны соблюдаться при проведении монтажа фотоформ?
2. Какие требования предъявляются к качеству фотоформ полос, поступающих в монтажное отделение?
3. Из каких этапов состоит технологический процесс изготовления монтажа фотоформ?
4. Описать процессы расчерчивания плана монтажа и непосредственно монтажа фотоформ.
5. Какие требования предъявляются к качеству монтажа фотоформ?

## Глава 5

# КОПИРОВАЛЬНЫЕ И ФОРМНЫЕ ПРОЦЕССЫ

### 5.1. Формные пластины плоской офсетной печати. Копировальные слои

Формная пластина — алюминиевая, полиэфирная или бумажная основа с нанесенным на нее светочувствительным копирувальным слоем.

Предварительно очувствленные формные офсетные пластины состоят из четырех слоев, каждый из которых выполняет определенные функции:

- 1) алюминиевая подложка (основа формной пластины);
- 2) анодная пленка (обеспечивает износостойкость пробельных элементов);
- 3) гидрофильный подслои (служит для обеспечения гидрофильности пробельных элементов);
- 4) копирувальный слой (образует печатающие элементы).

Изготовление офсетных формных пластин осуществляется в несколько этапов:

1. Предварительная обработка алюминиевых листов. Включает в себя очистку пластины от загрязнений и обезжиривание.

2. Зернение поверхности. В результате электрохимического зернения (с использованием переменного тока) создается высоко-развитая структура поверхности, которая обеспечивает адсорбционные свойства подложки, а также позволяет удерживать большее количество увлажняющего раствора и легче добиться баланса «краска – вода» при печати. Как правило, зернение идет в три этапа, в результате которых на поверхности пластины создается три типа микронеровностей: крупное, среднее и мелкое зерно. Крупное зерно обеспечивает качественное воспроизведение полутонов и хорошее восприятие увлажняющего раствора. Среднее зерно отвечает за тиражестойкость печатных форм. Мелкое зерно позволяет достичь баланса «краска – вода» и повышает износостойкость поверхности формы.

3. Анодирование (анодное оксидирование). Анодное оксидирование — электрохимическое (в постоянном токе) создание на поверхности подложки пленки из оксида алюминия. В результате анодирования увеличивается твердость алюминия, повышается устойчивость пластин к механическим и химическим воздействиям, а также увеличивается тиражестойкость печатных форм.

После зернения и анодного оксидирования поверхность алюминия становится шероховатой и покрывается прочной пористой оксидной пленкой, которая после наполнения ее гидрофильным коллоидом приобретает устойчивые гидрофильные свойства.

4. Нанесение светочувствительного копировального слоя. Толщина копировального слоя на пластине должна быть равномерной, так как он отвечает за многие показатели формной пластины.

5. Сушка. Проводится, как правило, прогревом подложки снизу, что обеспечивает беспрепятственное испарение растворителя от нижних слоев.

Копировальный слой — тонкая пленка полимера со светочувствительными соединениями, растворимость которых изменяется под воздействием излучения с определенной длиной волны. Копировальные слои делятся на позитивные и негативные. После экспонирования позитивные слои становятся растворимыми, а негативные теряют способность растворяться [4].

Общие требования к копировальным слоям:

- 1) способность образовывать при нанесении тонкую (1,5–2 мкм) равномерную беспористую полимерную пленку;
- 2) хорошая адгезия к подложке;
- 3) изменение растворимости в соответствующем растворителе в результате воздействия излучения;
- 4) достаточная разрешающая способность;
- 5) высокая избирательность проявления, т. е. отсутствие растворимости будущих печатающих элементов;
- 6) стойкость к агрессивным средам.

Свойства копировального слоя и основы определяют характеристики будущей печатной формы:

1. Светочувствительность — это мера воздействия на копировальный слой актиничного излучения, необходимого для изменения его свойств (растворимости).

Спектральная светочувствительность определяет чувствительность копировального слоя к воздействию излучений с различными длинами волн. Для копировальных слоев на основе ортонафтохинондиазидов (ОНХД) актиничным является ультрафиолетовое излучение с длиной волны 330–450 нм.

Интегральная светочувствительность определяет время экспонирования пластин в копировальной раме и необходимую мощность источника излучения. Практически ее определение осуществляется с помощью специальных серых шкал.

Качество изображения растровых точек и штрихов оценивается по воспроизведению соответствующих элементов контрольных шкал. Серая шкала — ступенчатое контрольное изображение равномерного ряда оптических плотностей нейтрально-серых полей, изготовленное на прозрачной основе. Шкала СПШ-К состоит из 11 полей с оптической плотностью от 0,15 до 1,65. В настоящее время шкала СПШ-К не производится. Серая шкала UGRA-82 состоит из 13 полей с оптической плотностью от 0,15 до 1,95.

Светочувствительность определяется по полностью проявленному полю (четвертое по шкале СПШ-К). Пятое поле должно носить следы проявления. Контроль проводится визуально.

Факторы, влияющие на светочувствительность:

- 1) химический состав копировального слоя;
- 2) физические параметры копировального слоя и подложки (коэффициент отражения, адгезия копировального слоя и подложки, толщина копировального слоя);
- 3) условия экспонирования (спектральный состав излучения, экспозиция);
- 4) условия обработки копировального слоя. Светорассеивание ухудшает качество. Для уменьшения светорассеивания требуется экспонировать меньше по времени, что требует применения очень мощных источников излучения. Чем меньше толщина копировального слоя печатной формы, тем выше светочувствительность, поэтому чем толщина копировального слоя больше, тем экспозиция должна быть больше.

2. Разрешающая способность — это свойство копировального слоя отдельно воспроизводить мелкие элементы изображения. Определяется по шкале UGRA-82.

На разрешающую способность влияют:

1) толщина копировального слоя (чем она больше, тем ниже разрешающая способность);

2) режим проявления и состав обрабатывающего раствора;

3) размеры источника излучения и его расстояние от копировального слоя.

3. Градационная передача — свойство светочувствительного слоя передавать градации изображения. Зависит от возможности передачи растровых точек. На формах плоской офсетной печати, полученных способом форматной записи, минимальная растровая точка может быть 3%-ная, максимальная — 98%-ная. Контроль проводится как визуально, так и с помощью денситометра, позволяющего измерить относительный размер растровой точки на печатной форме.

4. Шероховатость поверхности основы, характеризующаяся тремя параметрами: среднеарифметическим отклонением профиля; высотой микронеровностей; коэффициентом шероховатости. От шероховатости зависят адгезия копировального слоя к подложке, требуемое количество увлажняющего раствора, стабильность качества изображения при печати.

5. Тиражестойкость — количество качественных оттисков, которые возможно получить с одной печатной формы в процессе печатания тиража. Тиражестойкость определяется стойкостью копировального слоя к истиранию. После термообработки (обжига) она, как правило, увеличивается в два-три раза. На тиражестойкость оказывают влияние следующие факторы:

1) нарушение технологии и режимов копировального процесса (например, переэкспонирование, перепроявление и др.);

2) свойства печатных красок;

3) сорт бумаги;

4) характеристики увлажняющих растворов и др.

6. Толщина анодной пленки обеспечивает износостойкость пробельных элементов.

7. Избирательность проявления — отношение времени устойчивости копировального слоя в проявляющем растворе ко времени его проявления. Данный параметр определяет режимы проявления (время проявления, температуру и концентрацию проявителя).

## 5.2. Изготовление офсетных печатных форм методом позитивного копирования

Монометаллические предварительно очувствленные офсетные формные пластины делятся по типу копируемого слоя на позитивные и негативные. Как правило, формы, изготовленные на офсетных монометаллических формных пластинах, предназначены для печатания с них на листовых и рулонных печатных машинах [2].

В состав позитивного копируемого слоя входят следующие компоненты:

- 1) светочувствительные вещества (ортонафтохинондиазиды);
- 2) пленкообразующий полимер;
- 3) органический растворитель;
- 4) дополнительные вещества.

Полимерные добавки служат для повышения тиражестойкости, улучшения растекания слоя, сохранения гидрофобных свойств печатающих элементов и их устойчивости к обрабатываемым растворам и краске. Нерастворимые микрочастицы, вкрапленные в копируемые слои, способствуют выходу воздуха при вакуумировании и лучшему контакту между фотоформой и копируемым слоем в процессе экспонирования. Красители вводятся для лучшей визуализации изображения на форме после экспонирования и проявления.

К достоинствам ортонафтохинондиазидов относятся:

- 1) отсутствие темнового дублирования;
- 2) достаточно высокая светочувствительность;
- 3) высокая устойчивость к воздействию растворов;
- 4) высокая разрешающая способность;
- 5) хорошая адгезия к металлам.

В настоящее время крупнейшими производителями офсетных формных пластин являются фирмы: Agfa, FujiFilm, Lastra (принадлежит фирме Agfa), Iragasa, Kodak Polychrome Graphics и др.

Основные технические характеристики позитивных формных пластин:

- 1) анодирование с электрохимическим зернением Multigrain;
- 2) хорошая способность к проявлению;
- 3) стойкость к увлажняющим растворам (не только к водным, но и к спиртовым);

4) специальная обработка верхнего слоя для лучшего контакта между фотоформой и пластиной;

5) копировальный слой на основе диазосоединений голубого цвета до экспонирования, зеленого — после;

6) для параметра шероховатости среднее арифметическое отклонение профиля 0,3–0,6 мкм;

7) толщина анодированного слоя 3,0 г/м<sup>2</sup>;

8) толщина светочувствительного слоя 1,4–2,0 мкм;

9) рекомендуемая длина волны 380–410 нм;

10) размер растровой точки в светах 2%, в тенях 98%;

11) минимальная толщина штриха 8–12 мкм;

12) тиражестойкость без термообработки от 100 тыс. оттисков, с термообработкой — от 500 тыс. оттисков.

Цеховые условия:

1) копировальное отделение должно быть обязательно оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией;

2) свет в помещении должен быть желтым, неактиничным для диазосоединений;

3) окна должны быть закрыты шторами или жалюзи для препятствия проникновению в помещение солнечного света;

4) общее освещение должно быть не ниже 150 лк;

5) при экспонировании шторки копировальной рамы должны быть плотно закрыты во избежание попадания УФ-излучения в глаза или на открытые части тела.

Экспонирование формной пластины осуществляется через фотоформу (или в очень редких случаях через кальку, выведенную на лазерном принтере) на специальном оборудовании — копировальной раме.

Копировальное оборудование должно отвечать требованиям:

1) длина волны источника излучения должна соответствовать спектральной чувствительности копировального слоя формной пластины (максимальная мощность излучения в ультрафиолетовой зоне);

2) расстояние от источника излучения до формной пластины должно быть не меньше ее диагонали, так как при небольшом расстоянии происходит уменьшение экспонируемых элементов;

3) освещение должно быть равномерным по всей поверхности пластины и равняться не менее 10 тыс. лк, возможное снижение освещенности на краях пластины не должно быть меньше 80% от ее освещенности в центре;



4) вакуумная система должна обеспечивать плотный контакт фотоформы с копирувальным слоем формной пластины (контроль осуществляется по шкале FOGRA-KKS).

Изготовление печатных форм методом позитивного копирования состоит из следующих этапов:

#### 1. Подготовка к экспонированию.

Перед началом работы стекло копируальной рамы очищается от загрязнений и пыли. Пластина укладывается в копируальную раму и на нее помещается фотоформа эмульсионным слоем к копируальному слою.

Совмещение формной пластины и фотоформы осуществляется по штифтам. За обрезным полем устанавливается шкала UGRA-82 (или РШ-Ф и СПШ-К) для контроля копируального процесса.

Для обеспечения полного контакта между копируальным слоем и фотоформой из копируальной рамы удаляется воздух за счет вакуума.

#### 2. Экспонирование.

Время экспонирования зависит от расстояния между источником излучения и поверхностью формной пластины и от мощности источника. Как правило, время экспонирования определяется опытным путем по шкалам UGRA или СПШ-К.

В процессе экспонирования копируальный слой, расположенный под прозрачными участками фотоформы, деструктурируется под воздействием излучения и приобретает способность растворяться в проявляющем растворе.

При использовании не цельной, а смонтированной фотоформы проводится дополнительное экспонирование для закопировки следов от краев диапозитивов и липкой ленты через рассеивающую пленку. Время дополнительного экспонирования не должно превышать 30% от времени основного. Если на фотоформе присутствуют тонкие штрихи или мелкие растровые точки в светах, то для избежания их потери длительность дополнительного экспонирования составляет не более 10% от основного.

#### 3. Обработка копии.

Обработка может производиться как автоматически, в проявочном процессоре, так и вручную. В процесс обработки входят следующие этапы:

- 1) проявление;
- 2) промывка;

- 3) нанесение защитного коллоида;
- 4) сушка.

В процессе проявления, растворяясь, удаляется копировальный слой с пробельных элементов. На процесс проявления оказывают существенное влияние следующие факторы:

- 1) температура проявляющего раствора;
- 2) концентрация проявителя;
- 3) время проявления.

После проявления форма промывается водой для полного удаления остатков проявителя. В случае, если форма не используется сразу после изготовления, ее покрывают защитным коллоидом, гуммирующим раствором, который наносится на поверхность пластины тонким слоем. Сушка производится теплым воздухом при температуре 40–60 °С.

### 5.3. Требования к качеству печатных форм

К готовым печатным формам предъявляются следующие требования:

- 1) на форме должны быть воспроизведены все кресты и метки, необходимые для проведения печатного и послепечатного процессов;
- 2) обязательно наличие шкал оперативного контроля формного и печатного процессов;
- 3) копировальный слой с пробельных элементов должен быть полностью удален;
- 4) на форме не должно быть следов от краев диапозитивов, липкой ленты, она не должна иметь механических повреждений (царапин, трещин и т. п.);
- 5) форма должна иметь маркировку по краске;
- 6) на печатной форме должны быть воспроизведены все элементы изображения, включая мелкие растровые точки.

Консервация форм для последующего использования включает в себя следующие этапы:

- 1) удаление краски с печатающих элементов формы;
- 2) увлажнение всей формы;
- 3) покрытие формы раствором гуммиарабика;
- 4) сушка.

Условия хранения печатных форм:

- 1) температура в помещении должна быть 16–22 °С, относительная влажность воздуха — 40–60%;
- 2) формы хранятся в горизонтальном положении;
- 3) формы должны быть проложены бумагой;
- 4) исключается попадание на форму прямого света и влаги;
- 5) загнутые клапаны пластин не выравниваются.

Дефекты печатных форм и их причины:

*1. Неустойчивость печатных элементов:*

- 1) использование засвеченных пластин;
- 2) недостаточная оптическая плотность непрозрачных элементов на фотоформе;
- 3) недостаточный контакт фотоформы и копировального слоя;
- 4) увеличенное время проявления;
- 5) повышенная температура проявителя;
- 6) повышенный уровень щелочи;
- 7) высокая температура сушки;
- 8) недостаточное количество проявляющего раствора в процессе;
- 9) несовместимость проявителя и пластин.

*2. Тенение печатных форм при печати:*

- 1) недостаточное время экспозиции;
- 2) недостаточная мощность лампы;
- 3) слишком высокая оптическая плотность прозрачных участков на фотоформе;
- 4) недостаточное время проявления;
- 5) недостаточная концентрация проявителя;
- 6) попадание воды в проявитель;
- 7) низкая температура проявителя;
- 8) окисление формы кислородом из-за отсутствия обработки гуммирующим раствором.

*3. Уменьшение растровой точки, потеря мелких элементов:*

- 1) недостаточная оптическая плотность непрозрачных элементов на фотоформе;
- 2) увеличение времени экспонирования;
- 3) перепроявка форм;
- 4) несоответствие проявителя и формных пластин. Увеличение размеров растровой точки:
- 5) недостаточное время экспонирования;

6) увеличенная оптическая плотность прозрачных участков фотоформы;

7) недостаточное время проявления;

8) низкая температура проявителя;

9) недостаточная концентрация проявителя;

10) несоответствие формных пластин и проявителя.

*4. Пятна на печатной форме:*

1) пыль, волокна, остатки аэрозоля на стекле копировальной рамы;

2) нарушение климата в копировальном отделении;

3) нарушение параметров вакуума;

4) истощенный проявитель;

5) жесткая вода;

6) инородные включения в водопроводной воде;

7) нерегулярная очистка валиков и щеток.

В случае выявления мелких недостатков печатную форму необходимо откорректировать. Для этого используются специальные корректирующие карандаши.

#### **5.4. Изготовление форм флексографской печати**

Флексография — разновидность способа высокой печати. Использует, как правило, полимерные печатные формы и низковязкие быстрозакрепляющиеся печатные краски.

Характеристики печатных форм флексографской печати, определяющие качество печати:

1) физико-механические (эластичность, соотношение обратимых и остаточных деформаций, время релаксации);

2) геометрические (толщина формы в среднем 1,7–6,0 мм, равномерность, глубина пробельных элементов, профиль печатающих элементов);

3) физико-химические (набухаемость формы в растворителях, входящих в состав печатных красок);

4) репродукционно-графические (градационная передача 3–85%, линиатура до 54 лин./см, текст кеглем от 6 пунктов).

Флексографская формная пластина представляет собой фотополимерный материал, до экспонирования нестабильный и пла-

стичный. После экспонирования он приобретает устойчивость и эластичность.

При выборе пластины учитывается характер воспроизведения изображения и вид продукции, а толщина пластины должна соответствовать конкретной печатной машине. Необходимо учитывать изобразительные возможности процесса и удлинение изображения при изгибании формы во время крепления на формный цилиндр.

Процесс изготовления флексографских печатных форм включает следующие операции:

- 1) подготовку пластины (разрезка по формату негатива);
- 2) экспонирование;
- 3) вымывание пробельных элементов;
- 4) сушку;
- 5) финишинговую обработку.

Сначала выполняется экспонирование оборотной стороны, которое проводят без вакуума и без фотоформы. При этом образуется основание печатной формы. Этим обеспечивается заданная глубина рельефа. Затем, предварительно сняв защитную пленку, пластину помещают с негативом и вакуумной пленкой в экспонирующую установку и выполняют основное экспонирование. При этом формируются печатающие элементы.

Профиль печатающих элементов — параметр фотополимерных печатных форм, который определяется углом при основании печатающего элемента и его крутизной. Оптимальная величина угла — 65–75°.

От профиля зависит разрешающая способность фотополимерных печатных форм, а также прочность сцепления печатающих элементов с подложкой, влияющая на тиражестойкость. Существенное воздействие на профиль печатающих элементов оказывают режимы экспонирования и условия вымывания пробельных элементов.

Формирование печатающих элементов в объеме фотополимеризующейся композиции под воздействием активного излучения происходит в несколько стадий:

- 1) фотохимическое превращение (начиная с верхних слоев);
- 2) оптические процессы;
- 3) послойные фотохимические превращения (сшивка макромолекул по глубине).

В зависимости от режима экспонирования печатающие элементы могут иметь различную форму.

Пологий профиль обеспечивает надежное закрепление печатающих элементов на подложке, но является нежелательным из-за возможного уменьшения глубины пробелов. Пологий профиль, как правило, образуется при избыточных экспозициях.

Грибообразный (бочкообразный) профиль приводит к неустойчивости печатающих элементов на подложке, вплоть до возможной потери отдельных элементов. Данный профиль образуется при недостаточном экспонировании.

Оптимальный профиль имеет угол при основании  $(70 \pm 5)^\circ$ . Является наиболее предпочтительным.

Влияние на профиль печатающих элементов оказывает также соотношение экспозиций предварительного и основного экспонирования. Длительность предварительного и основного экспонирования, их соотношение подбираются для различных типов и партий фотополимерных пластин и типов экспонирующих установок.

Пространственное разделение сформированных печатающих и пробельных элементов осуществляется в результате удаления фотополимеризующейся композиции с пробельных участков и обеспечивается при проявлении. На скорость вымывания незаэкспонированной фотополимерной композиции из пробельных элементов и на качественные характеристики пробелов влияют следующие факторы:

- 1) состав фотополимеризующейся композиции;
- 2) состав раствора, используемого для проявления;
- 3) температура, время и условия подачи раствора к пробельным участкам.

Недостаточное время вымывания, низкие температуры вымывающего раствора и малые концентрации растворителя в растворе приводят к следующим негативным явлениям:

- 1) недостаточная глубина пробелов;
- 2) снижение разрешающей и выделительной способности;
- 3) графические искажения, превышающие допустимые;
- 4) замедление процесса формирования пробелов.

Длительное время вымывания и низкие температуры вымывающего раствора вызывают разрушение мелких штриховых элементов печатных форм.

Увеличение температуры выше оптимальной также вызывает разрушение мелких элементов, что связано с повышением степени набухания фотополимеризующейся композиции.

Скорость вымывания в узких пробелах меньше, чем в широких из-за большей скорости передвижения макромолекул в широких пробелах по сравнению с узкими. По истечении 6–10 мин углубление пробелов прекращается.

На скорость вымывания пробелов и равномерность распределения их по площади фотополимерных печатных форм существенно влияет способ подачи вымывного раствора.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Перечислить общие требования к копируемым слоям.
2. От чего зависит градиционная передача копируемого слоя?
3. Из каких этапов состоит процесс изготовления печатной формы методом позитивного копирования?
4. Какие требования предъявляются к качеству печатных форм?
5. Какие операции включает процесс изготовления печатных форм?

## Глава 6

# ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПЕЧАТНЫХ ФОРМ МЕТОДОМ ПОЭЛЕМЕНТНОЙ ЗАПИСИ

### 6.1. Общие сведения о технологии Computer-to-Plate

Computer-to-Plate (компьютер – печатная форма, CtP) — это способ изготовления печатных форм, при котором изображение на форме создается тем или иным методом на основе цифровых данных, полученных непосредственно из компьютера, т. е. управляемый компьютером процесс изготовления печатной формы методом прямой записи изображения на формный материал [2]. При этом полностью отсутствуют какие-либо промежуточные вещественные полуфабрикаты: фотоформы, репродуцируемые оригинал-макеты, монтажи и т. д.

Каждая печатная форма, записанная по цифровым данным, является первой оригинальной копией, что обеспечивает следующие показатели:

- 1) большую резкость точек;
- 2) более точную приводку;
- 3) более точное воспроизведение диапазона градаций исходного изображения;
- 4) меньшее растискивание растровой точки при печати;
- 5) сокращение времени на подготовительные и приладочные работы на печатной машине.

Технология Computer-to-Plate обеспечивает следующие основные преимущества по сравнению с технологией Computer-to-Film:

- 1) сокращение времени технологического цикла изготовления печатных форм;
- 2) сокращение числа единиц оборудования (фотовыводные устройства, проявочные машины, монтажные столы, копировальные рамы и т. д.);
- 3) сокращение затрат на электроэнергию;
- 4) сокращение расходных материалов и затрат на их приобретение;



5) сокращение рабочих площадей;  
6) улучшение условий труда и экологии на полиграфических предприятиях;

7) сокращение численности обслуживающего персонала;

8) повышение качества изображения на печатных формах.

Система CtP включает в себя три основные составляющие:

1) компьютеры, которые обрабатывают цифровые данные и управляют их потоками;

2) устройства записи на формные пластины (устройства экспонирования, формовыводные устройства);

3) формный материал (формные пластины с различными копировальными слоями, чувствительными к определенным длинам волн).

Метод поэлементной записи цифровой информации применяется для изготовления форм основных видов печати:

1) плоской офсетной, высокой и флексографской (по технологии «компьютер – печатная форма»);

2) глубокой (по технологии «компьютер – печатный цилиндр»).

Контроль качества записи печатных форм осуществляется по специальным контрольным шкалам, например пленочная контрольная шкала UGRA-82 Plate Control Wedge, цифровая шкала UGRA/FOGRA Digital Plate Control Wedge for CtP.

Цифровой контроль осуществляется по следующей схеме:

1) выбор экспозиции;

2) установка мощности лазера;

3) экспонирование пластины с контрольным элементом.

Шкала UGRA имеет несколько полей:

1) поле для определения разрешения (установка интенсивности и фокуса);

2) геометрические диагностические поля;

3) поля для определения оптимальной фокусировки экспонирующего устройства;

4) поля для визуального контроля;

5) растровый клин.

Цифровые тесты позволяют провести оценку возможного растискивания точки на конкретной формной пластине для определенного устройства записи печатных форм. Это дает возможность провести коррекцию экспозиции, обеспечить точность фокусиров-

ки, проверить прозрачность оптики, подобрать характеристики проявляющего раствора и т. д.

## 6.2. Устройства для записи печатных форм

В зависимости от типа источника излучения применяются следующие устройства для записи печатных форм [2]:

- 1) лазерные экспонирующие устройства;
- 2) устройства с мощной ультрафиолетовой лампой.

Лазерные устройства для записи печатных форм состоят из следующих основных частей:

- 1) оптико-механическая система (один или несколько лазеров, модулятор, телескоп, фокусирующая линза, поворотные зеркала, вращающийся зеркальный дефлектор);
- 2) механизм крепления формной пластины;
- 3) механизм перемещения формной пластины;
- 4) механизм перемещения оптической или термической головки.

Устройства для записи формных пластин могут быть оснащены системой для пробивки приводочных отверстий.

Создание изображения на лазерных экспонирующих устройствах осуществляется под действием светового или теплового лазерного излучения. Применяются для изготовления печатных форм на формных пластинах со светочувствительным и термочувствительным копировальным слоем соответственно.

По конструкции устройства для записи печатных форм делятся:

- 1) на барабанные, выполненные по технологии «внешний барабан»;
- 2) барабанные, выполненные по технологии «внутренний барабан»;
- 2) планшетные.

В барабанных устройствах, выполненных по технологии «внешний барабан», формная пластина расположена на наружной поверхности вращающегося цилиндра. Крепление осуществляется с помощью прижимов: механических, вакуумных или комбинированных.

Устройства для вывода форм могут иметь:

- 1) систему подачи формных пластин из пачки;
- 2) систему удаления прокладочной бумаги;

3) систему автоматической установки формных пластин и снятия их после экспонирования;

4) систему пробивки штифтовых отверстий.

Запись изображения осуществляется многолучевым способом (несколько лазеров или лазерных диодов). Электрические сигналы, управляющие включением и выключением каждого луча, поступают из блока обработки данных, который принимает их из растрового процессора.

Достоинства устройств с размещением формной пластины на внешней поверхности барабана:

1) простая система поддержания положения оптимальной фокусировки пятна лазерного излучения;

2) невысокая частота вращения барабана;

3) пробивка штифтовых отверстий и фиксирование с помощью них пластины;

4) возможность экспонирования больших форматов.

Недостатки устройств:

1) необходимость значительного числа лазерных диодов и такого же числа информационных каналов;

2) два перемещающихся элемента.

В барабанных устройствах, выполненных по технологии «внутренний барабан», формная пластина расположена на внутренней поверхности неподвижного цилиндра. Устройства состоят из трех секций, объединенных системой транспортирования формных пластин:

1) секция ввода;

2) секция экспонирования;

3) секция вывода.

В секции ввода размещается кассета или несколько кассет с формными пластинами. При этом ввод пластин в секцию экспонирования осуществляется автоматически. При ручной загрузке пластин кассеты не используются.

В секции экспонирования производится запись изображения на формную пластину. В зависимости от типа используемых пластин секция экспонирования может быть оснащена источниками излучения различной мощности.

В секции вывода экспонированная формная пластина передается на проявочный процессор или выводится на приемное устройство.

Устройства с размещением пластин на внутренней поверхности барабана имеют следующие достоинства:

- 1) один источник излучения;
- 2) большая глубина резкости;
- 3) простота замены источников излучения.

К недостаткам устройств с внутренним барабаном (по сравнению с устройствами с внешним барабаном) относятся:

- 1) невысокая точность записи;
- 2) более сложная фокусировка.

В планшетных устройствах форма расположена в горизонтальной плоскости неподвижно или совершает движение в направлении, перпендикулярном направлению записи изображения. Устройство подачи передает пластину на вакуумную плиту. Края пластины автоматически выравниваются системой позиционирования. Запись перемещающейся записывающей головкой может осуществляться в двух направлениях или в одном, если движется плита с пластиной. Время записи формы зависит от разрешения и формата пластины.

После экспонирования формная пластина по транспортеру передается в проявочный процессор.

Планшетные устройства обладают следующими достоинствами:

- 1) практически отсутствует деформация пластин во время загрузки и экспонирования;
- 2) высокая скорость записи при низких разрешениях (необходима в производстве газетных изданий).

Недостатками планшетных устройств являются:

- 1) невозможность высокой точности записи при использовании пластин разных форматов и толщины;
- 2) невозможность записи форм с повторяемостью 5 мкм.

### **6.3. Формные пластины для технологии Computer-to-Plate**

Формные пластины для технологии CtP изготавливаются на различных основах: металлической (алюминий), полимерной (полиэтилентерефталат, лавсан) [2].

Светочувствительные формные пластины применяются для устройств с фиолетовым, аргоновым, зеленым лазером или крас-

ным лазерным диодом. В зависимости от химико-физических процессов, проходящих при воздействии на копировальный слой излучения, светочувствительные пластины делятся на три типа:

- 1) фотополимерные;
- 2) серебросодержащие;
- 3) гибридные.

Термочувствительные формные пластины используются для устройств с инфракрасными лазерами.

Офсетные формные пластины для изготовления печатных форм форматной записью со светочувствительным копировальным слоем на основе ортонафтохинондиазидов возможно использовать при экспонировании изображения с помощью фиолетового лазерного диода.

Формные пластины для изготовления офсетных печатных форм плоской печати могут быть как для печати с увлажнением, так и для печати без увлажнения.

После экспонирования изображения на формную пластину в большинстве случаев требуется проявление в химических растворах или в воде.

Основными производителями формных пластин для технологии CtP являются компании FujiFilm, Agfa, DuPont, Kodak Polychrome Graphics, Presstek, Lastra, Mitsubishi, Creo.

Фотополимерные формные пластины состоят из фотополимеризующейся композиции, которая в процессе экспонирования отдельных участков теряет способность растворяться в технологических растворах, образуя при этом печатающие элементы. Неэкспонированные участки фотополимера вымываются проявляющим раствором, образуя пробельные элементы.

Серебросодержащие формные пластины для офсетной печати состоят из галогеносеребряного слоя и могут быть на бумажной, полимерной или металлической подложке. После экспонирования и химической обработки светочувствительного слоя образуются печатающие и пробельные элементы.

Полученные офсетные печатные формы на бумажной основе выдерживают тиражи до 5 тыс. экземпляров, однако из-за пластической деформации увлажненной бумажной основы в зоне контакта формного и офсетного цилиндров штриховые элементы и растровые точки сюжета искажаются, поэтому бумажные формы могут быть использованы только для однокрасочной печати. Фор-

мы на полимерной основе имеют тиражестойкость до 20 тыс. экземпляров [3].

Гибридные формные пластины представляют собой многослойные структуры, состоящие из галогеносеребряного слоя, копировального слоя и металлической подложки. Технологический процесс изготовления печатной формы после экспонирования включает химико-фотографическую обработку галогеносеребряного эмульсионного слоя (его проявление и фиксирование), экспонирование копировального слоя через полученную маску, ее удаление и обработку копии, полученной на копировальном слое.

Галогеносеребряный слой в процессе изготовления печатной формы выполняет роль маски (фотоформы), через которую происходит основное экспонирование. В качестве галогеносеребряного слоя используется негативная фотографическая эмульсия, сенситометрические и структурометрические характеристики которой соответствуют параметрам контрастных фототехнических пленок. Позитивный копировальный слой сформирован на основе ортонафтохинондиазидов и имеет высокую устойчивость к химико-фотографической обработке. Тиражестойкость таких форм в офсетной печати достигает 250 тыс. экземпляров.

Гибридные формные пластины могут также использоваться для изготовления флексографских печатных форм. В этом случае кроме серебросодержащего слоя, образующего при экспонировании маску, имеется фотополимерный слой, который после формирования маски и ее химико-фотографической обработки дополнительно экспонируется в копировальной раме, после чего подвергается обработке технологическими растворами, образуя печатающие и пробельные элементы высокой печати.

Формные пластины с термослоями нечувствительны к дневному свету. Печатающие и пробельные элементы формируются под действием инфракрасного излучения с длиной волны 830 нм и выше. При этом печатающие и пробельные элементы печатной формы могут формироваться по двум принципам:

- 1) непосредственное тепловое воздействие на термослой, при котором экспонированные участки, разрушаясь, удаляются;
- 2) принцип двойного слоя, при котором печатающие и пробельные элементы формируются под воздействием излучения в разных слоях формной пластины, образуя микрорельефное изображение.

## 6.4. Изготовление печатных форм плоской офсетной печати по технологии Computer-to-Plate

Формные пластины с фотополимеризующимися копирувальными слоями представляют собой формный материал для плоской офсетной печати с негативным копирувальным слоем, чувствительным к излучению фиолетового лазерного диода.

Формная пластина состоит из следующих основных слоев:

- 1) металлическая подложка (предварительно обработанный алюминий) толщиной примерно от 0,15 до 0,40 мм в зависимости от печатной машины;
- 2) фотополимер со спектральной чувствительностью 400–532 мкм;
- 3) защитная пленка.

Условия хранения пластин — температура не выше 30 °С и относительная влажность 30–70%.

Изготовление печатных форм включает следующие стадии:

1. Экспонирование. В процессе экспонирования под воздействием излучения происходит изменение структуры фотополимера — послойная полимеризация, при этом формируются печатающие элементы.

2. Нагрев. Кратковременный нагрев пластины инфракрасными лампами усиливает эффект затвердения участков изображения после процесса экспонирования и повышает их адгезию к подложке.

3. Промывка. В процессе промывки с пластины удаляется защитный слой, что дает возможность ускорения дальнейшего проявления и избегания загрязнения проявителя.

4. Проявление. В процессе проявления удаляются все неэкспонированные области. В результате проявления на алюминиевой подложке образуются пробельные элементы.

5. Заключительная промывка.

6. Гуммирование.

7. Сушка.

Характеристики изображения в зависимости от марки и фирмы-производителя на готовой печатной форме возможно получить следующие:

1) линиятура до 180–200 lpi;

2) воспроизведение градаций от 3 до 97% и от 1 до 99%.

Тиражестойкость в среднем 250–400 тыс. оттисков (в зависимости от условий печатного процесса, от качества бумаги и т. д.).

После термообработки тиражестойкость повышается от 500 до 1000 тыс. оттисков.

Формные пластины с галогеносеребряными слоями представляют собой формный материал для плоской офсетной печати, чувствительный к излучению фиолетового, аргонового и зеленого лазера или красного лазерного диода. Пластины работают по принципу внутреннего диффузионного переноса солей серебра.

Формная пластина состоит из следующих основных слоев:

1) металлическая (предварительно обработанный алюминий), полимерная или бумажная подложка толщиной примерно от 0,15 до 0,40 мм;

2) нижний, принимающий слой (содержит центры проявления в виде коллоидного серебра или сульфида серебра, а также закрепитель);

3) средний, барьерный (состоит из проявляющей пасты);

4) верхний, регистрирующий (галогеносеребряный эмульсионный слой, на котором формируется изображение).

Условия хранения пластин — температура не выше 32 °С и относительная влажность до 70%.

Изготовление печатных форм включает следующие стадии:

1. Экспонирование. В процессе экспонирования луч лазерного излучения активизирует серебросодержащие частицы на пробельных участках. Не засвеченные в местах изображения частицы формируют печатающие элементы.

2. Проявление. Во время проявления серебросодержащие частицы активизируются, при этом возникают их устойчивые связи с желатином. Незасвеченные частицы остаются подвижными и способными к диффузии.

3. Диффузия. Не подвергшиеся засветке ионы серебра диффундируют из эмульсионного слоя через барьерный слой на поверхность алюминиевой подложки, формируя на нем печатающие элементы.

4. Смывка. После полного формирования изображения желатиновая фракция эмульсии и растворимый в воде барьерный слой полностью удаляются во время смывки. При этом на алюминиевой основе остаются только печатающие элементы в виде осажденного серебра.

Характеристики изображения в зависимости от марки и фирмы-производителя на готовой печатной форме возможно получить следующие:



- 1) линиатура до 250 lpi;
  - 2) воспроизведение градаций от 2 до 98%.
- Тиражестойкость в среднем 350 тыс. оттисков.

Формные пластины с гибридными слоями представляют собой позитивные или негативные пластины, предназначенные для записи на них аргоновым, зеленым лазером или красным лазерным диодом.

Формная пластина состоит из следующих основных слоев:

- 1) металлическая подложка толщиной примерно от 0,15 до 0,40 мм;
- 2) светочувствительный слой;
- 3) галогеносеребряный эмульсионный слой.

Условия хранения пластин — температура не выше 30 °С и относительная влажность до 70%.

Изготовление печатных форм протекает в несколько последовательных стадий:

1. Экспонирование и проявление.

Под действием лазерного излучения и последующей фотохимической обработки на светочувствительном серебросодержащем слое формируется изображение — маска.

2. Интегральная ультрафиолетовая засветка.
3. Удаление слоя-маски.
4. Проявление.
5. Гуммирование.
6. Сушка.

Печатные формы, полученные на гибридных формных пластинах, рекомендуются для высокотиражной печати.

**Формные пластины с термочувствительными слоями.** В отличие от традиционных технологий CtP, где лазер работает в видимом волновом диапазоне, при термальном экспонировании используется тепловая энергия лазерного луча. С ее помощью генерируются точки изображения на поверхности формной пластины.

Для экспонирования применяется мощный лазерный диод (длина волны 830 нм). Пластина реагирует только на инфракрасный спектр излучения и нечувствительна к видимому свету. Это дает большое преимущество, потому что для работы с такими пластинами не требуется темного помещения [3].

Термопластины содержат слой эмульсии, нанесенной на алюминиевую подложку (основу пластины). Экспонирование лазе-

ром вызывает нагревание эмульсии, что приводит к химической реакции в эмульсионном слое, ускоряющей ее отверждение (задубливание).

Нагрев, предваряющий проявление, ускоряет химическую реакцию в области экспонирования, что завершает процесс задубливания и сцепления эмульсионного слоя с основой пластины. Участки, не экспонированные лазером, смываются проявителем и счищаются щеткой в процессоре. Последующий обжиг способствует дальнейшему отверждению эмульсии, что увеличивает срок использования печатной формы.

Для изготовления офсетных форм с использованием технологии экспонирования термопластин необходим комплекс оборудования, состоящий из трех основных устройств: рекордера для термального экспонирования, печи для обжига и процессора для проявления пластин.

Основными характеристиками процесса и оборудования, от которых зависит качество печатных форм, являются:

1) для рекордера — фокусировка луча, мощность лазера, частота вращения барабана;

2) для печи (при предварительном обжиге) — температура (слишком высокая — вуалирование, слишком низкая — участки изображения вымываются или отслаиваются) и скорость транспортера (слишком высокая — участки изображения вымываются или отслаиваются, слишком низкая — вуалирование);

3) для процессора — скорость перемещения (слишком высокая — вуалирование, слишком низкая — участки изображения вымываются или отслаиваются); температура проявителя (слишком высокая — вуалирование, слишком низкая — участки изображения вымываются или отслаиваются, уменьшается срок эксплуатации проявителя); темп добавления проявителя (слишком высокий — потери химического раствора, слишком низкий — уменьшается срок эксплуатации проявителя, что приводит к вуалированию); дата изготовления проявителя (слишком старый — вуалирование).

Для получения высококачественной печатной продукции основополагающее значение имеет растривание полутоновых иллюстраций и растровых полей. В цифровой допечатной технологии растровая точка создается при помощи вычислений по различным формулам в программе. Физически же в CtP-технологии растровая точка впервые появляется только на формной пластине

и создает основу для результата процесса печати. Если растровая точка подвержена отклонениям и нельзя сохранить в процессе печати ее физическое увеличение или ясно определить ограничения по краске и увлажнению, то эти отклонения все больше будут усиливаться в течение печатного процесса. Искаженное представление растровой точки, а именно то, какой она получается на форме и какой она воспроизводится на печатном оттиске, называют растискиванием. Растискивание является главной причиной отклонения процесса печати от нормального хода и ухудшения качества продукции.

Термопластины чувствительны только к определенной длине волны энергии экспонирования. Если энергии имеется меньше, чем необходимо, то пластина не проэкспонируется; если больше, то это не имеет значения и никаких дальнейших последствий не будет. Благодаря такому цифровому свойству («да – нет») качество форм становится предсказуемым и контролируемым.

Не все системы термоэкспонирования одинаковы. Большинство систем работает следующим образом: целиком цифровое экспонирование закладывается в памяти соответственно растру в виде квадратов, часто в размере 2400 на дюйм для выводного устройства. Крошечные круглые растровые точки располагаются друг относительно друга так, чтобы в результате получить растровую точку нужной формы, например в виде круга, эллипса и т. д. Так как луч экспонирующего лазера круглый, то точка не всегда точно соответствует квадратной растровой сетке и поэтому должна задаваться с запасом, чтобы избежать пустот в окончательном растре. Это ведет к увеличению размеров точки на форме. Однако существенным является то, что у такой лазерной точки энергия уменьшается от середины к ее краям. Соответственно этому точное положение порогового уровня энергии, при котором начинает экспонироваться пластина, имеет неопределенный размер. Распределения энергии из-за дальнейших различий при экспонировании, обработке форм могут привести к колебаниям окончательных размеров точки. Поэтому получаемая растровая точка и соответствующий результат печати не вполне предсказуемы.

Основным физико-химическим принципом формирования печатающих и пробельных элементов на термочувствительных формных пластинах является изменение свойств поверхности под воздействием теплового излучения, например от гидрофобных к

гидрофильным. Эти изменения необратимы из-за высокой мощности лазерного инфракрасного теплового излучения и низкой теплопроводности полимерного слоя. Усиление результатов лазерного воздействия обеспечивается процессом проявления.

В зависимости от типа усиления пластины делятся на три группы:

1) термочувствительные пластины с предварительным нагревом (сочетание каталитических и термических реакций);

2) термочувствительные пластины, не требующие предварительного нагрева (усиление основано на различиях в растворимости отдельных участков копировального слоя или на процессе термической деструкции);

3) термочувствительные пластины, не требующие дополнительной обработки после экспонирования.

*Термочувствительные пластины с предварительным нагревом.* Процесс изготовления печатных форм состоит из следующих этапов:

1. Экспонирование. В результате экспонирования инфракрасным лазером начинается реакция полимеризации под действием кислотных катализаторов.

2. Предварительный нагрев. Обжиг при температуре 130–145 °С обеспечивает завершение структуризации полимера. Этот процесс укрепляет печатающие и размягчает пробельные элементы.

3. Охлаждение.

4. Проявление. Состоит из следующих операций: погружение, обработка щетками, фильтрация и рециркуляция, гуммирование и форсированная воздушная сушка.

5. Обжиг. Производится при температуре от 200 до 220 °С. Обжиг обеспечивает прочность и большую тиражестойкость печатной формы.

*Термочувствительные пластины, не требующие предварительного нагрева.* Процесс изготовления печатных форм состоит из следующих этапов:

1. Экспонирование. Верхний слой поглощает инфракрасное излучение и преобразует его в тепло, которое изменяет свойства слоя (расщепление водородных связей на экспонированных участках), что впоследствии позволяет проявителю проникнуть сквозь него и растворить нижний слой.

2. Проявление. При обработке проявителем удаляются нижний и верхний экспонированные слои.

3. Заключительная обработка. Обработка готовой печатной формы производится стандартным гуммирующим раствором.

*Термочувствительные пластины, не требующие дополнительной обработки после экспонирования.* Пластины данного типа не требуют обработки как до экспонирования, так и после него. В основе технологии лежит быстрое термическое разложение, испарение, перевод слоя в газообразное состояние. Выделяющиеся при этом твердые или газообразные вещества улавливаются специальными устройствами в процессе экспонирования. В результате сразу после экспонирования формной пластины получается готовая печатная форма.

**Формные пластины для сухого офсета.** Формные пластины для изготовления печатных форм, не требующих при печати увлажнения пробельных элементов, могут быть различных типов в зависимости от состава слоев, формирующих пластину.

Пластины первого типа представляют собой многослойную структуру, состоящую из следующих слоев:

- 1) металлическая (алюминиевая) или полиэфирная подложка;
- 2) гидрофобный слой;
- 3) слой, чувствительный к инфракрасному излучению;
- 4) антиадгезионный слой кремнийорганического полимера.

Структура формной пластины также может включать:

- 1) полимерную подложку с напыленной окисью металла (например, титана), поглощающей инфракрасное излучение;
- 2) полиэфирный слой, содержащий пигмент, отражающий инфракрасное излучение;
- 3) кремнийорганический полимер, содержащий вещество, поглощающее инфракрасное излучение.

Лазерное излучение проходит через слой кремнийорганического полимера и поглощается слоем, чувствительным к инфракрасному излучению. В результате теплового воздействия происходит термическое разрушение двух слоев: чувствительного к инфракрасному излучению и гидрофобного с абляцией продуктов разложения. Как правило, после экспонирования формные пластины первого типа требуют дополнительной химической или механической обработки. Тиражестойкость печатных форм — до 25 тыс. оттисков.

Пластины второго типа состоят из следующих слоев:

- 1) металлическая (алюминиевая) подложка;
- 2) гидрофобный слой;

3) полимерное покрытие, содержащее адсорбент лазерного излучения;

4) кремнийорганический полимер.

После экспонирования и обработки печатающие элементы образуются на гидрофобном слое.

Процесс изготовления печатных форм состоит из этапов:

1. Экспонирование. В процессе экспонирования лазерное излучение поглощается слоем напыленного металла, в результате чего металл расплавляется и закрывает неэкспонированные участки, а также упрочняет адгезионный слой, на котором формируются пробельные элементы.

2. Механическая обработка. Антиадгезионный слой удаляется, в результате чего на полиэфирной подложке образуются печатающие элементы.

3. Очистка пленки и обработка спиртовыми растворами.

Тиражестойкость печатных форм зависит от условий печати и характеристики бумаги, в среднем 100 тыс. оттисков.

## **6.5. Изготовление печатных форм флексографской печати по технологии Computer-to-Plate**

Флексография — наиболее динамично развивающийся в настоящее время способ печати, поэтому она получает все более широкое распространение, в первую очередь в упаковочном производстве. Причем наблюдается не только рост объемов производства, постоянное совершенствование технологий и оборудования приводит к повышению качества печатной продукции и производительности производства [5].

Изготовление флексографских печатных форм по технологии Computer-to-Plate может происходить двумя способами:

1) цифровая флексография;

2) прямая гравировка (полимерная композиция с пробелов удаляется прямым воздействием лазерного излучения — выжигается);

Для изготовления печатных форм по этим технологиям применяются устройства экспонирования формных пластин, использующие инфракрасные (газовые, твердотельные, волоконные) лазеры, а также лазерные диоды.

Технология цифрового формирования изображения непосредственно на формной пластине, т. е. прямой записи информации из компьютера, обеспечивает сокращение затрат на изготовление негатива, в частности на фотопленку, химикаты, оборудование, и позволяет значительно сократить производственный процесс.

Она получает в настоящее время все большее распространение не только из-за упрощения допечатного процесса, но и благодаря значительному расширению технологических возможностей флексографской печати и улучшению качества выпускаемой продукции.

Реализация этой технологии стала возможной благодаря созданию ведущими производителями материалов так называемых маскированных фотополимеров и появлению лазерного оборудования для их экспонирования.

В качестве основы маскированных фотополимеров (или «цифровых» форм) производители используют традиционные фотополимерные композиции. Главной отличительной особенностью этих материалов является наличие тонкого (3–5 мкм) черного масочного покрытия, имеющего высокую оптическую плотность. Эту маску можно удалить с помощью сфокусированного пучка инфракрасного лазера.

Таким образом, избегая этапа изготовления негативных фотоформ на пленке, можно прямо на маске фотополимера создать негативное изображение, необходимое для последующего экспонирования и обработки фотополимерной пластины. За счет этого появляется возможность достичь оптимальных характеристик формы, обеспечивающих стабильную правильную передачу цвета и качество печати.

Поскольку маскированные фотополимеры разработаны на основе традиционных материалов, у них нет существенных отличий в технологии экспонирования и последующей обработки, поэтому цифровой способ может быть легко интегрирован в уже существующие технологические цепочки изготовления флексографских форм.

Сокращение числа стадий технологического цикла изготовления флексографских форм позволяет не только упростить допечатный процесс, но и избежать тех причин снижения качества, которые прямо связаны с использованием негативов при изготовлении аналоговых печатных форм:

1) отсутствуют проблемы, возникающие вследствие неплотного прижима фотоформ в вакуумной камере и образования пузырей при экспонировании фотополимерных пластин;

2) нет потерь качества форм вследствие попадания пыли или других включений;

3) не происходит искажения формы печатающих элементов из-за низкой оптической плотности фотоформ и так называемой «мягкой» точки;

4) нет необходимости работать с вакуумом и выполнять дополнительный переkontakt фотоформы на матовую пленку;

5) профиль печатающего элемента оптимален для стабилизации растискивания и точной цветопередачи;

6) расширение диапазона тонопередачи за счет стабильного воспроизведения растровых точек от 3 до 98%;

7) возможность печати изображений с линиатурой до 180 lpi и даже выше.

Технологический процесс изготовления печатных форм состоит из следующих этапов:

1. Предварительное экспонирование. В результате засветки обратной стороны формной пластины образуется полимерная подложка.

2. Запись изображения на масочном слое. Запись изображения осуществляется по принципу удаления лазерным излучением черного масочного слоя с печатающих элементов. Черная маска является частью пластины и препятствует нежелательному рассеянию света, приводящему к увеличению площади растровых точек. В результате на поверхности пластины образуется маска, аналогичная негативной фотоформе. Запись изображения на черном слое маскированного фотополимера производится на лазерных экспонирующих устройствах, представляющих программно-аппаратный комплекс на базе инфракрасного лазера.

3. Основное экспонирование. В результате экспонирования фотополимерной композиции через слой-маску печатающие элементы полимеризуются и теряют способность растворяться в проявляющем растворе.

При экспонировании аналоговой формы свет, прежде чем достичь фотополимера, проходит через несколько слоев: серебряную эмульсию, матированный слой и основу пленки, стекло вакуумной копировальной рамы. При этом свет рассеивается в



каждом слое, а также на границах слоев. В результате растровые точки получают более широкие основания, что приводит к увеличению растискивания.

В отличие от этого при экспонировании цифровых флексографских пластин нет необходимости создавать вакуум и отсутствует пленка. Практически полное отсутствие рассеяния света означает, что изображение с высоким разрешением на слое-маске точно воспроизводится на фотополимере.

4. Проявление. Вымывание неэкспонированной фотополимеризующейся композиции с пробельных элементов. В результате проявления на печатной форме образуется рельефное изображение.

5. Сушка.

6. Финишинговая обработка.

При записи изображения с помощью лазерных систем размер точки на маскированных фотополимерах равен, как правило, 15–25 мкм, что позволяет получать на маске изображения со следующими характеристиками:

- 1) возможна линиатура растра 180 lpi и выше;
- 2) наименьшая воспроизводимая растровая точка — до 1%;
- 3) наибольшая воспроизводимая растровая точка — до 99%.

Вследствие контакта фотополимерного слоя с кислородом воздуха происходит ингибирование процесса фотополимеризации, что вызывает уменьшение печатающих элементов изображения. Этот эффект, благодаря которому уверенно воспроизводятся однопроцентные печатающие элементы, необходимо учитывать при изготовлении цифровых флексографских форм.

Как правило, в программном или аппаратном обеспечении экспонирующих устройств (чаще всего в RIP) предусмотрена компенсация удлинения или сжатия изображений. Такое искажение изображения происходит как вдоль оси формного цилиндра, так и по его окружности.

Для уменьшения влияния кислорода воздуха на полимеризацию промежуток времени между записью изображения и основным экспонированием должен быть не более 1 ч.

Для проведения операции экспонирования с помощью УФ-излучения используются традиционные копировальные рамы. После основного УФ-экспонирования пластина помещается в обычный вымывной процессор, где происходит вымывание не-

экспонированных участков фотополимера вместе с черным ма-сочным слоем. В результате на цифровой флексографской печатной форме достигается такой профиль печатающих элементов, который оптимален для стабилизации растискивания и точной цветопередачи.

Основными производителями фотополимерных формных пластин для технологии Computer-to-Plate являются фирмы Asahi, BASF, DuPont, Polyfibron.

Технология прямой гравировки заключается в том, что готовая флексографская форма получается за один технологический этап на одной единице лазерного оборудования. Суть технологии прямой гравировки — формирование печатных элементов путем непосредственной обработки исходного материала (резина или специальные полимеры) лучом лазера, при этом готовая форма получается сразу после лазерной обработки.

Наиболее часто в лазерных установках прямой гравировки применяется газовый CO<sub>2</sub>-лазер, спектр излучения которого очень удобен для обработки различных материалов.

Особенностями систем прямой лазерной гравировки являются: большое количество продуктов горения, большое электропотребление, системы сложны в обслуживании, требуют периодической замены силовых элементов лазеров.

Важным недостатком CO<sub>2</sub>-лазеров является то, что они не позволяют обеспечить запись изображения с линиятурами, необходимыми для современного уровня флексопечати.

В общем случае диаметр пятна излучения CO<sub>2</sub>-лазера не менее 50 мкм. Поэтому печатные формы, полученные прямой гравировкой, применяются, главным образом, для печати обоев, упаковки с несложными рисунками, тетрадей, то есть там, где не требуется высоколинейтурная растровая печать.

Однако это не означает, что метод прямой гравировки непригоден для формных процессов качественной флексографской печати. Поскольку диаметр лазерного пучка прямо пропорционален длине волны, то выбрав лазер с более короткой длиной волны, можно обеспечить необходимые условия для лазерной гравировки с высоким разрешением и, таким образом, реализовать изготовление высоколинейтурных флексографских форм. Также дальнейшее совершенствование технологии прямой лазерной гравировки возможно путем совершенствования формных материалов.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Какие преимущества обеспечивает применение технологии Computer-to-Plate?
2. Из каких основных частей состоят лазерные экспонирующие устройства для записи печатных форм?
3. На какие виды делятся формные пластины в зависимости от химико-физических процессов, проходящих при экспонировании?
4. Из каких этапов состоит процесс изготовления печатной формы с фотополимеризующимся копировальным слоем?
5. Какие этапы включает процесс изготовления флексографской печатной формы?

## Глава 7

# КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА В СИСТЕМАХ ДОПЕЧАТНОЙ ПОДГОТОВКИ ИЗДАНИЙ

### 7.1. Цветопроба

Основной задачей репродукционного процесса является получение изображения, обеспечивающего наилучшее воспроизведение оригинала с учетом возможностей технологического процесса [3].

Для управления процессом воспроизведения исключительную роль играет возможность контроля как всего процесса в целом, так и промежуточных стадий. Основное регулирование характеристик будущего изображения осуществляется именно на стадии допечатных процессов.

Контроль изображения проводится с целью достижения необходимого качества, а также исключения дополнительных временных и материальных затрат, связанных с перепечаткой тиража. Контроль качества на промежуточных стадиях осуществляется по изображениям и контрольным шкалам. Шкала может представляться в виде готовой полосы издания или отдельного критичного к цветопередаче фрагмента изображения.

Цветопроба занимает особое место в цепи производственного процесса и служит для представления результата репродуцирования в виде одного многокрасочного изображения, которое моделирует тиражный оттиск и заменяет пробную печать. Она может быть использована в качестве документа для подтверждения правильности выполнения заказа, который согласуется и утверждается сторонами.

Различают два класса цветопробы: экранную (soft proof) и на твердом носителе (hard proof). За экранную цветопробу можно принять изображение на откалиброванном мониторе. Обычно это первичная цветопроба, призванная помочь оператору, занимающемуся цветоделением, правильно выполнить необходимую цве-

токоррекцию. При такой цветопробе можно говорить лишь о первоначальной визуальной оценке изображения. Эта цветопроба не является документальным подтверждением правильности воспроизведения цвета.

Цветопробу на твердом носителе можно разделить на три вида: цифровую, аналоговую и пробную печать.

Можно выделить несколько вариантов включения цветопробы в производственный процесс:

- 1) установка цветопробы после сканирования и обработки изображений;
- 2) цветопроба с окончательно сверстанных полос до изготовления цветоделенных растрованных фотоформ;
- 3) цветопроба непосредственно с фотоформ;
- 4) использование пробопечатного станка после изготовления печатных форм.

Использование цифровой и аналоговой цветопроб дает только приближенное представление о цвете будущего изображения, так как это лишь более или менее точная имитация офсетного печатного процесса. Для получения наиболее приближенной цветопередачи необходимо провести калибровку всех устройств, работающих с цветом, подобрать программное обеспечение, предоставить программному обеспечению необходимую информацию о параметрах печатного процесса и, наконец, учесть возможность использования этих параметров при выполнении цветопробы. Кроме того, важным моментом является характеристика красителей и подложки, так как колориметрические и сенситометрические характеристики пигментов, используемых в цветопробах, у многих фирм-производителей существенно отличаются от используемых при печати тиража. Соблюдение всех требований зависит от применяемого оборудования для выполнения цветопробы.

Менее существенны, по сравнению с колориметрическим соответствием тиражному оттиску, такие характеристики цветопробных изображений, как резкость, наличие или отсутствие на пробе растровой структуры и т. п.

Пробная печать обеспечивает наибольшее соответствие цветопробного оттиска будущему печатному. Это достигается в основном за счет тиражных материалов (краски, бумаги и т. д.). Но по сравнению с цифровой и аналоговой пробная печать более

дорога в эксплуатации. В этом случае возрастает цена ошибки, допущенной на стадиях изготовления фото- и печатных форм.

Аналоговая цветопроба применяется, как правило, для контроля качества и выполняется с цветоделенных растрованных фотоформ — негативов или позитивов. Современные фотомеханические процессы позволяют моделировать параметры офсетной печати. При экспонировании негативной пленки образуется ореол, при экспонировании позитивной ореол не образуется. Это влияет на увеличение растровых элементов на экспонированной фотопленке. Для того чтобы растровые элементы на пробном изображении оказались большего размера, чем на фотоформе, необходимо светорассеяние. Свет должен полностью отражаться от подложки пробного материала; при отражении растровые элементы частично подсвечиваются снизу. При этом свет поглощается растровыми элементами. За счет светорассеяния размер растровых точек по окружности увеличивается, что можно проконтролировать с помощью денситометра.

Системы изготовления цветопробы непосредственно с фотоформ производятся несколькими фирмами, среди которых наиболее известны DuPont, Kodak, Imation и Agfa.

Комплект цветопробы состоит из четырех элементов — ламинатора, копировальной рамы, печатного пресса и комплекта расходных материалов (стандартно — ламинат, основа и 4 сухих тонера-пигмента СМΥК). Цветопроба изготавливается за несколько стадий.

На лист плотной бумаги со специальным покрытием с помощью ламинатора наносится слой светочувствительного материала с защитной пленкой сверху. Затем поверх защитной пленки крепится фотоформа. Все это помещается в копировальную раму и производится кратковременная (от 5 до 30 с) экспозиция с помощью ультрафиолетового источника излучения. Происходящий при этом фотохимический процесс является основой формирования изображения. Светочувствительный слой, который был клейким по всей поверхности до экспонирования, задубливается и теряет клейкость в тех местах, на которые попал свет. Там же, где свет был перекрыт растровыми элементами изображения, задубливания не происходит.

После экспонирования фотоформа снимается, удаляется защитная пленка. Бумага с воспринявшим изображение светочувств-

вительным слоем пропускается через печатный пресс, где по ней прокатывается покрытая слоем пигмента фольга. Процесс, происходящий при этом, достаточно прост: слабо держащийся на поверхности фольги пигмент прилипает к оставшимся клейкими незадублированными элементам. В результате на участках бумаги, соответствующих черным местам фотоформы, создается изображение.

Для получения цветного изображения описанный выше процесс повторяется четыре раза. Каждый раз берется фольга с соответствующим пигментом. Совмещение красок производится вручную обычно по приводочным меткам. После нанесения последней краски готовый оттиск покрывается защитным ламинатом для обеспечения устойчивости к внешним воздействиям. Красочный слой, переносимый с фольги, идентичен пигменту печатных красок европейской триады, что обеспечивает визуальное соответствие офсетным оттискам, отпечатанным по нормам печати Eurostandard.

Получить аналоговые цветопробы можно, используя так называемую «сухую» или «мокрую» технологию. Отличие их состоит в том, что в процессе получения оттиска на «сухих» цветопробах не применяются какие-либо химические растворы: пигмент с пробельных элементов снимается механическим способом. В случае «мокрых» цветопроб происходит проявление, т. е. разрушение и вымывание элементов, которые приобрели растворимость.

К системам, использующим технологию «сухой» цветопробы, относятся: Cromalin фирмы DuPont, Confirm фирмы Kodak, Pressmatch фирмы Agfa. Технология «мокрой» цветопробы применяется в системах Matchprint фирмы Imation и ColorArt фирмы Fuji.

Популярность систем аналоговой цветопробы обеспечила их функциональная близость к офсетной пробной печати. Преимуществами аналоговой цветопробы можно считать не только малое отклонение колориметрических характеристик от офсетного оттиска, но и возможность контроля качества готовой фотоформы, а именно: растрования, векторных элементов, треппинга и т. д. Немаловажным является и то, что системы аналоговой цветопробы принципиально готовы к переходу на любой иной набор цветов, например Pantone, а также на пигментные пленки для любой смесевой краски, используемой заказчиком.

К недостаткам систем аналоговой цветопробы относятся высокая себестоимость оттиска, не всегда имеющаяся возможность

изготовления цветопробы на тиражной бумаге, а также в некоторых системах невозможность моделирования особенностей печатных процессов (растискивания, свойств печатных красок и тиражной бумаги).

Все эти системы обеспечивают высокое качество цветопробных изображений и отличаются, как правило, технологиями получения пробных оттисков, а также дополнительными возможностями (например, получение изображения на тиражной бумаге, а не на специальной основе).

Особенность цифровой цветопробы состоит в том, что она выполняется с помощью печатающих устройств непосредственно с компьютера. В этом случае отсутствует стадия работы с фототехническим материалом и химико-фотографическая обработка. Это особенно актуально при использовании технологии Computer-to-Plate, не предусматривающей использование фотоформ.

В настоящее время в качестве устройств для получения цифровых цветопроб используются принтеры, работающие с различными технологиями перенесения красочного пигмента на основу. Различают принтеры, работающие по принципу термопереноса, сублимационные, струйные, лазерные и принтеры на твердых чернилах.

## 7.2. Системы оценки качества

Для получения объективной оценки качества полиграфической продукции используются денситометрические и спектрофотометрические устройства [3].

**Денситометры для работы с проходящим светом (на пропускание).** Параметром, который может дать объективные сведения об изображении и возможности проведения с ним дальнейших копировальных работ, является оптическая плотность почернения  $D$  отдельных участков изображения как результата воздействия света и последующей химико-фотографической обработки. Под измерением значения оптической плотности, в случае работы с прозрачными материалами, обычно понимают определение ее интегрального значения, равного десятичному логарифму обратной величины коэффициента пропускания материала (коэффициент пропускания выражает относительную



долю энергии, проходящую через то или иное прозрачное тело определенной толщины).

При недостаточной оптической плотности у изображения на фотоматериале в процессе копирования его на формный материал будут наблюдаться градационные искажения, что особенно сильно отразится на светлых участках. В то же время переэкспонирование фотоматериала может привести к так называемому эффекту «затяжки» растровых точек, который повлечет за собой значительное увеличение оптической плотности в полутонах и тенях.

В настоящее время принято считать, что оптическая плотность плашки фотоматериала для процессов офсетной печати составляет от 3,3 до 3,8 D (для флексографской печати значение может достигать 4,2–4,5 D) при записи изображения на фотонаборном автомате и не менее 1,8 D при использовании фоторепродукционного аппарата.

Денситометры на пропускание предназначены в основном для контроля или калибровки фотонаборных автоматов. Процедура калибровки отработана давно, и все без исключения фирмы-производители фотонаборных автоматов и программного обеспечения к ним включают в свои изделия специальные полутоновые тестовые шкалы. Чем сложнее конструкция ФНА, тем большее количество тестов в ней заложено. С помощью тестовых шкал и денситометрического оборудования пользователь может контролировать и регулировать, например, мощность источника излучения при использовании различных фотоматериалов или подстраивать оптическую систему для работы с различными значениями разрешающей способности и т. д.

**Денситометры, работающие с отраженным светом (на отражение).** В некоторых случаях в условиях печатного производства необходимо контролировать оптическую плотность краски непосредственно на самом оттиске. Это можно сделать, используя денситометры на отражение.

Применение подобных денситометров предусматривает возможность контроля не только печатного оттиска, но и непосредственно печатной формы. В отличие от денситометров, работающих с прозрачными материалами, рассматриваемый тип измеряет коэффициент отражения и пересчитывает его в оптическую плотность.

Относительная спектральная чувствительность денситометра на отражение зависит от распределения энергии в спектре источ-

ника излучения, спектральной чувствительности фотоприемника, спектрального пропускания светопоглощающей среды денситометра и спектрального пропускания светофильтров.

Денситометры на отражение могут измерять большее количество величин, нежели денситометры, работающие с прозрачными материалами, а именно: оптическую плотность краски; растискивание; размер растровых точек на оттиске и печатной форме; относительный контраст печати; треппинг (переход краски); ошибку цветового тона; баланс «по-серому».

Измерение каких-либо из перечисленных выше величин в большинстве случаев затруднительно производить по сюжетам отпечатанного изображения, поэтому для оценки качества полученных изображений на оттиске применяют специально разработанные контрольные шкалы, изготавливаемые, в основном, по стандартам FOGRA. Подобные шкалы используются почти всеми фирмами-производителями денситометрического оборудования и существуют не только в вещественном виде для применения на стадии копирования фотоформ в контактно-копировальных рамах, но и в электронном виде для размещения на полосе издания в процессе верстки.

В зависимости от условий проводимых измерений могут использоваться поляризационные фильтры, применение которых обусловлено изменением оптической плотности красочного слоя в процессе высыхания. В условиях производства приходится проводить оперативный контроль в процессе печати тиража. Разность измеренных значений до и после высыхания красочного слоя может составлять 0,1–0,2 D.

Основная причина такой разницы плотности сырого и сухого оттисков — неодинаковые свойства их поверхности. Сырой оттиск является глянцевым, а сухой — матовым, так как происходит частичное проникновение краски в поры и частичное высыхание, которые выявляют текстуру бумаги. При этом изменяется соотношение рассеянного и достигающего фотоприемник света.

Поляризационные светофильтры предотвращают попадание части рассеянного света от сухого оттиска на фотоприемник и тем самым препятствуют уменьшению измеряемых плотностей. Другими словами, сухой оттиск измеряется этим денситометром как сырой, хотя никакого влияния на физические характеристики этого оттиска не оказывает.

Для получения корректных результатов необходимо проводить с определенной периодичностью калибровку. Обычно этот процесс осуществляется при установке, тестировании и настройке прибора на печатный процесс, в случае изменения типа запечатываемого материала, резкого изменения температуры окружающей среды, а также с периодичностью, установленной фирмой-производителем.

Для оперативной калибровки прибора фирмы-производители применяют специальные шкалы, так называемые Density Calibration Reference, которые содержат определенные поля для триады красок, поля со значениями белого для различных видов бумаг (мелованные, немелованные и т. д.). Используя их, пользователь подстраивает чувствительность светоприемников под производственные условия.

Исходя из общих принципов работы и назначения, можно сформулировать основные требования к современному денситометрическому оборудованию:

- 1) простота использования;
- 2) портативность и возможность работы без подключения к электрической сети;
- 3) наличие функций диагностики;
- 4) наличие определенного набора измеряемых величин;
- 5) точность измерений (значения измеренных величин при измерении одного и того же поля должны различаться на 0,01 D).

**Спектрофотометры.** Для проведения любых оценочных действий необходимо применение некоторых объективных количественных оценок характеристик цвета и цветовых различий, которые называются колориметрическими методами. Они разделяются на два типа:

- 1) методы, в которых цвета предметов сопоставляют с цветовым эталоном образцов и записывают условными номерами и буквенными обозначениями, принятыми для этой системы образцов;
- 2) методы, основанные на трехцветной теории зрения.

Цветовые эталонные образцы получают типовыми красками на разных бумагах. Из них составляют различного рода цветовые шкалы. Однако эти методы не дают количественную характеристику воздействиям цветов различных излучений.

Для объективной количественной характеристики цвета используются методы второго типа, позволяющие производить

измерения цвета приборами путем аддитивного синтеза. В основе любых цветовых измерений лежит возможность точного определения цветовых координат. Пространства цветового синтеза RGB и CMYK являются нестандартизованными и аппаратно-зависимыми, поэтому в современных системах допечатной подготовки и контроля качества используется цветовое пространство CIE Lab.

Прибором, обеспечивающим контроль цвета, является спектрофотометр. Главная его задача — расчет цветовых координат и построение спектральной кривой измеряемого объекта.

Отличие спектрофотометрических измерений от измерений человеческим глазом состоит в том, что на показания прибора не оказывают влияния посторонние факторы, такие как индивидуальные характеристики человеческого глаза, а все условия проведения измерений стандартизованы.

В некоторых случаях наиболее критичными элементами изображения являются фирменный цвет логотипа или точное произведение памятных цветов. Человеческий глаз замечает изменения цвета только в случае превышения так называемого цветового порога (минимального изменения цвета, заметного глазом). Применяемые в современных спектрофотометрах технологии позволяют учитывать данный фактор и определять величину отклонения цвета от оригинала, названную показателем цветовых различий.

Это измерение помогает оперативно и точно определить возможные корректировки технологических режимов печати, например подачу краски, увлажняющего раствора, давления в печатной паре.

Во всех колориметрических приборах соблюдается определенная структура световых пучков — падающих на изображение и отражающихся от него. Это связано с тем, что световой поток, отраженный или прошедший через материал, распространяется в пространстве определенным образом. Сила света, отраженная поверхностью, зависит от направления, в котором наблюдается эта поверхность. Поэтому все условия освещения и наблюдения нормируются.

Применяемые в настоящее время системы сквозной калибровки устройств на основе профилей ICC позволяют достигать неплохих результатов согласования цветов на всех стадиях визуаль-

ного представления изобразительной информации. Поэтому многие фирмы-производители создают приборы, которые работают со специальным программным обеспечением, связанным с компьютером. Например, спектрофотометры могут совмещать в себе три функции: колориметрические измерения цветовых характеристик монитора, прозрачных и непрозрачных материалов, а также измерение оптических плотностей непрозрачных материалов.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Какие существуют виды цветопробы?
2. Каковы основные недостатки систем аналоговой цветопробы?
3. Какие устройства используются для получения цифровой цветопробы?
4. Перечислить основные требования к денситометрическому оборудованию.
5. Какие измерения позволяет выполнять спектрофотометр?

## Глава 8

# КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ ПЕЧАТАНИЯ

### 8.1. Принципы классификации способов печатания

Печатание — это многократное получение одинаковых изображений с заданными параметрами качества путем переноса краски с печатной формы (непосредственно или через промежуточную поверхность) на запечатываемый материал. Получаемое при этом изображение называется оттиском [6].

Центральное место печатных процессов в технологической цепи полиграфического репродуцирования определяется, кроме их назначения, еще и тем, что они выдвигают требования к смежным технологическим звеньям. Известно, что характер используемых печатных форм зависит не только от способа печатания, но и от величины тиража издания и типа печатной машины. С другой стороны, особенности печатного процесса и характер полуфабриката в значительной степени сказываются на трудоемкости брошюрово-переплетных и отделочных операций и влияют на выбор необходимого оборудования.

Общей задачей процесса печатания является воспроизведение с необходимой точностью изображений (текста или иллюстраций), находящихся на печатной форме.

Основные признаки печатного процесса:

1) перенос краски с печатной формы на запечатываемый материал (воспринимающую поверхность) и ее закрепление на нем;

2) многократность получения оттисков (тираж) и их идентичность.

Общепринятой классификации способов печатания не существует. Наиболее распространена классификация по принципу пространственного расположения на форме печатающих и пробельных элементов. Именно с этой точки зрения характеризуются высокая, плоская, глубокая печать и их разновидности.

Современная классификация печатных процессов предложена В. С. Лапатухиным [7]. В ее основу положена совокупность признаков, позволяющих объективно оценить возможности существующих и перспективных способов печатания с точки зрения результативности всего полиграфического процесса, т. е. информативности (ограниченная, повышенная, высокая, наиболее высокая). При этом под информативностью способа печатания понимают его способность удовлетворять в каждый данный отрезок времени общественную потребность в разнообразной печатной информации — общественно-политической, научно-технической, художественно-изобразительной и т. д.

Такой подход диктует необходимость выделять различные способы печатания с учетом взаимосвязи всех технологических этапов, определяющих информативные возможности полиграфического процесса в целом. Этот подход соответствует тенденции к автоматизации технологических процессов, характеризующей современный этап развития полиграфического производства.

К техническим признакам способа изготовления печатной продукции, которые определяют быстродействие процесса формирования оттиска и их печатно-изобразительные возможности, относятся следующие:

1) метод переноса краски на запечатываемый материал, характеризующий в первую очередь особенности самого печатного процесса — прямой (контактный), косвенный (офсетный) и бесконтактный (струйная печать);

2) принцип печатания, отражающий особенности взаимосвязи формного и печатного процесса или особый механизм формирования изображения на запечатываемом материале в процессе печатания без применения печатной формы — печатание с постоянной формы (высокая печать), с переменной формы (офсетная), без печатной формы (струйная);

3) способ получения печатного изображения, подразумевающий использование того или иного механизма образования печатающих и пробельных элементов, взаимодействие метода переноса и принципа получения оттиска, а также учитывающий такие факторы, как специфические особенности печатной формы (например, гибкая, эластичная, не требующая увлажнения и т. д.), использование при печатании особых физических или фи-

зико-химических эффектов, обуславливающих отличительные печатно-изобразительные возможности или быстрдействие процесса.

Классификация способов печатания призвана выдвинуть на первый план принципиальные особенности каждого из способов и обеспечить всесторонне обоснованное их использование. При этом признак информативности определяет степень оперативности полиграфического технологического процесса и качество художественно-технического исполнения издания, тогда как остальные признаки характеризуют технические особенности, т. е. прежде всего быстрдействие и печатно-изобразительные возможности процессов формирования изображения.

Главным направлением перспективного развития отрасли является сокращение количества различных вариантов печатания при одновременном расширении технико-технологических возможностей. При этом ожидать быстрого вытеснения существующих способов печатания не следует, тем более что производственный потенциал «традиционной» полиграфии достаточно разветвлен и мобилен. Применительно к печатным процессам известно 135 технологических вариантов, имеющих следующие отличительные признаки:

- 1) наличие и характер запечатываемого материала;
- 2) наличие и характер формы, с которой производится печатание;
- 3) наличие и вид конструктивного элемента, посредством которого реализуется давление при печатании.

В последнее десятилетие произошли ощутимые изменения в развитии основных способов печатания, сферах и масштабах их применения. В результате совершенствования формных процессов, улучшения свойств и разработки новых видов материалов, создания высокопроизводительных печатных машин технологические возможности высокой, офсетной и глубокой печати значительно сблизились, а сами способы становятся все более универсальными. Этому способствует обобщение технологической базы допечатных процессов.

Сближение репродукционных возможностей основных способов печатания привело к утрате доминирующего положения высокой печати. Офсетная печать все шире применяется для выпуска газетной, книжно-журнальной и изобразительной продук-



ции. Значительное количество одно- и многокрасочных иллюстрированных журналов, высокохудожественных альбомов, каталогов, проспектов изготавливается способом глубокой печати. При этом, учитывая непрерывное нарастание общемирового выпуска печатной продукции, можно сказать, что каждый из основных способов печатания будет и в дальнейшем занимать в мировой полиграфии определенное место, обусловленное его конкурентоспособностью, технологическим уровнем и степенью соответствия современным требованиям его производственно-технической базы.

Развитие технологии печатных процессов связано с возникновением таких способов печатания, в которых совместно на более высоком уровне используются принципиальные особенности традиционных способов, например:

1) способ высокой офсетной печати, в котором изображение переносится с рельефной неувлажняемой печатной формы на запечатываемый материал через промежуточную поверхность;

2) прямая плоская печать, при которой изображение с плоской формы передается непосредственно на бумагу без промежуточного звена;

3) офсетная печать без увлажнения, при которой изображение с печатной формы переносится на запечатываемый материал через промежуточное звено без увлажнения за счет использования особым образом изготовленных печатных форм и специальных красок;

4) способ глубокой офсетной печати, в котором для переноса изображения с формы, имеющей неравномерно углубленные печатающие элементы, используется промежуточная поверхность;

5) «обращенная» плоская печать, в которой печатающим элементам придаются гидрофильные, а пробельным — гидрофобные свойства.

Одним из приоритетных направлений развития полиграфического производства является автоматизация всех производственных процессов и создание высокоавтоматизированных линий и систем, начиная с обработки текстовой и изобразительной информации и заканчивая переплетными процессами.

Получили новый импульс развития также такие способы печатания, как флексографский, трафаретный и электрографический (в целом ряде модификаций).

## 8.2. Обобщенная технологическая схема печатного процесса и анализ ее элементов

Классический печатный процесс в общем виде можно представить следующей схемой (рис. 8.1).



Рис. 8.1. Обобщенная технологическая схема печатного процесса

В соответствии с данной схемой в каждой печатной машине, независимо от способа печатания, для которого она предназначена, и других особенностей ее конструкции, можно выделить 4 основных рабочих элемента [6]:

1) систему подачи бумаги, подводящую листовую или рулонный материал к зоне печатного контакта и оснащенную устройствами для отделения листов от стопы (или размотки рулона с контролируемой скоростью), выравнивания положения каждого листа или бумажного полотна по отношению к печатной форме и обеспечения равномерной (без перекосов и провисания) подачи листа или полотна к печатной секции машины;

2) красочный аппарат, т. е., как правило, многозвенную валково-цилиндрическую систему, назначение которой — непрерывное снабжение печатной формы определенным количеством краски. Система обеспечивает дозированную подачу краски из резервуара (красочного ящика), раскат краски и превращение ее в равномерную тонкую красочную пленку с одновременным изменением структуры краски, транспортировку краски от красочного ящика к печатной форме путем последовательного расщепления слоя, накат краски на форму технологически необходимым по толщине слоем с обеспечением его равномерности;

3) печатный аппарат — комплект элементов, включающий в себя носитель печатной формы (талер или цилиндр) и носитель бумаги (давящий элемент). В печатном аппарате создаются условия для переноса некоторого количества краски с печатающих элементов формы на запечатываемый материал (в классических способах печатания это происходит под действием давления) и проводки листа бумаги или бумажного полотна через зону печатного контакта. Особенности конструкции и функционирования печатных аппаратов обычно связаны со способом печатания, видом печатной формы и типом запечатываемого материала;

4) систему вывода отпечатанной продукции, транспортирующую оттиски к приемному устройству и формирующую из них комплекты, удобные для последующей технологической обработки: в листовых машинах — это выровненные по краям стопы листов, в рулонных — сфальцованные тетради либо повторно намотанные рулоны, а в ряде случаев — такие же равномерные стопы листов, последовательно отрезаемых от запечатанного бумажного полотна.

Кроме основных элементов, в состав печатной машины могут входить и другие устройства, связанные, с одной стороны, с принципиальными особенностями способа печатания (увлажняющие аппараты и передаточные цилиндры в машинах офсетной печати), а с другой — с технологическими требованиями к печатной продукции и ее назначением (устройства для предотвращения отмарывания и ускорения закрепления печатных красок, лакировальные секции и т. д.)

Структурная схема печатной машины [8] приведена на рис. 8.2.

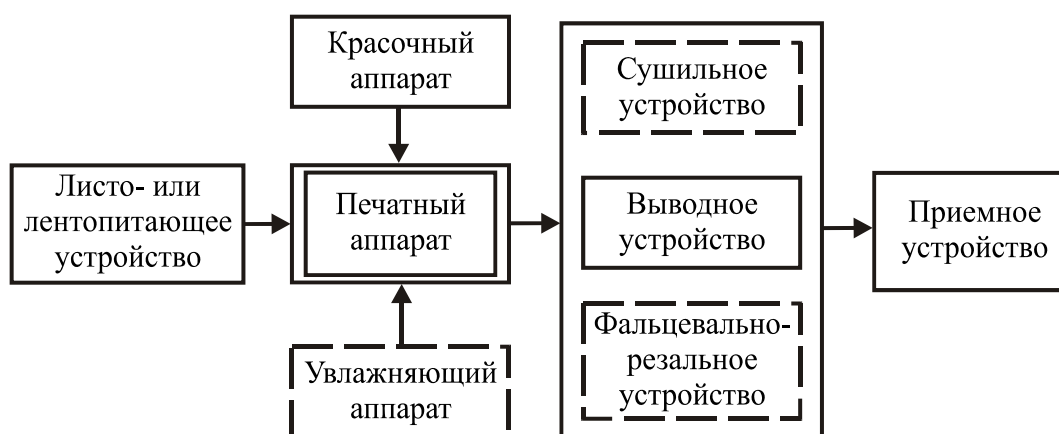


Рис. 8.2. Структурная схема печатной машины

Одним из главных требований при печатании является соответствие свойств бумаги и краски друг другу, способу печатания и конкретным условиям проведения технологического процесса. Большое значение при этом имеет правильная подготовка этих материалов к печатанию с обязательной приборно-технической проверкой их важнейших рабочих свойств.

Взаимосвязь основных элементов процесса получения оттиска представлена на рис. 8.3.

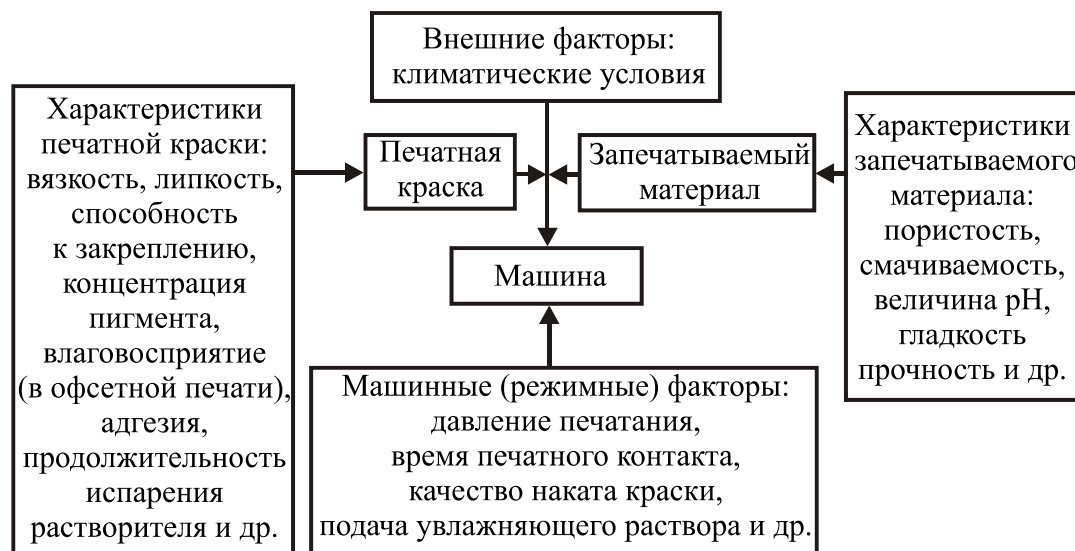


Рис. 8.3. Взаимосвязь основных элементов печатного процесса

Основные факторы, определяющие условия взаимодействия бумаги и краски, можно разделить на две группы:

1) факторы, обусловленные природой и спецификой бумаги и краски, участвующих в этом взаимодействии. Сюда относятся: смачивание бумаги краской, адгезионно-когезионные свойства краски, которые определяют способность краски смачивать бумагу и прилипать к ней (т. е. характер молекулярно-поверхностной связи, возникающей в зоне печатного контакта), а также характеризуют величину сил сцепления молекул самой краски, т. е. ее прочность, оказывающую большое влияние на характер расщепления красочного слоя – характер закрепления краски на оттиске, предопределяющий конкретный способ упрочнения красочного изображения; структурно-механические свойства бумаги и краски, связанные с рядом специфических и важных аспектов поведения этих материалов в печатном процессе;

2) факторы, определяющие проведение и режим печатного процесса: величина давления в момент контакта формы с бумагой; скорость печатания; толщина красочного слоя на форме; конструктивные, динамические, механико-прочностные и другие особенности применяемых форм и печатного оборудования и проведение подготовки их к печатанию; атмосферные условия, в которых протекает печатный процесс, и прежде всего температура и относительная влажность воздуха.

Взаимосвязь и взаимозависимость всех перечисленных факторов диктуют необходимость комплексного, всесторонне сбалансированного подхода к подготовке и проведению многофакторного печатного процесса.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Что относят к техническим признакам современной классификации способов печатания?

2. Что является основной задачей печатного процесса и каковы его основные признаки?

3. Привести обобщенную технологическую схему печатного процесса.

4. Что можно отнести к основным рабочим элементам печатной машины?

5. Каковы основные факторы, определяющие условия взаимодействия бумаги и краски?

## **Глава 9**

# **ОСОБЕННОСТИ МОЛЕКУЛЯРНО-ХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ И СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЕЧАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

### **9.1. Молекулярная природа поверхности бумаги и печатной краски**

В основе печатного процесса лежат явления, возникающие в момент взаимодействия печатной краски с запечатываемым материалом. Эти явления определяются молекулярной природой поверхностей контактирующих сред, энергетическая характеристика которых значительно отличается от такой же характеристики, проявляющейся в объеме вещества.

Свойства бумаги и краски и их поведение в процессе печатания в значительной степени определяются состоянием их поверхностей. Наиболее обоснованным научным методом изучения поверхностных свойств подобных материалов является термодинамический. Поэтому молекулярно-химическая природа бумаги, краски и характер их взаимодействия рассматриваются на основе термодинамических представлений о поверхностной энергии, углах смачивания, полярности.

Бумага обладает сложными поверхностными свойствами, так как представляет собой пористую систему, состоящую не только из волокон целлюлозы и сопутствующих ей продуктов, но и из таких дополнительных компонентов, как проклейка, наполнитель и т. п. Совокупное влияние этих веществ определяет поверхностную энергию бумаги на границе с жидкостью, а следовательно, и условия смачивания и прилипания.

По характеру взаимодействия с полярной водой и предельно неполярной жидкостью бумагу разделяют на гидрофильную и гидрофобную. Бумага, состоящая только из волокон целлюлозы, гидрофильна. Это объясняется наличием свободных полярных гидроксильных групп на поверхности микрофибрилл целлюлозы.

Проклейка, как правило, снижает гидрофильность бумаги, а в ряде случаев, особенно при проклейке смоляным клеем, бумага становится гидрофобной. Минеральные наполнители повышают гидрофильность бумаги.

Для характеристики молекулярной природы печатной бумаги принята условная классификация ее по предельным значениям краевого угла  $\theta$  смачивания водой [6]:

- 1)  $0^\circ < \theta < 15^\circ$  — предельно гидрофильная бумага;
- 2)  $15^\circ < \theta < 60^\circ$  — гидрофильная бумага;
- 3)  $60^\circ < \theta < 80^\circ$  — с промежуточными свойствами;
- 4)  $80^\circ < \theta < 140^\circ$  — гидрофобная;
- 5)  $\theta > 140^\circ$  — абсолютно гидрофобная.

Краевой угол смачивания — угол, образованный касательными плоскостями к межфазным поверхностям, ограничивающим смачивающую жидкость; вершина угла лежит на линии раздела трех фаз (см. с. 99–100).

Требования полиграфической промышленности к молекулярно-поверхностным свойствам печатной бумаги определяются ее назначением, способами обработки в печатных процессах и условиями использования печатной продукции.

Особое значение приобретают свойства бумаги в офсетной печати, где происходит избирательное смачивание краской (в присутствии увлажняющего раствора) формы и бумаги.

Гидрофильная бумага, способная поглощать часть влаги, при соприкосновении с офсетным полотном не дает ей возможности накапливаться на его поверхности, что несколько снижает количество эмульгированной краски. Гидрофобная бумага требует минимального увлажнения формы. При этом гидрофильная и гидрофобная бумага в зависимости от условий ее получения может в процессе печатания, вследствие экстрагирования водой части щелочных или кислотных компонентов, изменять рН увлажняющего раствора, что приводит к нарушению баланса «краска – вода» и ухудшает качество оттисков.

Практика использования в печатном процессе различных видов печатной бумаги показывает, что каждый из них имеет свои преимущества и недостатки.

Гидрофильная бумага легче поддается акклиматизации. При изменении влажности можно менять ее механические (мягкость) и диэлектрические свойства, вплоть до устранения способности к

электризации. Гидрофильная бумага активно воспринимает водные краски, а гидрофобная меньше подвержена влиянию влаги и хорошо воспринимает масляную краску.

Необходимо отметить, что при определенных поверхностных свойствах краска может хорошо восприниматься гидрофильной бумагой и неудовлетворительно гидрофобной. Поэтому вместе с изучением поверхностных свойств бумаги большое значение приобретает исследование поверхностных свойств красок.

Молекулярно-поверхностные свойства красок определяют их способность смачивать и прилипать к поверхностям красочных валиков и цилиндров, печатающих элементов формы и бумаги. Эти свойства зависят главным образом от природы связующего вещества, которое непосредственно вступает в контакт с указанными поверхностями. Пигменты красок, окруженные сольватными оболочками, такой возможности не имеют. Вместе с тем, адсорбируя поверхностно-активные компоненты, они снижают полярность связующего и несколько повышают его поверхностное натяжение.

Важнейшей характеристикой масляной среды печатных красок, определяющей стабилизацию в ней пигментов и характер взаимодействия с красконесущими поверхностями, является поверхностная активность связующего, проявляющаяся на границе раздела с контактирующей фазой. Для различных связующих поверхностная активность неодинакова. Наиболее активны полярные связующие. К ним относятся оксидированные льняные, а также алкидные олифы, у которых поверхностное натяжение на границе с водой наименьшее —  $\sigma = 12\text{--}14$  мН/м. Полимеризованные олифы характеризуются сниженной полярностью, их  $\sigma = 18\text{--}30$  мН/м. Наименее активные фирнисы и полугудроны,  $\sigma = 40$  и более мН/м.

Поверхностная активность олиф из льняного масла объясняется присутствием в них карбоксильных групп и двойных связей, обладающих высокой полярностью. В оксидированных олифах, кроме того, содержится повышенное количество оксикислот, увеличивающих число полярных групп.

Увеличивать содержание полярных групп в олифах можно не только при их изготовлении, но и непосредственно при употреблении путем введения в них поверхностно-активных веществ (ПАВ). Однако поверхностно-активные вещества, как правило,



вводят в краски при их изготовлении, учитывая при этом свойства печатной бумаги и условия проведения процесса печатания.

ПАВ могут адсорбироваться на поверхности раздела фаз, снижая поверхностное натяжение. Возможность молекулярной адсорбции определяется на основе правила уравнивания полярностей, установленного П. А. Ребиндером. Согласно данному правилу, вещество  $C$  может адсорбироваться на поверхности раздела фаз  $A$  и  $B$ , если адсорбционный слой уменьшает разность полярностей на границе раздела фаз.

Это правило широко используется во многих технологических процессах с целью управления поверхностными явлениями, в том числе смачиванием, а следовательно, и прилипанием. Большое значение данное правило имеет для печатных процессов. Печатная краска может взаимодействовать как с гидрофильной, так с гидрофобной бумагой. Если поверхность обладает гидрофильными свойствами, то в соответствии с правилом уравнивания полярностей находящиеся в неполярной среде связующего ПАВ будут адсорбироваться на границе раздела «краска – подложка», ориентируясь углеводородными цепями в сторону краски, а полярными — в сторону подложки. В результате происходит гидрофилизация поверхности.

Таким образом, используя ПАВ, можно не только изменять, но и управлять свойствами красочных валиков и печатающих элементов форм путем создания на их поверхности адсорбционных слоев. При печатании на бумаге различной природы те же ПАВ обеспечивают нормальные условия для ее взаимодействия с краской. Введение в краску ПАВ приводит не только к улучшению смачивания, но и к изменению ее адгезионных и когезионных свойств.

Практика печатных процессов подтверждает, что при введении определенных добавок смачивание бумаги краской улучшается. Когезионная прочность краски при этом возрастает, причем в большей степени, чем адгезия.

На условия взаимодействия краски и бумаги в печатном процессе сильно влияет давление, под действием которого в момент печатного контакта краска внедряется через приповерхностные поры бумаги в ее толщу. С увеличением количества проникшей в бумагу краски колориметрическая насыщенность цветных оттисков снижается, оптическая плотность черно-белых изображений также

уменьшается. При этом расход краски на получение каждого оттиска возрастает, что приводит к увеличению его себестоимости.

Это явилось одной из причин наметившейся тенденции использования в печатном процессе высокогладких малопористых бумаг и быстрозакрепляющихся красок. Несмотря на высокую полярность данных красок, действие их полярных групп во время впитывания ограничивается быстрым увеличением вязкости. Глубина внедрения красок в толщу, например, мелованной бумаги в этом случае не превышает 3–5 мкм.

Также в промышленности находят применение малогиладкие и высокопористые виды бумаги, такие, например, как газетная. Для печатания на этих видах бумаги используют медленно закрепляющиеся краски. И хотя они обычно изготавливаются на малополярных связующих, однако при свободном впитывании из-за большого времени закрепления связующее вещество вместе с пигментом, отделяясь от него, может не только проникнуть в бумагу на большую глубину, но со временем достигнуть оборотной стороны оттиска.

Излишнее впитывание краски в бумагу снижает качество печатной продукции и приводит к изменению не только оптической плотности изображения, но и размеров отдельных его элементов. Бумага, обладающая неравномерной плотностью, не обеспечивает получение оттисков с равномерным распределением краски по толщине и оптической плотности. В ряде случаев на оттисках наблюдается отделение связующего от пигмента и распространение его на пробельные участки оттиска.

Вместе с тем незначительное внедрение краски в бумагу на глубину около 1–2 мкм можно оценивать как положительное явление, так как в этом случае за счет механической адгезии увеличивается сцепление краски с подложкой. Это явление необходимо учитывать при рассмотрении процесса разрыва красочного слоя.

Таким образом, для получения оттиска необходимы следующие основные условия:

- 1) смачивание и прилипание краски к запечатываемой поверхности;
- 2) частичное внедрение краски в бумагу под действием давления;
- 3) соблюдение неравенства «сила адгезии больше силы когезии» при разрыве красочного слоя;
- 4) закрепление краски на оттиске.

## 9.2. Смачивание и его роль в печатном процессе. Прилипание и впитывание краски

В основе печатания любым способом лежат такие явления, как адгезия и смачивание, которые определяют ход печатного процесса. Адгезия и смачивание — это две стороны одного и того же явления, возникающего при контакте жидкости с твердым телом, причем если адгезия обуславливает взаимодействие между молекулами веществ, различных по своей природе, но находящихся в контакте, то смачивание — это явление, возникающее при таком взаимодействии.

Если молекулы жидкости (краски) взаимодействуют с молекулами твердого тела сильнее, чем между собой, то жидкость будет растекаться по поверхности, т. е. смачивать ее. Если молекулы жидкости взаимодействуют друг с другом значительно сильнее, чем с молекулами твердого тела, то жидкость на поверхности твердого тела собирается в каплю, по форме близкую к сферической, и смачивания при этом не происходит. Между этими двумя случаями, в зависимости от соотношения интенсивности молекулярных сил, возможны переходные случаи неполного смачивания, когда капля образует с поверхностью твердого тела определенный равновесный угол, называемый краевым углом смачивания  $\theta$ .

В печатном процессе не может быть ни полного смачивания, ни полного несмачивания, так как в том и другом случае печатный процесс невозможен. При полном смачивании краска покрывает не только печатающие, но и пробельные элементы формы или растекается по поверхности запечатываемого материала, что не позволит получить четкого изображения. При полном несмачивании краска будет собираться в сферические капли, что резко ухудшит ее контакт с твердой поверхностью и ограничит площадь, по которой может происходить взаимодействие ее частиц. Это также не обеспечивает нормальных условий для раската краски и проведения процесса печатания. Таким образом, в печатном процессе должно быть неполное смачивание краской контактирующих с ней твердых поверхностей.

Смачивание жидкостью твердого тела можно объяснить как результат действия сил поверхностного натяжения на границе каждой пары из трех взаимодействующих фаз: 1 — жидкость, 2 —

газ, 3 — твердое тело (рис. 9.1). На границе раздела «твердое тело – газ» действует сила вдоль поверхности раздела  $\sigma_{2,3}$ . Эта сила стремится растянуть каплю вдоль указанной границы раздела. Сила  $\sigma_{1,3}$ , действующая на границе раздела «твердое тело – жидкость», стремится стянуть ее.

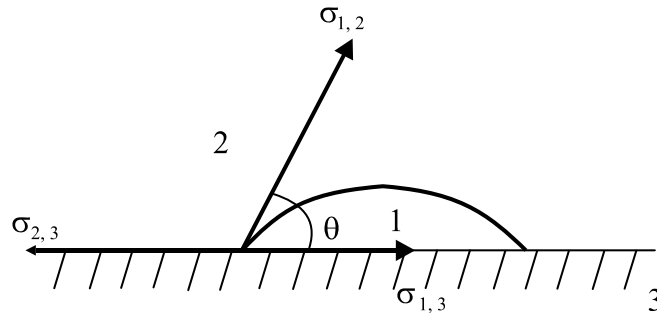


Рис. 9.1. Краевой угол смачивания

Сила  $\sigma_{1,2}$ , действующая на границе раздела «жидкость – газ», направлена по касательной к поверхности капли. Эта касательная образует с поверхностью твердого тела в точке соприкосновения трех фаз краевой угол смачивания —  $\theta$ , условно измеряемый в сторону жидкости. При образовании равновесного угла, согласно уравнению Юнга, все три силы должны уравновешивать друг друга и сумма их проекций на ось абсцисс должна равняться нулю:

$$\sigma_{2,3} - \sigma_{1,3} - \sigma_{1,2} \cos \theta = 0; \quad (9.1)$$

$$\cos \theta = \frac{\sigma_{2,3} - \sigma_{1,3}}{\sigma_{1,2}}. \quad (9.2)$$

Из уравнения Юнга видно, что краевой угол, или величина его косинуса, зависит от молекулярной природы поверхности раздела и не зависит от размера капли. Величина краевого угла является количественной оценкой смачиваемости и служит мерой смачивания.

Если свободная поверхностная энергия на границе «твердое тело – газ» имеет большее значение, чем на границе «твердое тело – жидкость», то твердое тело будет смачиваться этой жидкостью. Тогда равновесный угол  $\theta < 90^\circ$ , а  $\cos \theta > 0$ . При  $\theta = 0$  и  $\cos \theta = 1$  будет происходить полное смачивание. В этом случае условие смачиваемости определяется неравенством  $\sigma_{2,3} > \sigma_{1,3}$ .

Когда свободная поверхностная энергия на границе «твердое тело – жидкость» имеет большее значение, чем на границе «твердое тело – газ», поверхность твердого тела будет противодействовать растеканию по ней жидкости. В этом случае  $\theta > 90^\circ$ , а  $\cos \theta < 0$ . При полном несмачивании  $\theta = 180^\circ$  и  $\cos \theta = -1$ . Условием несмачиваемости, таким образом, является неравенство  $\sigma_{2,3} < \sigma_{1,3}$ .

Значения краевого угла смачивания образцов бумаги краской приведены в таблице.

**Значения краевого угла смачивания образцов бумаги краской при 23 °С**

Вид краски	Вид бумаги	
	Газетная	Офсетная
Exact (офсетная)	33,05	38,95
Rollo Term (Хит Сет)	45,18	50,75

Поскольку жидкость тем лучше смачивает твердое тело, чем слабее взаимодействие между ее молекулами, неполярные жидкости с малым поверхностным натяжением хорошо смачивают любую поверхность. Поэтому краски, неполярные по своей природе, с поверхностным натяжением около 20–40 мН/м, смачивают практически все твердые тела.

Краски высокой и глубокой печати способны смачивать как печатающие, так и пробельные элементы, но так как пробельные элементы на формах высокой печати находятся ниже печатающих, а в глубокой печати они очищаются от краски ракелем, краска с пробельных участков практически не переходит на оттиск.

В офсетной печати используются формы, где печатающие и пробельные элементы находятся практически в одной плоскости, но имеют различные молекулярно-поверхностные свойства. Во время печатания вся поверхность офсетной формы подвергается воздействию как краски, так и увлажняющего раствора. При этом олеофильные печатающие элементы смачиваются краской и не смачиваются увлажняющим раствором, а гидрофильные пробельные элементы смачиваются водным раствором и отталкивают краску, благодаря чему и возможно печатание с плоских форм. Таким образом, в офсетной печати краска обладает избирательным смачиванием по отношению к поверхности печатающих элементов, а вода — по отношению к поверхности пробельных эле-

ментов. При нарушении условий избирательного смачивания может наступить инверсия смачивания, при которой пробельные элементы начинают воспринимать краску, а печатающие — отталкивать ее.

Способность краски смачивать бумагу зависит как от связующего и пигмента краски, так и от молекулярной природы поверхности бумаги. Бумага смачивается и неполярными и малополярными веществами, как, например, неполярными органическими жидкостями, входящими в состав связующего печатной краски.

Это объясняется тем, что притяжение неполярных молекул к гидроксильным группам целлюлозы хотя и слабее, чем притяжение воды, но оно оказывается сильнее, чем притяжение неполярных групп друг к другу. Поэтому поверхностное натяжение на границе «бумага – краска» снижается и происходит смачивание бумаги краской. Гидрофобизация поверхности бумаги при проклейке способствует улучшению смачивания ее краской и дополнительно повышает ее водопрочность.

Для переноса краски из красочного ящика по транспортирующим частям красочного аппарата на печатную форму, а с нее на запечатываемый материал необходимо, чтобы краска не только смачивала контактирующие с ней поверхности, но и прилипла к ним.

В процессе печатания часть слоя краски, нанесенного на печатающие элементы формы, переносится на бумагу или другой запечатываемый материал. Печатный процесс возможен тогда, когда адгезия краски к бумаге и адгезия краски к печатающим элементам формы будет больше когезии краски, так как отрыв краски от печатающих элементов происходит по слою краски. При этом под адгезией, или прилипанием, понимают силу сцепления между двумя приведенными в соприкосновение разнородными телами (например, бумага и краска), а под когезией — силу взаимодействия между молекулами одного вещества, например краски.

При контакте двух разнородных поверхностей поверхностные силы, создающие адгезионную связь, определяются химическим строением поверхностей контактирующих тел. Адгезия характеризуется видом и силой взаимодействия атомов, молекул или функциональных групп, имеющих на этих поверхностях.

Вклад в работу адгезии различных компонентов неодинаков и зависит от природы сил и условий их взаимодействия.

В настоящее время существует несколько теорий адгезии, объясняющих причины и механизм взаимодействия двух контактирующих веществ при их прилипании, наиболее распространенными из которых являются: адсорбционная, диффузионная и электростатическая.

Адсорбционная теория рассматривает адгезию как адсорбцию молекул одного вещества на поверхности другого и объясняет прилипание действием сил молекулярного притяжения. Электростатическая теория базируется на предположении о создании двойного электрического слоя при контакте одного вещества с другим, в результате чего возникают силы притяжения разноименных зарядов, обуславливающие прилипание. Диффузионная теория сводит адгезию к диффузии одного компонента в другой и образованию при этом прочной связи за счет молекулярных сил и увеличения поверхности контакта, так как при диффузии граница контакта размывается.

Адсорбционная и диффузионная теории по существу не противоречат, а дополняют одна другую. Отличаются они тем, что по-разному представляют механизм образования соединений. С точки зрения адсорбционной теории адгезия — поверхностное явление, связанное с адсорбцией молекул одного тела на поверхности другого, а с точки зрения диффузионной теории — объемное явление, связанное с диффузией или взаимодиффузией молекул. Эти теории можно рассматривать как единую, так как, согласно той и другой теории, силами, обеспечивающими адгезионную прочность, являются молекулярные силы.

Процесс образования адгезионной связи протекает в две стадии. На первой происходит перемещение молекул адгезива (например, связующего) к поверхности субстрата (тело, на которое наносится адгезив) и их определенное ориентирование в межфазном слое, в результате чего обеспечивается тесный контакт между молекулами и функциональными группами молекул адгезива и субстрата. Протеканию первой стадии процесса адгезии способствует повышение температуры и давления. На второй стадии происходит непосредственное взаимодействие адгезива и субстрата. Завершается процесс адгезии межмолекулярным взаимодействием контактирующих фаз.

Таким образом, в печатном процессе происходит постоянный контакт краски с поверхностями формы и бумаги и в зоне контакта

возникает межмолекулярное взаимодействие, приводящее к смачиванию жидкостью твердой поверхности и прилипанию ее к этой поверхности. Эти явления зависят как от молекулярной природы взаимодействующих тел, так и от состояния поверхности: шероховатости, наличия загрязнений, оксидных пленок, ПАВ и т. д.

При взаимодействии краски с пористой бумагой следует учитывать влияние пористости на смачиваемость бумаги краской. При попадании жидкости на бумагу происходят одновременно два процесса: растекание жидкости по поверхности бумаги до образования краевого угла и впитывание жидкости в ее поры. В первоначальный момент растекание происходит быстрее, чем впитывание, и поэтому площадь пропитки меньше площади контакта капли с бумагой.

С увеличением времени контакта и достижением равновесного состояния скорости растекания и впитывания становятся равными, а угол смачивания достигает максимальной величины. После достижения предельного значения краевой угол начинает уменьшаться, так как жидкость продолжает диффундировать в толщу бумаги и поэтому площадь пропитки увеличивается, а площадь контакта жидкости с бумагой уменьшается. При рассмотрении молекулярно-поверхностных явлений нельзя не учитывать и влияния среды, а также условий реального печатного процесса, в котором они протекают.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Какая классификация принята для характеристики молекулярной природы печатной бумаги?
2. Привести основные условия для получения оттиска.
3. Как образуется краевой угол смачивания?
4. От каких параметров зависит краевой угол смачивания?
5. Какие теории адгезии существуют и в чем их сущность?



## *Глава 10*

# **ВХОДНОЙ КОНТРОЛЬ МАТЕРИАЛОВ ПЕЧАТНОГО ПРОЦЕССА И ЕГО РОЛЬ В ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕСПЕРЕБОЙНОЙ РАБОТЫ ПЕЧАТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

### **10.1. Общие требования, предъявляемые к основным печатным материалам. Подготовка бумаги к печатанию в производственных условиях**

Бумага и краски являются основными печатными материалами, определяющими важнейшие эксплуатационные характеристики готовой продукции, а также зрительное и эстетическое впечатление, которое она производит на потребителя. Именно поэтому технологически обоснованные и четко регламентированные процессы подготовки бумаги и краски к печатанию имеют важное значение. Правильная подготовка бумаги и краски к использованию в производстве также важна для обеспечения бесперебойной работы высокопроизводительного печатного оборудования и для соблюдения графиков прохождения заказов по всей технологической цепи.

Главной целью подготовки основных печатных материалов является обеспечение полного соответствия их друг другу, а также назначению и характеру полиграфического оформления продукции, типу применяемого печатного оборудования и климатическим условиям окружающей среды.

Такой подход, однако, выводит процесс подготовки основных печатных материалов за рамки типографии, неминуемо вовлекая в себя также и их производителей.

Первостепенными условиями обеспечения соответствия бумаги и краски особенностям их применения являются, с одной стороны, возможно более четкие, технологически обоснованные и полные по охвату всех взаимодействующих факторов требования к качеству этих материалов, находящие свое отражение в определенных нормативных документах, а с другой — реализация этих

требований в каждой крупно-, средне- или мелкосерийной партии, выходящей из стен предприятия-изготовителя. Только в данных условиях возможна нормализация технологического процесса полиграфического репродуцирования на всех его этапах.

Процессы подготовки бумаги и краски к печатанию в производственных условиях могут быть представлены 3 основными этапами:

- 1) входным контролем материалов;
- 2) предварительной корректировкой печатно-технических свойств материалов (краски, а в ряде случаев бумаги) в соответствии с конкретными особенностями их применения;
- 3) контролем и оперативным регулированием печатно-технических свойств, в первую очередь краски, в процессе печатания тиража.

Важнейшее место в этой системе мероприятий принадлежит правильному хранению бумаги и краски до их поступления непосредственно в печатный цех, которое предполагает, с одной стороны, строгое соответствие действующим нормативам климатических условий и пространственного расположения материалов в помещениях для их складирования, а с другой — периодическую проверку и тщательное наблюдение за эксплуатационными характеристиками бумаги и краски на протяжении дооперационного периода. Неправильно организованные хранение и внутритипографская перевозка основных печатных материалов могут вызывать их потери.

В большинстве случаев входной контроль сводится к проверке размерных параметров, количества (или массы) поступающих материалов, а также состояния упаковки материалов. Часто измеряется влажность бумаги. При полном соблюдении требований действующих стандартов входной контроль в подобной форме становится излишним, а проверочно-подготовительные работы перемещаются в лабораторию и производственные цехи типографии.

Важным условием успеха данной работы является наличие на предприятии технико-технологических средств для контроля эксплуатационно-технических показателей материалов, а также поддержание стабильными климатических условий лабораторных помещений и производственных цехов.

Операция подготовки бумаги по своему назначению и содержанию является общей для всех основных способов печати, и особенности ее проведения определяются в первую очередь типом

печатной машины с точки зрения бумаги (листовой или рулонной), которую она использует.

Подготовка листовой бумаги к печатанию проводится, как правило, в помещениях бумажного склада и состоит из операций:

1) нарезки бумаги на нужный формат (если формат поступившей бумаги не соответствует формату печатания);

2) подрезки кромок бумаги с выверкой и фиксацией «верного» угла и образуемого продольным и поперечным краями листа, равного  $90^\circ$ , по которым будет производиться выравнивание листа при подаче его в печатные секции, при разрезке после запечатывания на нужные доли и при фальцовке тетради;

3) подсчета бумаги и укладки в стеллажи.

Именно на этой стадии подготовки бумаги лаборатория предприятия должна оперативно проверять ее влагосодержание для того, чтобы, во-первых, определить соответствие его стандартным нормам и, во-вторых, сопоставить этот показатель с величиной равновесной влажности бумаги по отношению к действительным климатическим условиям печатного цеха.

Лабораторная проверка, в зависимости от конкретных условий, может включать в себя оценку таких показателей бумаги, как состав по волокну, масса, плотность, толщина, зольность, анизотропия (различие свойств листа в машинном и поперечном направлениях), неоднородность лицевой и сеточной сторон, рН (показатель, имеющий особую важность для офсетной печати) и т. д. К числу контролируемых показателей относятся также прочностные (механические) свойства бумаги: прочность на разрыв, сопротивление надрыву, упругость и сжимаемость, пыльность, когезионная и физико-химическая прочность поверхностного слоя бумаги.

Проверке также должны подвергаться такие свойства бумаги, которые проявляются при непосредственном взаимодействии с печатной краской на различных стадиях получения оттиска: гладкость, степень проклейки, впитывающая способность, устойчивость бумаги к воздействию увлажняющего раствора, прозрачность, светопроницаемость, белизна, глянец, наличие абразивных частиц.

Проверка практически всех перечисленных свойств бумаги обеспечена стандартно воспроизводимой методикой и соответствующей приборометрической базой.

Подготовка рулонной бумаги заключается в освобождении рулонов бумаги от упаковки (амбалажа), внешнем осмотре и удалении испорченных слоев (срыва), наличие которых будет свидетельствовать о нарушениях, сопровождающих процесс перевозки, внутризаводской транспортировки и хранения бумаги. К числу серьезных дефектов рулонной бумаги относят нецилиндричность формы рулона, которая, наряду с неправильными транспортировкой и хранением, может быть вызвана также отклонениями в толщине бумажного полотна и неравномерной намоткой. Этот дефект приводит к изменению усилия натяжения бумаги при прохождении через печатную машину и к невозможности обеспечения точной приводки оттиска.

Важно контролировать также фиксацию на торцевой стороне рулона мест склейки бумажного полотна. Современные высокоскоростные многосекционные печатные машины, как правило, оснащаются фотоэлектрическими приборами, фиксирующими склейку при размотке рулона и на пониженной скорости «проводящими» ее через машину вплоть до отбраковки тетрадей, содержащих склейку, на приемно-выводном устройстве. Однако в большинстве случаев печатникам приходится работать без приборов, полагаясь только на соответствующие метки.

Важное место в подготовке бумаги к печатанию принадлежит ее акклиматизации. Акклиматизация бумаги — это технологическая операция, в результате которой температура и влажность бумаги приводятся в равновесное состояние с температурой и влажностью воздуха в помещении печатного цеха. Отсутствие такого равновесия влечет за собой изменение размеров, нарушение плоскостности бумажного листа (коробление краев, волнистость), а также ряд других дефектов, вызывающих появление брака в процессе печатания тиража. Наиболее важна акклиматизация бумаги для офсетной печати, что обусловлено наличием в ней дополнительного дестабилизирующего фактора — увлажняющего раствора. Однако в ряде случаев акклиматизация бумаги проводится в глубокой и высокой печати, особенно при выполнении сложных многокрасочных работ [6].

Назначение акклиматизации:

1) устранение внутренних напряжений, возникающих в бумаге при ее изготовлении, транспортировке и хранении в упакованном состоянии. Именно наличие в бумаге внутренних на-

пряжений является потенциальным источником деформационных изменений бумаги и нежелательных технологических осложнений, прежде всего — несовмещения красок при многокрасочном печатании;

2) обеспечение размерной и деформационной стабильности бумаги во время печатания, исключаяющей восприятие или потерю бумагой некоторого количества влаги, приводящих к ухудшению ее печатно-технических свойств;

3) уменьшение вероятности возникновения на поверхности бумаги зарядов статического электричества, делающих практически невозможным нормальный печатный процесс без применения нейтрализующих устройств.

В соответствии с технологическими инструкциями акклиматизация бумаги проводится в обязательном порядке в тех случаях, когда перепад относительной влажности бумаги в стопе и воздуха в помещении цеха превышает  $\pm 10\%$  или перепад относительной влажности воздуха внутри стопы бумаги больше  $\pm 5\%$ .

Акклиматизацию листовой бумаги проводят либо в атмосфере печатного цеха при условии достаточно интенсивной циркуляции воздуха путем завешивания пачек листов бумаги на 1–2 часа в зажимы транспортера, перемещающегося в верхней зоне помещения, либо в изолированных от печатного цеха камерах кондиционирования, в которых автоматически поддерживаются заданные температурно-влажностный режим и кратность воздухообмена.

В практике работы зарубежных полиграфических предприятий достаточно широкое распространение получила поставка листовой бумаги в герметизированной упаковке. При условии строгого соблюдения климатических условий в помещении печатного цеха такая бумага непосредственно после снятия упаковки может быть пущена в работу при сохранении ее высокой деформационной стойкости.

Рулонная бумага при значительных перепадах влажности выдерживается в течение определенного времени (от нескольких часов до нескольких суток) в помещении печатного цеха. На отдельных зарубежных предприятиях для акклиматизации рулонной бумаги используют вертикальные межэтажные камеры, снабженные зарядными и перемоточными устройствами.

## 10.2. Особенности подготовки красок к печатанию тиража

Целью подготовки красок для всех способов печати является придание им необходимых колористических и печатно-технических свойств в соответствии с видом, характером, назначением и сроком службы печатной продукции, особенностями применяемой бумаги и оборудования, на котором производится печатание.

Однако перечень контролируемых параметров, способы подготовки и применяемые при этом вспомогательные средства и материалы для различных способов печатания неодинаковы, что обусловлено, прежде всего, структурно-реологическими особенностями самих красок. Исходя из этого, необходимо рассмотреть особенности подготовительного процесса для вязких красок высокой и офсетной печати и для маловязких красок глубокой и флексографской печати.

Процесс подготовки красок высокой и офсетной печати начинается с подбора краски, наиболее отвечающей колористическим характеристикам воспроизводимого оригинала по цвету и оттенку. При отсутствии соответствующих красок в ассортименте завода-изготовителя непосредственно в типографии с помощью лабораторного краскосмесительного и краскотерочного оборудования в нужных количествах создаются смесевые краски. В состав этих красок входят строго нормируемые в соответствии со специальными шкалами и показаниями цветоизмерительной аппаратуры количества красок основных цветов.

Следующим этапом подготовки красок высокой и офсетной печати является проверка в лабораторных условиях с использованием соответствующих вспомогательных устройств, приборов и регламентированной методики важнейших печатно-технических свойств красок.

При этом исследуются две группы свойств красок [6]:

- 1) свойства краски в массе;
- 2) свойства краски, проявляемые при взаимодействии с печатной формой и запечатываемым материалом.

К первой группе относятся такие показатели краски, как степень перетира, вязкость, липкость, склонность к пылению, вероятность отверждения на валиках печатной машины, тиксотропные свойства, красящая сила.

Вторая группа включает определение коэффициента краскопекновения, особенностей восприятия краски печатной формой и запечатываемым материалом (прежде всего при печатании «по-сырому»), вероятности выщипывания используемой краской тиражной печатной бумаги, скорости закрепления краски на оттиске, вероятности возникновения отмарывания краски и пробивания бумаги. Сюда входит также оценка оптических и цветовых показателей изображения: оптической плотности, цветового тона, насыщенности, яркости, кроющей способности, прозрачности, гляцевитости и светостойкости оттиска, а также его четкости и равномерности.

Важное значение имеет проверка в лабораторных условиях прочностных характеристик оттиска: прочности к истиранию, устойчивости к воде и различным растворителям, а также к лакированию.

Проверка красок практически по всем показателям, входящим во вторую группу, требует изготовления пробных оттисков с применением пробопечатных устройств в стандартных условиях и при оптимизированных режимах взаимодействия бумаги с краской.

Заключительная операция подготовки краски — корректировка их печатно-технических свойств с учетом результатов испытаний путем применения вспомогательных средств различного назначения: сиккативов (способствующих ускорению закрепления краски на оттиске), паст (замедляющих высыхание краски на валиках и цилиндрах красочного аппарата), смягчительных паст (снижающих когезионную прочность краски и тем самым уменьшающих вероятность возникновения выщипывания бумаги), специальных паст (для уменьшения липкости краски, степени эмульгирования в увлажняющем растворе), а также добавок, предотвращающих пыление краски.

Свойствами красок высокой и офсетной печати, наиболее часто требующими корректировки в процессе печатания тиража, являются липкость и вязкость. Изменение этих свойств во времени может быть обусловлено не столько особенностями взаимодействия краски и запечатываемого материала, сколько воздействием внешних факторов, в частности режимных параметров печатного процесса (и прежде всего скорости и технологически необходимой толщины слоя краски на оттиске), а также условий закрепления краски на оттиске непосредственно в печатной машине.

Из практики работы печатных цехов хорошо известно, что начало печатания тиража на листовых офсетных машинах характе-

ризуется резким увеличением липкости краски, что вызывает такие неполадки, как прилипание листов к декелю офсетного цилиндра, вытягивание их из захватов, дробление оттиска в следующей печатной секции, нарушение точности приводки, изгибание задней кромки листов при выходе их из зоны печатного контакта, затруднения при выводе листов на приемное устройство и запечатывании оборота.

С другой стороны, если липкость красок для рулонных офсетных машин, закрепляющихся путем впитывания без применения обогрева и используемых преимущественно для печатания на достаточно рыхлых бумагах, практически не зависит от времени, краски для рулонного офсета, закрепляющиеся в результате испарения растворителя под действием нагрева и последующего пленкообразования, ведут себя совершенно иначе. Резкое изменение липкости краски после испарения растворителя может приводить к разрыву бумажного полотна при внезапной остановке печатной машины и ее запуске, прилипанию бумаги к декелю передаточного цилиндра со всеми вышеописанными последствиями, непредсказуемому изменению натяжения бумажного полотна, также увеличивающему риск его обрыва, и, наконец, к затруднениям, связанным с обработкой запечатанного бумажного полотна в фальцевально-режущем устройстве.

Подготовка маловязких красок глубокой и флексографской печати, в целом предполагающая выполнение всех вышеперечисленных операций, т. е. их подбора, проверки и корректировка печатно-технических свойств, имеет некоторые отличия.

Прежде всего, необходимо отметить, что для красок глубокой и флексографской печати существенно ограничен круг печатно-технических свойств и параметров (в том числе проявляющихся и при взаимодействии их с запечатываемым материалом), которые подвергаются испытанию в лабораторных условиях. Это связано с особенностями состава и структурно-механическими свойствами красок, а также с отсутствием серийно изготавливаемых пробопечатных устройств для глубокой и флексографской печати.

Проверке в лаборатории подлежат такие характеристики красок, как степень перетира на базе разнообразных методик, не связанных с применением клина (из-за очень быстрого испарения растворителя) и микроскопа (из-за слишком высокой интенсивности красок); содержание загрязняющих примесей (с использовани-



ем стандартных сеток с количеством ячеек до 10 тыс. на 1 см<sup>2</sup>); плотность (с помощью ареометра), условная вязкость. Также контролируют характер воздействия растворителей флексографских красок на фотополимерные печатные формы и склонность красок глубокой печати к сошлифовыванию и абразивному истиранию металлических формных цилиндров.

Контролю в лабораторных условиях подлежат продолжительность закрепления краски на оттиске, прочность сцепления сухого остатка краски с подложкой, склонность оттисков к слипанию (особенно при печатании на высокоплотных, слабо впитывающих краску материалах), градационные и цветовые показатели оттисков и их гляцевитость. Объектами измерения во всех этих случаях служат, как правило, пробные оттиски, изготавливаемые перед началом печатания на пробопечатных или тиражных машинах.

Краски для глубокой печати поставляются на предприятия в концентрированном виде, что связано с необходимостью уменьшения количества испаряющегося растворителя. Их вязкость при этом примерно в 1,5 раза превышает величину, которая должна характеризовать краску, непосредственно используемую в печатной машине. Доведение вязкости краски до заданного значения путем добавления к ней нужного количества соответствующего летучего растворителя и тщательного ее перемешивания является первой из выполняемых в типографии подготовительных операций. Для успешного печатания очень важно согласовывать выбор растворителя, его максимальное количество и особенности проведения самого процесса разбавления с рекомендациями изготовителей красок.

Далее в соответствии с характеристиками оригинала и результатами пробного печатания производится необходимая коррективировка цвета и оттенка красок.

Номенклатура корректирующих добавок, используемых при подготовке красок глубокой печати, ограничена. К ним относят разбавители, загустители и пеногасители, а также ослабители, вводимые в краску для уменьшения их интенсивности при сохранении неизменными показателей вязкотекучести.

Подготовленная краска в целях очистки от загрязнений твердых частиц и других примесей фильтруется непосредственно в красочный резервуар через мелкоячеистую (до 5 тыс. ячеек на 1 см<sup>2</sup>) капроновую или металлическую сетку, а затем перемешива-

ется. Непосредственно перед началом печатания тиража снова проверяется и при необходимости регулируется вязкость краски.

Подготовка флексографских красок близка к процессу подготовки красок глубокой печати. Перед употреблением, особенно при длительном хранении, краски должны подвергаться интенсивному перемешиванию в течение нескольких минут для равномерного распределения пигмента в связующем, т. е. структурной однородности. После перемешивания и фильтрации краски изготавливаются пробные оттиски и производится контроль оптических и цветовых характеристик красок путем визуального или приборометрического сопоставления пробных оттисков с эталонными.

Корректировка вязкости флексографских красок путем введения соответствующих растворителей или разбавителей, выполняемая по результатам лабораторных испытаний, имеет своим первоочередным назначением регулирование скорости закрепления краски на оттиске, а также управление выходом краски из ячеек анилоксого валика на печатную форму и толщиной слоя краски на запечатываемом материале. При этом должна учитываться и такая важная особенность флексографских красок по сравнению с красками глубокой печати, как возможность проявления некоторыми из их разновидностей тиксотропных свойств. При использовании замкнутой циркуляционной системы подачи краски в красочном аппарате необходимо обеспечивать более быстрое прохождение тиксотропных красок через элементы этой системы при печатании тиража.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Приведите основные этапы подготовки бумаги и краски к печатанию в производственных условиях.
2. В чем заключается подготовка листовой и рулонной бумаги к печатанию тиража?
3. При каких условиях обязательно выполняется акклиматизация печатной бумаги?
4. Какие группы свойств красок исследуются в лабораторных условиях?
5. В чем состоит особенность подготовки красок высокой, офсетной, глубокой и флексографской печати к печатанию тиража?

## **Глава 11**

# **ПЕРЕНОС КРАСКИ В КРАСОЧНЫХ АППАРАТАХ ПЕЧАТНЫХ МАШИН**

### **11.1. Технологическая характеристика красочных аппаратов машин высокой и офсетной печати**

В печатном процессе краска проходит несколько различных стадий, отличающихся друг от друга характером и величиной напряжений и скоростей деформации: это стадии подачи из красочного ящика в раскатную систему, раската и наката краски, собственно печатный процесс, заключающийся в переносе части красочного слоя с формы на бумагу, и закрепление краски на оттиске.

Большинство листовых и рулонных машин высокой и офсетной печати оснащено красочными аппаратами традиционного типа. Основными их элементами являются контактирующие друг с другом валики и цилиндры, которые образуют функциональные группы различного назначения. Траектории движения краски к печатной форме в этих красочных аппаратах представляют собой линии, образуемые дугами окружностей, соединяющими друг с другом точки контакта смежных валиков и цилиндров.

С технологической точки зрения основное назначение красочного аппарата — формирование слоя краски необходимой толщины для последующей передачи его на печатную форму. Краски высокой и офсетной печати имеют повышенную вязкость и склонность к структурированию. Именно эти особенности в первую очередь и обуславливают многозвенность цепи до печатной формы. Краска должна быть подготовлена к нанесению на форму, т. е. преобразована в относительно маловязкую систему, способную распределяться по поверхности печатающих элементов формы, обеспечивая образование на них сплошного и достаточного по толщине слоя. В процессе этого преобразования, происходящего именно в красочном аппарате, краска проходит несколько стадий, а именно подается из красочного ящика, раскатывается и после нанесения на накатные валики поступает на печатную форму.

Схемы краскоподающей группы красочного аппарата машин высокой и офсетной печати приведена на рис. 11.1.

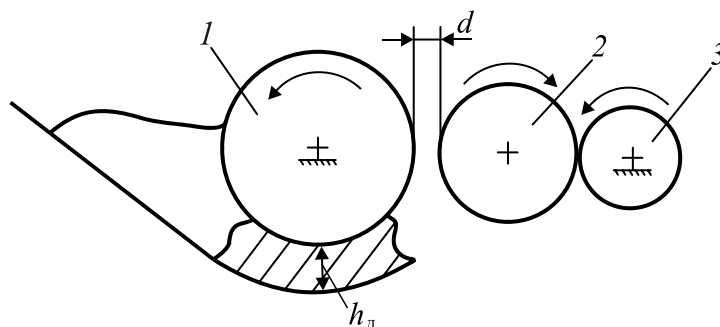


Рис. 11.1. Схема краскоподающей группы красочного аппарата:

1 — дукторный цилиндр; 2 — передаточный валик; 3 — цилиндр раскатной группы

В красочных аппаратах данного типа краска подается в раскатную систему передаточным валиком 2, стационарно закрепленным и непрерывно вращающимся (со скоростью формного цилиндра) и, в свою очередь, воспринимающим краску с дукторного цилиндра 1, также непрерывно, но медленно вращающегося с регулируемой скоростью. Между дукторным цилиндром и передаточным валиком имеется незначительный рабочий зазор  $d$ , изменение которого позволяет регулировать количество краски, расщепляющееся непосредственно в зазоре и соответствующее поступающее на передаточный валик, а оттуда — на раскатной цилиндр. Важно отметить, что толщина красочного слоя  $h_d$  на поверхности дукторного цилиндра во всех случаях должна превосходить ширину зазора (т. е.  $h_d > d$ ), что обеспечивает постоянный контакт краски с передаточным валиком. Дозирование краски в красочных аппаратах данного типа происходит преимущественно путем изменения скорости вращения дукторного цилиндра.

Эксплуатация красочного аппарата предъявляет определенные требования, касающиеся точной установки всех валиков и цилиндров, входящих в его состав, относительно друг друга, а накатных валиков, кроме того, и относительно печатной формы. При этом должно быть обеспечено оптимальное усилие прижима эластичных валиков к контактирующим с ними недеформируемым поверхностям, в условиях которого и будет происходить нормальное, без проскальзывания, но и без излишне большого трения

расщепление красочного слоя. Порядок, методы и средства выполнения подобной регулировки регламентируются соответствующими технологическими инструкциями, и сама регулировка проводится перемещением подвижных опор эластичных валиков в двух взаимно перпендикулярных направлениях (металлические цилиндры, в том числе и дукторный цилиндр, закреплены в неподвижных подшипниках).

При регулировке прижима красочных валиков к цилиндрам и печатной форме следует обязательно учитывать возможные отклонения диаметров валиков от номинальных значений, вызываемые различными причинами — набуханием эластичной оболочки, связанным с недостаточной стойкостью ее к действию смывочных веществ и других рабочих растворов, огранкой (т. е. местным уплотнением оболочки), являющейся следствием неаккуратного обращения с валиками в процессе их эксплуатации и хранения, и т. п.

Наряду с красочными аппаратами традиционных конструкций — многовалкового типа, с дукторной подачей краски и развитыми раскатно-накатными группами, существуют красочные аппараты, конструкция которых ориентирована на применение минимально возможного количества рабочих звеньев. Переход к построению красочных аппаратов данного типа обусловлен двумя обстоятельствами: необходимостью уменьшения влияния инерционных сил, которые проявляются особенно заметно при больших скоростях печатания, а также потребностью в ускорении реакции машины на преднамеренное изменение подачи краски.

Единообразия назначения и технологической функции красочных аппаратов машин высокой и офсетной печати не исключает и некоторых особенностей их конструктивного исполнения в печатных машинах разных типов.

## **11.2. Поведение краски в краскоподающей группе красочного аппарата. Реологическое поведение краски в красочном ящике**

Основными элементами краскоподающей группы являются красочный ящик, дукторный цилиндр и передаточный валик. К ней же относится приемный цилиндр, одновременно являющийся первым элементом раскатной группы. Периодический поворот

или непрерывное вращение дукторного цилиндра сопровождается выводом из красочного ящика слоя краски определенной толщины, который, расщепляясь, частично переходит затем на передаточный валик. Нарушение контакта между поверхностью дукторного цилиндра и краской, не поступающей к выводному зазору, приводит к прекращению подачи краски в раскатную систему.

Слой краски на поверхности дукторного цилиндра формируется под воздействием комплекса факторов, которые условно можно разделить на 3 группы: технологические, конструктивные, динамические.

Технологические факторы определяют процесс дозирования краски в конкретных условиях печатания. К ним относятся особенности печатной формы и вид запечатываемого материала, вязкость, характер течения и другие реологические свойства краски, тип и скорость работы печатной машины, величина зазора между ножом и дукторным цилиндром.

Конструктивные факторы характеризуют, прежде всего, геометрические параметры и механические свойства ножа и дукторного цилиндра. Они задаются при проектировании и изготовлении печатных машин и, как правило, являются нерегулируемыми величинами.

Динамические факторы обуславливают величину и характер сил, сопутствующих формированию слоя краски на дукторном цилиндре. Сюда относятся гидростатическое и гидродинамическое давление краски.

Анализ факторов, влияющих на равномерность толщины слоя краски по всей поверхности дукторного цилиндра, позволяет сделать следующие выводы:

1) при непрерывном вращении дукторного цилиндра с постоянной скоростью равномерность толщины слоя краски на поверхности дукторного цилиндра выше, чем при его периодическом вращении;

2) с увеличением скорости периодического вращения дукторного цилиндра неравномерность толщины слоя краски на его поверхности возрастает;

3) с повышением точности изготовления дукторного цилиндра и красочного ножа равномерность толщины слоя краски увеличивается;

4) слой краски на поверхности дукторного цилиндра становится более равномерным по толщине и с увеличением жесткости ножа, т. е. с уменьшением прогиба его при максимальной скоро-

сти периодического вращения дукторного цилиндра (а следовательно, и при максимальном гидродинамическом давлении).

Периодическое или непрерывное вращение дукторного цилиндра в сочетании с вязкотекучими свойствами краски и особенностями прохождения ее через выводной зазор вызывает неравномерное распределение давления в плоскости поперечного сечения красочного ящика. В этих условиях нормальное питание раскатной системы будут обеспечивать краски с жидкообразной малопрочной подвижной структурой, а также краски, характеризующиеся более прочной структурой, но более продолжительным временем восстановления ее после перемешивания, т. е. высокоподвижные краски.

В красках же с высокой прочностью структуры и твердообразным характером ее разрушения скорости течения убывают скачком: в слое, непосредственно примыкающем к дукторному цилиндру (и, следовательно, подвергающемся воздействию наибольшей скорости сдвига), вязкость краски резко снижается и она начинает течь, а уже на небольшом удалении от дуктора течение краски прекращается.

В общем случае величину напряжений в краске, находящейся в красочном ящике, будут определять 2 фактора:

- 1) скорость вращения дукторного цилиндра;
- 2) вязкость краски.

Неодинаковое распределение скоростей в различных зонах красочного ящика позволяет прийти к выводу, что масса краски, находящаяся в красочном ящике, будет неоднородной и по вязкости. Иначе говоря, неравномерным скоростям сдвига будет сопутствовать большая или меньшая аномалия вязкости краски.

Предположим, что в слое краски, непосредственно примыкающем к дукторному цилиндру, под влиянием вращения последнего развивается довольно высокий градиент скорости сдвига, создающий в этом слое напряжение сдвига. Это напряжение распространяется на первоначально неподвижные слои краски, вызывая их течение.

При значительной аномалии вязкости краски структура краски в пристенном слое сильно разрушается. Следовательно, при удалении от поверхности дукторного цилиндра градиент скорости сдвига быстро падает, что свидетельствует о резком уменьшении деформаций сдвига в зонах массы краски, даже незначительно отстоящих от выводного зазора. Между дукторным валом и неподвижной мас-

сой краски возникает так называемое пристенное скольжение. Нормальная подача краски при этом практически исключена.

В том случае, если краска обладает малой аномалией вязкости, заметным по величине деформациям сдвига с близкими (и достаточно высокими) градиентами скорости будет подвергаться уже большая часть массы краски, находящейся в красочном ящике, и условия вывода краски из красочного ящика в раскатную систему становятся более благоприятными.

### **11.3. Раскат краски. Особенности деформационного поведения и деления слоя краски в нежестком зазоре и при сложном движении раскатного цилиндра**

В стадии раската краска попадает в более сложные условия, чем в стадии подачи из красочного ящика. В краскораспределительной системе она находится в виде тонкого слоя, последовательно расщепляющегося в контактных зонах, образуемыми парами «валик – цилиндр», под воздействием высоких напряжений и скоростей сдвига. Одновременно слой краски подвергается осевому раскату, в процессе которого также развиваются значительные усилия.

Усилия, воздействующие на краску, являются периодически-ми, кратковременными и знакопеременными. Усилие сдвига в раскатной системе воздействует на краску периодически — только в момент, когда данный участок красочного слоя попадает в зону контакта между валиком и цилиндром. Время действия усилия в зависимости от конструктивных особенностей раскатной группы и скорости работы машины очень невелико. Оно составляет около  $10^{-3}$  с. Знакопеременный характер усилий проявляется в поочередном сжатии и растяжении красочного слоя при входе слоя в зону контакта и выходе из нее [6].

При рассмотрении поведения краски в раскатной группе красочного аппарата важно учитывать, что расщепление краски происходит в нежесткой контактной зоне, образуемой эластичным красочным валиком и недеформируемым металлическим цилиндром.

Находясь в раскатной системе, краска должна беспрепятственно передаваться с одного элемента этой системы на другой, хорошо смачивая при этом поверхности контактирующих валиков и цилиндров и достаточно прочно на них удерживаясь. Последо-



вательному расщеплению слоя краски в процессе его раската сопутствуют физико-механические и реологические явления, существенно определяющие механизм взаимодействия краски с несущими ее поверхностями, характер разрыва слоя в каждой контактной зоне «валик – цилиндр» и, как следствие, технологическую эффективность раскатной системы красочного аппарата.

Эластичные валики красочного аппарата вращаются под воздействием сил трения, возникающих между ними и металлическими цилиндрами, имеющими принудительный привод.

Неизбежная в этих условиях деформация эластичной оболочки валика, зависящая от сжимаемости покрытия и геометрических параметров валика и цилиндра, всегда влечет за собой проскальзывание контактирующих поверхностей, обусловленное изменением линейных скоростей их перемещения. В совокупности эти обстоятельства становятся причиной возникновения сдвиговых деформаций слоя краски по окружности валиков и цилиндров.

В высокой и офсетной печати краска накатывается только на печатающие элементы формы, в связи с чем на накатных валиках остается красочный слой, имеющий «изрезанный профиль». Если этот профиль не выравнивать, условия наката краски на форму резко ухудшаются, поскольку неровности красочного слоя на накатных валиках будут неизбежно распространяться на валики и цилиндры раскатной системы. Поэтому всем или некоторым раскатным цилиндрам красочных аппаратов многозвенного дукторного типа, наряду с вращением, сообщается возвратно-поступательное осевое перемещение, вызывающее осевой раскат краски.

Осевой раскат прежде всего способствует разравниванию рельефа краски и, следовательно, более равномерному нанесению ее на печатную форму. При этом площадь раската и вероятность несовмещения утолщений красочного слоя зависят от величины и закона осевого смещения, а также от общего количества и геометрических параметров раскатных цилиндров. Вместе с тем осевой раскат обеспечивает дополнительное воздействие на краску, ослабляющее ее сопротивление расщеплению.

При всех достоинствах осевой раскат характеризуется некоторыми отрицательными последствиями, к числу которых относятся:

- 1) увеличение деформации эластичных облицовок красочных валиков;

2) повышение их температуры и возрастание износа в результате усиленного трения при знакопеременных нагрузках, а в ряде случаев и вращения раскатных цилиндров;

3) усложнение схемы привода раскатных цилиндров и возникновение в работающей машине неблагоприятных динамических нагрузок;

4) возникновение трудностей при определении параметров предварительной настройки краскоподающей группы, прежде всего в высокоскоростных печатных машинах.

Многokратные и многофакторные воздействия на краску в процессе транспортирования ее к печатной форме, проявляющиеся в контактной сжатии и растяжении, осевом и тангенциальном сдвиге и, наконец, в последовательном расщеплении красочного слоя, имеют большое значение для стабильного (на протяжении печатания тиража) наката краски на печатную форму технологически необходимым по толщине слоем.

Красочный слой на поверхности эластичных валиков и металлических цилиндров состоит из 2 частей: постоянной, удерживаемой поверхностью валика и цилиндра и в разделении слоя непосредственно не участвующей, и рабочей, в которой и протекает процесс расщепления. Постоянный слой — это слой, механически удерживаемый в неровностях и порах поверхности подложки. Наличие двух частей в слое краски предполагает различные механические свойства каждой из них. Различия в механических свойствах проявляются прежде всего в более высокой упругости и вязкости постоянной части слоя в сравнении с рабочей, что объясняется меньшей степенью разрушения структуры и некоторой ориентацией, т. е. упорядоченностью, структурных элементов. Вместе с тем между постоянным и рабочим слоями нет резкой границы.

Толщина постоянной части зависит от природы поверхности, покрытой краской, ее пористости и деформационных свойств, а также от структурно-механических свойств краски. Обычно толщина этой части слоя больше на эластичных и более развитых поверхностях, характерных именно для валиков красочных аппаратов, и минимальна на жестких полированных подложках типа раскатных цилиндров.

Вместе с тем наличие в слое краски постоянной («связанной») части отражает то обстоятельство, что красочный слой, формирующийся на любой красконесущей поверхности, прояв-

ляет на границе раздела с твердым телом особые свойства, обусловливаемые рядом специфических поверхностных эффектов. Взаимодействуя с твердой поверхностью, краска приобретает иные, отличающиеся от объемных, структуру и вязкость, а также повышенные сопротивление сдавливанию и упругость сдвига. Следовательно, реология тонких красочных слоев существенно отличается от реологии краски в массе.

Рассмотрим механизм расщепления слоя краски между цилиндром и валиком, представленный на рис 11.2.

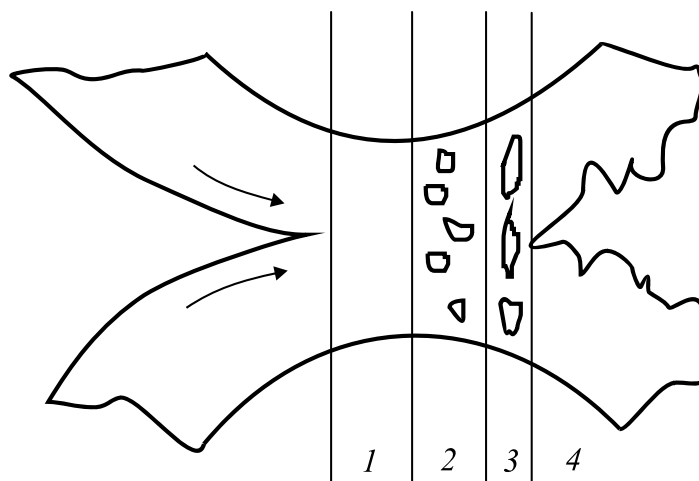


Рис. 11.2. Схема механизма расщепления слоя краски

В каждой из зон (1–4) слой краски подвергается воздействию специфического комплекса сил, определяющих характер его деформационного поведения. Зона 1, соответствующая наиболее узкому участку полосы контакта, — это область гидродинамического сдвига. Давление в ее пределах ниже максимального значения, которое в динамической нежесткой полосе контакта (а тем более при введении жидкой прослойки) всегда смещается от центра в направлении входа вращающейся пары «валик – цилиндр». Зона 2 — область кавитации, где происходит нарушение сплошности красочного слоя в результате образования в нем газоздушных пузырьков. Зона 3 — область образования и удлинения красочных нитей и одновременного расширения газоздушных пузырьков. Силловые факторы, определяющие поведение слоя краски в этой области — воздействие усилия растяжения со стороны разделяющихся поверхностей валика и цилиндра. Зона 4 — область окончательного расщепления красочных нитей.

### **11.4. Явление нитеобразования. Явление пыления краски. Методы борьбы с пылением краски**

При достаточно высокой скорости разделения поверхностей цилиндров происходит быстрое расширение воздушных пузырьков и их слипание, приводящее к образованию тонких нитей, соединяющих оба цилиндра. При малых скоростях течение жидкости между разделяющими поверхностями носит ламинарный характер. Расхождение в режимах течения определяется скоростью вращения цилиндров и вязкостью жидкости. Чем выше вязкость, тем ниже скорость, при которой начинается кавитация.

Кавитация, состоящая из двух стадий — образования и роста полости, образует на выходе из зоны контакта сложное поле потока. Воздушные пузырьки, уменьшая площадь поперечного сечения красочного слоя, одновременно создают условия для концентрации внутренних напряжений, в свою очередь, ускоряющей деление слоя. При этом пигмент играет роль катализатора кавитации, особенно в случае больших размеров его частиц и агрегатов, так как воздушные капсулы, удерживаемые на поверхности последних, как раз и выполняют функцию центров (ядер) кавитации.

Определенную роль в возникновении кавитации играет и поверхностное натяжение на границе раздела пигмент – связующее, т. е. смачивающая способность связующего по отношению к пигменту, так как формирование центров кавитации происходит именно на межфазных границах. Количество образующихся воздушных пузырьков является функцией и таких переменных, как толщина слоя жидкости в зоне контакта и величина давления в ней. Увеличиваясь с ростом толщины слоя, количество воздушных пузырьков медленно уменьшается при повышении давления.

При раскате краски и ее расщеплении между валиками и цилиндрами красочного аппарата (как и при подаче ее в раскатную систему, накате на печатную форму и разделении красочного слоя между формой и запечатываемым материалом) большую роль играет липкость краски, характеризующая ее сопротивление разрыву. Липкость может быть охарактеризована в данном случае как суммарная функция сил сопротивления краски вязкому сдвигу в наиболее узкой части полосы контакта валика и цилиндра.

На величину сил липкого сопротивления оказывают влияние следующие факторы:

- 1) скорость вращения валика в контакте с раскатным цилиндром;
- 2) вязкость краски;
- 3) геометрические параметры полосы контакта.

Большое значение при этом приобретает также учет влияния гидродинамического фактора, обусловленного тем, что краска, вовлекаемая в клинообразную полость зоны контакта, в своем движении создает установившийся поток, противодействующий прижиму валика к раскатному цилиндру.

Чтобы получить представление о механизме разделения слоя краски между валиками и цилиндрами красочного аппарата, необходимо рассмотреть модель растяжения и разрыва слоя краски между двумя плоскими поверхностями (рис. 11.3).

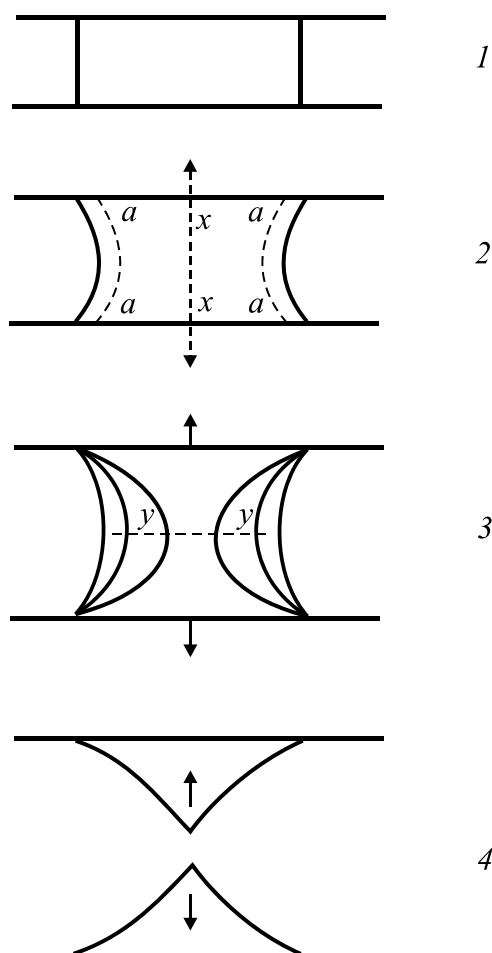


Рис. 11.3. Модельное представление растяжения и разрыва слоя краски между двумя плоскими поверхностями

Представим небольшой по толщине и ширине слой краски, находящийся между двумя плоскими красконесущими поверхностями (рис. 11.3, 1). При разделении этих поверхностей слой краски деформируется сначала без заметного изменения объема: возрастает толщина слоя, но одновременно (в результате прогиба боковых стенок) несколько уменьшается его ширина (рис. 11.3, 2). При этом напряжения около выгнувшихся краев (линии  $a-a$ ) оказываются больше, чем в центре (по линии  $x-x$ ) вследствие того, что боковая поверхность красочного слоя деформируется сильнее, чем средние его участки. В результате именно в этих приграничных областях слоя величина действующего напряжения быстрее достигнет и превысит величину предельного напряжения сдвига, что приведет в процессе растяжения к образованию шейки и постепенным превращением ее в тонкую нить (рис. 11.3, 3). Напряжения, возникающие в наиболее суженной зоне слоя (нити)  $y-y$  становятся во много раз большими, чем напряжения в зонах соприкосновения краски с красконесущими поверхностями. Под действием именно этих напряжений в определенный момент произойдет разрыв нити. При медленном протекании этого процесса деформация нити сопровождается заметным течением краски. После разрыва нити (рис. 11.3, 4) втягивание ее частей обратно в красочный слой протекает с невысокой скоростью (до нескольких секунд). Быстрое разделение красочного слоя не сопровождается течением, а целиком обуславливается вязкоупругостью краски, которая будет вести себя подобно твердому телу, т. е. демонстрировать хрупкий разрыв, являющийся результатом преодоления когезионных сил.

Большое влияние на процесс расщепления красочного слоя оказывает характер элементов структуры краски. Краски с твердообразной структурой практически не образуют нитей и характеризуются хрупким разрывом. Жидкообразные краски дают короткие нити, быстро превращающиеся в каплю. Пластично-вязкие краски вытягиваются в длинные нити, продолжительное время сохраняющие форму разрыва.

Процесс нитеобразования, таким образом, контролируется и определяется реакцией основных компонентов краски, и прежде всего связующего, на внешние условия. На процесс нитеобразования также оказывают влияние такие режимные параметры, как толщина красочного слоя и давление.

При практически минимальной толщине красочного слоя длина нитей относительно невелика, но она возрастает с утолщением слоя, в частности при низких скоростях работы машины. В этих условиях увеличивается время формирования полостей, благодаря чему образуются нити с большим поперечным сечением. Высокое внешнее давление приводит к повышенному значению максимального давления в начале полосы контакта, которое обуславливает возникновение в зазоре более интенсивного сдвига, существенно уменьшающего вязкость краски. В результате образовавшиеся воздушные полости впоследствии легко расширяются с возникновением нитей больших размеров.

С образованием нитей при разделении слоя краски между цилиндрами и валиками раскатной группы красочного аппарата связано и явление пыления краски. Пыление — это результат дробления красочных нитей на множество мелких частиц и интенсивного разбрызгивания этих частиц в окружающее пространство под действием центробежных сил. Вращающиеся валики и цилиндры вовлекают в движение приграничный слой воздуха. Кроме того, в зону разделения элементов контактирующей пары, где давление резко уменьшается и может возникнуть вакуум, устремляется воздух из окружающего пространства. Под действием этого суммарного противотока искривляется траектория первоначально прямолинейного движения частиц краски, заставляя двигаться их по касательной к полосе контакта.

Схема образования и распределения части красочной пыли в раскатной группе красочного аппарата приведена на рис. 11.4.

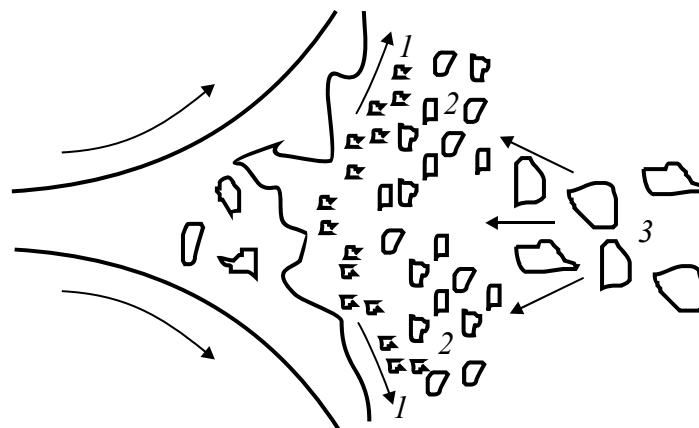


Рис. 11.4. Схема образования и распределения частиц красочной пыли в раскатной группе красочного аппарата

Исследования показали, что характер воздействия воздушного потока на частицы красочной пыли существенно зависит от их размера. Мельчайшие (1–5 мкм) частицы краски 1 сразу захватываются движущимся приграничным слоем воздуха и огибают поверхности валика и цилиндра. Более крупные пылинки 2 (10–30 мкм), отбрасываемые по касательной центробежными силами, попадают под воздействие потока воздуха, который перемещает их к зоне разрыва красочных нитей (т. е. к зоне пылеобразования) и лишь после этого они устремляются в криволинейное движение около поверхности валиков. Только самые крупные частицы 3 (размером 40–50 мкм и выше) преодолевают все встречные воздушные потоки и оседают перед раскатной парой.

Следовательно, вся пыль, за исключением наиболее крупных частиц, увлекается в криволинейное движение около вращающихся валиков под воздействием воздушных течений у их поверхности, и именно этот воздушный поток в основном и определяет движение пылеобразной массы краски. По мере перемещения частиц их скорость уменьшается и постепенно уравнивается со скоростью течения воздуха, и в местах столкновения пылевоздушного потока с каким-нибудь препятствием или потоком воздуха от другой раскатной пары «валик – цилиндр» происходит либо оседание частиц краски, либо их рассеивание в окружающем пространстве.

Пыление наблюдается главным образом при работе высокоскоростных машин и вызывает ухудшение качества продукции, загрязнение оборудования и атмосферы цеха.

Причины, вызывающие пыление печатных красок, различны. Это и кавитация, обуславливаемая резким перепадом напряжений в краске при входе в зону контакта между валиком и цилиндром и сразу после выхода из нее, и электризация капель краски, образующихся при дроблении красочных нитей, и определенное сочетание их реологических и структурно-механических свойств.

Все это объясняет отсутствие единого, универсального метода борьбы с пылением. К числу методов, наиболее эффективных в производственных условиях, относятся электрофизические методы и методы, основанные на применении различных химических добавок. К электрофизическим методам, в частности, относят:

- 1) предотвращение возникновения в атмосфере цеха статической электризации, предполагающее достаточно высокую (не ниже 50%) относительную влажность воздуха, нормированную абсо-



лютную влажность бумаги, нейтрализацию зарядов статического электричества в зоне раската краски;

2) повышение электропроводности печатных красок, что позволяет регулировать в нужном направлении степень электризации их активных центров. Эксперименты показали, что при достижении критической величины проводимости пыление краски прекращается. Увеличение проводимости может быть достигнуто применением связующего, содержащего смесь гликолевого спирта с водой;

3) размещение на выходе краски из зоны контакта валика и цилиндра красочного аппарата коронирующего электрода, формирующего в стационарном электрическом поле коронный разряд, обуславливающий быстрое и достаточно эффективное осаждение красочной пыли на красконесущие поверхности в результате нейтрализации зарядов частиц краски;

4) использование электропроводящей облицовки раскатных валиков красочного аппарата, уменьшающей вероятность электризации краски и способствующей интенсивному осаждению красочной пыли.

### **11.5. Влияние температурного эффекта на процесс раската краски**

Раскат краски сопровождается ее нагреванием, обусловленным рядом причин. Во-первых, это высокие градиенты скорости сдвига и значительные усилия сдвига, воздействующие на слой краски, находящийся в зоне контакта валиков и цилиндров раскатной системы; во-вторых, работа сил вязкого трения, величина которой, наряду с вязкостью связующего, обуславливается соприкосновением твердых пигментных частиц; в-третьих, многократные циклические нагружения валиков, вызывающие сложные объемные деформации их оболочек; и, в-четвертых, сам процесс расщепления слоя краски на выходе из контактной зоны. По некоторым оценкам, красочные аппараты поглощают до 40–60% энергии, потребляемой ротационной машиной, и все это приводит к очень быстрому — по сравнению с остальными элементами печатной машины — увеличению рабочей температуры красочного аппарата. Вместе с тем обеспечение стабильных условий печатания на про-

тяжении всего производственного цикла — важнейшее условие достижения высокого качества продукции.

Однако существует несколько причин, затрудняющих последовательное изучение температурного эффекта и его влияния на технико-технологические результаты печатного процесса. Это прежде всего нестабильность вязкопластичных свойств красок на разных стадиях печатного процесса, неодинаковый разогрев краски в различных секциях печатной машины (что может приводить к заметным дефектам при однопрогонном многокрасочном печатании, связанным с непредвиденным изменением характера перехода краски), факт примерно одинакового возрастания температуры стального цилиндра и эластичного валика, имеющего резиновую облицовку, при огромной разнице в их теплоемкости и тем более теплопроводности.

Неодинаковое по величине изменение температуры красочного аппарата на протяжении всего периода работы печатной машины — еще одна причина, препятствующая изучению температурного фактора раската краски. Впервые воздействие температурного эффекта на поведение краски в печатной машине было отмечено и исследовано М. П. Воларовичем. Он получил экспериментальное подтверждение уменьшения предельного напряжения сдвига и вязкости печатных красок при повышении температуры валиков и цилиндров красочного аппарата, которое, в свою очередь, оказалось зависимым от типа и скорости работы печатной машины.

Исследования показывают, что приращение температуры красочных аппаратов и краски по сравнению с температурой окружающего воздуха может составлять на ротационных машинах при продолжительной их работе 20–30 °С и выше (рис. 11.5).

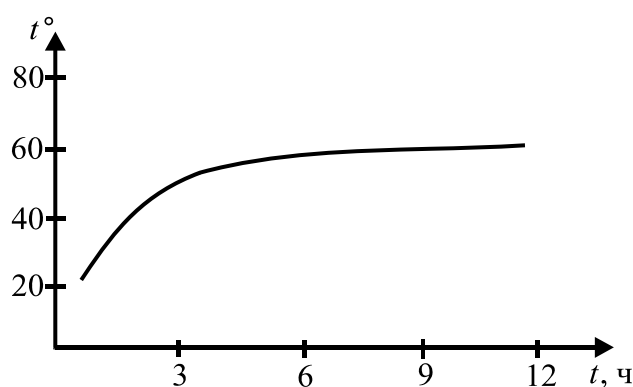


Рис. 11.5. Изменение температуры в красочном аппарате печатных машин

Из анализа усредненных кривых такого рода вытекает, что увеличение температуры неодинаково на протяжении всего периода безостановочной работы машины: в начальный период (0–3 ч) прирост температуры был наибольшим (от 26 до 43 °С), в дальнейшем (3–7 ч) он существенно уменьшился и в пределах времени работы машины (7–11 ч) температура красочного аппарата стабилизировалась, что свидетельствовало о достижении стационарного (и равновесного с точки зрения теплообмена) режима работы красочного аппарата.

Однако при технологических остановках машины наблюдаются заметные колебания температуры, обусловленные резким изменением условий конвективного теплообмена валиков и цилиндров красочного аппарата с окружающей средой. Столь заметные и нестабильные во времени изменения температуры прежде всего отражаются на состоянии наиболее термочувствительного элемента красочного аппарата и его раскатной группы — эластичной облицовки валиков.

В то же время повышение температуры валиков в процессе печатания является в некоторой степени самопрогрессирующим процессом, так как нагрев валика сопровождается при циклически повторяющемся нагружении увеличением его диаметра (на 0,4 мм и более), возрастанием ширины полосы контакта (для резинового валика, находящегося в контакте с металлическим цилиндром, она возрастает примерно в 1,3 раза) и соответствующим повышением давления, т. е. трения между контактирующими поверхностями. Положение осложняется, кроме того, неравномерным разогревом резиновой облицовки валиков в процессе работы машины и по ее толщине, а также влиянием температуры оболочки валика не только на ширину полосы контакта и величину давления, но также и на распределение последнего в зоне соприкосновения валика с металлическим цилиндром.

Повышение температуры в раскатной системе существенно воздействует и на реологические свойства краски, приводя к резкому (до 10-кратного) падению ее вязкости и значительному изменению характера течения, причем степень падения вязкости краски с повышением температуры существенно зависит от ее первоначальной вязкости. Изменение вязкости краски под влиянием температуры, в свою очередь, неизбежно отражается на ее липкости, что не только сказывается на качестве раската, но и затрагивает процессы наката краски на печатную форму и переноса ее на запечатываемый материал.

Постоянство температуры краски в красочном аппарате играет решающую роль также и в обеспечении правильного и стабильного баланса «краска – увлажняющий раствор», имеющего первостепенное значение в процессе однопрогонной многокрасочной офсетной печати. Все это делает необходимым принятие ряда мер, уменьшающих воздействие температурного эффекта на качество раската краски и на результат печатного процесса. К числу подобных мер относятся:

1) подбор конструктивных параметров (в частности, диаметров) и тщательная выверка взаимного расположения валиков и цилиндров красочного аппарата, с тем чтобы ширина полосы контакта была минимально допустимой;

2) выбор для облицовки эластичных валиков материала максимально возможной твердости и с наименьшим коэффициентом термического расширения;

3) применение специальных терморегулирующих или охлаждающих устройств для стабилизации температуры дукторного цилиндра и раскатных цилиндров краскораспределительной системы.

### **11.6. Накат краски на печатную форму**

Краска, подготовленная в процессе ее раската, поступает на накатные валики, а затем на печатную форму. Данная операция существенно влияет на качество оттиска. Наиболее правильная передача линейных размеров и оптических плотностей изображения на оттиске может быть достигнута только при условии получения на нем достаточно однородного красочного слоя технологически необходимой толщины, что обеспечивается равномерным накатом краски на печатную форму. Равномерному накату краски на форму препятствуют влияние температуры краски и окружающей среды, изменения условий испарения увлажняющего раствора в офсетной печати, нестабильность подачи краски краскопитающей группой и т. д. В результате этого в реальных условиях печатания на оттиске возникают местные изменения толщины красочного слоя на различных участках формы, что ухудшает качество изображения.

Накат краски на форму характеризуется нижеуказанными количественными показателями.

1. Коэффициент переноса краски определяет пропорцию, в которой краска передается с красконесущей на красковоспринимающую поверхность (рис. 11.6).

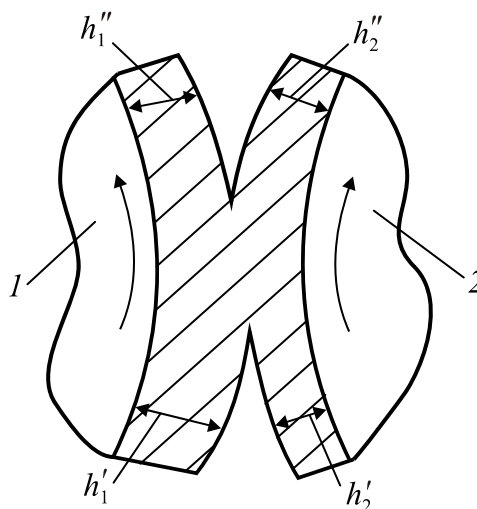


Рис. 11.6. Схема транспортировки краски через контактную зону:  
 1 — красконесущая поверхность;  
 2 — красковоспринимающая поверхность

Все рабочие поверхности (валиков и цилиндров красочного аппарата, включая накатные валики, печатную форму, декель в машинах офсетной печати) попеременно и последовательно выполняют функции красковоспринимающей и красконесущей поверхностей, воспринимая краску от элемента, находящегося пространственно ближе к дукторному цилиндру, и передавая ее элементу, располагающемуся ближе к запечатываемому материалу. Доля переносимой краски во всех случаях (за исключением переноса краски с формы на запечатываемый материал) рассчитывается по отношению к суммарному количеству (или толщине слоя) краски, находящейся на красконесущей и красковоспринимающей поверхностях.

Коэффициент переноса краски с одной поверхности на другую  $K_{пер}$ , % (в том числе и между накатным валиком и печатной формой), определяется по формулам:

$$K_{пер} = \frac{h_2''}{h_1' + h_2''} \cdot 100 \quad \text{либо} \quad K_{пер} = \frac{h_2''}{h_1' + h_2'} \cdot 100. \quad (11.1)$$

Отсюда вытекает, что при расщеплении слоя краски между двумя поверхностями поровну  $K_{пер} = 50\%$ .

2. Коэффициент использования окружности формного цилиндра  $L$ , %, определяется как отношение длины изображения (формы)  $l_{\phi}$  к длине окружности формного цилиндра (без печатной формы) диаметром  $D$ :

$$L = \frac{l_{\phi}}{\pi D} \cdot 100. \quad (11.2)$$

Данный показатель является одним из факторов, определяющих расход краски в процессе печатания за каждый оборот формного цилиндра.

3. Амплитуда толщины слоя краски на форме. Неполное использование длины окружности формного цилиндра является следствием как конструктивных, так и технологических причин, что оказывает дестабилизирующее воздействие на процесс наката краски, которое может проявляться как в пределах полного оборота формного цилиндра, так и в границах каждого оборота накатного валика (рис. 11.7).

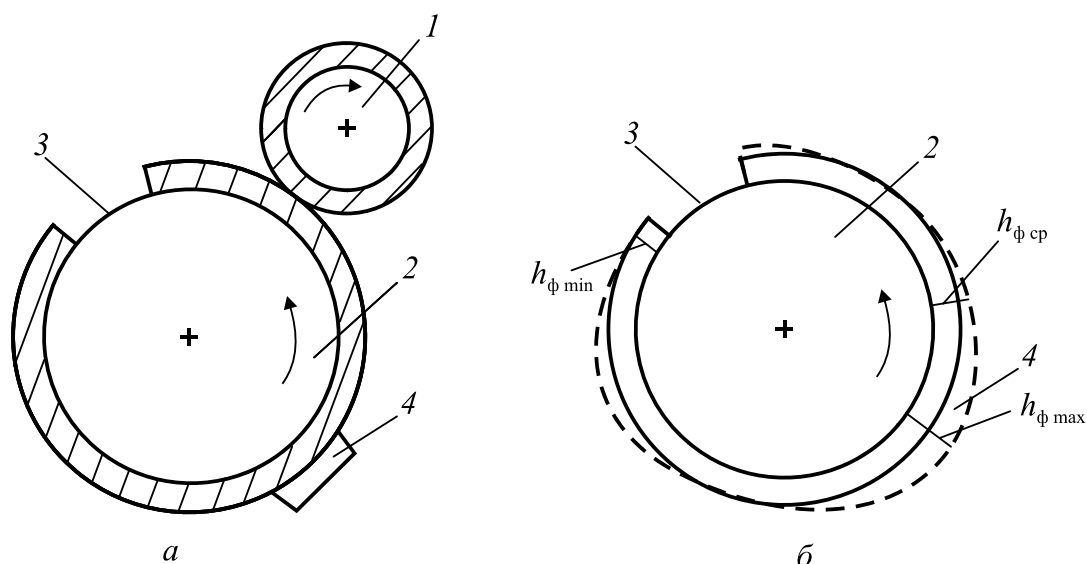


Рис. 11.7. Распределение слоя краски на накатном валике и формном цилиндре:  
 а — накат краски; б — формирование слоя краски на формном цилиндре;  
 1 — накатной валик; 2 — формный цилиндр;  
 3 — непечатающий участок; 4 — избыток краски

На участке поверхности накатного валика 1, контактирующего с непечатающим участком 3 формного цилиндра 2 (рис. 11.7, а), слой краски сохраняется неизменным до тех пор, пока он не перейдет на участок 4 формы при следующем обороте валика. По-

этому на участке 4 образуется некоторый избыток краски по сравнению со смежными участками формы.

Одновременно в пределах каждого оборота накатного валика толщина слоя краски на форме по мере вращения формного цилиндра постепенно уменьшается, так как оставшаяся на валике часть слоя краски последовательно расщепляется между поверхностями валика и печатной формы. Следовательно, толщина слоя краски на начальном участке формы оказывается несколько больше по сравнению с толщиной на участке, прилегающем к противоположному краю (рис. 11.7, б). Количество местных утолщений будет зависеть от соотношения длин окружностей формного цилиндра и накатного валика.

Неравномерность наката краски характеризует амплитуда толщины слоя краски на форме  $A_\phi$ , %, определяемая по формуле

$$A_\phi = \frac{h_{\phi \max} - h_{\phi \min}}{h_{\phi \text{ ср}}} \cdot 100, \quad (11.3)$$

где  $h_{\phi \max}$ ,  $h_{\phi \min}$ ,  $h_{\phi \text{ ср}}$  — соответственно максимальная, минимальная, средняя толщина слоя краски на форме в пределах одного оборота формного цилиндра.

Более или менее заметные утолщения слоя краски на форме могут обуславливаться наличием любых нерабочих участков на формном цилиндре и на печатной форме.

4. Шаг толщины слоя краски на форме — отношение максимального значения местного изменения толщины слоя краски на форме к средней его толщине на форме. В данном случае именно максимальное, а не промежуточное приращение толщины слоя краски по отношению к заданной или технологически необходимой толщине слоя на данном участке формы в пределах одного оборота накатного валика.

Шаг толщины слоя краски на форме  $S_\phi$ , %, рассчитывается по следующей формуле:

$$S_\phi = \frac{\Delta h_{\phi \max}}{h_{\phi \text{ ср}}} \cdot 100, \quad (11.4)$$

где  $\Delta h_{\phi \max}$  — максимальное приращение толщины слоя краски на печатной форме.

5. Коэффициент подачи краски. В машинах высокой и офсетной печати чаще всего используются 3 или 4 накатных валика, ко-

торые в соответствии с выполняемыми ими функциями могут быть разделены на 2 группы (рис 11.8).

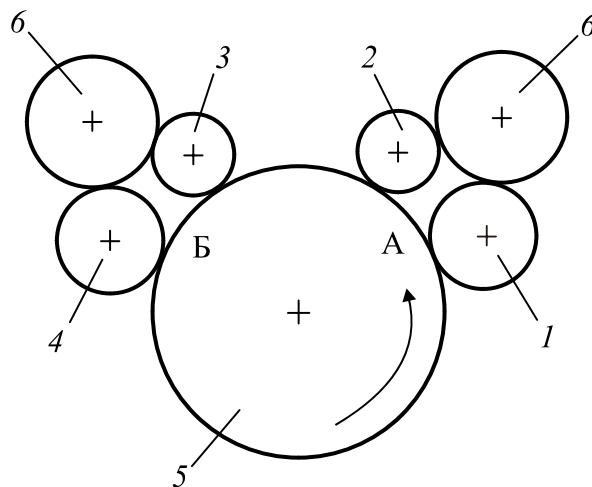


Рис. 11.8. Накатная группа красочного аппарата:  
 1, 2 — краскоподающие валики;  
 3, 4 — краскоразравнивающие валики;  
 5 — формный цилиндр; 6 — раскатной цилиндр

Накатные валики 1 и 2 первыми входят в контакт с печатной формой при вращении формного цилиндра 5 и образуют краскоподающую группу А, наносящую на печатную форму основное количество краски. Группа валков 3 и 4 образуют краскоразравнивающую группу Б. Эти валики, также подавая на форму некоторое (но меньшее, чем валики группы А) количество краски, одновременно раскатывают ее по поверхности печатной формы равномерным слоем требуемой толщины, заполняя впадины и «срезая» выступы, находившиеся в пределах слоя краски, нанесенного на форму валиками группы А.

Отношение количества краски, поступившего на форму от накатных валков группы А, ко всему количеству краски, переданному на форму за один цикл (включая и краску, поступившую на форму от валков группы Б) называется коэффициентом подачи краски  $R$ , %, который рассчитывается по формуле

$$R = \frac{q_{\text{фА}}}{q_{\text{фА}} + q_{\text{фБ}}} \cdot 100, \quad (11.5)$$

где  $q_{\text{фА}}$ ,  $q_{\text{фБ}}$  — соответственно количества краски, подаваемой на форму валиками группы А и Б.



### **11.7. Технологическая характеристика красочных аппаратов машин глубокой печати**

Красочные аппараты машин глубокой печати работают с маловязкими красками, и именно поэтому принципиально отличаются по своей конструкции от красочных аппаратов машин высокой и офсетной печати.

Основу связующего красок глубокой печати составляет раствор тонкодиспергированной смолы натурального или искусственного происхождения в летучем органическом растворителе. Образуя при высыхании твердую пленку, смола удерживает пигмент на поверхности запечатываемого материала, а летучий растворитель, испаряясь, ускоряет пленкообразование. Растворители, используемые в составе красок глубокой печати, играют важнейшую роль в печатном процессе (включая закрепление краски на оттиске) и соответственно в обеспечении надлежащего уровня качества печатной продукции [6].

В отличие от красок высокой и офсетной печати, которые характеризуются довольно широким кругом реологических параметров, а также способностью к образованию тиксотропной структуры, печатно-технические свойства красок глубокой печати могут достаточно полно характеризоваться их вязкостью. Однако регулирование и стабилизация вязкости краски глубокой печати — главное условие бесперебойного течения печатного процесса и получения продукции хорошего качества.

Жидкотекучесть красок глубокой печати позволяет отказаться от громоздких групп раската и наката краски. Тем не менее красочные аппараты машин глубокой печати представляют собой сложные системы, правильная настройка и регулировка которых имеет большое значение в обеспечении высокопроизводительной работы печатных машин.

При нанесении краски в машинах глубокой печати краска должна заполнять растровые ячейки печатной формы. Простейший способ нанесения краски на формный цилиндр глубокой печати — его погружение в заполненный краской ящик и вращение в нем. С пробельных элементов краска снимается стальным ножом — ракелем и затем попадает обратно в красочный ящик. Краска, остающаяся в ячейках формы, переносится в зоне печатного контакта на запечатываемый материал.

Схема печатного аппарата машин глубокой печати приведена на рис. 11.9.

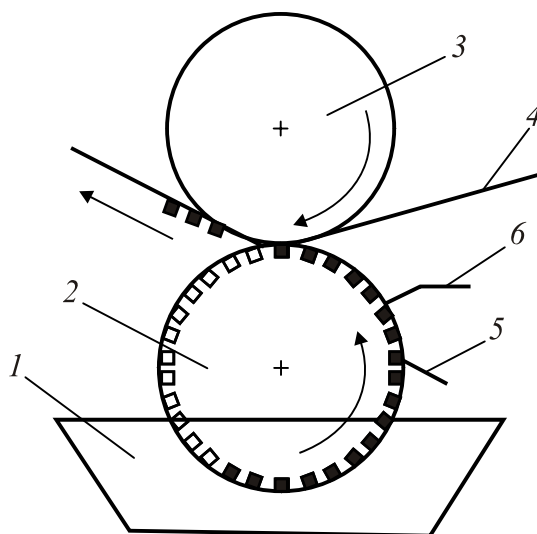


Рис. 11.9. Схема печатного аппарата машины глубокой печати:

- 1 — красочный ящик; 2 — формный цилиндр;  
3 — печатный цилиндр; 4 — запечатываемый материал;  
5 — опорный рапель; 6 — крутой рапель

Постоянно возрастающие скорости печатных машин (а именно глубокой печати принадлежит наивысший показатель скорости перемещения бумажного полотна в печатной машине — 17 м/с) делают использование красочных систем данного типа практически невозможным, поскольку интенсивно образующиеся в этих условиях воздушные пузыри и пена препятствуют нормальному нанесению краски на формный цилиндр.

В современных машинах глубокой печати краска подается на форму бесконтактной принудительно-циркуляционной системой питания. Одним из критериев технологичности системы нанесения краски в современных машинах глубокой печати является длительность простоя при замене краски, связанной с переходом на другие виды продукции или запечатываемого материала. Поэтому системы нанесения краски для многосекционных машин глубокой печати часто изготавливают в виде вставных агрегатов, которые могут подготавливаться к печатанию вне машины и устанавливаться затем в любую печатную секцию. Экономичность использования подобных конструкций в значительной мере зависит от

характера использования печатной машины в целом, обеспечивая высокую эффективность при печатании переменной по своему характеру продукции относительно небольшими тиражами.

Одним из наиболее важных с технологической точки зрения элементов красочных аппаратов машин глубокой печати является ракель, качество подготовки и работы которого в немалой степени определяет результат печатного процесса.

Ракель — гибкая стальная пластина шириной 60–80 мм и толщиной 0,15–0,20 мм, размещающаяся на специальной опоре, имеющей в современных печатных машинах довольно сложную многоэлементную конструкцию и обеспечивающей точную установку ракеля по отношению к печатной форме.

Воздействие на ракель при снятии им краски с пробельных элементов формы складывается из двух основных компонентов: гидродинамического давления краски, возникающего в клиновом зазоре между ракелем и поверхностью формы, и усилия прижима. Наиболее сильно на величину гидродинамического давления влияют скорость печатания и угол, образуемый рабочей плоскостью ракеля с касательной к поверхности формного цилиндра в направлении его вращения и называемый углом установки ракеля. Определено, что при увеличении скорости печати в 2 раза гидродинамическая нагрузка, действующая на ракель, увеличивается в 3–4 раза, а увеличение в 2 раза величины угла установки ракеля приводит к уменьшению гидродинамического давления в 5–6 раз. Отсюда следует, что при увеличении скорости печати поддержать величину гидродинамического давления можно увеличением угла установки ракеля.

Усилие прижима — это усилие, с которым ракель должен прижиматься к поверхности формного цилиндра, чтобы, во-первых, противостоять воздействию гидродинамического давления, и, во-вторых, компенсировать неточности геометрической формы и биение цилиндра при вращении. При изменении усилия или равномерности прижима ракеля меняется количество краски, переносимой на запечатываемый материал, что может существенно сказаться на графической, градационной и цветовой характеристиках оттиска. Главным фактором, влияющим на величину усилия прижима, является угол установки ракеля, с увеличением которого усиливается прогиб ракеля и соответственно возрастает усилие прижима.

Оптимальным углом установки ракеля следует считать такой, который обеспечивает приемлемое по величине усилие прижима при относительно небольшом гидродинамическом давлении. Для высокоскоростных машин глубокой печати оптимальным считается вариант с использованием так называемого крутого ракеля, устанавливаемого под углом  $70\text{--}80^\circ$  к касательной, проведенной через точку контакта. Он работает совместно с опорным ракелем, устанавливаемым под углом  $45\text{--}55^\circ$ . Крутой ракедь должен обладать повышенной упругостью, поэтому толщина его должна быть меньше —  $0,07\text{--}0,16$  мм. Иногда работают с обратным ракелем, угол установки которого (в направлении вращения формного цилиндра) превышает  $90^\circ$ , т. е. рабочая плоскость которого ориентирована противоположно направлению вращения формного цилиндра.

Важным фактором, связанным как с качеством печатания, так и со стабильностью работы ракеля, является характер возвратно-поступательного перемещения ракеддержателя (а следовательно, и ракеля) в процессе работы машины. Необходимость такого перемещения обусловлена тем, чтобы исключить хотя бы малейшую возможность повреждения рабочей поверхности печатной формы при попадании на заточенную кромку ракеля мелких инородных частиц. Идеальным можно считать такое перемещение ракеля, когда каждая его точка с постоянной скоростью и непрерывно проходила бы всю поверхность формного цилиндра. Критериями приближения действительного перемещения ракеля к идеальному являются: большой шаг и небольшая скорость возвратно-поступательного движения ракеля, кратковременное реверсирование, постоянное смещение местоположения точки изменения направления движения ракеля вдоль образующей формного цилиндра.

Одним из важнейших дополнительных элементов красочной системы современных машин глубокой печати являются регуляторы вязкости краски, которые бывают электромеханического и электронного типа. Электромеханические регуляторы фиксируют изменение скорости течения краски, наступающее при изменении ее вязкости, и подают команду исполнительному блоку, действующему на вентиль, открывающий (или закрывающий) подачу растворителя. Регуляторы данного типа дешевле электронных, но характеризуются рядом недостатков, важнейшими из которых являются их невысокая точность и чувствительность к загрязнению краски и к подсыханию ее при длительных остановках машины.

## **11.8. Технологическая характеристика красочных аппаратов машин флексографской печати**

Согласно наиболее распространенной классификации, современные флексографские краски разделяются на 4 группы: спиртовые, водные, полиамидные, акриловые. Связующее данных красок состоит из синтетических или природных смол, растворенных в растворителе (спирте, воде или спиртоуглеводородной смеси), и соответственно придает краскам необходимую вязкость и управляет скоростью их закрепления. Обычным компонентом красок флексографской печати является пластификатор, который размягчает смолы, изменяя их твердость и хрупкость. При этом между пластификаторами и смолами происходит химическое взаимодействие, приводящее к тому, что после испарения растворителя пластификаторы остаются в слое краски в качестве его постоянной части. К другим добавкам, модифицирующим жидкую часть краски и придающим ей характерные свойства, относятся полиэтиленовый воск (для повышения сопротивления красочного слоя смазыванию и истиранию), матирующие агенты (обеспечивающие ровную матовую поверхность красочного покрытия) и пеногасители.

В конструкции и технологических особенностях красочных аппаратов машин глубокой и флексографской печати есть много общего, поскольку в этих способах печати используются краски, весьма близкие по своей консистенции. В своем наипростейшем виде красочный аппарат флексографской печатной машины представляет собой двухвалковую систему.

Дукторный вал вращается в красочном резервуаре и подает краску на передаточный валик, который переносит ее на печатную форму. Обычно поверхность дукторного вала покрывается резиной или другим эластичным материалом. Для этой цели часто применяют натуральные или синтетические каучуки. Дукторный вал должен иметь ровную поверхность. Допуски на точность его изготовления составляют по номинальному диаметру  $\pm 0,025$  мм. В некоторых случаях на скоростных печатных машинах большой ширины дукторный вал подвергается шлифовке в различных местах на разный диаметр, чтобы уменьшить его прогиб под влиянием силы тяжести и нагрузки, а также для получения равномерной ширины полосы контакта на всем ее протяжении. Глубина погружения вала в краску 11–13 мм.

Наиболее важное технологическое значение имеют:

1) твердость покрытия дукторного вала: дукторный вал, облицованный более мягким покрытием, передает, при прочих равных условиях, большее количество краски из-за увеличения площади его контакта с передаточным валиком в зоне краскопереноса;

2) скорость его вращения: чтобы предотвратить выброс краски из зоны дукторного вала и передаточного валика, а также для более равномерного распределения ее на стадии передачи является целесообразным существенно (как минимум в 3 раза) уменьшить скорость вращения дукторного вала по сравнению с передаточным валиком;

3) величина усилия прижима к передаточному валику: для обеспечения равномерной и достаточной передачи краски в красочном аппарате требуется тщательная регулировка расстояния между передаточным валиком и дукторным валом. Поэтому многие машины флексографской печати оснащены гидравлическими или пневматическими системами прижима, а также приборами для индикации и измерения давления. Средняя величина погонного давления, необходимого для полноценного дозирования краски, не зависящая от ее вязкости, составляет 50 Н/м.

Передаточный валик — металлический, с гладкой хромированной или рифленой поверхностью, в зависимости от необходимого количества краски, передаваемой на печатную форму. Хорошо отполированные гладкие валики обычно наносят на форму достаточно равномерные, но тонкие красочные слои. Это один из наиболее важных элементов печатной секции, качество изготовления и функционирование которого в значительной мере определяют качество оттиска. В красочных аппаратах флексографских машин, как и в красочных аппаратах машин высокой и офсетной печати, контактируют друг с другом только разнородные поверхности, поэтому при облицовке передаточного валика эластичным слоем дукторный вал должен быть обязательно металлическим (преимущественно с рифленой поверхностью).

Различные варианты построения флексографских красконаносящих систем упрощенного типа предусматривают, например, регулирование количества краски, переходящей с дукторного вала на передаточный валик, не только путем изменения усилия прижима их друг к другу, но и с помощью ракеля, приставляемого к передаточному валику. Изготавливаемая из твердой резины, ней-

лона или стали специальных сортов ракельная пластина, функционируя подобно аналогичному приспособлению в машинах глубокой печати, обеспечивает более точную регулировку толщины красочного слоя на передаточном валике.

Возможно нанесение краски на печатную форму непосредственно дукторным валом, в контакте с которым вместо передаточного валика работает неподвижный валик малого диаметра или такая же ракельная пластина. Следует отметить, что одно- и двух-валковые красочные аппараты традиционного построения имеют серьезные недостатки, связанные с ненормируемым захватом и неравномерным накатом краски (особенно в машинах большой ширины), а также с ограниченными возможностями технологического регулирования наката. Не исключается разбрызгивание краски при больших скоростях работы машины, а также помехи, связанные с высокой чувствительностью красочных аппаратов к изменению вязкости краски.

Главным направлением модернизации красочных аппаратов машин флексографской печати явилось введение в их состав так называемого анилоксового валика, на поверхности которого гравируются ячейки, имеющие форму призмы, перевернутой остроугольной или усеченной пирамиды или полусферы. Линиатура гравирования в зависимости от характера работы, выполняемой на данной печатной машине, может составлять от 40–65 лин./см (для наиболее простых работ) до 160 лин./см (для многокрасочного печатания). Средняя глубина ячеек — 0,025 мм, а ширина у поверхности валика — в соответствии с линиатурой раstra — от 0,075 до 0,100 мм. После заполнения краской такие валики способны переносить на следующий элемент красочной системы или непосредственно на печатную форму дозированное с высокой точностью количество краски.

Анилоксовый валик — это металлический цилиндр, для изготовления которого могут быть использованы 2 материала: хромистая сталь и медь. В последние годы изготавливают анилоксовые валики из керамики — твердого гидрофильного материала, позволяющего использовать водные флексографские краски.

Значимым технологическим фактором с точки зрения полноты переноса краски является форма образующихся растровых ячеек. Основания ячеек в большинстве случаев имеют форму квадрата, стороны которого располагают под углом  $45^\circ$  к развертке окружности валика. Валики с ячейками в форме обычной пирамиды ха-

рактируются только 50%-ной отдачей краски и быстрым износом, что делает невозможным применение их в ракельных красочных аппаратах. Более целесообразным оказалось использование анилоксовых валиков с ячейками, имеющими форму усеченной пирамиды, полусферы, а также треугольной и прямоугольной призм. Во всех этих случаях краска переносится почти полностью.

В зависимости от размещения и соответственно функции анилоксового валика в современных флексографских машинах различаются три способа нанесения краски на печатную форму.

1. Косвенный способ переноса краски (рис. 11.10, *а*) характеризуется тем, что краска с дукторного вала, погруженного в красочный резервуар, переносится на анилоксовый валик (вращающийся с более высокой скоростью), а затем через два накатных валика подается на печатную форму. Данная конструкция предназначена для использования красок на основе маслорастворимых смол (содержащих до 25% эмульгированной воды) с водовываемых фотополимерных форм, что полностью исключает применение красок на водной основе.

2. В прямом способе переноса краски (рис. 11.10, *б*) анилоксовый валик, погруженный в красочный резервуар, после снятия избытка краски с его поверхности с помощью обратного ракеля непосредственно накатывает краску на печатную форму. В данном случае рекомендуется использовать высокоэластичные щелоче- или спиртовываемые фотополимерные формы, обеспечивающие достаточно полный вывод краски из ячеек жесткого анилоксового валика, и флексографские краски на водной основе.

3. Полукосвенный способ переноса краски применяется в двухвалковых красочных аппаратах. В красочном аппарате (рис. 11.10, *в*) использован способ прямого нанесения краски на анилоксовый валик, погруженный в красочный резервуар, и косвенного переноса ее на форму через накатной валик с эластичной облицовкой. Использование водно-эмульсионных красок требует изготовления основы накатных валиков и печатных форм из коррозионно-стойких материалов.

4. Упрощенный двухвалковый красочный аппарат безракельного типа (рис. 11.10, *г*). В его конструкции реализован иной вариант полукосвенного способа нанесения краски: косвенный перенос краски на анилоксовый валик и прямая, т. е. непосредственно с анилоксового валика, передача ее на печатную форму.



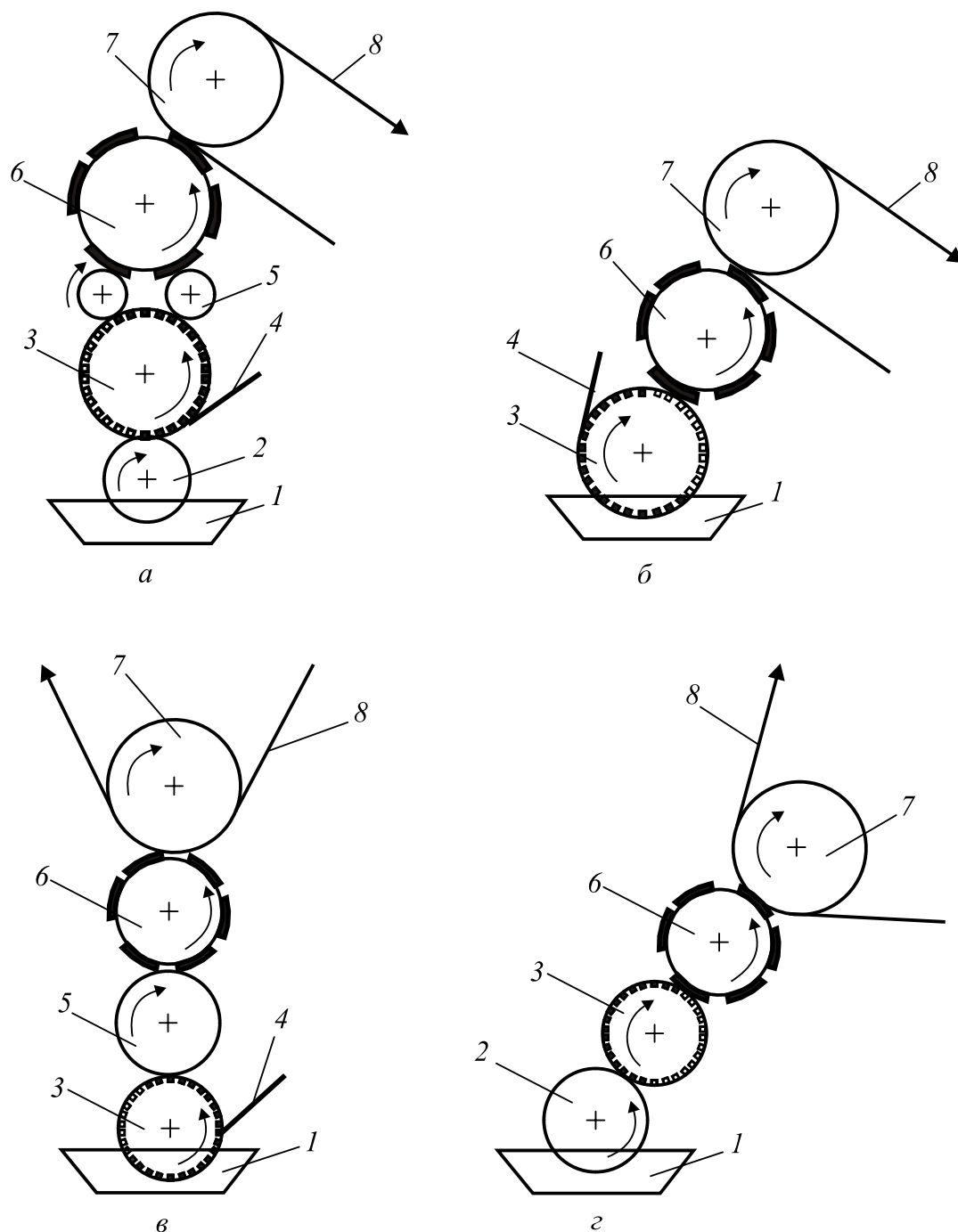


Рис. 11.10. Типовые схемы красочных аппаратов машин флексографской печати:

- а* — косвенный способ переноса краски; *б* — прямой способ;
- в* — полукосвенный ракельный способ;
- г* — полукосвенный безракельный способ;
- 1* — красочный ящик; *2* — дукторный вал; *3* — анилоксовый валик;
- 4* — ракель; *5* — накатные валики; *6* — формный цилиндр;
- 7* — печатный цилиндр; *8* — запечатываемый материал

В современных красочных аппаратах флексографских машин используются два способа дозирования переноса краски на печатную форму: безракельный способ и удаление избытка краски с помощью ракеля. В безракельном способе дозирование обеспечивается разностью (чаще всего трехкратной) скоростей вращения дукторного вала и анилоксового валика. Вращаясь со скоростью формного и печатного цилиндров, анилоксовый валик обгоняет дукторный вал, вращающийся с постоянной скоростью, и в результате этого как бы «вытирает» краску, находящуюся в пределах полосы контакта его с дукторным валом.

При увеличении скорости печатания повышенное гидродинамическое давление краски, находящейся в этой зоне, дополнительно деформируя эластичную оболочку дукторного вала, способствует протеканию через полосу контакта (а следовательно, и переходу на поверхность анилоксового валика) большего количества краски.

Эффект, обусловливаемый разностью скоростей дукторного вала и анилоксового валика, способствует также повышению равномерности наносимого красочного слоя и уменьшению явления разбрызгивания краски при высоких (150 м/мин и выше) скоростях печатания.

Применение ракеля обеспечивает более точное дозирование краски. Возможны 3 варианта обычной установки ракеля: плоская — под углом  $25^\circ$  к касательной, проходящей через точку контакта, нормальная ( $45\text{--}65^\circ$ ) и вертикальная ( $80^\circ$ ). Величина обратного угла установки составляет обычно  $140\text{--}150^\circ$ .

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Под влиянием каких групп факторов формируется слой краски на поверхности дукторного цилиндра?
2. В чем заключаются недостатки осевого раската печатной краски?
3. Перечислить основные методы борьбы с пылением краски.
4. Какими показателями характеризуется накат краски на печатную форму?
5. Какие способы нанесения краски на печатную форму существуют в флексографской печати?

## Глава 12

# ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В ПОЛОСЕ ПЕЧАТНОГО КОНТАКТА

### 12.1. Технологические функции давления в печатном процессе

Бумага, как и другие запечатываемые материалы, имеет неровную поверхность. На рис. 12.1 представлена типичная профилограмма поверхности бумаги, из которой видно, что бумага имеет неровности разной высоты  $h$  и протяженности  $l$ .

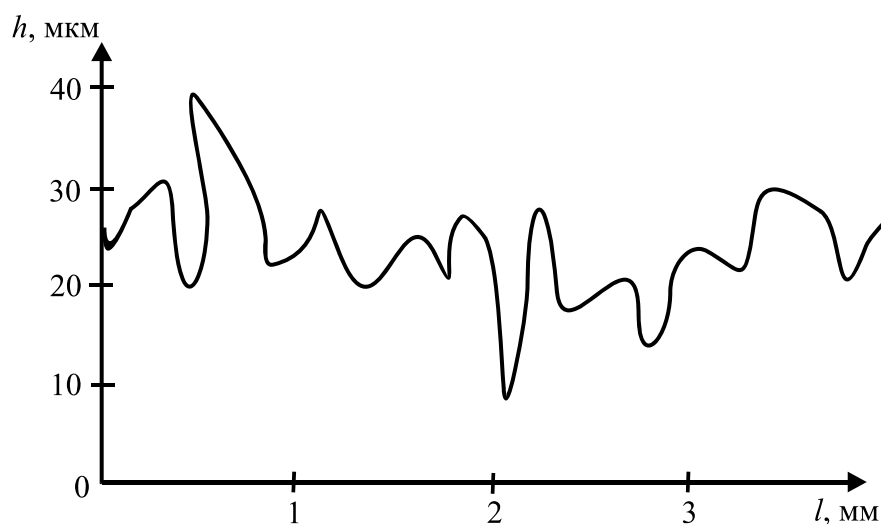


Рис. 12.1. Профилограмма поверхности печатной бумаги

Величина площадей неровностей на поверхности бумаги бывает соизмерима с площадью печатающих элементов, а иногда превышает их величину. Высота неровностей поверхности различна в зависимости от типа печатной бумаги: для мелованной бумаги она может составлять 5–7 мкм, а для бумаги высокой печати — 25–30 мкм. При таком неровном рельефе бумаги невозможно передать на нее краску со всей поверхности печатающих элементов формы. Чтобы добиться переноса изображения с формы на бумагу, поверхность бумаги должна быть выровнена настолько, чтобы обеспечить полный контакт ее по всей площади печатающих элементов.

Кроме того, чтобы переход краски на бумагу осуществлялся в нужных количествах, а также чтобы краска могла закрепиться на бумаге, проникая в ее микрорельеф и поры, недостаточно обеспечить лишь контакт печатной формы с бумагой. Необходимо создать условия прижима бумаги к форме с некоторым усилием. Величина этого усилия, создающего нужное давление печатания, в большой мере зависит от способа печати, от продолжительности времени контакта формы и бумаги, от шероховатости и жесткости бумаги и других факторов. Например, чем меньше жесткость бумаги и выше гладкость ее поверхности, тем меньше давление требуется для создания условий перехода краски на бумагу в нужных количествах.

Таким образом, давление печати необходимо:

- 1) для сглаживания неровностей на поверхности запечатываемой бумаги, чтобы обеспечить полный контакт печатающих элементов формы с бумагой;
- 2) для переноса краски с формы на бумагу в необходимых количествах;
- 3) для обеспечения начального закрепления краски путем внедрения ее в микрорельеф и поры бумаги.

Рассмотрим понятие давления для высокой, офсетной и глубокой печати.

В офсетной печати печатающие и пробельные элементы расположены практически в одной плоскости, в глубокой печатающие углублены по отношению к пробельным, но заполнены практически несжимаемой краской, что создает также как бы единую поверхность формы. Под давлением печатания в этих способах будем понимать силу, приходящуюся на единицу площади полосы контакта, включающей как печатающие, так и пробельные элементы.

В высокой печати под давлением будем понимать силу, приходящуюся только на единицу площади печатающих элементов в полосе контакта, так как пробельные элементы расположены ниже печатающих и не должны испытывать давление при печати.

На рис. 12.2 показана ширина полосы контакта  $h$  при разном коэффициенте заполнения отдельных участков формы офсетной и глубокой печати. Как видно из рис. 12.2,  $a$ ,  $b$ , ширина полосы контакта, а следовательно, и площадь полосы контакта  $S_{п.к}$  для каждого из этих способов печати не зависит от числа печатающих элементов на ней:  $h_{a1} = h_{a2}$ ,  $h_{b1} = h_{b2}$ .

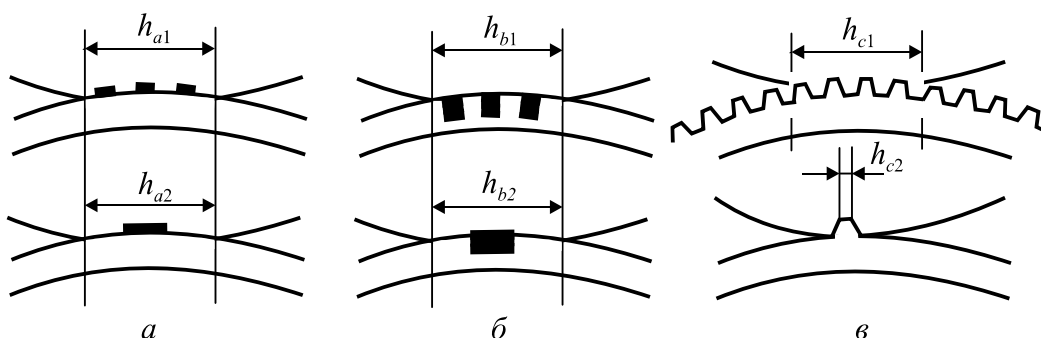


Рис. 12.2. Ширина полосы контакта при разном коэффициенте заполнения участков формы в различных способах печатания: *a* — офсетная печать; *б* — глубокая печать; *в* — высокая печать

В высокой печати (рис. 12.2, в) ширина  $h_{c1}$ ,  $h_{c2}$  и площадь полосы контакта зависят от числа и площади печатающих элементов, находящихся в зоне печати. Суммарная их площадь в полосе контакта, а следовательно, и площадь полосы контакта не являются постоянной величиной ( $h_{c1} \neq h_{c2}$ ).

Для способов офсетной и глубокой печати давление будет определяться по формуле

$$p = \frac{F}{S_{п.к}}, \tag{12.1}$$

где  $p$  — давление печати, Па = Н/м<sup>2</sup>;  $F$  — суммарная сила, действующая в полосе контакта, Н.

Для способа высокой печати:

$$p = \frac{F}{\sum_{i=1}^n S_{п.эл.i}}, \tag{12.2}$$

где  $\sum_{i=1}^n S_{п.эл.i}$  — суммарная площадь печатающих элементов в полосе контакта.

К давлению печатания предъявляются 2 основных требования:

1) для передачи слоя краски одинаковой толщины с каждого печатающего элемента формы на бумагу давление печатания должно быть одинаковым по всей площади печатной формы;

2) величина давления должна быть неизменной на всем протяжении печатания тиража.

## 12.2. Основная диаграмма печатного процесса. Понятие о допустимом диапазоне давлений

Поскольку печатный процесс сводится к передаче краски с формы на бумагу, а давление служит средством обеспечения этой передачи, важно рассмотреть зависимость количества краски, передаваемой формой, от давления печатания. Данная зависимость во многих случаях может служить основой для оценки правильности выбора важнейших технологических параметров печатного процесса (давления, толщины слоя краски на форме). Впервые такая зависимость (основная диаграмма печатного процесса) была построена для высокой печати П. А. Попрыдухиным [9]. Данная диаграмма была получена по оттискам, отпечатанным с формы-плашки.

Переход краски с формы на бумагу, кроме давления, зависит от ряда других факторов:

- 1) типа печатной формы;
- 2) толщины слоя краски на форме;
- 3) времени контакта бумаги с краской при получении оттиска;
- 4) состояния поверхности бумаги (шероховатости);
- 5) влажности бумаги;
- 6) печатно-технических свойств краски (главным образом вязкости);
- 7) климатических условий помещения (температура, влажность).

Чтобы оценить влияние только одного фактора — давления на переход краски, необходимо, чтобы:

- 1) толщина слоя краски на форме была постоянной;
- 2) время контакта бумаги с краской было одинаковым;
- 3) температура и влажность помещения были неизменными;
- 4) бумага и краска были определенного вида.

По оси абсцисс на диаграмме (рис. 12.3) отложено давление  $p$  (Па), по оси ординат — количество краски  $q_{\text{отт}}$ , переданной с формы на  $1 \text{ см}^2$  запечатываемой бумаги. С помощью диаграммы необходимо определить минимальную величину давления, обеспечивающую максимальный переход краски с формы на бумагу.

На участке диаграммы  $OA$ , полученном при давлении  $0-p_1$ , количество краски, переданной на бумагу, носит случайный характер, так как давление на этом участке недостаточно для обеспечения полного контакта бумаги с краской.

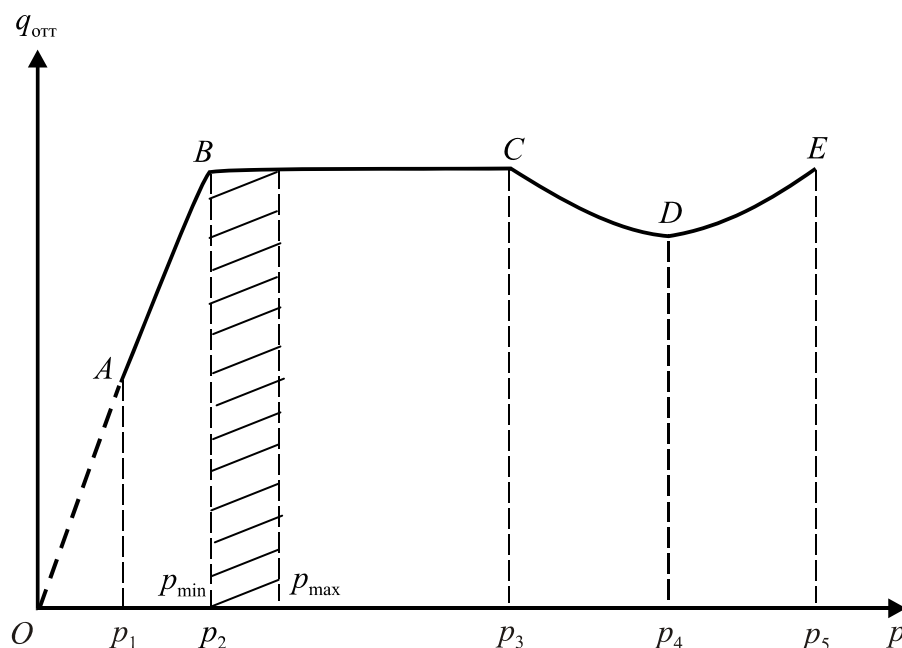


Рис. 12.3. Основная диаграмма печатного процесса

На участке  $AB$ , которому соответствует давление в пределах  $p_1$ – $p_2$ , с увеличением давления возрастает количество краски, переходящей на бумагу. Оттиски, полученные в пределах давлений  $p_1$ – $p_2$ , имеют различную толщину слоя краски, а следовательно, и различную оптическую плотность. Данный участок давлений нельзя считать рабочим, так как любое изменение величины давления на этом участке ведет к изменению оптических свойств оттиска.

На участке  $BC$ , полученном в пределах давлений  $p_2$ – $p_3$ , обеспечивается максимальный переход краски на бумагу, и при этом количество краски на оттисках практически остается неизменным, хотя величина давления изменяется в довольно широких пределах. Оттиски, полученные в этом диапазоне давлений, имеют одинаковую оптическую плотность, поэтому величины давлений в пределах  $p_2$ – $p_3$  могут считаться рабочими.

На участке  $CD$ , полученном при давлениях  $p_3$ – $p_4$ , количество краски, переходящей с формы на бумагу, уменьшается с увеличением давления. Это объясняется тем, что в результате избытка давления краска выдавливается за края печатающих элементов на их боковые грани, следовательно, уменьшается ее количество на печатающих элементах и вместе с этим уменьшается ее переход на бумагу. Оттиски, полученные на участке давлений  $p_3$ – $p_4$ , имеют большой обратный рельеф, недостаточную и неодинаковую

оптическую плотность. Величины давлений в пределах  $p_3$ – $p_4$  нельзя считать рабочими.

На участке диаграммы  $DE$ , которому соответствуют величины давлений  $p_4$ – $p_5$ , количество краски, перешедшей с формы на бумагу, вновь увеличивается с возрастанием давления. Это объясняется тем, что при таких больших величинах давлений печатающие элементы вдавливаются в бумагу, она прижимается к их боковым граням и снимает выдавившуюся на них краску. В диапазоне давлений  $p_4$ – $p_5$  оттиски имеют очень большой оборотный рельеф, достаточно высокую оптическую плотность и отличаются значительными графическими искажениями элементов изображения. Величины давлений на участке  $p_4$ – $p_5$  также нельзя считать рабочими давлениями.

Таким образом, из диаграммы видно, что рабочими давлениями могут считаться давления в пределах  $p_2$ – $p_3$ . Однако чем выше давление (ближе к точке  $p_3$ ), тем больше будет оборотный рельеф на оттисках, быстрее будет наступать износ печатной формы, труднее режим работы печатной машины. Иными словами, если давление печатания, соответствующее величине его в точке  $p_2$ , является достаточным, обеспечивающим необходимое количество краски на оттиске, то нет необходимости увеличивать его значение до величины  $p_3$ .

Однако в реальном процессе нельзя обеспечить абсолютное постоянство величины давления при печатании. Поэтому нужно найти некоторый интервал, или разброс, допустимых минимальных значений величины давления, при котором обеспечивается максимальная передача краски с формы на бумагу. В этом интервале давлений оттиски будут иметь максимальную и практически одинаковую оптическую плотность при допустимой величине оборотного рельефа.

Чтобы определить этот интервал давления, необходимо рассмотреть график зависимости коэффициента поглощения оттисков ( $K_{\text{погл}}$ ) от величины давления. Значение  $K_{\text{погл}}$  получают с тех же оттисков, отпечатанных с формы-плашки в рассматриваемом диапазоне давлений.

Точку перегиба  $A$  кривой (рис. 12.4) переносят на ось ординат и получают точку  $A_1$ . Принимая допустимым отклонение от номинального значения плотности  $\pm 3\%$ , откладывают эти величины от точки  $A_1$  и получают точки  $B_1$  и  $C_1$ . Далее эти точки переносят на кривую и получают точки  $B$  и  $C$ . Проекция этих точек на ось абс-



цисс определит интервал давлений  $p_{\min}-p_{\max}$ , который затем переносят на основную диаграмму печатного процесса.

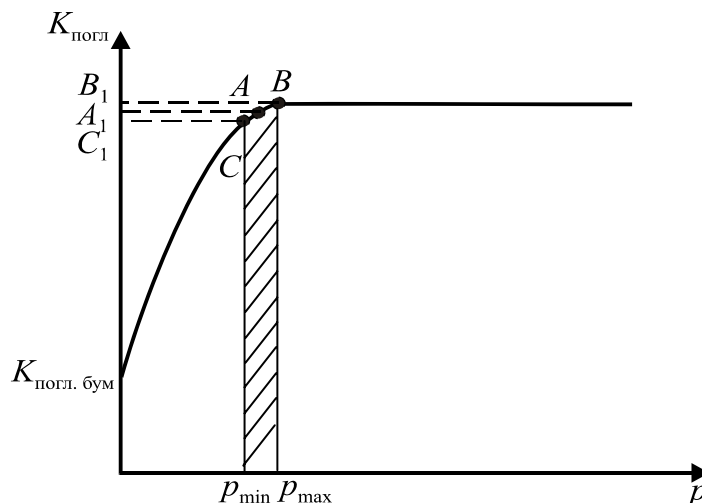


Рис. 12.4. Зависимость коэффициента поглощения оттиска от величины давления

Таким образом, получен интервал, или разброс, давления печатания  $p_{\min}-p_{\max}$ , в пределах которого обеспечивается необходимая передача краски с формы на запечатываемый материал и оптическая плотность изображения.

Диаграмма зависимости количества краски на оттиске от давления для офсетной и глубокой печати имеет тот же характер, что и для высокой, за исключением того, что на ней нет ярко выраженных участков  $CD$  и  $DE$ , поскольку в данных способах печати отсутствует вдавливание печатающих элементов в бумагу. Начиная с точки  $B$ , диаграмма представляет собой прямую линию, практически параллельную оси абсцисс, что говорит о том, что при изменении величины давления в широких пределах возможно лишь незначительное увеличение количества краски на оттисках.

### 12.3. Способы создания давления в печатных машинах

Из основной диаграммы печатного процесса следует, что, независимо от количества печатающих элементов, попадающих в зону полосы контакта в любом способе печатания, величина дав-

ления по всей площади печатной формы не должна выходить за пределы величины  $p_{\min}-p_{\max}$ , где обеспечивается необходимый перенос краски с формы на бумагу.

Существуют 2 способа создания давления в печатных машинах: силовой и кинематический.

При силовом способе задается сила  $F$  в полосе контакта, которая является независимой и постоянной величиной ( $F = \text{const}$ ). В качестве возмущения при силовом задании давления может выступать, например, сила веса, сила, создаваемая пневматическим, гидравлическим или механическим приводом.

В офсетной и глубокой печати суммарная сила  $F$  будет распределяться на всю площадь полосы контакта, и величина давления печатания, определяемая как отношение суммарной силы к площади полосы контакта, будет одинакова по всей площади печатной формы. Следовательно, силовой способ создания давления в офсетной и глубокой печати отвечает первому требованию к давлению печати.

В высокой печати задаваемая постоянная сила  $F$  будет распределяться только на те печатающие элементы, которые окажутся в зоне контакта при данном положении печатного и формного цилиндров, определяемом углом поворота  $\varphi$ . Количество печатающих элементов и их суммарная площадь в каждой полосе контакта могут быть различными. На рис. 12.5 показана упрощенная схема печатной секции ротационной машины высокой печати при повороте печатного и формного цилиндров на угол  $\varphi_1$  (а) и  $\varphi_2$  (б).

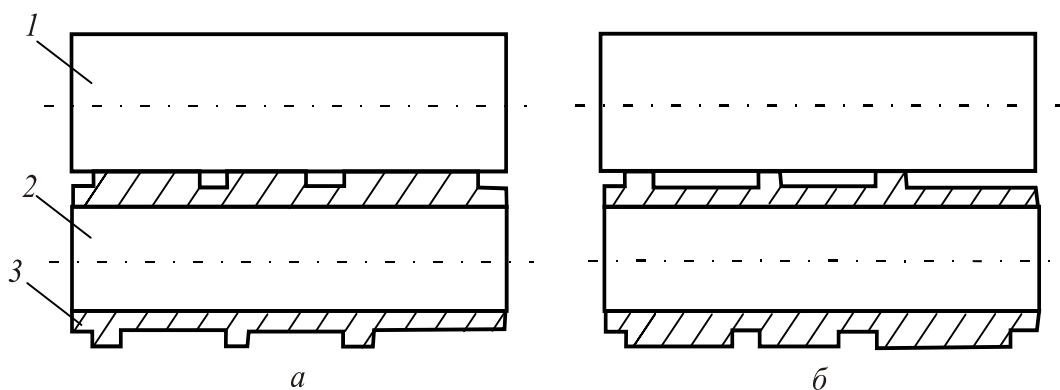


Рис. 12.5. Схема печатной секции ротационной машины высокой печати при повороте формного и печатного цилиндров на угол  $\varphi_1$  (а) и  $\varphi_2$  (б):  
1 — печатный цилиндр; 2 — формный цилиндр; 3 — печатная форма

Суммарная площадь печатающих элементов, попадающих в полосу контакта в положении, определяемом углом  $\varphi_1$ , значительно больше, чем их суммарная площадь при угле поворота  $\varphi_2$ :

$$\sum_{i=1}^n S_{i\varphi_1} \geq \sum_{i=1}^n S_{i\varphi_2}. \quad (12.3)$$

При этом давление в зоне контакта при  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  не будет одинаковым:

$$p_{\varphi_1} = \frac{F}{\sum_{i=1}^n S_{i\varphi_1}} \leq p_{\varphi_2} = \frac{F}{\sum_{i=1}^n S_{i\varphi_2}}. \quad (12.4)$$

Поскольку количество  $n$  печатающих элементов, попадающих в полосу контакта, может меняться в широких пределах при повороте цилиндров печатной пары, а площади их не коррелированы с изменением их числа, то давление в высокой печати будет различным в каждой полосе контакта и может значительно превосходить допустимый интервал  $p_{\min} - p_{\max}$ .

Из выражения (12.4) следует, что величина давления при  $\varphi_1$  будет во столько раз меньше, чем при  $\varphi_2$ , во сколько суммарная площадь печатающих элементов при  $\varphi_1$  больше, чем при  $\varphi_2$ . Выполнение первого требования к давлению в высокой печати при силовом способе задания возмущения было бы возможно только в случае, если бы суммарная сила менялась по закону, строго соответствующему закону изменения суммарной площади печатающих элементов в каждой полосе контакта. Но поскольку силовой способ создания давления основан на задании неизменной суммарной силы  $F = \text{const}$ , следовательно, первое условие, предъявляемое к давлению печатания, не может быть выполнено и силовой способ создания давления неприменим для использования его в машинах высокой печати.

В машинах офсетной и глубокой печати силовой способ задания давления обеспечивает выполнение и второго требования к давлению печати, т. е. его неизменности на протяжении печатания тиража.

При кинематическом способе создания давления независимо задаваемой величиной является деформации упругого декеля

$\alpha = \text{const}$ . Этот способ состоит в сближении (с помощью механизма натиска) опорных поверхностей печатного и формного цилиндра с формой до расстояния, меньшего толщины декеля в несжатом состоянии. Величина зазора между поверхностями печатной пары конструктивно строго определена для каждого типа печатных машин. Постоянство величины зазора обеспечивается в первую очередь жесткостью печатного узла. Если закрепить на печатном цилиндре декедь, толщина которого соответствует величине зазора в печатной паре, то никакого давления в зоне печатания не возникнет.

Упругий декедь, превышающий по толщине в несжатом состоянии величину зазора, проходя зону контакта, сжимается, при этом в нем возникают внутренние напряжения, определяемые величиной его деформации и жесткости. Величина деформации сжатия декеля при этом является задаваемой величиной  $\alpha$ , определяемой как разность между толщиной декеля в несжатом состоянии и величиной зазора в печатной паре. Если принять материал декеля идеально упругим, то давление печатания при этом будет являться однозначной функцией величины деформации декеля и его удельной жесткости:

$$p = \alpha C_{\text{у.д}}, \quad (12.5)$$

где  $C_{\text{у.д}}$  — жесткость участка декеля единичной площади,  $(\text{Н/м})/\text{м}^2$ .

Как видно из данного выражения, давление не зависит ни от количества, ни от площади печатающих элементов в зоне печатного контакта. Поскольку величина деформации декеля и его жесткость постоянны для каждого состава декеля при каждом единичном печатном цикле, давление по всей площади печатной формы также будет иметь постоянную величину.

Таким образом, обеспечение первого требования к давлению в высокой печати возможно только при использовании кинематического способа задания давления. Величину давления при этом можно при необходимости регулировать, используя декели различной жесткости.

Суммарная сила  $F$  не будет являться постоянной величиной в каждой полосе контакта при данном способе задания давления, она будет зависеть от суммарной площади печатающих элементов,

попадающих в ту или иную полосу контакта, и автоматически изменяться при повороте цилиндров печатной пары:

$$F_{\varphi} = \alpha C_{\text{у.д}} \sum_{i=1}^n S_{i\varphi} . \quad (12.6)$$

Как видно из выражения (12.6), возникающая суммарная сила  $F$  будет тем больше, чем больше суммарная площадь печатающих элементов в полосе контакта. Таким образом, кинематический способ задания давления обеспечивает:

- 1) одинаковую по всей площади печатной формы величину давления в пределах  $p_{\min}-p_{\max}$ ;
- 2) самопроизвольное регулирование силы, приходящейся на каждый печатающий элемент формы пропорционально его площади;
- 3) самопроизвольное регулирование суммарной силы в полосе контакта в зависимости от суммарной площади печатающих элементов в ней.

Практическое использование кинематического способа создания давления имеет ряд особенностей:

- 1) кинематический способ обязательно требует наличия декеля на печатном цилиндре;
- 2) обеспечение одинаковой величины давления по площади печатной формы зависит от обеспечения точности геометрических параметров (толщины) печатной формы, декеля, равномерности зазора в печатной паре. Значительные отклонения данных величин от номинальных размеров приводят к разбросу величины давления по площади печатной формы, который может превосходить допустимый интервал  $p_{\min}-p_{\max}$ ;
- 3) наряду с кинематическим возмущением может возникнуть и параметрическое, т. е. возмущение, связанное с изменением параметров системы (в данном случае местное изменение жесткости декеля). При этом разброс значений механических характеристик по площади декеля вызовет соответствующий дополнительный разброс давления по площади печатной формы;
- 4) при использовании в качестве декелей материалов с ярко выраженными вязкоупругими свойствами неизбежны зависимость давления от скорости печати и явление релаксации напряжения в декеле. Последнее всегда приводит к падению величины давления при печатании тиража.

## **12.4. Декели печатных машин и их деформационные свойства. Особенности развития деформаций в условиях реального печатного процесса**

Назначение декеля при кинематическом способе задания давления состоит в создании легко регулируемого по величине давления печатания. Упруговязкому декелю присуща также способность частично компенсировать разброс давления, вызываемый неточностью изготовления, недостаточной жесткостью печатного устройства и отклонениями от номинальных значений толщины печатной формы и декеля. Декели, применяющиеся в печатных машинах различных типов и разных способов печатания, многообразны по своему составу.

В машинах высокой печати применяются, как правило, многослойные декели, состоящие из листов картона и бумаги разной жесткости. Для повышения упругих свойств декелей в их состав вводят текстовинит, тонкое пробковое полотно, прорезиненные ткани, синтетические пленки, а также специальные декельные материалы.

В офсетных печатных машинах в качестве декельных материалов используют специальные резинотканевые пластины различной жесткости. Кроме них в состав декеля могут входить картон (различной толщины и жесткости), текстовинит (раньше широко применялась шерстяная кирза) и другие материалы. Офсетные резинотканевые пластины, являющиеся основной составляющей частью декеля, представляют собой, как правило, многослойную прорезиненную ткань с односторонним резиновым покрытием. Все более широко начинают применяться резинопробковые декельные материалы, резинотканевые пластины с микропористым слоем и др.

В листовых машинах глубокой печати, как правило, применяют составной декель. Он может включать резиновое полотно и находящиеся под ним листы картона или плотной бумаги. В современных рулонных машинах глубокой печати печатный цилиндр не имеет составного декеля, а, как правило, целиком покрыт обрешиненным слоем, выполняющим роль декеля.

Все названные материалы, используемые в составе декелей различных печатных машин, относятся к особой группе — группе высокополимерных материалов.

В отличие от твердых тел, которым свойственна большая прочность при очень малых величинах обратимых деформаций, и от жидкостей, для которых характерна способность к неограниченным деформациям при отсутствии ощутимой прочности, высокополимерные материалы обладают достаточной прочностью при больших величинах обратимых (высокоэластических) деформаций. С точки зрения молекулярного строения высокополимерные материалы — это вещества, состоящие из очень больших линейных или разветвленных молекул, образованных из многих химических звеньев.

Молекулы такого цепного строения обладают большой гибкостью. Гибкость молекулы придает некоторую свободу движения отдельным ее частям, т. е. отдельные участки или звенья длинной гибкой цепной молекулы могут перемещаться неодновременно при внешнем воздействии на полимер. Это первое, что может объяснить аномальный комплекс свойств полимеров. Во-вторых, молекулы высокополимерных веществ состоят из отдельных звеньев (мономеров), причем отдельные участки звеньев и некоторые звенья в целом (удаленные от основной стержневой цепочки) имеют различную степень свободы и, следовательно, могут иметь разную подвижность. Можно сказать, что каждая молекула полимера является сложной системой, обладающей множеством внутренних степеней свободы. Это объясняет разную подвижность отдельных участков звеньев и звеньев в целом при внешнем воздействии на полимер.

В связи с отмеченными особенностями строения молекул высокополимерных веществ для них характерно проявление двух видов деформационных процессов при внешнем силовом воздействии: один связан с малыми и быстрыми смещениями отдельных участков звеньев; второй — с медленным перемещением во времени групп звеньев молекулы. Любое взаимное перемещение участков цепных молекул или их звеньев требует определенного времени.

Поэтому полимерам свойствен набор времен установления механических равновесий (времен релаксации), вследствие чего механические свойства полимеров всегда зависят от продолжительности их деформации. При длительном внешнем силовом воздействии на полимеры им свойственно явление ползучести, т. е. развития (накапливание) деформации во времени.

В условиях постоянно заданной величины деформации для полимеров характерно явление релаксации напряжений, т. е. уменьшения внутренних напряжений во времени. Декели в печатных машинах также находятся в условиях постоянно заданной величины деформации, поэтому уменьшение внутренних напряжений в них может приводить к уменьшению давления при печатании.

Рассмотрим развитие деформации в декеле под воздействием заданной нагрузки постоянной величины ( $F = \text{const}$ ) в течение некоторого времени и спад деформации после ее снятия ( $F = 0$ ) — рис. 12.6.

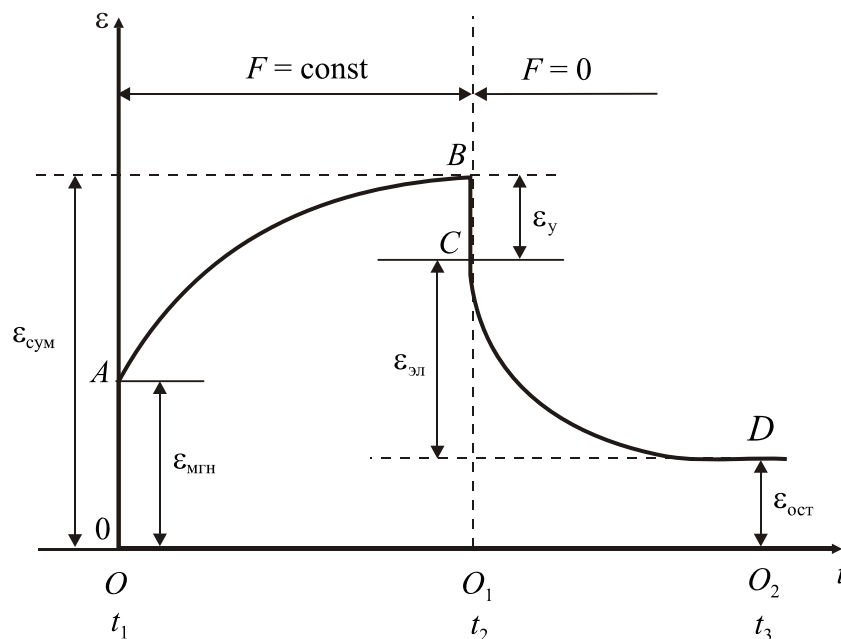


Рис. 12.6. Развитие деформаций в декеле под действием нагрузки постоянной величины и спад после ее снятия

На графике по оси абсцисс отложено время  $t$ , по оси ординат — относительная деформация  $\varepsilon$ . В момент  $t_1$  приложения нагрузки в декеле возникает мгновенная деформация сжатия (участок  $OA$ ). В течение времени  $t_1-t_2$  деформация сжатия декеля плавно возрастает (участок кривой  $AB$ ), причем скорость накопления деформации постепенно падает. Общая суммарная деформация декеля за время  $t_1-t_2$  определяется на графике как  $O_1B$ .

При снятии нагрузки (в момент времени  $t_2$ ) часть деформаций мгновенно исчезает (участок  $BC$ ). Затем в течение времени  $t_2-t_3$



наблюдается постепенное уменьшение деформации (участок кривой  $CD$ ). В точке, соответствующей времени  $t_3$  (время окончания наблюдений), спад деформаций практически прекращается. Оставшаяся в декеле деформация соответствует участку  $DO_2$ .

Анализ кривой развития и спада деформаций в декеле в данном режиме испытаний показывает, что состав деформаций декеля неоднороден. В момент приложения и снятия нагрузки в декеле возникает и исчезает мгновенно обратимая упругая деформация —  $\varepsilon_y$ . В течение времени  $t_1-t_2$  в декеле постепенно развиваются и накапливаются эластические и остаточные деформации. За время  $t_2-t_3$  эластические деформации  $\varepsilon_{эл}$  постепенно исчезают. В момент  $t_3$  (время, соответствующее окончанию наблюдений) остается часть деформаций (участок  $DO_2$ ), не исчезнувших за время «отдыха» декеля после снятия нагрузки в течение времени  $t_2-t_3$  — это остаточные деформации  $\varepsilon_{ост}$ .

Таким образом, общая, или суммарная, деформация декеля состоит из упругой, эластических и остаточных деформаций:

$$\varepsilon_{сум} = \varepsilon_y + \varepsilon_{эл} + \varepsilon_{ост}. \quad (12.7)$$

Упругая деформация, возникающая и исчезающая практически мгновенно, вызвана мгновенными перемещениями под действием нагрузки отдельных участков звеньев молекул.

Остаточная, или истинная пластическая, деформация, вызванная необратимым смещением молекул относительно друг друга с преодолением межмолекулярных связей, в высокополимерных материалах практически неосуществима. Смещение относительно друг друга разветвленных, переплетенных между собой макромолекул затруднено. Поэтому механизм накопления остаточной деформации в полимерных материалах можно представить как последовательное перемещение отдельных звеньев цепи (молекулы), сопровождающееся постепенным распрямлением гибких цепей. Так как все звенья взаимосвязаны, то при деформации в них возникают и накапливаются внутренние напряжения, приводящие к механической обратимости деформаций.

Действительно, остаточные деформации в полимерах (декельных материалах) после снятия внешнего воздействия при длительном времени наблюдения можно не обнаружить (их более быстрому исчезновению способствует, например, увлажнение материала).

Таким образом, за остаточную деформацию следует принимать деформацию, не успевающую исчезнуть после снятия внешнего воздействия на декартный материал при заданных технологических режимах испытаний.

Эластическая деформация, так же как и упругая, является обратимой, но она развивается и исчезает во времени. Она состоит из суммы отдельных деформаций, различающихся между собой скоростью их развития. Вслед за упругой деформацией, возникающей практически мгновенно, при условии неизменно действующей нагрузки начинают появляться эластические деформации, вызванные перемещением во времени отдельных участков звеньев молекулы высокополимера, имеющих достаточно большую скорость перемещения. Эти деформации развиваются с большой скоростью и так же быстро исчезают после снятия нагрузки (быстрые эластические деформации). Если воздействие внешней нагрузки продолжительно, то успевают перемещаться имеющие меньшую свободу перемещения участки звеньев и звенья молекулы в целом. Эти деформации развиваются во времени медленно и так же медленно исчезают после снятия нагрузки (медленные эластические деформации).

В реальном процессе печати состав эластической деформации неоднороден. Кривая спада эластической деформации, представленной на рис. 12.6 (участок  $CD$ ), асимптотически стремится к прямой, параллельной оси времени, т. е. она носит характер, приближенный к экспоненциальному, и в первом приближении может быть аппроксимирована следующим уравнением экспоненты:

$$\varepsilon_{\text{эл}} = \varepsilon_{\text{эл}0} e^{-\frac{t}{\tau}}, \quad (12.8)$$

где  $\varepsilon_{\text{эл}}$  — величина эластической деформации после снятия нагрузки за время наблюдений  $t$ ;  $\varepsilon_{\text{эл}0}$  — величина эластической деформации, накопленной в материале к моменту снятия нагрузки;  $t$  — время наблюдения, при котором определяется величина эластической деформации;  $\tau$  — время релаксации.

Уравнение экспоненты имеет постоянное значение величины  $\tau$ , характеризующей время перехода системы в равновесное состояние. В декартных материалах процесс спада эластической деформации определяется целым рядом физических процессов на уровне молекулярных связей, и величина  $\tau$  может оказаться переменной.

Экспериментально полученные данные для разных декелей и декельных материалов кривых эластичной деформации показывают, что время релаксации не является постоянной величиной для одного и того же материала или декеля.

Анализ эластической деформации в декельных материалах показывает наличие быстрых (с малым временем  $\tau$ ) и медленных (с большим значением  $\tau$ ) эластических деформаций. Количественные значения быстрых и медленных эластических деформаций в значительной мере определяют поведение декеля в печатной машине. Быстрые эластические деформации успевают полностью развиваться за время сжатия декеля в полосе контакта и полностью исчезать за время «отдыха» декеля между двумя циклами сжатия. Эти деформации декеля, наряду с упругими, участвуют в создании давления печатания. Медленные эластические деформации развиваются постепенно, с ростом числа циклов работы печатной машины. За время «отдыха» декеля они не успевают полностью исчезнуть и постепенно накапливаются в декеле, играя роль необратимых остаточных деформаций.

При выборе материала декеля важно знать количественный состав его деформаций, а также количественное значение быстрых и медленных эластических деформаций. Преобладание в суммарной деформации декеля упругих и быстрых эластических деформаций должно обеспечить неизменную величину давления при длительном времени работы печатной машины.

## **12.5. Влияние скорости печатания на качество печатной продукции**

Увеличение номенклатуры печатных изданий, сокращение сроков их выпуска возможны при увеличении производительности печатного оборудования. Это может быть достигнуто путем снижения простоев оборудования на выполнении подготовительных операций, повышением производительности печатных машин, одним из способов которого является увеличение скорости их работы.

В то же время при увеличении скорости работы печатной машины могут возникнуть опасения нарушения режима переда-

чи краски с формы на бумагу, поскольку с увеличением скорости работы печатной машины уменьшается время печатного цикла, а следовательно, и продолжительность контакта печатной формы с бумагой. Последнее может отрицательно сказаться на передаче краски, а именно может снизиться количество краски, переходящее с формы на бумагу. Следствием этого должно явиться снижение оптической плотности оттисков и ухудшение качества печати. В то же время, как показывает практика, при увеличении скорости работы печатного оборудования не происходит ощутимого изменения оптических свойств печатной продукции. Более того, отмечается иногда даже некоторое увеличение оптической плотности оттисков, полученных при повышенных скоростях печатания.

Именно поэтому необходимо рассмотреть влияние увеличения скорости работы печатной машины на величину давления печатания, являющегося одним из главных факторов, обуславливающих количественный переход краски с формы на бумагу и в итоге определяющих оптическую плотность оттисков.

При кинематическом способе задания давления предельная величина деформации декеля в печатной машине является величиной постоянно заданной, состоящей из суммы упругой, эластических и остаточных деформаций.

Упругая деформация возникает в декеле практически мгновенно, одновременно с заданием возмущающей деформации. Величина этой деформации не зависит от продолжительности деформации декеля в зоне контакта, т. е. от скорости работы печатной машины.

Эластические деформации развиваются во времени; их величина зависит от времени деформации декеля в зоне контакта. При увеличении скорости работы печатной машины время контакта в зоне печатания уменьшается. При уменьшении времени контакта будет снижаться значение эластической деформации. Значит, величина развивающихся за цикл сжатия декеля эластических деформаций зависит от скорости работы печатной машины и будет уменьшаться с увеличением скорости печатания.

Остаточная деформация, так же как и эластическая, развивается во времени. Причем чем продолжительнее время деформации, тем больше величина остаточной деформации, и наоборот; т. е. величина остаточной деформации при сжатии декеля зависит

от скорости работы печатной машины, и с увеличением последней значение остаточной деформации также будет уменьшаться.

Таким образом, при увеличении скорости работы печатной машины, которое ведет к уменьшению времени деформации декеля в зоне печатного контакта, снижается величина эластических и остаточных деформаций в декеле, что отражается на показателе его жесткости, а именно: жесткость декеля повышается. При этом можно отметить, что в статических и динамических условиях декель обладает разной жесткостью, которая растет с увеличением скорости печатания. Повышение жесткости декеля влечет за собой неизбежное увеличение давления печатания, так как при кинематическом способе задания давления его величина зависит от жесткости декеля.

Следовательно, величина давления печатания возрастает с увеличением скорости работы печатной машины (и тем заметнее, чем большую долю в общей деформации сжатия декеля составляют деформации, развивающиеся во времени: эластические и остаточные).

Для определения количественных значений величины давления при разной скорости работы печатной машины, например при скорости 30, 120, 240 цикл/мин, решалась система уравнений, описывающих напряжения в декеле, с учетом времени деформации декеля и времени его «отдыха» при данных скоростях работы печатной машины. Это позволило получить зависимость величины давления от скорости, представленную на рис. 12.7.

По оси абсцисс здесь отложена ширина полосы контакта, по оси ординат — давление, вызванное деформацией декеля при прохождении им полосы контакта. Как видно из рис. 12.7, величина давления растет с увеличением скорости работы печатной машины, но рост его непропорционален росту скорости печатания; ширина полосы контакта уменьшается с увеличением скорости; максимум давления в полосе контакта смещается с увеличением скорости в сторону начала полосы контакта, и это смещение тем сильнее, чем больше скорость печатания.

Таким образом, если декели печатных машин состоят из высокополимерных материалов, обладающих ярко выраженными упругоэластовязкими свойствами, то всегда при увеличении скорости работы печатной машины величина давления печатания будет возрастать.

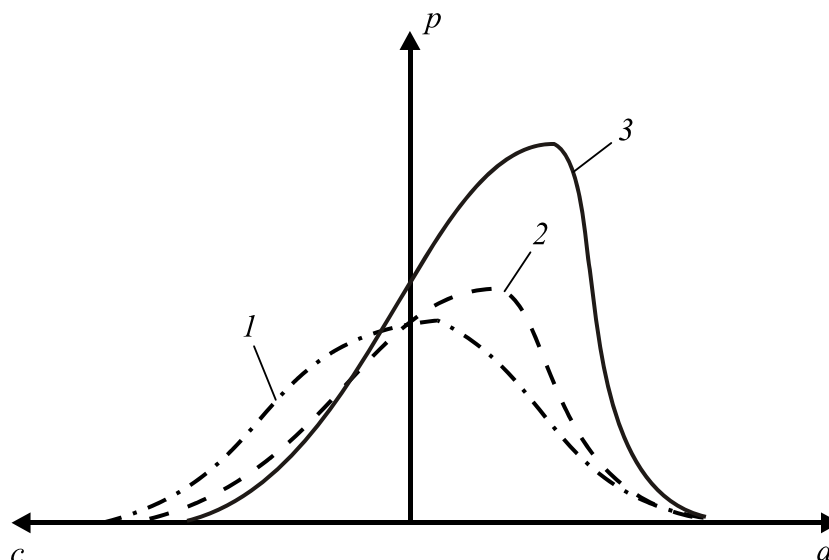


Рис. 12.7. Зависимость величины давления в зоне печатного контакта от скорости работы машины: 1 — 30 цикл/мин; 2 — 120 цикл/мин; 3 — 240 цикл/мин

Исследование влияния скорости печатания на качество печатной продукции имеет особенно большое значение в связи с тенденцией к повышению скорости работы печатного оборудования. С увеличением скорости сокращается время контакта бумаги с формой, и можно ожидать уменьшения количества краски, переходящей на бумагу, снижения оптической плотности оттисков, т. е. снижения качества печатной продукции. Однако практика показывает, что оптическая плотность оттисков с увеличением скорости печатания практически не уменьшается.

На процесс переноса краски с формы на бумагу при увеличении скорости печатания влияет ряд факторов. Уменьшение времени контакта при увеличении скорости печатания может снизить переход краски, отчего оптическая плотность оттисков уменьшится. В то же время повышение давления, вызванное увеличением скорости печатания, увеличивает количество краски, переходящей на бумагу, и, следовательно, повышает оптическую плотность оттисков.

Смещение зоны максимального давления к началу полосы контакта способствует снижению краскостойкости бумаги (за счет более раннего смятия неровностей и пор бумаги, так как бумага в полосе контакта сразу оказывается в зоне высокого давления), краска вследствие этого не будет успевать проникать

в поры и неровности бумаги, а останется на ее поверхности. Это, в свою очередь, способствует увеличению оптической плотности оттисков.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Каковы технологические функции давления в печатном процессе?
2. Как определить допустимый диапазон давлений в печатном процессе?
3. Какие существуют способы создания давления в печатных машинах и чем они отличаются?
4. Как происходит развитие деформаций в декеле в условиях реального печатного процесса?
5. Какое влияние оказывает скорость печатания на качество печатной продукции?

## Глава 13

# ПЕРЕНОС КРАСКИ С ФОРМЫ НА ЗАПЕЧАТЫВАЕМЫЙ МАТЕРИАЛ

### 13.1. Методы оценки краскопереноса

Перенос краски с формы на запечатываемый материал, т. е. получение оттиска — решающая стадия всего печатного процесса. Сущность стадии переноса печатной краски заключается не только в том, чтобы обеспечить условия, при которых в течении короткого промежутка времени (сотых и тысячных долей секунды) практически на уровне сил контактного взаимодействия будет происходить разделение тонкого (около 0,1–5 мкм) слоя краски между красконесущей и красковоспринимающей поверхностью, но и в переносе красочного изображения.

С технико-технологической точки зрения наиболее полное и всестороннее суждение о характере краскопереноса можно получить на основании оценки следующих параметров:

1) количества краски, переносимой на запечатываемый материал при различной подаче ее на форму;

2) особенностей распределения краски на поверхности и в толще запечатываемого материала, предопределяющих четкость контуров изображения, размерные (графические) характеристики, тщательность проработки запечатанных и незапечатанных участков в границах красочного изображения, равномерность (т. е. однородность) поверхностной структуры составляющих его элементов, а также градационные и цветовые особенности воспроизводимой информации [10].

В наиболее общем виде количество краски, переносимой на запечатываемый материал  $y$ , является функцией двух взаимосвязанных переменных величин:

1) количества,  $г/м^2$  (или толщины слоя, мкм), краски на печатной форме ( $q_f$  или  $h_f$  — в более общем случае  $x$ );

2) эффективной площади поверхности контакта между бумагой и краской  $S_{эфф}$ , т. е.  $y = F(x, S_{эфф})$ .

При этом под эффективной площадью поверхности контакта подразумевается фактическая величина площади соприкосновения



бумаги с краской при данных условиях осуществления печатного процесса. Следовательно,  $S_{\text{эфф}}$  представляет собой функцию следующих факторов: характера поверхности и структурно-механических (деформационных) свойств бумаги, вязкости и других реологических свойств краски, давления, скорости печатания.

Наиболее полной характеристикой  $S_{\text{эфф}}$  является краскоемкость бумаги, определяющаяся минимальным количеством краски, необходимым и достаточным для заполнения всех внешних неровностей поверхности бумаги в момент печатного контакта.

При этом подразумевается, что (при технологически необходимой толщине слоя краски на форме) внешние неровности поверхности бумаги (впадины и углубления) начнут заполняться после того, как некоторое количество краски под действием давления будет внедрено в приповерхностные поры и капилляры.

Краскоемкость бумаги определяется, сопоставляется и рассчитывается с использованием характеристических кривых краскопереноса, т. е. зависимостей между количеством (толщиной слоя) краски на печатной форме и коэффициентом переноса краски.

Применительно к переходу краски с формы на запечатываемый материал коэффициент переноса  $K_{\text{пер}}$ , %, определяется выраженным в процентах отношением количества (или толщины слоя) краски, перешедшей на оттиск ( $q_{\text{отт}}$  или  $h_{\text{отт}}$ ), к количеству (или толщине слоя) краски на форме до печатания ( $q_{\text{ф}}$  или  $h_{\text{ф}}$ ), т. е.

$$K_{\text{пер}} = \frac{q_{\text{отт}}}{q_{\text{ф}}} \cdot 100. \quad (13.1)$$

Иногда для характеристики переноса краски используется коэффициент расщепления  $V$ , выражаемый как отношение количества (или толщины слоя) краски на оттиске к количеству (или толщине слоя) краски, оставшемуся на форме после печатания:

$$V = \frac{h_{\text{отт}}}{h_{\text{ф}} - h_{\text{отт}}}. \quad (13.2)$$

Графики зависимости коэффициента переноса краски на бумагу  $K_{\text{пер}}$  от толщины слоя краски на форме (рис. 13.1), которые в каждом конкретном случае строятся при постоянных величинах давления и скорости печатания, представляют собой кривые с максимумом, в пределах которых могут быть выделены три области:

1) область недостатка краски — первый прямолинейный участок, отражающий резкое возрастание значения  $K_{\text{пер}}$  с увеличением толщины слоя краски на форме вплоть до начала перегиба кривой;

2) область явного избытка краски — второй прямолинейный участок, соответствующий уменьшению значения  $K_{\text{пер}}$  с увеличением толщины слоя краски на форме до некоторой постоянной величины;

3) область полного насыщения поверхности бумаги краской — участок кривой с максимумом, соединяющий оба прямолинейных участка.

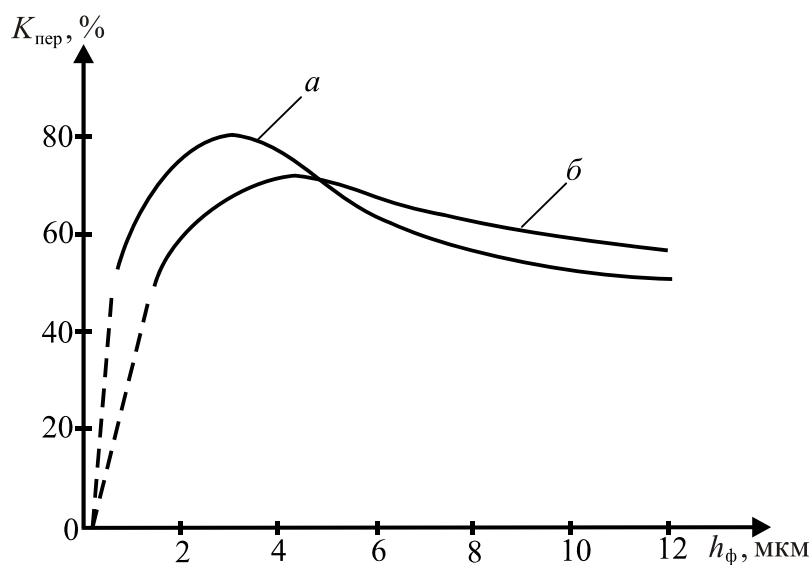


Рис. 13.1. Зависимость коэффициента краскопереноса от толщины слоя краски на печатной форме:  
*а* — для мелованной бумаги; *б* — для офсетной бумаги

Как видно из рис. 13.1, кривые для различных видов бумаги показывают неодинаковые по характеру поверхности и структуры внутренних слоев бумаги. При этом они различаются:

1) по углу наклона первого прямолинейного участка к оси абсцисс, отражающему неодинаковое красковосприятие различных видов бумаги при одной и той же толщине слоя краски на форме;

2) по высоте, форме и положению максимума, что характеризует разные значения максимального коэффициента переноса и соответствующие им значения толщины слоя краски на форме;

3) по высоте и величине уклона второго прямолинейного участка, определяющим особенности красковосприятия запечатываемой

мого материала после достижения наибольшей в данных условиях относительной величины краскопереноса.

Начало области недостатка краски соответствует минимальным толщинам красочного слоя на форме, при которых становится возможным переход краски на бумагу, т. е. получение оттиска. При этом отступ по оси абсцисс от начала координат характеризует толщину постоянного слоя краски на печатной форме, до достижения которой нормального расщепления слоя краски между красконесущей и красковоспринимающей поверхностями происходить не будет.

При накате на печатную форму минимально тонких (но превышающих постоянный) красочных слоев и наличии достаточно больших неровностей на поверхности бумаги, соизмеримых, а в ряде случаев даже превосходящих значение толщины слоя краски на печатной форме в области недостатка краски, краска в момент печатного контакта, так же как и при небольших величинах давления, будет переходить на наиболее сильно выступающие участки поверхности бумаги, не затрагивая нижележащих ее участков. Поскольку распределение неровностей по поверхности бумаги носит неупорядоченный характер, то и краскоперенос будет носить случайный характер.

С увеличением толщины слоя краски на форме в контакт с нею будут вступать все большие по площади участки поверхности бумаги. Захват краски бумагой будет возрастать пропорционально увеличению ее количества на форме, и подобным образом будет изменяться коэффициент переноса краски (прирост толщины слоя краски на оттиске будет опережать прирост толщины слоя краски на форме).

Пропорциональное приращение коэффициента переноса продолжится до тех пор, пока при определенной толщине красочного слоя на форме все выступы и впадины, находящиеся на поверхности бумаги, не окажутся полностью покрытыми краской, т. е. площадь контакта краски с запечатываемым материалом не станет равной 100%. Именно в этом интервале значений толщины слоя краски на печатной форме кривая переходит в область насыщения, прирост толщины слоя краски на оттиске постепенно замедляется, и момент заполнения краской всех внешних неровностей поверхности бумаги, сохраняющихся в зоне печатного контакта и определяющих ее эффективную гладкость, будет со-

ответствовать максимальному для данных условий значению коэффициента переноса.

Увеличение толщины слоя краски на форме приводит к постепенному утолщению сплошного слоя краски на оттиске, т. е. к последовательному возрастанию абсолютного количества краски, переходящего на оттиск, однако коэффициент переноса краски при этом уменьшается, поскольку прирост толщины слоя краски на форме начинает опережать прирост толщины слоя краски на оттиске.

Таким образом, используя зависимости подобного рода, можно с помощью величины коэффициента переноса краски в каждой из указанных областей и соответствующего количества (толщины слоя) краски на форме, при котором достигается эта величина  $K_{\text{пер}}$ , характеризовать краскоемкость бумаги. Показатель краскоемкости бумаги в данных условиях печатания — это величина, непосредственно связанная с расходом краски в красочном аппарате. Сама же толщина слоя (или количество) краски на форме, определяющая восприятие краски запечатываемым материалом, а также возможность ее обеспечения и стабилизации в процессе печатания тиража, является одним из важнейших показателей технологической эффективности красочных аппаратов.

### **13.2. Краскоперенос и факторы, его определяющие**

Перенос печатной краски с одной сплошной поверхности на другую может быть достигнут только при соблюдении двух следующих условий:

- 1) краска должна смачивать воспринимающую поверхность;
- 2) воспринимающая поверхность должна обладать прочностью, превышающей величину напряжений, возникающих при расщеплении слоя краски.

В зоне печатного контакта ряд факторов способствует возникновению в краске области минимальной вязкости и смещению этой области в направлении запечатываемой бумаги. Этими факторами, в частности, являются неограниченность перемещения под давлением верхней части красочного слоя, а также нагрев, вызываемый трением краски внутри области контакта. В результате

нагревания краски около поверхности бумаги, обладающей сравнительно с металлической печатной формой худшей теплопроводностью, развивается более высокая температура [10].

Повышение температуры снижает вязкость краски, а это, в свою очередь, будет обуславливать преимущественное возникновение пустот и их увеличение до макроскопических размеров в части слоя, располагающейся ближе к бумаге. Данный эффект особенно ярко проявляется при печатании на рулонных и высокоскоростных листовых ротационных машинах, где тепловые явления действуют достаточно сильно. В результате происходит некоторое уменьшение перехода краски с формы на запечатываемый материал с увеличением скорости печатания.

Взаимодействие бумаги и краски в процессе печатания протекает в два периода, различающихся своей продолжительностью, а также величиной и характером деформаций и напряжений, испытываемых бумагой и краской. Первый период — это перенос краски с формы на запечатываемый материал под действием давления, второй — закрепление краски на оттиске.

Анализ явлений, сопровождающих переход краски на бумагу, показывает, что взаимодействие бумаги и краски выражается в следующем: в момент контакта бумаги с печатной формой (или передаточной поверхностью) слой краски испытывает давление, оказывающее на краску двоякое воздействие: с одной стороны, оно вызывает проникновение краски в поры бумаги, с другой — «расплющивает» слой краски на поверхности бумаги. Это расплющивание проявляется сильнее с увеличением толщины красочного слоя, давления и вязкости краски. Оно связано также и с впитыванием краски в бумагу, возрастая при использовании жестких, непористых видов бумаги.

Нарастание давления в этой стадии, наряду со значительным сглаживанием поверхности бумаги, приводит к тому, что краска, приобретающая в данных условиях минимальную вязкость, быстро растекается и заполняет внешние поры поверхности бумаги. Моделирование поведения жидкости на поверхности твердого пористого тела показало, что распространение жидкости по поверхности тела и абсорбция жидкости его капиллярами протекают практически одновременно. Под влиянием давления происходит сжатие пор бумаги и выдавливание избытка краски за края печатающих элементов. При этом краска устремляется в зоны пони-

женного давления, т. е. в углубления поверхности бумаги, не подвергавшиеся сильному сжатию, в которых еще до расщепления красочного слоя может начаться избирательное впитывание ее наиболее высокодисперсных и наименее вязких компонентов.

В то же время давление будет обуславливать проникновение краски в толщу бумажного листа как единого целого. Эти особенности процесса имеют большое значение прежде всего с точки зрения распределения краски между внешними и внутренними слоями бумаги, т. е. формирования оптических характеристик оттиска.

Вместе с тем проникновение краски в бумагу в момент печатного контакта будет обуславливаться не только впитыванием краски в бумагу в зоне минимального зазора между давящей поверхностью и печатной формой, но и капиллярным течением краски в толщу листа во время восстановления пор после прохождения зоны максимального давления, которое достигает максимума еще перед тем, как произойдет разрыв красочного слоя между печатной формой и бумагой. Таким образом, можно выделить три ступени впитывания краски в бумагу:

1) впитывание краски как единого целого в момент печатного контакта (под воздействием давления) на выступающих участках поверхности бумаги;

2) избирательное впитывание наиболее высокодисперсных и наименее вязких компонентов краски (также в момент печатного контакта) на участках поверхностных впадин и углублений;

3) избирательное впитывание краски по всей занимаемой ею площади после прекращения действия давления.

Поведение краски в рамках каждой из выделенных ступеней определяется достаточно широким кругом факторов.

В отличие от впитывания краски под действием давления, при протекании второй и третьей ступеней резко возрастает роль поверхностного натяжения. В целом, после прекращения действия давления и отрыва формы от оттиска впитывание краски в бумагу протекает медленнее.

Впитывание жидкой краски в поры бумаги в большинстве случаев сопровождается быстрым тиксотропным восстановлением и упрочнением структуры в верхнем слое краски, т. е. агрегатированием пигментных частиц и сцеплением этих агрегатов в пространственную решетку. При этом рост вязкости тонкого слоя

краски на поверхности оттиска в результате тиксотропного структурообразования будет тем ощутимее, чем менее вязкой была краска в момент разрыва слоя.

Распределение компонентов печатной краски в толще бумажного листа не представляет собой две четко различимые фазы — пигмент и связующее. Краска, находящаяся в верхних слоях бумажного листа, имеет повышенную концентрацию пигмента и несколько обеднена связующим. В более же глубокие слои бумаги проникают, наоборот, небольшая высокодисперсная часть пигмента и вся свободная наименее вязкая масса связующего.

Степень впитывания краски в бумагу зависит также и от времени тиксотропного структурообразования. При этом пористая бумага способна поглощать связующее из краски лишь при условии, что радиус пор бумаги меньше, чем в краске. Однако поскольку как для бумаги, так и для краски не характерно наличие пор постоянной ширины, основными являются не номинальные размеры пор, а кривые распределения их для того и другого материала, характеризующие равномерность системы с точки зрения диаметра пор. Общим правилом в этом случае является увеличение линейного (т. е. глубины) и снижение объемного проникновения краски в бумагу при уменьшении размеров пор.

Впитывание краски в бумагу сопровождается также (в случае быстроскрепляющихся красок) «разделением» связующего краски на фракции различной вязкости, причем эффективность этого разделения определяется в первую очередь некоторыми специфическими особенностями самого запечатываемого материала; разделение компонентов связующего краски приводит к отфильтровыванию низковязких масел и увеличению вязкости поверхностного слоя краски.

Разделение краски и бумаги на выходе из зоны печатного контакта является сложным процессом и с кинематической, и с динамической точек зрения. Деформирование слоя краски в условиях нежесткого контакта (а он остается таковым и при переносе краски с формы на бумагу в связи с наличием декеля) дополнительно осложняется присутствием бумаги, которая, с одной стороны, может играть роль стимулятора кавитации краски (пузырьки воздуха, находящиеся в ее порах и вытесняемые в краску под действием давления, действуют подобно ядрам кавитации), а с другой — проявляет весьма непростой тип деформационного поведения, вы-

тягиваясь и изгибаясь в направлении и формонесущей, и давящей поверхностей, а также линейно деформируясь в продольном и поперечном направлениях.

В момент разделения красочного слоя между формой и бумагой, как и при расщеплении его в процессе транспортировки краски к печатной форме, большую роль играет липкость краски, характеризующая ее сопротивление разрыву. Поскольку липкость и вязкость красок, а также краскоперекоп и вязкость функционально связаны друг с другом, логичным является вывод о наличии функциональной связи между переносом краски и ее липкостью. При этом характер всех упомянутых взаимосвязей в немалой степени определяется физико-механическими свойствами бумаги и краски.

Высокая липкость краски может вызывать выщипывание (разрушение поверхностного слоя) бумаги. На практике различают две ступени разрушения поверхности бумаги при выщипывании: первоначальное выщипывание, проявляющееся в отщеплении от поверхности отдельных волокон или небольших их скоплений, а также (в случае мелованной бумаги) частиц мелового слоя, и полное выщипывание (или расслаивание) бумаги, при котором от поверхности бумаги отщепляются достаточно крупные по размеру и однородные по структуре участки.

Выщипывание обычно определяется как минимальная скорость печатания, при которой наблюдается определенная степень разрушения поверхности бумаги. При этом скорость первоначального выщипывания является более достоверной его характеристикой, чем скорость, при которой происходит полное выщипывание. И именно определение выщипывания как скорости выдвигает на первый план вязкостно-липкостные характеристики печатных красок. Чем более липкой и более вязкой является печатная краска, тем вероятнее возникновение выщипывания бумаги, если ее характеристики не отвечают основным условиям проведения печатного процесса. Однако и в этом случае важное влияние на проявление данного эффекта будет оказывать характер течения краски, а также толщина красочного слоя на форме и полнота контакта между краской и бумагой, определяемая величиной эффективной гладкости бумаги.

Все это свидетельствует о необходимости весьма тщательного и продуманного подхода к выбору комбинации «бумага – краска», поскольку, с одной стороны, это в значительной мере определяет



возможность беспрепятственного проведения печатного процесса, а с другой — имеет важное значение с точки зрения обеспечения надлежащего качества печатной продукции.

### 13.3. Влияние режимных параметров печатного процесса на перенос краски с формы на запечатываемый материал

Основными режимными параметрами печатного процесса, оказывающими влияние на характер переноса красочного слоя с формы на бумагу, а следовательно, и на суммарный оптический эффект, создаваемый изображением, являются:

- 1) толщина слоя краски на форме;
- 2) давление печатания;
- 3) скорость печатания.

Рассмотрим зависимость перехода краски с формы на бумагу от толщины слоя краски на печатной форме (рис. 13.2).

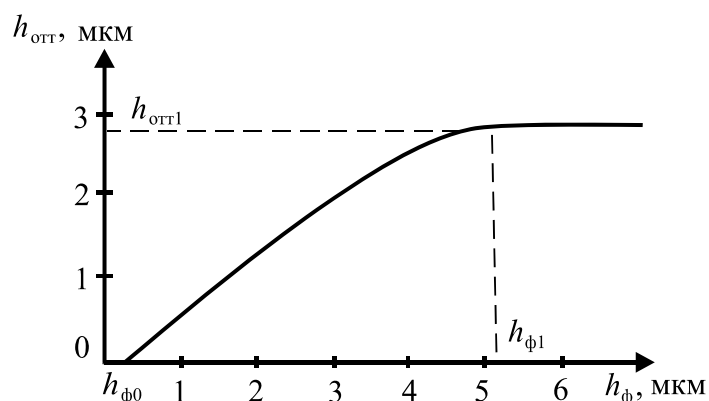


Рис. 13.2. Зависимость перехода краски с формы на бумагу от толщины слоя краски на печатной форме

Зависимость перехода краски с формы на бумагу от толщины слоя краски на форме представляет собой прямую линию, идущую под некоторым углом к оси абсцисс и отсекающую на ней отрезок  $h_{ф0}$ , соответствующий толщине «связанного» слоя краски на форме. При некотором значении  $h_{ф}$  она переходит во вторую прямую линию, параллельную оси абсцисс.

При постепенном возрастании толщины слоя краски на форме (при постоянном давлении и времени контакта) будет происхо-

дить последовательное наложение краски на бумагу — сначала в виде отдельных пятен увеличивающегося размера, а затем в виде сплошного (по всей площади оттиска) утолщающегося покрытия. Однако начиная с некоторого значения толщины слоя краски на форме  $h_{ф1}$  приращение  $h_{отт}$  прекращается, т. е. бумага в данных условиях теряет способность воспринимать дополнительное количество краски, что свидетельствует о достижении характеристической величины  $h_{отт1}$ , названной технологическим пределом насыщения бумаги краской. Это максимальное количество краски, воспринимаемое бумагой в данных условиях печатания [6].

Рассмотрим зависимость оптической плотности оттиска от перешедшего на него слоя краски (рис. 13.3).

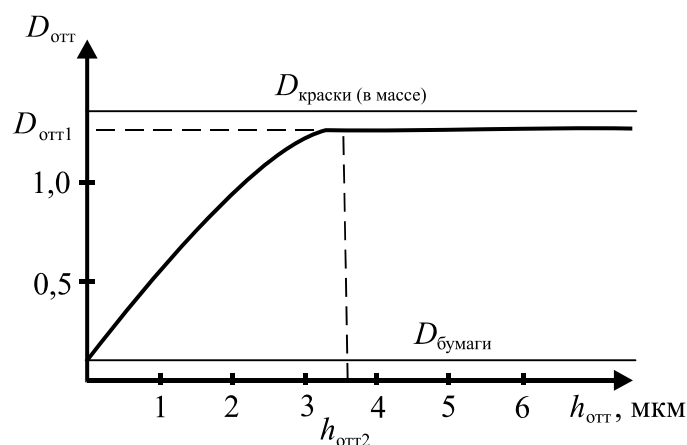


Рис. 13.3. Зависимость оптической плотности оттиска от перешедшего на него слоя краски

Увеличение количества краски на оттиске приводит к росту оптической плотности. Соответствующая началу прямолинейного участка величина  $h_{отт2}$ , т. е. та минимальная в данных условиях толщина слоя краски на оттиске, при которой достигается наибольшее в данных условиях значение оптической плотности  $D_{отт1}$ , называется оптическим пределом насыщения бумаги краской.

В большинстве случаев  $h_{отт1} \neq h_{отт2}$ , т. е. технологический и оптический пределы насыщения не совпадают между собой. Это связано с микрогеометрией поверхности и внутренней структурой бумаги, а также с реологическими свойствами (и в первую очередь с вязкостью) печатной краски.

Давление, регулирующее эффективную площадь контакта между бумагой и краской, будет соответственно изменять и пере-

нос краски с формы на бумагу. В общем случае, давление, увеличивая эффективную гладкость бумаги, будет соответственно повышать коэффициент переноса краски на всех участках кривой краскопереноса, смещая ее максимум в область меньших толщин слоя краски на форме. С повышением давления переход краски с формы на бумагу в связи с увеличением площади контакта между ними будет возрастать и максимум коэффициента переноса будет достигаться при меньшей толщине слоя краски на форме, так как с увеличением давления выступающие участки поверхности бумаги сжимаются сильнее, а глубина впадин при этом уменьшается. Однако с увеличением толщины слоя краски на форме влияние давления будет ослабевать.

Влияние, оказываемое на переход краски скоростью печатания, представляется достаточно сложным и неоднозначным. Обычно с увеличением скорости печатания коэффициент переноса краски несколько уменьшается, хотя абсолютное количество краски на оттиске возрастает. Так, увеличение скорости печатания в 6 раз (со 100 до 600 об./мин) снижает коэффициент переноса краски всего на 15%. Такое влияние скорости объясняется накоплением количества краски на форме из-за непрерывного повторного ее нанесения и увеличением давления между декем и печатной формой, обусловленным центробежными силами, особенно проявляющимися при повышении скорости печатания.

Накапливание краски, будучи в подобных условиях неравновесным процессом, одновременно является причиной ряда технологических трудностей. Из числа же причин, обуславливающих его возникновение, не следует исключать и температурный эффект, также ощущаемый с увеличением скорости печатания и вызывающий смещение плоскости расщепления красочного слоя в направлении запечатываемого материала.

С возрастанием давления при скоростной динамической нагрузке изменяется характер деформационного поведения бумаги. Преимущественное деформирование приповерхностного слоя бумаги и располагающихся в нем пор и капилляров в условиях весьма малой продолжительности времени контакта исключает проникновение краски в толщу бумаги на более или менее значительную глубину и, следовательно, приводит к некоторому уменьшению захвата краски бумагой. Малое время контакта оказывается также недостаточным для вытеснения краской воздуха,

находящегося в извилистых внешних порах бумаги, в связи с чем краска будет закрывать лишь поверхность бумаги, не попадая в узкие углубления, и если при этом удастся осуществить быстрое закрепление красочного слоя, то даже при меньшем переходе краски с формы на бумагу насыщенность оттиска окажется достаточно высокой.

Таким образом, можно говорить о взаимозаменяемости давления и скорости печатания. Однако, как показали эксперименты, при повышении скорости печатания за пределы 1,3–1,5 м/с давление и скорость становятся невзаимозаменяемыми и вопрос их технологической взаимосвязи решения не получил.

Было установлено, что оптическая плотность печатного изображения определенным образом зависит и от давления, и от времени контакта. При этом оправданным с технологической точки зрения подходом к определению оптимального режима осуществления печатного процесса является правильное сочетание толщины слоя краски на форме и давления печатания. Изменение давления сказывается на изменении оптической плотности в большей мере, чем изменение времени печатного контакта (т. е. скорости печатания).

Таким образом, вопрос технологической взаимосвязи давления и скорости печатания однозначного решения не получил. Вместе с тем большое значение в современных условиях приобретают оценка и учет взаимовлияния скорости печатания и вязкости краски. Усилие, необходимое для разрыва красочного слоя, определяется в первую очередь величиной противодействующих этому сил, а именно когезии, внутреннего трения (вязкости) и инерции.

Единственной возможностью уменьшить величину работы разрыва слоя при повышении скорости печатания является снижение вязкости краски, т. е. использование на скоростных печатных машинах менее вязких красок. В то же время если увеличение скорости печатания снижает коэффициент переноса краски, то уменьшение вязкости краски увеличивает ее переход, поскольку менее вязкая краска даже при кратковременном контакте легче проникает в толщу бумажного листа и заполняет неровности, располагающиеся на его поверхности.

В отличие от высокой и офсетной печати, где структура формы характеризуется переменной площадью штриховых или рас-

тровых элементов, в глубокой печати появляется дополнительный фактор — их переменная глубина. Такое строение печатающих элементов оказывает заметное влияние на характер заполнения их краской в процессе ее наката, распределение краски в элементарных ячейках, полноту выхода краски из ячеек и ее переноса на запечатываемый материал в пределах малого времени контакта.

В целом, переход краски в глубокой печати аналогичен переходу краски в высокой и офсетной печати, однако факторы, определяющие краскоперенос в каждом из этих случаев, различны. К числу важнейших факторов, оказывающих влияние на перенос красок глубокой печати, относятся:

- 1) форма и глубина элементарной растровой ячейки и ее объем;
- 2) характеристика запечатываемого материала (бумаги), и прежде всего его гладкость, сжимаемость и впитывающая способность;
- 3) величина рабочей вязкости краски.

Исследование процесса глубокой печати показало, что распределение маловязкой краски в растровых ячейках формы глубокой печати при вращении формного цилиндра после ее нанесения неравномерно, и степень этой неравномерности возрастает с увеличением как скорости вращения цилиндра, так и объема (глубины) ячеек.

К моменту получения оттиска в каждой растровой ячейке образуется пузырек (точнее, мениск) краски, форма которого зависит от глубины ячейки, а величина может служить мерой заполнения ячеек краской. Если при этом печатание ведется на малой скорости, увеличивается кривизна мениска и ухудшается удержание краски в ячейке, что в некоторых случаях влечет за собой частичное выплескивание краски из ячейки на пути от ракеля до зоны печатного контакта и резко ухудшает качество оттиска.

Транспортировка краски в красочном аппарате и формирование изображения на оттиске — быстротечный многозвенный процесс, в котором, наряду с реологическими свойствами краски, важную роль играют и многие другие факторы. Основные режимные параметры печатного процесса, в том числе накат краски на печатную форму, являются регулируемыми переменными. Именно они в сочетании с выбором печатных материалов, обладающих соответствующими структурно-механическими характеристиками, определяют способность бумаги воспринимать технологически необходимое количество печатной краски и обеспечивать рав-

номерное распределение ее на оттиске, что оказывает большое влияние на качество изображения.

Сложность заключается в том, что многие факторы и их изменение в динамических условиях (например, скорость процесса, величина давления в зоне печатного контакта, длина пути, проходимого краской в красочном аппарате, реологические характеристики краски) оказывают на результат печатного процесса неоднозначное воздействие, улучшая одни и ухудшая другие показатели качества оттиска. Поэтому основные режимные параметры печатного процесса и наиболее важные структурно-механические характеристики печатных материалов должны оптимизироваться на основе познания и усвоения общих закономерностей, отражающих их взаимозависимость и взаимовлияние, с учетом конкретных особенностей способа печатания и реализуемого на практике его технологического варианта.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Как определяются коэффициент переноса и коэффициент расщепления печатной краски?

2. Какие участки можно выделить на графике зависимости коэффициента краскопереноса от толщины слоя краски на печатной форме и как они характеризуют перенос краски?

3. Каковы основные режимные параметры печатного процесса и какое влияние они оказывают на перенос краски с формы на запечатываемый материал?

4. Как определяются технологический и оптический пределы насыщения печатной бумаги краской?

5. В чем заключается взаимовлияние скорости печатания и вязкости краски?

## Глава 14

# ЗАКРЕПЛЕНИЕ КРАСКИ НА ОТТИСКЕ

### 14.1. Назначение и сущность процесса закрепления краски

Важная технологическая роль закрепления краски заключается в образовании на поверхности оттиска прочного, стойкого, прежде всего к механическому воздействию, слоя краски, а также в предотвращении появления различных дефектов. От надежности закрепления краски непосредственно зависит качество оттиска. С другой стороны, продолжительность закрепления краски на оттиске является фактором, в немалой степени влияющим как на скорость работы печатной машины, так и на возможность передачи оттисков на дальнейшую обработку при условии минимального пролеживания их в печатном цехе. Поэтому в технологии печатных процессов важное значение имеет не только изучение физико-химических процессов, сопутствующих закреплению красок различных типов, но и анализ факторов, влияющих на продолжительность этого процесса и свойства красочных слоев, а также реальное представление о возможностях ускорения процесса закрепления и предотвращения появления дефектов.

Поведение краски непосредственно в процессе получения оттиска предопределяется главным образом совокупностью реологических свойств ее связующего. И именно связующее, его состав, реологические характеристики будут оказывать решающее воздействие на поведение краски после получения оттиска, т. е. на ее закрепление. Влияние же пигмента, как и на предшествующих стадиях печатного процесса, будет зависеть, прежде всего, от его способности к тиксотропному структурообразованию.

Возможные способы закрепления на оттиске большинства красок высокой, офсетной, глубокой и флексографской печати в обобщенной форме представлено в виде следующей схемы (рис. 14.1).

Механизм закрепления краски любого типа зависит от характера подложки, на которую накладывается эта краска. Основным материалом при печатании является бумага, т. е. достаточно неоднородный по своим свойствам материал, который может характе-

ризоваться большей или меньшей гладкостью поверхности, обусловливаемой составом и характером отделки, различной впитывающей способностью, а также степенью уплотнения внутренней структуры. Данные характеристики бумаги играют большую роль как в восприятии краски с печатной формы или промежуточной передаточной поверхности, так и в ее распределении на поверхности и в толще бумажного листа.

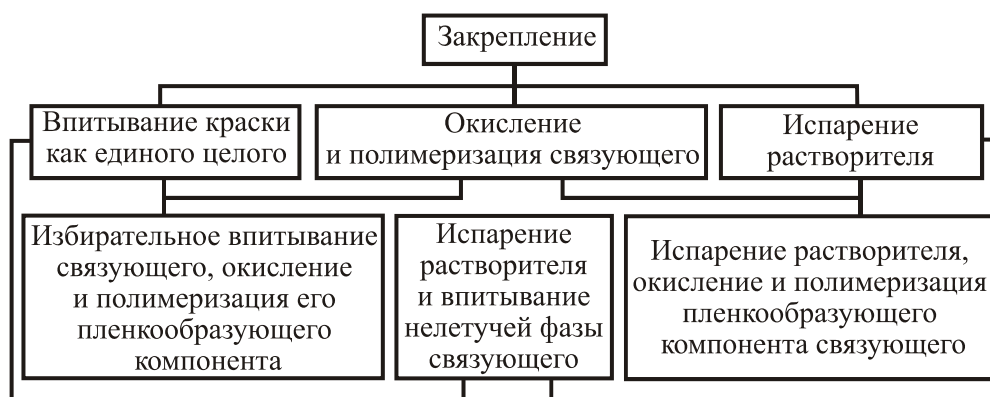


Рис. 14.1. Способы закрепления краски на оттиске

Подобно переносу краски на запечатываемый материал (бумагу), ее закрепление на оттиске также будет сопровождаться более или менее заметным впитыванием, которое, в зависимости от способа печатания, типа краски, характера запечатываемого материала и условий проведения печатного процесса, может играть на этой стадии доминирующую или второстепенную роль.

Большое значение с точки зрения рационального построения технологического процесса, осуществляемого в печатном цехе, и взаимосвязи его с последующими (брошюровочно-переплетными или отделочными) операциями имеет разделение процесса закрепления на две стадии: первичное и окончательное закрепление.

## 14.2. Особенности закрепления на оттисках красок высокой, офсетной, глубокой и флексографской печати

Современные краски высокой и офсетной печати характеризуются повышенной скоростью закрепления. Это обеспечивается применением в качестве связующих многокомпонентных систем,



состоящих из смолы-пленкообразователя, растворителя, разбавителя и смачивателя-стабилизатора. Особенностью данных красок является ограниченная растворимость смол в выбранных растворителях, что обеспечивает, с одной стороны, стабильность краски в процессе ее производства и хранения, а с другой — достаточно быстрое и эффективное отверждение ее при небольших изменениях соотношения основных компонентов (смолы и растворителя) в результате впитывания наименее вязкой фазы краски (растворителя и разбавителя) в бумагу или испарения ее летучей части.

Важную роль в закреплении красок высокой и офсетной печати играют процессы тиксотропного структурообразования, т. е. соединения частиц и агрегатов пигмента в пространственную структурную решетку, или каркас.

Повышение температуры краски увеличивает скорость образования агрегатов и структуры в целом вследствие большей частоты столкновений отдельных частиц. Важную роль в условиях нагревания оттисков, отпечатанных красками на многокомпонентных связующих, играет также десорбция, т. е. извлечение стабилизаторов с поверхности частиц пигмента, приводящая к нарушению целостности сольватных оболочек и тем самым также интенсифицирующая процесс тиксотропного структурообразования. Степень проявления этого механизма, наряду с другими факторами, определяется природой и концентрацией алкидной смолы, выполняющей в составе связующего функцию смачивателя-стабилизатора.

Восстановление разрушенных связей и пространственной структуры при снижении скоростей сдвига в условиях нагрева начинается раньше, чем при обычной (комнатной) температуре. То же характеризует и процесс структурообразования в отсутствие механического воздействия, т. е. сразу же на выходе оттиска из зоны печатного контакта. Однако прочность структур, образующихся при более высоких температурах, будет меньше вследствие «расшатывающего» воздействия температуры на структурную решетку.

Поэтому с технологической точки зрения нет необходимости повышать температуру обогрева оттиска с целью ускорения закреплении структурообразующей печатной краски за пределы 70–80 °С, так как происходящая в этих условиях коагуляция краски, проявлением которой является структурообразование, и резкое повышение вязкости коагулирующей красочной системы способ-

ствуют надежному и устойчивому предварительному закреплению (схватыванию) слоя краски на оттиске.

Использование температур, превышающих указанные пределы, может быть обусловлено только необходимостью создания условий для более интенсивного теплового воздействия на оттиск и сокращения благодаря этому продолжительности термообработки запечатанного бумажного полотна (что непосредственно связано со скоростью работы печатной машины), а также конструктивными особенностями и коэффициентом полезного действия самих нагревательных устройств.

Принципиальной особенностью красок глубокой и флексографской печати, непосредственно связанной с процессом закрепления, является наличие в их составе летучих растворителей. Пигменты и наполнители, тщательно распределенные в растворителе, образуют суспензию. Растворяя пленкообразующие смолы, растворители позволяют получать жидкообразные красочные системы, равномерно распределяющиеся на печатной форме и запечатываемом материале.

Испарение растворителей при выходе оттиска из зоны печатного контакта (а также частичное впитывание их вместе со связующим при печатании на пористых материалах) приводит к высаживанию основной массы пленкообразующей смолы вместе с пигментом на поверхности запечатываемого материала и к началу окислительно-полимеризационного процесса, завершающегося образованием прочной красочной пленки.

Растворители красок глубокой и флексографской печати имеют различную скорость испарения, которая является одной из важнейших физических и технологических характеристик. Скорость испарения растворителя определяется особенностями взаимодействия его со смолой, которая в одних случаях не препятствует свободному испарению растворителя из красочного слоя, а в других — удерживает растворитель.

В глубокой и флексографской печати в бумагу впитывается не только связующее, но и краска как единое целое. При этом глубина впитывания краски, как и в высокой и офсетной печати, зависит от толщины красочного слоя, вязкости краски, давления печатания, времени контакта, внутренней структуры бумаги, однако с точки зрения закрепления краски на оттиске преобладающим фактором является именно испарение растворителя и инициируемые им процессы.

Процесс закрепления краски путем испарения растворителя состоит из нескольких этапов. Для их определения рассмотрим зависимость изменения скорости испарения растворителя из слоя краски с течением времени (рис. 14.2).

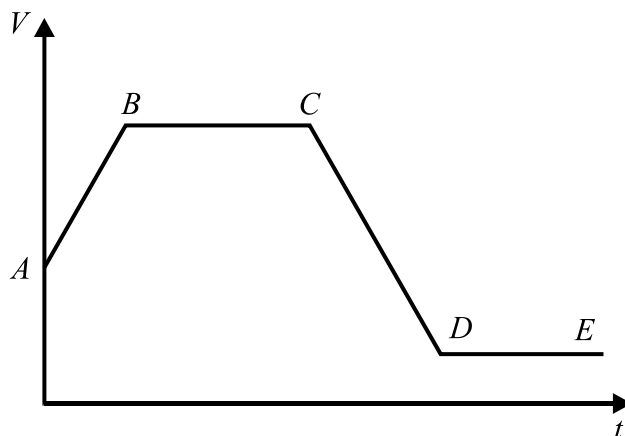


Рис. 14.2. Зависимость скорости испарения растворителя с течением времени

На начальном этапе  $AB$  скорость испарения благодаря повышению температуры слоя и интенсивному обдуву его потоком воздуха непрерывно возрастает до тех пор, пока не установится динамическое равновесие на границе раздела фаз «краска – воздух». При его достижении (точка  $B$ ) испарение растворителя становится равномерным во времени, и отрезок  $BC$  характеризует постоянную скорость закрепления краски (с увеличением температуры воздуха этот отрезок поднимается выше и укорачивается). Постепенно концентрация растворителя в слое краски уменьшается до такого малого значения (точка  $C$ ), что на поверхности красочного слоя начинает образовываться тонкая пленка. Образование пленки оказывает сильное затормаживающее воздействие на диффузию растворителя из глубины слоя на его поверхность, что приводит к уменьшению скорости его испарения (отрезок  $CD$ ). Далее будет происходить постепенное распространение пленки в толщу красочного слоя, которое завершается закреплением краски по всей толщине. В пределах отрезка  $DE$  скорость испарения растворителя асимптотически приближается к нулю, а концентрация растворителя в слое краски — к своему нижнему предельному значению, величина которого будет определяться в первую очередь количеством растворителя, впитыва-

вающегося в бумагу и связываемого смолой-пленкообразователем и другими компонентами печатной краски.

Серьезную технологическую проблему представляет собой закрепление красок глубокой и флексографской печати на водной основе, поскольку испарение воды происходит в 80 раз медленнее большинства растворителей и требует, по меньшей мере, 4–5-кратного, по сравнению с испарением легколетучих органических растворителей, расхода тепловой энергии. Увеличение влажности воздуха существенно замедляет испарение влаги из красочного слоя.

Создание быстрозакрепляющихся красок на чисто водной основе практически невозможно. Поэтому в них обязательно присутствует в том или ином количестве органический растворитель, который уменьшает вязкость краски и способствует стабилизации раствора смолы-пленкообразователя. Выбор органического растворителя определяется типом смолы. Наиболее эффективными в данном случае являются полярные растворители, в частности спирты.

### **14.3. Современные методы ускорения закрепления печатных красок**

Создание высокоскоростных печатных машин делает необходимым сокращение времени для переработки отпечатанной продукции на последующих технологических операциях. Однако поскольку в настоящее время еще не созданы краски, скорость закрепления которых полностью соответствовала бы скорости работы печатного оборудования, для ускорения закрепления красок в практике печатных процессов широко используются разнообразные дополнительные методы и средства [6].

Первая группа методов ускорения закрепления красок связана с введением в них веществ, активизирующих процесс закрепления. К этим веществам относят сиккативы — маслорастворимые соли алифатических жирных кислот, образуемые тяжелыми металлами (Co, Pb, Mg). Попадая в краску, данные соли разрушают кислородные связи в молекулярной структуре дисперсионной среды и образуют радикалы, которые последовательно «сшивают» между собой соседние молекулы связующе-

го, т. е. инициируют его полимеризацию, ускоряя тем самым процесс пленкообразования.

Катализируемое сиккативами химическое закрепление подвержено влиянию кислотности бумаги, природы пигмента, а также внешних условий (температуры, влажности воздуха).

К данной группе методов также относятся методы введения в состав краски особых термически активизируемых катализаторов. Краски, содержащие такие катализаторы, закрепляются в результате совместного действия катализатора и достаточно высокой (около 140–150 °С) температуры. Эти краски могут изготавливаться с небольшим содержанием растворителя либо без него. Закрепление их происходит быстро, и продукты реакции (вода, спирт, иногда альдегиды), выделяющиеся в небольших количествах, практически не вызывают загрязнения атмосферы цеха.

Вторая группа методов характеризуется использованием для ускорения закрепления красок различных излучающих устройств. Наиболее продолжительное время в практике работы полиграфических предприятий находили применение тепловыделяющие устройства, использующие в качестве промежуточных теплоносителей нагретый воздух, горячую воду или открытое газовое пламя.

В настоящее время для ускорения закрепления красок в промышленном масштабе используются инфракрасные (ИК) и ультрафиолетовые (УФ) излучатели.

ИК-излучатели — это разновидность термоизлучающих устройств, роль теплоносителя в которых выполняют длинноволновые лучи, располагающиеся за пределами видимого спектра. В качестве источников инфракрасного излучения наиболее широкое применение находят кварцевые лампы инфракрасного спектра мощностью 0,5–2,0 кВт, монтируемые на специальных панелях, которые устанавливаются перед приемным устройством или между печатными секциями листовых и рулонных машин на расстоянии 5 см от бумаги.

Конструкция устройства для инфракрасного облучения оттисков представлена на рис. 14.3.

Воздействие ИК-лучей вызывает интенсивный разогрев красочного слоя и подложки, вследствие чего происходит впитывание краски в бумагу и последующая термополимеризация.

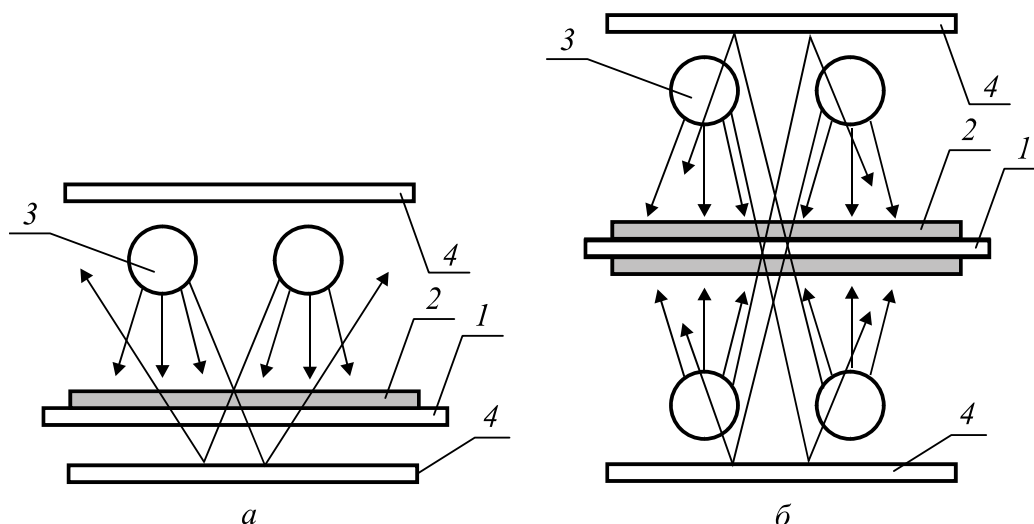


Рис. 14.3. Основные рабочие элементы и схема действия ИК-излучателя при листовом (а) и рулонном (б) печатании:

1 — бумажный лист или полотно; 2 — красочный слой;  
3 — источник ИК-излучения; 4 — рефлекторы

Достоинства метода ИК-излучателей:

1) совместимость связующего красок, предназначенных для обработки инфракрасным излучателем, с красками офсетной и высокой печати, а также флексографской и глубокой печати;

2) существенное, по сравнению с естественным закреплением, сокращение времени «схватывания», что обеспечивает более быстрое формирование на оттиске окончательного красочного слоя;

3) значительное (на 50–80%) уменьшение расхода или полное исключение из технологического процесса противоотмарочных средств, что способствует сокращению продолжительности непроизводительных простоев печатного оборудования, связанных с выполнением его чистки, смывки и других вспомогательных операций;

4) повышение качества отпечатанной продукции: прежде всего улучшение четкости, точности цветопередачи (по причине снижения вероятности изменения цвета в процессе закрепления краски), насыщенности и гляцевитости оттиска.

Введение в краску добавок, чувствительных к ИК-излучению и способствующих инициированию реакции полимеризации, делает возможным осуществление самой реакции без дополнительного подвода тепла, что значительно снижает энергоемкость облучающего устройства.

Данный метод связан с созданием красок, в которых используются новые синтетические смолы с ограниченной (регулируемой) растворимостью в сочетании со специально компонуемыми растворителями и минимальным количеством высыхающих масел. Баланс растворителей и смол в этих красках оказывается настолько критичным, что даже без нагрева они закрепляются примерно в 10 раз быстрее, чем обычные быстрозакрепляющиеся краски. Позже появились краски, способные закрепляться не только в результате поглощения тепла, выделяемого ИК-излучателем, но и в результате активизации термочувствительных добавок.

Технологически важной характеристикой ИК-излучателей является длина волны излучения. Именно она определяет величину энергии нагрева, которая, в свою очередь, в сочетании с термоаккумулирующей способностью красок (зависящей от их цвета и толщины слоев на оттиске) обуславливает скорость их закрепления. При этом краски черного цвета под действием ИК-излучения закрепляются более интенсивно.

Подтвержденные опытом недостаточная энергетическая эффективность и высокая энергоемкость (связанные с прогревом бумажного листа по всей его толщине), неэкономичность и пожароопасность (из-за необходимости продолжительного охлаждения) длинноволновых ( $10^5$  нм и более) ИК-устройств обусловили переход к разработке и практическому внедрению излучателей средне- и коротковолнового типа, характеризующихся меньшей энергией излучения, но большей его эффективностью, поскольку главная область его воздействия — красочное покрытие и приповерхностные слои бумажного листа. Оптимальным для закрепления красок диапазоном излучения является 1200–3500 нм (при этом для многокрасочного печатания целесообразно использовать более длинноволновую его половину).

Однако в целом этот метод представляет собой паллиативное решение, не обеспечивающее мгновенного закрепления краски.

Источником УФ-излучения являются кварцевые лампы мощностью до 10 кВт. Рефлекторы для ламп УФ-излучения, встраиваемые в печатные машины, выполняются в виде полуэллипса, в фокусе которого находится лампа, располагающаяся от поверхности бумажного листа или полотна на 12 см. Температура на поверхности лампы достигает 800 °С. Подобно ИК-устройствам, УФ-излучатели могут устанавливаться как между печатными сек-

циями, так и на приемно-выводном устройстве листовой или рулонной машины. Конструкция устройства для УФ-облучения представлена на рис. 14.4.

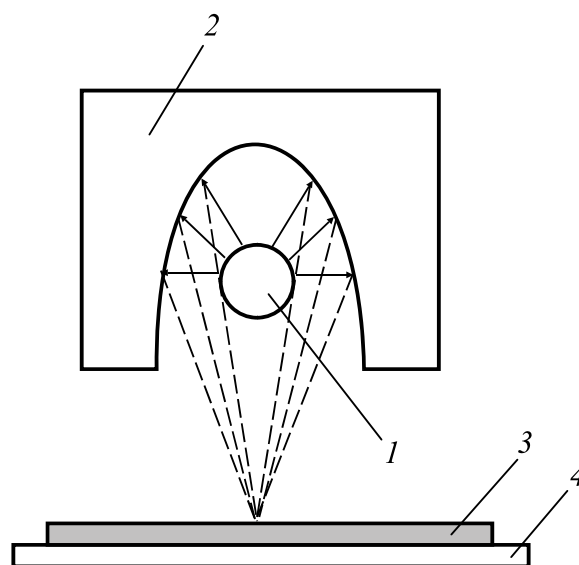


Рис. 14.4. Устройство для ультрафиолетового облучения оттисков: 1 — источник излучения; 2 — рефлектор; 3 — красочный слой; 4 — бумага

К важнейшим преимуществам систем УФ-облучения относятся:

1) высокая скорость закрепления, позволяющая без применения каких бы то ни было дополнительных средств осуществлять как двустороннее, так и одностороннее многокрасочное печатание без снижения производительности печатного оборудования;

2) небольшое энергопотребление;

3) отсутствие обезвоживания бумаги, поскольку при УФ-облучении, в отличие от ИК, для ускорения закрепления красок не требуется нагревания подложки.

Достоинства УФ-облучения, связанные с особенностями применяемых печатных красок:

1) отсутствие в составе красок вредных компонентов, выделяемых в атмосферу;

2) возможность сохранения красок на валиках печатной машины в течение нескольких дней, поскольку в обычных условиях их закрепление оказывается затяжным процессом;

3) невысокая чувствительность красок к величине рН увлажняющего раствора, а также к кислотности и влажности бумаги;



4) большая механическая прочность и высокая химическая стойкость закрепленного слоя;

5) возможность использования красок для всех основных способов печатания.

Однако применение УФ-излучения в современной полиграфии ограничивается в основном специальными способами печатания, а также печатанием на металлах. Одна из причин этого — высокая стоимость красок, примерно в 1,3–2 раза превосходящая стоимость обычных красок. Поэтому УФ-устройства устанавливаются преимущественно на рулонных машинах, где высокие эксплуатационные затраты отчасти компенсируются большой скоростью печатания.

Таким образом, в настоящее время прослеживается тенденция к комплексному решению проблемы ускорения закрепления печатных красок. Основой такого решения является разработка и применение специальных красок, обладающих высокой химической активностью, способность которых закрепляться с повышенной скоростью проявляется только в определенных условиях — при использовании различных средств возбуждения активности красочного слоя сразу же после переноса его на запечатываемый материал: в одном случае это лучи, обладающие высокой энергией, в другом — катализаторы, вводимые в краску, бумагу или одновременно в оба материала. Вместе с тем продолжают достаточно широко использоваться и традиционные физические, химические и физико-химические методы закрепления красок, удовлетворяющие (хотя в ряде случаев далеко не по всем параметрам) требованиям современного высокоскоростного печатного процесса.

#### **14.4. Методы и средства борьбы с отмарыванием**

В процессе закрепления печатных красок часто возникают проблемы, связанные с предотвращением загрязнения свежотпечатанных оттисков и контактирующих с ними поверхностей краской. Возникновение данного дефекта — отмарывания — и степень его проявления зависят от многих факторов, важнейшими из которых являются:

- 1) условия взаимодействия бумаги и краски;
- 2) скорость закрепления красочного слоя и условия, в которых оно происходит;

3) режим складирования, хранения и обработки отпечатанной продукции.

Отмарывание особенно часто наблюдается при использовании высокогладких, плотных, слабовпитывающих видов бумаги, в частности мелованных, а при печатании на шероховатой, хорошо впитывающей краску бумаге оно проявляется гораздо слабее и реже. Кроме того, наложение второй и последующих красок на ранее отпечатанные и высохшие слои, дополнительно ухудшая красковосприятие бумаги, увеличивает вероятность отмарывания.

Основными технологическими требованиями, имеющими большое значение в предотвращении загрязнения оттисков и печатной машины, осложняющего процесс печатания и ухудшающего качество готовой продукции, являются:

1) тщательный подход к оценке эксплуатационной совместимости и технологической эффективности триады «бумага – краска – способ закрепления на оттиске»;

2) осуществление печатного процесса с использованием минимально допустимой с технологической точки зрения толщины красочного слоя, что требует применения красок повышенной интенсивности;

3) выкладывание свежотпечатанных, особенно многокрасочных, оттисков на приемное устройство и платформы возможно меньшими по высоте стопами, что уменьшает величину приходящейся на них нагрузки и делает более благоприятными условия их хранения и транспортировки;

4) тщательная регулировка всех технологически важных элементов печатной машины, и прежде всего красочного аппарата, увлажняющего аппарата (в офсетной печати), печатного аппарата и системы вывода отпечатанной продукции.

Однако соблюдение этих требований не всегда является достаточным для предотвращения возникновения отмарывания, и в практике печатных процессов прибегают к использованию с этой целью дополнительных средств. Наиболее эффективным из них является создание между оттиском и любой контактирующей с ним поверхностью специального разделительного слоя, который, в зависимости от вида и состава, будет выполнять функцию механического или физико-химического барьера, препятствующего переходу краски с одной поверхности на другую.

Средства, используемые для формирования промежуточной прослойки, могут быть разделены на две группы:

- 1) средства, предотвращающие переход краски на декель и другие элементы печатной машины;
- 2) средства, устраняющие возможность загрязнения свежееотпечатанных оттисков, выходящих из машины, при их стапелировании (прессовании), хранении и т. д.

Противоотмарывающие средства представляют собой:

- 1) порошки, которые с помощью противоотмарочных аппаратов равномерно напыляются под действием сжатого воздуха на поверхность оттиска, выходящего на приемное устройство листовой машины высокой или офсетной печати;
- 2) эмульсии, наносимые аэрозольным способом на поверхность свежезапечатанного бумажного полотна после выхода его из секции ускорения закрепления краски многокрасочной рулонной офсетной печатной машины.

В глубокой печати средства, предотвращающие отмарывание, практически не используются.

Принципиально важно иметь в виду, что названные противоотмарочные средства, независимо от их вида, состава и особенностей нанесения, не ускоряют закрепление красок. Их функция во всех случаях ограничивается созданием барьера, предотвращающего нежелательный перенос краски в течение определенного времени, необходимого для достаточно полного ее закрепления.

Номенклатура порошков, используемых для предотвращения отмарывания, достаточно широка и разнообразна. Все применяемые порошки подразделяются на два класса: 1) жесткие — неорганического происхождения; 2) мягкие — органические порошкообразные вещества, в том числе растительного происхождения.

Для предотвращения возникновения отмарывания в практике печатных процессов используются и чисто производственные приемы. Для этого оттиски на листовой мелованной бумаге, выходящие на приемный стол машины, выкладываются на специальные стеллажи стопами, содержащими до 1–1,5 тыс. листов. В тех же целях сфальцованные тетради, полученные на рулонных машинах, часто размещаются в виде неспрессованных пачек в фурах с высокими решетчатыми стенками и только

через некоторое время поступают в обжимные прессы. Однако такая организация работы увеличивает потребность в производственной площади.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. В чем заключается технологическая роль закрепления краски на оттиске, и какие существуют механизмы закрепления краски?
2. В чем принципиальное различие закрепления на оттисках красок офсетной, высокой, глубокой и флексографской печати?
3. Какие существуют современные методы ускорения закрепления печатных красок на оттиске?
4. В чем заключаются основные преимущества и недостатки закрепления печатных красок способом УФ и ИК-излучения?
5. Какие основные технологические требования предъявляются к печатному процессу?

## Глава 15

# ТИРАЖЕСТОЙКОСТЬ ПЕЧАТНЫХ ФОРМ

### 15.1. Причины и характер износа форм в высокой печати

Тиражестойкость печатных форм — это возможность получения с форм максимального количества оттисков, качество которых отвечает требованиям, предъявляемым к определенным группам печатных изданий. Большая тиражестойкость форм позволяет повысить коэффициент использования печатных машин, сделать более стабильным процесс изготовления оттисков и их качество, а также в результате уменьшения количества форм, требуемых для печатания, снизить себестоимость печатной продукции.

Тиражестойкость форм определяется сложным комплексом взаимосвязанных факторов, отражающих, с одной стороны, способ их изготовления и особенности применяемых материалов, а с другой — условия использования их в печатной машине.

Все факторы, влияющие на тиражестойкость печатных форм, можно разделить на 2 группы:

- 1) факторы, зависящие от индивидуальных физико-механических и физико-химических особенностей печатных форм;
- 2) внешние (изнашивающие) факторы, не связанные с формами, а определяющиеся принципиальными особенностями способа печати, типом печатной машины и видом печатных материалов.

Независимо от способа печатания, природы формных материалов и вида печатных форм особенности поведения их в печатном процессе определяются двумя основными факторами: циклическим характером нагружения и трением между печатной формой и контактирующими с нею элементами и поверхностями.

В процессе печатания любым способом форма испытывает следующие воздействия:

- 1) при нанесении краски при помощи накатных валиков и удалении ее избытка;

2) при получении оттиска (или переносе изображения на промежуточную поверхность в офсетной печати).

Данное воздействие выражается, прежде всего, в проскальзывании формы по контактирующим с нею поверхностями в условиях большего или меньшего трения, однако только в высокой и флексографской печати наблюдается еще и вдавливание печатающих элементов формы в накатные валики и бумагу, опирающуюся на декель. Это вдавливание вызывает растяжение эластичной облицовки валиков и бумаги и сопровождается возникновением дополнительного скольжения и трения, вызывая износ формы.

В высокой печати неравномерное распределение давления приводит к тому, что зоны концентрации напряжений, распределяющиеся по периметру отдельно стоящих и сгруппированных печатающих элементов, являются особенно чувствительными к износу. В этих зонах происходит наиболее интенсивное сошлифовывание и износ элементов формы.

Величина краевого эффекта зависит от положения печатающих элементов на форме, величины угла между боковой гранью и рабочей поверхностью, а также глубины вдавливания печатающего элемента в эластичную облицовку накатного валика красочного аппарата, в бумагу и декель. Это приводит к тому, что износ печатающих элементов по площади и во времени будет неравномерным [11].

Данное явление может быть обобщенно представлено графически как зависимость суммарной величины износа печатных форм от продолжительности печатания (рис. 15.1).

В общем виде данная зависимость соответствует концепции трехстадийного износа, которая включает:

1) начальный износ, или приработку, во время которого происходит преобразование поверхности от ее начального состояния к установившемуся;

2) установившийся износ, характеризующийся постоянством условий трения и неизменной скоростью;

3) усиленный износ, вызываемый изменениями условий работы трения и возрастанием интенсивности истирания.

В начальный период печатания тиража (I на рис. 15.1), находящийся для фотополимерных форм в интервале от 0 до 50 тыс. оттисков, форма прирабатывается, сошлифовываются шерохова-

тости, уменьшается глубина пробелов. Последний фактор для фотополимерных печатных форм связан с их усадкой, обуславливаемой объемной деформацией оснований элементов, обладающих меньшей степенью деформационного сшивания.

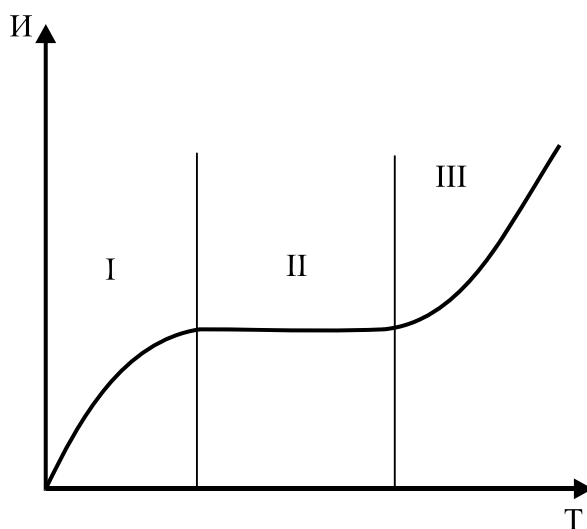


Рис. 15.1. Кинетика изменения показателей износостойкости печатных форм в процессе печатания

Период приработки сопровождается образованием вторичных структур, возникающих в результате трансформации микроструктуры полимеров в условиях трения. Эти и другие изменения способствуют наступлению относительного постоянства условий эксплуатации форм и скорости износа, т. е. переходу к стадии установившегося износа (II на рис. 15.1). В данном интервале времени (или количества циклов работы машины, которое для фотополимерных форм составляет от 50 до 300–500 тыс.) скорость разрушения вторичных структур не превышает скорости их образования и показатели качества меняются незначительно.

Наступление стадии усиленного износа (III на рис. 15.1) характеризуется значительными изменениями показателей качества оттисков. Усиленный износ полимерных печатных форм объясняется механическими процессами, приводящими к «утомлению» этих форм в условиях циклических нагрузок. Первичной реакцией при «утомлении» является разрыв химических связей с образова-

нием свободных макрорадикалов, инициирующих вторичные реакции различных типов.

Большое влияние на тиражестойкость форм высокой печати оказывают режимные и технологические факторы.

1. Влияние скорости печатания, обуславливающей величину, периодичность и направление знакопеременных нагрузок, определяется, прежде всего, связанным с нею изменением давления и, следовательно, характера деформирования приповерхностных слоев контактирующих материалов.

2. Состав и структура декеля, а также структурно-механические свойства бумаги, определяющие необходимое давление и глубину вдавливания печатающих элементов. При использовании декелей и бумаги различной жесткости износ форм будет неодинаковым, увеличиваясь при уменьшении жесткости декеля (в результате повышения глубины вдавливания печатающих элементов) и применении более жесткой бумаги (в результате более интенсивного истирания их рабочей поверхности).

3. Влияние присутствия краски на тиражестойкость печатных форм носит двоякий характер. С одной стороны, обладая свойствами смазки, она в определенной степени снижает коэффициент трения между формой и бумагой и соответственно уменьшает износ форм. С другой стороны, краска воздействует на форму как абразив.

4. Влияние на износ печатной формы оказывает температура в процессе печатания. Нагрев особенно опасен для полимерных формных материалов, характеризующихся недостаточно высокой теплопроводностью и термостойкостью. Изменение температуры приводит к изменению всех физико-механических свойств полимеров, в том числе и наиболее важных с точки зрения их износостойкости (прочности, характера деформационного поведения, износа, сопротивления усталости).

5. Избирательность воздействия рабочей среды (красок и их связующих, растворителей, влаги и т. п.) определяется молекулярной природой материалов, межмолекулярным взаимодействием, проникновением молекул среды в формный материал, набуханием материала и структурными изменениями.

6. Графический состав формы способствует неравномерному распределению давления по ее площади и, следовательно, неодинаковому износу отдельных групп печатающих элементов.



## 15.2. Причины и характер износа форм в офсетной печати

Износ форм офсетной печати вызывается двумя причинами:

- 1) механическим воздействием (истиранием);
- 2) потерей физико-химической устойчивости приповерхностных слоев печатающих и пробельных элементов.

Механическое воздействие на форму в офсетной машине характеризуется следующими проявлениями:

- 1) трением между формой и декелем офсетного цилиндра, которому может сопутствовать взаимное проскальзывание контактирующих поверхностей, обусловленное деформацией декеля или нарушением условий их контакта из-за несоответствия установленным нормативам толщины декеля и формной пластины;

- 2) трением между формой и накатными валиками увлажняющего и красочного аппаратов, в ряде случаев также сопровождающимся проскальзыванием или ударами валиков по форме;

- 3) сошлифовыванием поверхности формы абразивными частицами, содержащимися в составе краски;

- 4) абразивным действием бумажной пыли, отделяющейся при печатании от поверхности бумаги и налипающей на форму, декель и накатные валики, а также загрязнений иного рода (частицы засохшей краски), остающихся на поверхности декеля при недостаточно аккуратной его очистке.

Анализ механических факторов износа форм офсетной печати показывает, что хотя печатный процесс проходит в условиях трения качения, основное воздействие на форму оказывает истирание, которое в общем случае приводит к некоторому нивелированию поверхности печатающих и пробельных элементов и ухудшению условий взаимодействия их соответственно с краской и увлажняющим раствором. Присутствие в зоне контакта соприкасающихся поверхностей твердых частиц приводит к частичному абразивному износу, который начинается при получении первых оттисков, однако достаточно отчетливо проявляется через некоторое время.

Таким образом, можно выделить 2 стадии износа офсетных печатных форм:

- 1) истирание затрагивает только наиболее выступающие участки поверхности, что не отражается заметно на результатах печатного процесса;

2) практически полное истирание и необратимое нарушение процесса печатания.

Главным условием поддержания физико-химической устойчивости форм офсетной печати является сохранение равновесия между молекулярными силами, действующими на границах разделов: «печатающие элементы формы – краска», «пробельные элементы – увлажняющий раствор» и «краска – увлажняющий раствор». Необходимо, однако, отметить, что воздействие физико-химических и механических факторов проявляется не изолированно друг от друга.

Исследования позволили установить взаимосвязь механического воздействия и физико-химических явлений с эксплуатационными характеристиками офсетных формных пластин. Нарушение равновесия между граничными молекулярными силами, потеря печатающими элементами способности избирательно смачиваться краской, а пробельными — водой, изменение размеров этих элементов, а также другие отклонения связаны не только с ослаблением физико-химической устойчивости адсорбционных пленок, но прежде всего с достижением офсетной формой определенной степени механического износа.

Наглядным проявлением физико-химического износа офсетных форм является нарушение избирательного смачивания, при котором мельчайшие частицы связующего начинают осаждаться на пробельные элементы. Закатываясь затем краской, эти частицы вызывают постепенное окрашивание пробельных участков оттиска (тенение формы). Будучи результатом образования эмульсии типа «масло – вода», которое, в свою очередь, обуславливается изменением граничного поверхностного натяжения, тенение, если не принять необходимых мер, приводит к значительному ухудшению качества оттисков и порче формы. Противоположным случаем является образование эмульсии типа «вода – масло», которое приводит к осаждению мельчайших капелек увлажняющего раствора на печатающие элементы.

Неблагоприятным с точки зрения тиражестойкости формы следствием нарушения физико-химического равновесия на границе «краска – увлажняющий раствор» могут быть также явления усиления и ослабления формы, т. е. увеличения или уменьшения размеров печатающих элементов в результате вытеснения краски и увлажняющего раствора друг другом соответственно с печатающих

или пробельных элементов. Это приводит к искажению размеров, а иногда к полному исчезновению отдельных печатающих элементов.

Таким образом, для поддержания необходимой износостойкости офсетных печатных форм нужно жестко подбирать комбинацию «краска – увлажняющий раствор – печатная форма», которая представляет собой высокосложную, тонко организованную систему, чувствительную к внешним воздействиям. К числу факторов, оказывающих заметное влияние на состояние данной системы в динамических условиях, относятся и выбор соответствующего сочетания бумаги, краски и увлажняющего раствора, и тщательность предварительной настройки печатной машины с точки зрения технологически обоснованного нормирования подачи краски и увлажняющего раствора на форму, и устойчивость режимных параметров печатного процесса (в том числе и температуры краски, которая в значительной степени определяет особенности ее транспортировки на всех этапах процесса получения оттиска). Важным фактором с точки зрения стабильности баланса, а следовательно, и рабочих характеристик печатной формы является также наличие или отсутствие в увлажняющем растворе и в составе бумаги поверхностно-активных веществ.

### **15.3. Причины и характер износа форм в глубокой печати**

В глубокой, как и в высокой, печати износ форм является, прежде всего, следствием их механического истирания, однако в отличие от высокой печати здесь подвержены истиранию не печатающие, а пробельные элементы, которые при правильном проведении печатного процесса и тщательной регулировке печатной машины должны быть полностью свободны от краски.

Истирание формы глубокой печати вызывается трением, возникающим:

- 1) при перемещении ракеля вдоль печатной формы;
- 2) при нанесении краски на форму с помощью накатного валика (при соответствующей конструкции красочного аппарата);
- 3) при проскальзывании бумаги по пробельным элементам в момент получения оттиска, вызываемом, в частности, отклонением в толщине декеля.

Из всех перечисленных факторов наибольшее значение для сохранения печатной формы в стабильно рабочем состоянии имеет ее взаимодействие с ракелем. Степень воздействия ракеля на печатную форму и, следовательно, величина износа зависят как от подготовки ракеля, так и от его установки, т. е. правильности выбора угла и усилия прижима.

Для обеспечения нормального удаления краски с пробелов формы и заполнения краской растровых ячеек следует использовать ракели, характеризующиеся постоянным профилем износа и такой шириной рабочей кромки, которая превышает величину диагонали растровой ячейки. В этом случае ракедь будет опираться не только на растровые линии, но и на находящуюся в ячейках печатную краску, что будет способствовать уменьшению давления ракеля на печатную форму.

Большое значение с этой точки зрения имеет толщина стальной пластины, из которой изготавливается ракедь. Так, при толщине ракеля 0,20 мм заточенная рабочая кромка ракеля в процессе печатания тиража будет постоянно сошлифовываться, т. е. увеличиваться в размерах, следствием чего окажется непрерывное уменьшение давления ракеля на печатную форму, что приведет к неполному удалению краски с пробельных элементов. Компенсация этого нарушения увеличением усилия прижима ракеля к форме возможна только до определенного предела, за которым может наступить преждевременный износ печатной формы.

При использовании ракелей без заточки рабочей кромки, изготавливаемых из стальной пластины меньшей (<0,16 мм) толщины, расширения контактирующей с формой его кромки не происходит и, следовательно, усилие прижима ракеля к печатной форме остается постоянным. Если же при этом ракедь изготавливается из более толстой стали (и, соответственно, имеет более широкую рабочую кромку), его устанавливают под более крутым углом (крутой ракедь).

Важным преимуществом установки ракеля под большим (70–80°) углом является, кроме того, более стабильное заполнение краской растровых ячеек (способствующее хорошей пропечатке изображения), а также более надежное предотвращение теневого пробела формы. При установке ракеля с относительно небольшим углом (около 45°) краска, захватываемая формным цилиндром, создает в зоне контакта формы и ракеля гидродина-

мический напор, отжимающий рабочую кромку ракеля от поверхности формы.

В результате этого между ракелем и растровыми опорными линиями образуется стационарная тонкая прослойка краски, которая, с одной стороны, вызывает проскальзывание ракеля и усиленный (в условиях жидкостного трения) износ пробельных элементов формы, а с другой, сочетаясь с уменьшением усилия прижима ракеля, приводит к тенению пробелов. Крутой ракедь предотвращает возникновение этих осложнений в результате уменьшения динамического напора краски и стабилизации усилия прижима.

Наиболее благоприятной в отношении обеспечения минимального износа печатной формы и стабильного качества оттисков является также «обратная» установка ракеля (в направлении, противоположном направлению вращения формного цилиндра), позволяющая обеспечить необходимое усилие прижима ракеля при стабильной (и относительно невысокой) величине гидродинамического напора печатной краски. Однако обратная установка ракеля требует тщательной регулировки привода формного цилиндра.

Кроме того, формы глубокой печати являются более чувствительными к абразивным свойствам печатных красок и наличию в них инородных примесей по сравнению с другими способами печати.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Каковы основные причины и характер износа форм высокой печати?
2. Чем характеризуется механическое воздействие на форму офсетной печати?
3. Чем характеризуется физико-химический износ офсетных печатных форм?
4. Каковы основные причины и характер износа форм глубокой печати?
5. Какое влияние оказывает угол установки ракеля на износ форм глубокой печати?

## Глава 16

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МНОГОКРАСОЧНОГО ПЕЧАТАНИЯ

### 16.1. Синтез цвета при многокрасочном печатании

Процесс многокрасочного печатания можно определить как процесс многократного получения одинаковых по заданным показателям цветных оттисков путем последовательного переноса с цветоделенных форм цветных красок на запечатываемый материал.

Существуют два способа получения цвета, которые нашли применение в многокрасочной печати: аддитивный и субтрактивный [12].

Аддитивный синтез основан на смешении простых и сложных излучений на сетчатке глаза. В практике многокрасочного печатания аддитивный синтез достигается методом пространственного смешения цветов, при котором используется ограниченная разрешающая способность глаза. Если плотность точек выше разрешающей способности глаза, то глаз не в состоянии разделить их пространственно. И если эти потоки имеют разную интенсивность, они, действуя на одно и то же место сетчатки, воспринимаются как один поток суммарной интенсивности или суммарного цвета. Такой способ реализован в многокрасочном растровом печатании. Например, отдельные разноокрашенные растровые элементы в светах многокрасочного оттиска воспринимаются не отдельно, а в виде сплошного пятна, цвет которого зависит от соотношения количеств единичных красок.

Аддитивный синтез подчиняется законам Г. Грассмана [12]. Согласно первому закону, любой цвет может быть получен при смешении трех линейно независимых цветов. А это означает, что при смешении любых двух из этих цветов не должен получаться третий. Однако из существующего неограниченного числа линейно независимых комбинаций выбирают только ту, которая воспроизводится легче. Наиболее подходящей в этом отношении является комбинация основных цветов: красного, зеленого и синего. Одновременно с данной триадой была принята другая тройка основных цветов. Ее составили цвета более насыщенные, чем спек-

тральные, и были обозначены символами  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ , представляющие собой векторы единичных цветов.

Для получения цвета  $\text{Ц}$  их нужно смешать в количествах  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , называемых координатами цвета, и это сочетание может быть описано следующим линейным уравнением:

$$\text{Ц} = xX + yY + zZ. \quad (16.1)$$

Другой закон аддитивности определяет цвет как самостоятельную величину. Согласно этому закону, цвет смеси зависит только от цветов смешиваемых компонентов, но не от их спектрального состава. Поэтому если смешивается несколько цветов, например  $\text{Ц}_1$ ,  $\text{Ц}_2$ ,  $\text{Ц}_3$ :

$$\text{Ц} = \text{Ц}_1 + \text{Ц}_2 + \text{Ц}_3, \quad (16.2)$$

то при замене одного из цветов в правой части этого уравнения другим цветом, вызывающим одинаковое с ним возбуждение глаза, результирующий цвет левой части уравнения не нарушится. Таким образом, цвет простого излучения можно заменить цветом сложного излучения, и наоборот.

Этот закон позволяет описывать цвета достаточно простыми математическими соотношениями. Так, например, чтобы сложить несколько цветов, достаточно каждый из цветов представить в виде суммы основных цветов в соответствии с первым законом:

$$\begin{aligned} \text{Ц}_1 &= x_1X + y_1Y + z_1Z; \\ \text{Ц}_2 &= x_2X + y_2Y + z_2Z; \\ \text{Ц}_3 &= x_3X + y_3Y + z_3Z. \end{aligned} \quad (16.3)$$

В результате сложения получается:

$$\text{Ц} = (x_1 + x_2 + x_3)X + (y_1 + y_2 + y_3)Y + (z_1 + z_2 + z_3)Z. \quad (16.4)$$

Уравнение (16.4) свидетельствует, что при сложении цветов складываются координаты цветов, ее составляющих.

Субтрактивный синтез, в отличие от аддитивного, основан не на сложении, а на вычитании цветов. В идеальной модели образование цвета происходит при прохождении белого цвета, содержащего основные цвета, через прозрачные окрашенные среды. В этом случае цвет возникает вследствие избирательного поглощения части излучения  $\text{Ц}_п$  из общего  $\Sigma\text{Ц}$ . После прохождения через окрашенную среду общее излучение изменит свой цвет на цвет  $\text{Ц}$ :

$$\text{Ц} = \Sigma\text{Ц} - \text{Ц}_п. \quad (16.5)$$

Если на пути излучения будет находиться несколько сред, то вычитаемое в уравнении (16.5) будет состоять из нескольких элементов. Поскольку при субтрактивном синтезе используется несколько сред, они не могут быть окрашены в основные цвета, так как каждая из таких сред поглощала бы по две трети спектра. При попарном сочетании эти среды будут полностью поглощать проходящее через них излучение. В связи с этим для субтрактивного синтеза применяют среды, окрашенные не в основные, а в дополнительные цвета — желтый, пурпурный, голубой. Среды, окрашенные в эти цвета, пропускают две трети и поглощают одну третью часть спектра светового излучения. Поэтому для многокрасочного печатания применяют краски, окрашенные в эти цвета, комплект которых называется триадой.

При трехкрасочном печатании синтез цветов осуществляется на основе применения трех красок, каждая из которых поглощает один из основных цветов. Особенность его заключается еще и в том, что в красочном слое избирательное вычитание одних излучений и пропускание других происходит дважды. Излучение сначала проходит через красочный слой до подложки, а затем, отражаясь от нее, вторично проходит тот же слой и поступает в глаз наблюдателя.

На рис. 16.1 показаны схемы образования цветов при субтрактивном синтезе на примере использования триадных красок.

Чтобы пропущенная часть излучения имела максимальную величину, краска должна обладать в зоне пропускания прозрачностью, а подложка должна характеризоваться высоким и неизбирательным значением спектрального коэффициента отражения. Поэтому при проведении трехкрасочного печатания используют главным образом мелованную бумагу, отличающуюся высокой белизной.

Рис. 16.1 иллюстрирует случай идеального субтрактивного синтеза, выполненного при условии использования:

- 1) источника с единичными основными излучениями;
- 2) красок, абсолютно прозрачных в зонах пропускания и полностью поглощающих одну третью часть спектра;
- 3) подложки, полностью отражающей падающий свет.

В результате такого субтрактивного синтеза образуется восемь различных цветов: белый при отсутствии красок (незапечатанная бумага), три дополнительных цвета при наложении на под-



ложку одной триадной краски, три основных цвета при попарном совмещении триадных красок, черный при тройном наложении тех же красок.

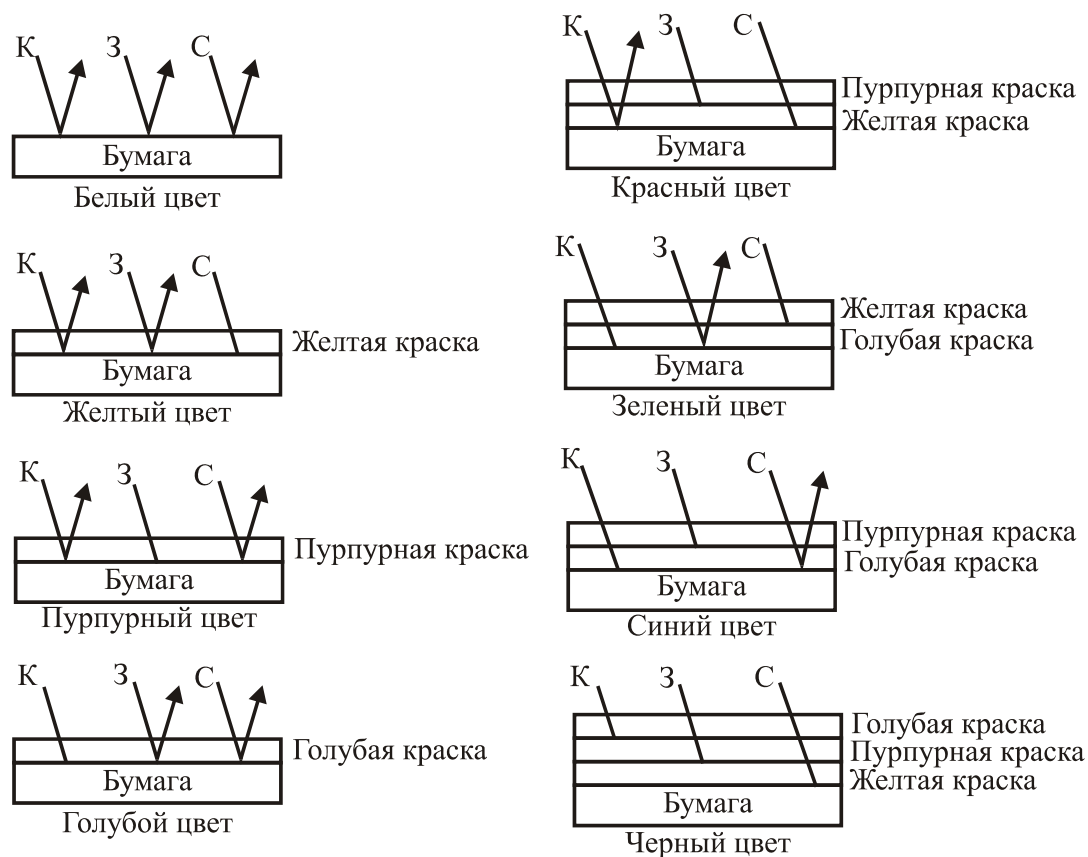


Рис. 16.1. Схема образования основных и дополнительных цветов при субтрактивном синтезе триадных печатных красок

При таком идеальном синтезе отраженные излучения по интенсивности не будут отличаться от падающих. Причем как бы ни менялась толщина красочных слоев, эффект отражения будет одинаковым. Если вместо идеальной подложки, характеризующейся 100%-ным отражением по всему спектру, взять, например, отражающую равномерно 80% падающего света, то все отраженные излучения, прошедшие слой краски (или красок), не будут больше этой величины.

Отсюда следует, что для получения других цветов, кроме рассмотренных, необходимо менять интенсивность основных излучений. Практически это осуществить невозможно и не нужно по той причине, что у реальных триадных красок, в отличие от

идеальных, поглощающая способность в зонах поглощения зависит от толщины слоя краски или от концентрации в ней пигмента. Чем меньше толщина слоя краски, тем в большем количестве проходит излучение в зоне поглощения и тем выше светлота полученного цвета и меньше его насыщенность. Именно эта особенность реальных красок создавать при наложении разнотолщинных слоев различные комбинации цветов использована в глубокой печати.

Отличие реальных триадных красок от идеальных не ограничивается только зависимостью их поглощающей и пропускающей способности от толщины слоя на оттиске. Другой особенностью реальных красок является их светорассеивающая способность. Триадные краски представляют собой неоднородные системы, в которых частицы пигмента имеют показатель преломления, отличающийся по величине от показателя преломления связующего вещества, поэтому на границах раздела пигмент – связующее происходит отражение (рассеяние) света. Чем больше разница в показателях преломления этих веществ, тем больше будет величина коэффициента отражения от рассматриваемых границ раздела.

С изменением толщины слоя краски светорассеяние также изменяется. У триадных красок его изменение в различных зонах спектра неодинаково. Слои желтой краски при небольших толщинах в наибольшей степени отражают излучения зеленой зоны и в несколько меньшей — красной. При больших толщинах, приближающихся к бесконечно толстому слою и начинающихся примерно с 1 мм, эти различия сглаживаются. Пурпурная краска рассеивает только в красной зоне. При бесконечно толстом слое она отражает преимущественно в красной зоне. Наименее рассеивающейся является голубая краска. Даже в бесконечно толстом слое она характеризуется незначительным рассеянием в сравнительно узкой части синей зоны спектра. Поэтому ее можно отнести к виду частично поглощающих и частично пропускающих красок.

Таким образом, в бесконечно толстых слоях желтая и пурпурная краски дают сильное светорассеяние, определяющее их цвет. Голубая краска характеризуется незначительным рассеянием в синей зоне, а при большой толщине слоя имеет почти черный цвет с легким синеватым оттенком.

Для практики печатных процессов, имеющих дело с тонкими слоями триадных красок, важно знать, что голубая краска при толщине слоя на оттиске 1 мкм фактически не обладает рассеянием, а две другие — желтая и пурпурная — при той же толщине характеризуются небольшим рассеянием в указанных выше зонах. Это дает возможность установить порядок их наложения. Вполне очевидно, что если рассеивающая желтая краска будет печататься последней, то ее рассеивающая способность скажется на результирующем цвете субтрактивного синтеза.

Поэтому, исходя из указанных свойств рассматриваемых триадных красок, их следует печатать в последовательности: первой желтую, затем пурпурную и последней голубую. Этой последовательности придерживаются в глубокой печати и в некоторых случаях в офсетной и высокой печати. Однако из-за специфических физико-химических и реологических свойств печатных красок, а также из-за укоренившихся традиций этот порядок в реальном печатном процессе нарушается.

## **16.2. Явление муара при многокрасочном печатании**

На цветоделенных формах высокой и офсетной печати растровые элементы расположены под определенным углом. Это связано с условиями проведения печатного процесса. К ним в первую очередь относятся оптические свойства печатных красок и точность их совмещения, или привodka.

Поворот растровых систем не может производиться произвольно, поскольку при любой комбинации углового расположения растровых систем на оттисках возникает более или менее заметный цветной узор, или муар. Изучение муара при различных углах поворота показало, что он отсутствует при установке их на один и тот же угол. Но при незначительном угловом смещении одной из систем он появляется. Причем сначала возникает резко заметный муар, получивший название квадратного, так как его узор состоит из подобных элементов. При увеличении угла поворота он уменьшается и при 20° практически становится невидимым. При дальнейшем повороте одной из растровых сеток появляется малозаметный розеточный муар с переменным характером его рисунка.

При  $70^\circ$  вновь возникает сначала малозаметный, а затем все более возрастающий вплоть до  $90^\circ$  квадратный муар. Указанная закономерность чередования двух видов муара повторяется по всей окружности ( $360^\circ$ ) четыре раза.

Присутствие квадратного муара на оттиске из-за его резкой выраженности недопустимо. Поэтому формы для двухкрасочного печатания изготавливают таким образом, чтобы углы между растровыми сетками обеспечивали получение на оттиске только розеточного муара. Однако розеточный муар в секторе  $20\text{--}70^\circ$  имеет разный характер. Наименее заметен он при  $30^\circ$ -градусной установке второго растра. Таким образом, углы поворота растровых систем для двухкрасочной печати должны составлять  $0$  и  $30^\circ$ .

На основании результата, полученного при совмещении двух растров, определяется угол поворота третьего растра. При повороте третьего растра на углы от  $0$  до  $90^\circ$  происходит чередование рисунка муара. Розеточный муар появляется при установке третьего растра в пределах следующих углов:  $10\text{--}20^\circ$ ,  $40\text{--}50^\circ$  и  $70\text{--}80^\circ$ . При введении четвертого растра (для черной краски) наблюдается иной порядок чередования участков муара.

Выбор варианта угловой установки растровых систем определяется зависимостью картины муара от слоев на оттиске. Для выяснения влияния этих факторов необходимо рассмотреть сначала общую причину появления муара. Вследствие поворота отдельных растров на разные углы растровые элементы различных красок в принципе не должны совпадать друг с другом, однако на практике они совпадают. Если один растр неподвижен, а второй повернут, то центр его вращения может совпадать с центром растровой точки второго растра. По мере удаления от центра элементы обоих растров будут последовательно удаляться друг от друга, а затем сближаться до совмещения.

В результате на отдельных участках оттиска растровые элементы будут разобщены, на других они будут частично перекрыты, а на некоторых будут полностью совпадать. А это сопровождается периодическим изменением оптической плотности отдельных участков изображения и их цвета от некоторого минимума до некоторого максимума, что определяет не только характер рисунка муара, но и его контраст. Наиболее явно подобная периодичность наблюдается при возникновении квадратного муара, в вершинах которого располагаются полностью совмещенные растро-

вые элементы. Расстояние между ними вдоль одной из сторон квадрата называется периодом муара.

Величина периода  $d$ , выраженная в миллиметрах, зависит от угла поворота  $\alpha$  и линиатуры растра. Для системы, состоящей из двух растров, период будет равен:

$$d = \frac{a}{2 \sin \alpha / 2}, \quad (16.6)$$

где  $a$  — растровое расстояние, мм ( $a = 10/A$ ;  $A$  — линиатура растра, выраженная в лин./см).

Из выражения следует, что с увеличением линиатуры растра (т. е. с уменьшением  $a$ ) и угла поворота период квадратного муара уменьшается. Это выражение применимо и при использовании трех и более растровых систем, так как в этих случаях квадратный муар чаще всего возникает из-за неправильной установки одного из растров.

Различимость квадратного муара в тех угловых пределах, где он должен возникать, зависит:

- 1) от оптических свойств печатных красок;
- 2) толщины их слоя;
- 3) порядка наложения красок;
- 4) условий печатания («по-сырому» или «по-сухому»).

Чем выше оптическая плотность красок, тем выше контраст муара. Поэтому черные краски обеспечивают наиболее заметный муар. При многокрасочном печатании наибольшую роль в его образовании, помимо черной, играют голубая и пурпурная краски. Желтая краска в сочетании с этими красками муара практически не образует. Но это правило справедливо только при соблюдении некоторых условий печатания. На практике довольно часто угол между растровыми сетками желтой и пурпурной красок равняется  $15^\circ$ .

При такой установке растров образуется квадратный муар, но он наблюдается только при использовании оптически темных, например черных, красок. При использовании светлых желтой и пурпурной красок он не будет видим только при условии печатания пурпурной краской по уже закрепившемуся слою желтой краски. Если в желтую краску ввести коричневую или красную краску, то при тех же условиях печатания возникает малоконтрастный, однако вполне различимый квадратный муар. При печатании «по-сырому» вследствие проникновения в желтую краску бо-

лее темных пигментов других красок она также становится темнее, что приводит к появлению видимого муара.

Чем больше толщина слоя краски и выше четкость растровых элементов на оттиске, тем муар заметнее. Поэтому на оттисках высокой печати его контраст выше, чем на оттисках офсетной печати.

Контраст муара зависит также от соотношения площади печатающих и пробельных элементов на оттиске. В наибольшей степени это положение сказывается в глубокой печати. Площадь печатающих элементов форм глубокой печати, как правило, значительно больше площади пробельных. После печатания пробелы в тенях и полутонах изображения затягиваются растекающейся краской. В светах слой краски имеет малую толщину, а сами печатающие элементы характеризуются нечеткостью. Поэтому на оттисках глубокой печати муара не возникает. Вследствие этого формы глубокой печати для трехкрасочного печатания изготавливаются с одним углом поворота растров.

Современные триадные краски обладают сравнительно высокой прозрачностью в зонах пропускания и высокой поглощающей способностью в зонах поглощения, поэтому их можно использовать — при соблюдении допуска на совмещение — для печатания «точка в точку», т. е. без поворота растровых систем. Исследования показали, что при соблюдении строгих требований к приводке отпечатанные без поворота растров цветные изображения незначительно отличаются от изображений, полученных обычным способом с поворотом растровых систем. При печатании «точка в точку» наблюдается более четкое разделение особенно мелких деталей изображения, лучшее выделение отдельных цветов. Практическое применение этот способ получил при издании плакатной продукции, где установлены сравнительно высокие допуски на совмещение красок.

### **16.3. Технологические свойства основных материалов процесса многокрасочного печатания**

Многокрасочное печатание — многооперационный процесс. Каждая такая операция переноса одной из цветных красок с формы на запечатываемый материал производится при определенных

условиях. К таким условиям относится использование индивидуальных форм, печатного и красочного аппаратов, а в случае печатания офсетным способом — и индивидуального увлажняющего аппарата; при печатании на листовых машинах — индивидуальных листопередающей и листовыводящей системы.

Таким образом, каждый процесс многокрасочного печатания отличается схемой его проведения.

Для выбора экономически наиболее эффективной и технологически более целесообразной схемы его проведения необходимо провести технико-экономический расчет. Такой расчет ведется с учетом ряда показателей, к которым относятся: стоимость машин, комплектующего оборудования, печатных форм, материалов; производительность машин, определяемая не только числом оборотов печатного цилиндра, но и форматом бумажного листа, запечатываемого с одной или двух сторон за один оборот печатного цилиндра; трудоемкость процесса подготовки машин к печатанию; тиражестойкость форм; квалификация и число обслуживающего машину персонала; стабильность и надежность печатной машины в течение процесса печатания тиража; способы контроля показателей качества печатной продукции.

Эти и другие показатели, учитываемые при выполнении технико-экономических расчетов, определяют в конечном итоге наиболее эффективный вариант процесса многокрасочного печатания.

Выбор варианта многокрасочного печатания связан также с рядом технологических особенностей, определяемых способом печатания, свойствами основных материалов и поведением их в процессе печатания тиража.

К бумаге как основному материалу предъявляется ряд требований, наиболее важное из которых — белизна. Для количественной оценки белизны бумаги находят ее коэффициент отражения. В полиграфической промышленности для определения белизны можно использовать денситометр с тремя зональными фильтрами. Зональные плотности переводятся в коэффициенты отражения, среднее значение которых принимается как количественная оценка белизны. Сами же зональные плотности (или коэффициенты отражения) позволяют приближенно судить о цветовом оттенке бумаги. Белизна бумаги в зависимости от степени ее отделки колеблется в пределах от 65 до 95%.

Другой показатель бумаги — прозрачность — обычно связывается с просвечиваемостью текста или изображения. Но, кроме того, от прозрачности зависит оптическое увеличение растровых элементов. Чем выше прозрачность, тем больше ширина оптического ореола. Цвет этого ореола соответствует цвету краски, расположенной в пределах растрового элемента. Для снижения этого эффекта в многокрасочном печатании применяют непрозрачные виды бумаги.

Большое значение при многокрасочном печатании имеют гладкость и впитывающая способность бумаги. Число воспроизводимых цветов при печатании на впитывающей краску бумаге заметно сокращается. А так как впитывающая бумага также характеризуется невысокой гладкостью, то красочные слои располагаются неравномерно, отдельные растровые элементы полностью не пропечатываются. В результате происходит снижение насыщенности цветов.

Немалую роль для многокрасочного печатания играют деформационные свойства печатной бумаги, определяющие точность совмещения отдельных красок. Поэтому в печатный цех бумага должна поступать после акклиматизации.

Таким образом, для многокрасочного печатания должна использоваться высокогладкая, характеризующаяся высоким и равномерным значением спектрального коэффициента отражения, непрозрачная, практически не впитывающая краску и не деформирующаяся бумага.

В условиях практики многокрасочного печатания, помимо учета оптических и цветовых свойств печатных красок, должны приниматься во внимание их физико-химические и реологические свойства.

Важной характеристикой печатных красок является их цветовой охват. Чем больше в него входит различных цветов, тем точнее передается цветовое содержание оригинала. Определим возможности разных способов печатания в этом отношении.

В офсетной и высокой печати обеспечивается постоянство толщины слоя каждой краски, что приводит к получению одинаковых по цветовым характеристикам оттисков и существенно облегчает контроль значений координат цвета или зональных оптических плотностей. В глубокой печати используются маловязкие краски. Цветовая структура изображения на оттиске оп-



ределяется разной толщиной слоя каждой триадной краски, что создает трудности для ее контроля в процессе печатания, а это, в свою очередь, приводит к частым изменениям цвета тиражных оттисков. Различная толщина красочных слоев обеспечивает получение на оттисках данного способа печатания большой цветовой охват.

Формирование цветного изображения в процессе многокрасочного печатания может происходить или при условии нанесения каждой последующей краски на высохший слой ранее отпечатанной («по-сухому»), или при нанесении каждой последующей краски без предварительного закрепления предыдущей («по-сырому»).

При печатании «по-сухому» каждая последующая краска поступает на оттиск через несколько часов после того, как отпечатана предыдущая. За это время предварительно отпечатанная краска претерпевает значительные изменения. Вязкость и когезионная прочность ее резко возрастают. Изменяются поверхностные свойства, в частности, снижается смачивающая способность. Изменение смачивающей способности красочного слоя при закреплении свидетельствует об изменении его полярности и адгезионных свойств. Установлено, что при увеличении времени закрепления когезионная прочность печатных красок возрастает, адгезия же уменьшается (рис. 16.2).

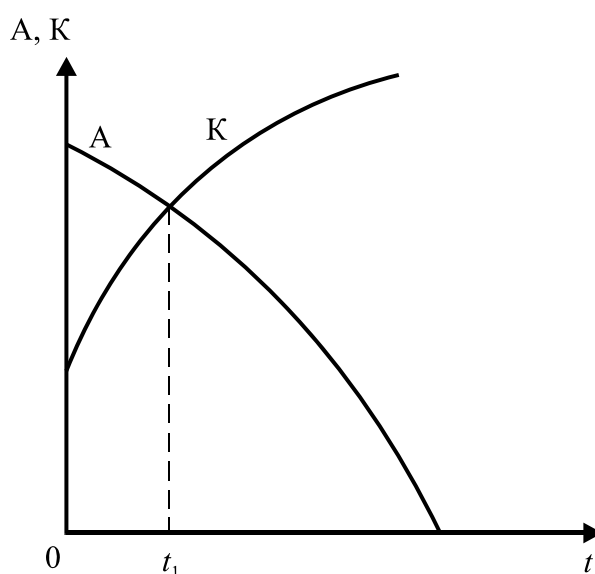


Рис. 16.2. Изменение адгезии А и когезии К в процессе пленкообразования

Из рис. 16.2 видно, что при некотором времени  $t_1$  адгезия и когезия становятся равными. Затем, с увеличением времени, величина когезии становится больше адгезии. Следовательно, время  $t_1$  является критическим, так как при времени, большем  $t_1$ , закрепившаяся краска не будет воспринимать следующую.

Таким образом, при печатании «по-сухому» необходимо устанавливать время закрепления красок меньше критического времени, т. е. тогда, когда величина адгезии превышает когезию. При печатании «по-сухому» растровые элементы на оттисках образуют более четкие контуры, чем в случае печатания «по-сырому». Это объясняется тем, что в первом случае они при последующих прогонах не деформируются. Толщина слоя каждой краски не отличается от толщин слоев других красок, так как коэффициент перехода практически одинаков для всех красок. Не происходит также смешивания красочных слоев из-за отсутствия процессов диффузии.

Недостатком печатания «по-сухому» является длительность процесса печатания, сложность корректирования цвета при печатании очередной краски.

При печатании «по-сырому» отсутствует большинство недостатков, свойственных печатанию «по-сухому». Как правило, оно производится на высокоскоростных листовых и рулонных ротационных машинах. На таких машинах за один листопробег последовательно с перерывом 0,1–0,3 с между печатанием смежных красок осуществляется перенос их с отдельных форм на запечатываемый материал.

За такой непродолжительный промежуток времени краска, поступившая на оттиск в состоянии предельно разрушенной структуры, вступает в контакт со следующей краской при незначительном изменении своей вязкости. Поверхностные свойства и активность ее функциональных групп за это время также почти не меняются, поэтому в точках контакта новая краска практически мгновенно сливается с предыдущей. Граница раздела фаз в этих точках исчезает и происходит диффузия молекул и макромолекул связующего, а с ними и частиц пигмента из одной фазы в другую. Вместе с тем заметно изменяется характер перехода каждой последующей краски. Переход одной и той же краски при контакте с бумагой и с подвижно-жидким слоем краски неодинаков. В первом случае он будет больше, чем во втором.

При печатании на практически не впитывающем материале переход краски определяется толщиной ее слоя на форме и условиями проведения печатного процесса. При печатании в тех же условиях переход второй краски определяется не только толщиной ее слоя на форме, но и толщиной подвижного слоя краски на оттиске. После контакта двух слоев красок граница раздела между ними исчезает. Образуется единый слой, общая толщина которого в момент печатного контакта будет равна сумме толщин слоев красок на оттиске и форме (или промежуточной красконесущей поверхности).

Из сказанного можно сделать ряд выводов, имеющих значение для практики многокрасочного печатания.

Во-первых, прочность прилипания, или адгезия красок, участвующих в печатном процессе, должна быть больше когезионной прочности любой из этих красок.

Во-вторых, во время печатания когезионная прочность всех красок должна быть различной. Для этого в условиях практики изменяют вязкость красок, соблюдая требование, чтобы каждая последующая краска имела вязкость меньшую, чем предыдущая.

В случае, если вязкость первой краски окажется меньше, чем второй, линия разрыва при взаимодействии ее со стороны следующей краски будет проходить в объеме первой краски, т. е. вместо нормального перехода вторая краска будет снимать с оттиска часть первой.

В условиях практики обычно принимаются меры для ускоренного изменения вязкости каждой краски до контакта ее с последующей непосредственно при проведении печатного процесса. Так, в глубокой печати после каждого краскопрогона между отдельными печатными секциями производится обдув оттисков, что приводит к ускорению процесса испарения растворителя и к повышению вязкости красок. В офсетной и высокой печати вязкость красок на оттисках частично меняется вследствие быстро протекающих процессов полимеризации и структурирования, а при печатании на бумаге — из-за частичного проникновения связующего в ее поверхностные слои под действием давления и сил капиллярного взаимодействия. Совместное действие этих факторов определяет степень возрастания вязкости красок после каждого краскопрогона.

Разработка и создание быстроскрепляющихся красок обеспечивает еще более благоприятные условия проведения многокрасочного печатания «по-сырому» с использованием красок, вязкость которых при переходе на запечатываемый материал быстро возрастает.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Как происходит образование цветов при идеальном субтрактивном синтезе?
2. Какие виды муара существуют, и при каких углах поворота растровых систем они появляются?
3. От каких параметров зависит различимость квадратного муара?
4. Чем отличается технологический процесс многокрасочного печатания «по-сухому» и «по-сырому»?
5. Как изменяется адгезионная и когезионная прочность печатных красок с увеличением времени их закрепления?

## Глава 17

# КАЧЕСТВО ПЕЧАТНОЙ ПРОДУКЦИИ

### 17.1. Субъективные и объективные критерии оценки качества печатного изображения

Качество воспроизведения изображения на оттисках определяется субъективными особенностями зрительного восприятия изображения и объективными возможностями полиграфической технологии и техники репродуцирования.

С субъективных позиций качество отпечатанного изображения зависит от степени его соответствия эталону (которым может быть и оригинал). Чем меньше репродукция отличается от эталона, тем выше точность, а следовательно, и качество воспроизведения.

Субъективная оценка точности или качества воспроизведения является результатом психологической обработки мозгом воспринимаемой им зрительной информации. Поскольку любое печатное изображение предназначено для человека, то оценка качества воспроизведения должна проводиться в соответствии и с учетом психологии восприятия. А это означает, что психологическая оценка является достаточно надежным способом определения качества печатного изображения. Поэтому широкое распространение для оценки качества изображения получил метод визуальной экспертизы.

Визуальная оценка качества изображения проводится путем опроса нескольких экспертов. На основании усреднения их оценок получают достаточно достоверные представления о качестве. Для экспертизы привлекаются наблюдатели, которыми могут быть как неспециалисты, так и специалисты в вопросах репродуцирования. Первые определяют качество изображения так, как его понимает «средний» наблюдатель. Вторые, имеющие опыт обработки изображений, дают более обоснованные оценки качества.

Методы визуальной оценки используются как для определения качества изображения по сравнению с эталоном, например тиражного оттиска с оттиском, полученным при проведении пробного печатания, так и для попарного сравнения оттисков в процессе

печатания тиража. Метод визуальной оценки используется не только для комплексной оценки всего изображения в целом, но и для оценки отдельных погрешностей. Например, потеря на репродукции мелких деталей довольно быстро может быть обнаружена при сравнении с эталоном. Точно также может быть установлено изменение цвета на отдельных участках изображения.

Это позволяет сделать вывод: любое изображение характеризуется совокупностью отдельных свойств, поэтому изменение хотя бы одного из них всегда будет приводить к ухудшению его качества. Следовательно, каждое из таких свойств является дифференцированным показателем качества воспроизведения.

Показатель качества, характеризующий одно из свойств печатного изображения, называют единичным. Отдельные единичные показатели качества могут оцениваться не только визуально, но и с помощью объективных методов, а это значит, что они могут быть оценены количественно, так как являются размерными величинами. Как правило, единичные показатели качества и их размерные значения вносятся в нормативные документы. Роль единичных показателей такова, что именно они позволяют установить понятие о качестве продукции.

Под качеством продукции понимается совокупность ее свойств, определяющих степень пригодности продукции для использования по назначению и соответствующих требованиям нормативных документов, в первую очередь ГОСТов, а при их отсутствии — ОСТов, технических условий и инструкций. В этих документах указываются не только номинальные значения единичных показателей качества, но и допустимые отклонения их от номинала.

Качество печатного изображения обычно оценивается на основании определения значений следующих единичных показателей:

- 1) оптическая плотность;
- 2) цветовой тон, чистота цвета, светлота;
- 3) совмещение отдельных красок;
- 4) четкость воспроизведения;
- 5) растискивание;
- 6) равномерность распределения краски на оттиске.

Каждый из этих показателей может быть измерен и выражен размерными (или безразмерными) единицами. Оптическая плот-

ность определяется на денситометре, и ее значения выражаются в единицах оптической плотности. Цветовые характеристики устанавливаются измерением цвета выбранных участков оттиска на спектрофотометре или на трехфильтровом денситометре и рассчитываются.

Совмещение отдельных красок определяется по специальным меткам или шкалам, расположенным на оттиске, и измерение степени расхождения (или совпадения) их оценивается с помощью измерительной лупы или микроскопа. Четкость воспроизведения отдельных растровых элементов, штрихов также определяется с помощью измерительного микроскопа.

Единичные показатели качества используются для оценки и сопоставления их значений на пробном и тиражном оттисках. При благоприятном результате дается разрешение на печатание тиража. С этого момента качество оттисков зависит от стабильности печатного процесса.

## **17.2. Условия проведения стабильного процесса печатания. Дефекты, возникающие при печатании**

Под стабильным подразумевается процесс, обеспечивающий при заданных режимных условиях печатания сохранение нормированных значений показателей качества оттисков в течение всего тиража.

Режимные условия устанавливаются в начале печатания тиража в соответствии с рекомендациями ОСТа. К ним относятся определенные требования к подаче краски (а в офсетной печати — и увлажняющего раствора), к давлению в зоне контакта элементов печатной пары, к составу декельного материала, к климату в цехе и ряд других требований.

На практике стабильный печатный процесс неосуществим, так как под влиянием различных возмущающих факторов режимные условия изменяются. Вследствие этого происходят изменения нормативных значений единичных показателей качества изображения на оттисках. Поэтому контроль единичных показателей качества осуществляется на протяжении печатания всего тиража. Он может проводиться как в стационарных условиях, так и в динамическом режиме печатания. В первом случае значения

показателей проверяются выборочно у отдельных оттисков вне машины. Во втором случае контроль производится непосредственно на печатной машине с помощью автоматических устройств. В случае несоблюдения режимных требований на оттисках могут возникнуть дефекты, снижающие их качество. К этим дефектам относятся [13]:

1. Выщипывание волокон бумаги вместе с участками изображения. Причина дефекта состоит в использовании краски с повышенной вязкостью и липкостью. Как известно, эти реологические характеристики красок должны быть согласованы со скоростью печатания. При заданной скорости печатания краски во избежание выщипывания должны быть заменены или откорректированы.

2. Дробление или двоение отдельных печатающих элементов (штрихов, растровых элементов). Причины этого дефекта: погрешности при зацеплении зубчатых передач, сверхнормативная толщина декеля машины офсетной или высокой печати и неправильно выбранный его состав.

3. Муарообразование может быть связано с неправильным изготовлением печатных форм. Такой дефект неустраним, поэтому форму необходимо переделать.

4. Смазывание штрихов, расположенных параллельно образующей формного цилиндра, возникает при скольжении в зоне контакта печатной пары. Для предупреждения этого дефекта следует уменьшить деформацию декеля в зонах контакта.

5. Растискивание — увеличение площади печатающих элементов на оттиске. Причина состоит в том, что при контакте формы с накатными валиками часть краски попадает на боковые стенки печатающих элементов формы высокой печати или выдавливается за края печатающих элементов формы офсетной печати. Это явление полностью не устранимо.

6. Длина изображения на оттиске в направлении подачи листов больше длины изображения на форме. Это происходит в результате удлинения изображения при изгибе печатной формы во время ее установки и закрепления на формном цилиндре. Способ предупреждения — произвести подкладку под форму.

Большое значение для предупреждения возникновения вышеперечисленных дефектов имеет периодический контроль состояния самой печатной машины.



Предупреждение указанных и ряда других дефектов обеспечивает получение более качественной печатной продукции. Качество печатания будет еще выше, если наряду с указанными мерами будет проведена акклиматизация бумаги с целью предупреждения ее деформационных изменений во время печатания. Особое внимание должно быть обращено также на выбор красок с учетом не только реологических свойств, но и скорости их закрепления на оттиске с минимальным отмарыванием. Для его полного предупреждения необходимо определить вид противотмарочного устройства. Необходимо также выбрать тип нейтрализатора для предупреждения возникновения статического электричества на бумаге.

После выполнения всех предупредительных мер контроль показателей качества во время печатания тиража значительно упрощается. Но необходимость в проведении такого контроля не уменьшается, так как из-за нестабильности печатного процесса показатели качества изменяются. Контроль их значений дает возможность своевременно производить необходимые исправления.

### **17.3. Факторы, оказывающие влияние на основные показатели качества печатной продукции**

Факторы, нарушающие стабильность печатного процесса, различны, неодинаково и их влияние на отдельные показатели качества. Поэтому их можно сгруппировать по степени воздействия на эти показатели.

1. Оптическая плотность. Этот показатель качества является нормированной величиной. Например, допустимые отклонения зональных оптических плотностей при печатании «по-сырому» или «по-сухому» на глянцевой бумаге для цветных красок составляет  $\pm 0,05$ , а при печатании на матовой бумаге  $\pm 0,08$ . При печатании черной краской, независимо от вида бумаги, допустимое отклонение оптической плотности составляет  $\pm 0,1$ .

Так как указанным значениям оптической плотности соответствуют определенные значения толщины слоя каждой краски, то основным требованием к условиям проведения печатного процес-

са является сохранение значений оптических плотностей на протяжении печатания всего тиража. Причем значение ее в пределах допуска должно быть постоянным (по плашке) на любом участке оттиска. Однако на величину оптической плотности оказывают влияние определенные факторы. Одним из них является температурный фактор.

Вследствие релаксации напряжений в декеле давление в зоне контакта печатной пары снижается, причем если материал неоднороден, то изменение давления будет неравномерным, что препятствует равномерному переходу краски на оттиск и такому же распределению оптической плотности.

В офсетной печати оптическая плотность часто меняется из-за проникновения влаги в краску, что приводит к изменению ее вязкости. В глубокой печати вязкость краски постоянно меняется вследствие испарения из красочного ящика летучего растворителя.

Неравномерное распределение оптической плотности красочных слоев на оттисках в значительной степени определяется структурной неоднородностью отдельных участков бумаги, в частности, различием их пористости и впитывающей способности.

2. Цветовые характеристики оттиска. В практических условиях координаты цвета и цветовые характеристики можно устанавливать на основании данных, полученных при измерении зональных оптических плотностей. На их величину оказывают влияние те же факторы, что и на оптическую плотность. При этом контроль оптической плотности (в том числе и зональной) проводится по специальным шкалам, расположенным в продольном и в поперечном направлениях оттиска (вне изображения).

3. Совмещение отдельных красок. Этот показатель контролируется с помощью специальных меток, которые обычно располагаются на полях оттиска. При полном совмещении красок метки, в зависимости от их вида, или полностью совпадают друг с другом, или находятся на определенном расстоянии.

Степень несовмещения красок определяется величиной отклонения фактического расположения меток от заданного. Одной из причин несовмещения красок является деформация бумаги. В свою очередь, деформация может происходить из-за изменения относительной влажности воздуха, а также из-за растяжения и сжатия, испытываемых бумагой в течение всего печатного про-

цесса. Деформация бумаги может происходить и вследствие перехода на нее части влаги, подаваемой увлажняющей системой офсетных машин на печатную форму. Для предупреждения такого вида деформаций при проведении печатания необходимо использовать акклиматизированные бумаги и поддерживать в цехе рекомендуемые нормативными документами относительную влажность и температуру воздуха.

Несовмещение красок при печатании на многокрасочных рулонных машинах возникает из-за нестабильности натяжения бумажного полотна и колебаний печатных аппаратов. Вследствие биения рулонов бумаги и отклонений в системе регулирования натяжения бумажного полотна происходит различное удлинение бумаги, что и является причиной несовмещения красок. Для уменьшения величины несовмещения в рулонных машинах перед печатными секциями и после них устанавливают стабилизаторы натяжения бумажного полотна, которые оснащают электронными контрольно-регулирующими устройствами.

Иногда несовмещение красок возникает из-за нарушений в работе листоподающей системы. Разброс положения листов появляется и при перемещении листа от самонаклада к передним упорам, и при переходе их на форгрейфер, а затем в захваты печатного цилиндра. В каждом из этих механизмов в момент захвата происходят вибрации, амплитуда которых определяет степень разброса положения листа. При переходе от секции к секции разброс может возрастать, что будет приводить к увеличению степени несовмещения красок.

Необходимо отметить, что при печатании многокрасочной продукции на многосекционных машинах точность совмещения красок зависит от точности подачи листов, начиная со второй секции. Поэтому наиболее точное совмещение обеспечивается на машинах планетарного типа. При использовании машин секционного типа необходимо обращать особое внимание на состояние механизма захватов листоподающих систем.

4. Площадь растровых элементов на оттисках. Данный показатель определяет точность передачи градации как черно-белых, так и цветных изображений. При правильно организованном печатном процессе площадь растровых элементов на оттиске не должна отличаться по своей величине от соответствующей площади их на форме. Изменение площади растровых элементов зависит от мно-

гих факторов: светорассеяния, давления, подачи краски на форму и устойчивости пробельных элементов, определяемой характером избирательного смачивания их влагой и физико-химическими свойствами красок.

Важным условием формирования красочного слоя на оттиске является равномерность его распределения. Чем выше равномерность слоя по толщине, тем точнее передаются отдельные детали изображения. Но такая точность обеспечивается в случае печатания на высокогладкой, практически не впитывающей краску бумаге.

5. Четкость (резкость) воспроизведения микро- и макроштриховых элементов изображения. Четкость определяется характером изменения оптической плотности на границе «запечатанный элемент – пробел». Чем выше контраст граничных участков этих элементов, тем выше четкость. При этом она зависит от равномерности распределения красочного слоя в пределах каждого элемента.

Также на четкость влияет характер воспроизведения на оттиске контурных линий штриховых элементов. При печатании на негладких бумагах (типа газетной) контуры (штрихов) приобретают неравномерный характер. В глубокой печати из-за применения раstra при изготовлении текстовых форм штрихи знаков на оттисках получаются нечеткими.

При печатании тиража четкость зависит от тех же факторов, которые оказывают влияние на оптическую плотность и на размеры печатающих элементов.

6. Разрешающая способность печатного процесса. Определяется количеством раздельно передаваемых на оттиске линий в пределах единицы длины. В процессе печатания на нее оказывают влияние забивание краской пробельных элементов формы высокой печати, а также нарушение баланса «краска – влага» в офсетной печати, изменение давления, меняющаяся вязкость краски, микрогеометрия поверхности и физико-механические свойства бумаги.

Таким образом, в процессе производства невозможно точно соблюсти заданную величину любого показателя качества печатной продукции. Все они подвержены колебаниям и являются случайными величинами. Поэтому для определения их значений пользуются методами математической статистики, в соответст-

вии с которыми в качестве основных критериев принимают средние величины, характеризующие не единичные значения, а всю их совокупность.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. По значениям каких единичных показателей оценивается качество печатной продукции?
2. Какие дефекты, снижающие качество печатной продукции, могут возникать в печатном процессе?
3. Как в печатном процессе проводится контроль единичных показателей качества?
4. Какие факторы оказывают влияние на изменение оптической плотности в печатном процессе?
5. Как контролируется показатель совмещения печатных красок и какие факторы влияют на его величину?

## Глава 18

# СПЕЦИАЛЬНЫЕ СПОСОБЫ ПЕЧАТАНИЯ

### 18.1. Трафаретная печать

Трафаретная печать — это способ печати с форм, печатающие элементы которых пропускают через себя продавливаемую rakelом на запечатываемый материал краску, а пробельные задерживают ее. В результате создается изображение, все элементы которого состоят из одинакового по толщине красочного слоя различной ширины [14].

Достоинства трафаретной печати:

- 1) формат полуавтоматической печати до  $3 \times 5$  м, автоматической печати  $1,5 \times 2,5$  м;
- 2) возможность печати на самых разнообразных материалах и готовых изделиях;
- 3) простота изготовления форм и печатного процесса;
- 4) регулируемая толщина красочного слоя (6–100 мкм).

Листовая печать на автоматах составляет 2–2,5 тыс. оттисков в час. В настоящее время трафаретная печать применяется для печати следующей продукции:

- 1) издательской: плакаты, переплетные крышки, открытки и др.;
- 2) промышленной: упаковка, тара, печать на стекле, фарфоре, фаянсе, текстильной и другой продукции.

В качестве формного материала используют специальные синтетические ткани сетчатой структуры или металлические сетки частотой от 54 до 140–180 нит./см и толщиной 30–90 мкм.

Частота сетки выбирается в зависимости от характера воспроизводимого изображения, вида запечатываемого материала, свойств печатной краски, назначения печатной продукции. Чем мельче сетка, тем точнее форма передает изображение, но тем сложнее процесс печатания. Для изготовления трафаретных печатных форм используются те же копирующие процессы, что и при изготовлении форм для других способов печати. Копирование ведется в большинстве случаев со штриховых и реже с растровых диапозитивов, изготовление которых в принципе не отличается от изготовления аналогичных фотоформ для плоской офсетной печати. Однако при воспроизведении тоновых оригиналов используют

низколиниатурные растры — от 10 до 30 лин./см (в зависимости от характера изображения и частоты используемой сетки).

Изготовление печатных форм трафаретной печати включает следующие этапы:

- 1) выбор и подготовка сетки-основы;
- 2) выбор и подготовка формной рамы;
- 3) натяжение и крепление сетки к раме;
- 4) подготовка поверхности сетки;
- 5) изготовление форм.

Ситовая ткань является основой печатной формы. Она влияет на качество печатных форм (например, на разрешающую способность, графическую точность, тиражестойкость).

К ситовым тканям предъявляются следующие требования:

- 1) устойчивость к истиранию, действию химических реактивов, красок и растворителей;
- 2) наличие определенных физико-механических свойств.

Как правило, ситовые ткани изготавливаются из синтетических волокон. Ситовые ткани характеризуются следующими показателями:

- 1) номером (число нитей на см);
- 2) размером ячеек (мкм);
- 3) коэффициентом открытой поверхности;
- 4) толщиной ткани (мкм);
- 5) толщиной нити (мкм).

Выбор определяется характером воспроизведения изображения и свойствами красок.

Формные рамы различной конструкции применяются для натяжения и закрепления ситовой ткани. От рамы зависит точность и приводка воспроизводимого изображения.

К рамам предъявляются следующие требования:

- 1) устойчивость к сжимающим свойствам ситовой ткани;
- 2) устойчивость к усилению от движения ракеля;
- 3) устойчивость к воздействию химических реактивов и растворителей.

При выборе рамы учитывается то, что формат печатного изображения может составлять от площади рамы 50–75%.

Натяжение и крепление сетки осуществляется специальными устройствами, позволяющими обеспечить необходимую величину натяжения и контроль за этим процессом.

Подготовка сеток к изготовлению форм включает в себя очистку поверхности от пыли и грязи, обезжиривание, тщательную промывку водой и сушку.

В зависимости от формирования пробельных элементов на сетке-основе различают три способа изготовления форм: прямой, косвенный и комбинированный.

В прямом способе диапозитивы экспонируют непосредственно на сетку, натянутую на раму и покрытую копирувальным слоем хромированного поливинилового спирта или фотополимеризующейся композиции. Экспонируют в пневматической копирувальной раме или в другом устройстве. В результате прохождения света через прозрачные участки диапозитива находящийся под ними слой задубливается или полимеризуется. Экспонированную копию в зависимости от состава копирувального слоя проявляют либо водой, либо специальным проявляющим раствором и высушивают. Оставшийся на сетке копирувальный слой образует пробельные элементы печатной формы. От его механической прочности и степени адгезии к сетке зависит тиражестойкость формы.

Прямой способ характеризуется простотой процесса и позволяет получать достаточно тиражестойкие формы (50–60 тыс. оттисков). Но графическая точность воспроизведения изображений при печатании с этих форм невысокая.

В косвенном способе экспонирование диапозитива осуществляется не на сетку, а на специально выпускаемый для этих целей копирувальный материал. Он представляет собой временную бумажную или полимерную подложку с подслоем, на которую нанесен копирувальный слой. Экспонированную копию проявляют водой или иным раствором (в зависимости от состава слоя).

Изображение, полученное на копирувальном слое, переносят под небольшим давлением на обезжиренную сетку, получая таким образом пробельные элементы формы. Участки копирувального слоя располагаются только на поверхности сетки, что значительно повышает графическую точность изображения печатной формы. Но вследствие малой площади адгезионного контакта копирувального слоя с сеткой тиражестойкость формы значительно снижается (до 4–5 тыс. оттисков).

Комбинированный способ изготовления трафаретных форм характеризуется повышенной тиражестойкостью (12–15 тыс. оттисков) и достаточной четкостью воспроизведения мелких эле-



ментов изображения. Сущность этого способа в том, что копирующий слой формируется непосредственно на сетке с помощью пленочного светочувствительного материала и вспомогательного копирующего раствора. Это обеспечивает гладкую поверхность и хорошую адгезию слоя к сетке. Экспонирование и проявление ведется так же, как и в прямом способе.

Основной узел печатного аппарата — ракель, функция которого заключается в проталкивании краски на запечатываемый материал через открытые печатающие ячейки сетки. Он имеет форму пластины со скругленной или обработанной под определенным углом рабочей кромкой и изготавливается из эластичного материала (резины, полиэфируретана, полимерных материалов или тонкой стали). Ракель закреплен в специальном держателе.

Исследования механики процесса трафаретной печати показали, что переход краски через сетчатую форму на запечатываемую поверхность основан на гидродинамическом давлении, возникающем в массе краски в результате ее заклинивания между формой и подвижным наклонным ракелем. Рабочее давление по ширине клиновой зоны распределяется неравномерно и зависит от угла наклона ракеля, скорости его перемещения относительно формы, вязкости краски. Изменяя угол наклона ракеля, удобно управлять процессом перехода краски на запечатываемый материал и ее толщиной.

Для печатания способом трафаретной печати в полиграфической промышленности используют разнообразные трафаретные печатные машины. Их можно классифицировать по следующим признакам:

1) по виду запечатываемого материала — машины для печатания на листовых и рулонных материалах, машины для печатания на объемных изделиях;

2) по степени механизации выполнения операций — станки ручного действия, полуавтоматические машины и автоматы;

3) по красочности — одно- и многокрасочные машины;

4) по назначению — машины, специализированные на выпуск определенной продукции (печатания на тканях или переплетных крышках и др.) и универсальные (для печатания на бумаге, картоне и др.);

5) по построению печатного устройства — машины тигельные, плоскочечатные и ротационные.

Для печатания полиграфической продукции наибольшее распространение получили листовые однокрасочные машины, которые состоят, в сущности, из тех же по назначению основных узлов, что и машины других способов печати. Но трафаретные машины отличаются от них прежде всего конструкцией и принципом работы печатных устройств.

Печатное устройство, построенное по тигельному принципу (рис. 18.1), состоит из формодержателя и печатной формы 1, плоской опорной поверхности — талера 2, на котором располагается запечатываемый листовый материал 3, ракеля 4 и бункера с краской 5 — краскопитателя.

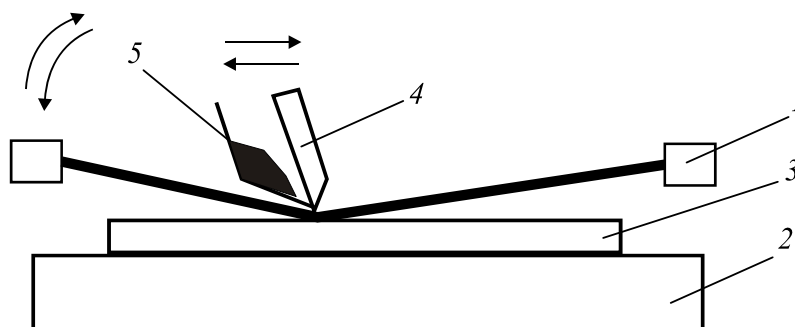


Рис. 18.1. Схема построения печатного устройства трафаретной машины тигельного типа:

1 — формодержатель с печатной формой; 2 — талер;  
3 — запечатываемый материал; 4 — рапель; 5 — краскопитатель

При работе печатного устройства на талере неподвижно закрепляется запечатываемый материал, над которым также неподвижно располагается печатная форма. Во время работы машины рапель с краскопитателем совершает возвратно-поступательное движение, делая рабочий и холостой ход. При рабочем ходе из краскопитателя подается краска, которая под давлением ракеля продавливается через открытые ячейки формы на запечатываемый материал. При этом происходит прогибание формы для создания необходимой полосы контакта ее с запечатываемым материалом, адгезия краски к поверхности запечатываемого материала, отход от него формы и разрыв красочного слоя по толщине печатной формы. Краска, находящаяся в ячейках формы, переходит на запечатываемый материал и закрепляется на его поверхности.

Печатные устройства с плоской поверхностью позволяют печатать на листовом материале разной массы, жесткости и толщи-

ны. Поэтому они используются почти во всех полуавтоматических машинах, где обычно вручную подают и снимают запечатываемый материал, и в некоторых автоматах, снабженных самонакладами и приемно-выводными устройствами.

Печатные устройства плоскочечатного построения (рис. 18.2) имеют тоже плоскую печатную форму 1, а опорной поверхностью служит печатный цилиндр 2, на котором помещается запечатываемый материал 3.

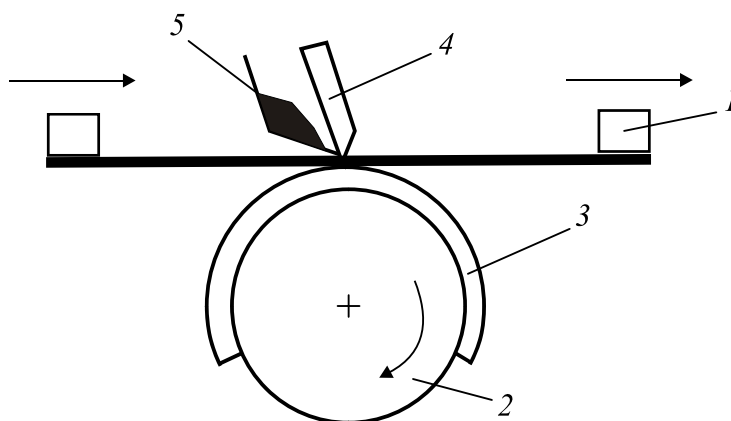


Рис. 18.2. Схема построения печатного устройства трафаретной машины плоскочечатного типа:

1 — формодержатель с печатной формой;  
2 — печатный цилиндр; 3 — запечатываемый материал; 4 — ракель; 5 — краскопитатель

Во время работы машины печатная форма совершает возвратно-поступательное движение, делая рабочий и холостой ход, а ракель не перемещается. Такие устройства часто используются в листовых машинах-автоматах, предназначенных для печатания на эластичных и мягких материалах (бумага, картон, пластик и др.).

Печатные устройства более производительных листовых ротационных трафаретных машин состоят из цилиндрической печатной формы 1 и цилиндрической опорной поверхности 2 (рис. 18.3). В этом случае ракель 4 с краскопитателем 5 находится в полем цилиндре, поверхностью которого является сетчатая форма, изготовленная по особой технологии.

Современные листовые трафаретные печатные машины-автоматы представляют собой поточные линии, которые агрегируют из пневматического самонаклада, печатного устройства, а также листовыводного, сушильного и приемного устройств.

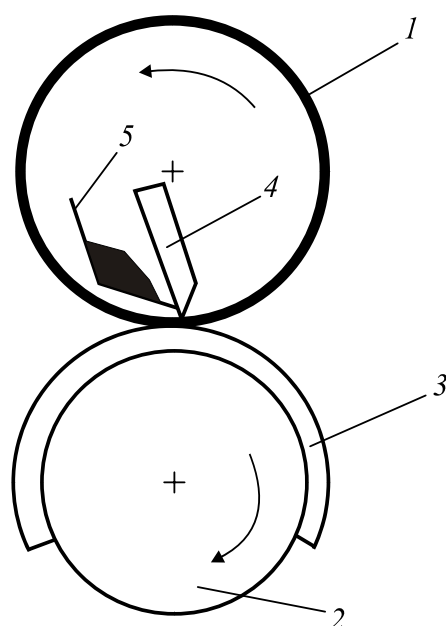


Рис. 18.3. Схема построения печатного устройства трафаретной машины ротационного типа:  
 1 — формный цилиндр с печатной формой;  
 2 — печатный цилиндр; 3 — запечатываемый материал; 4 — ракель; 5 — краскопитатель

Рулонные трафаретные печатные машины применяются в основном в текстильной промышленности для печатания на тканях и реже для печатания на бумаге, тонком картоне и пленках. Они строятся, в принципе, по тем же схемам, что и машины, рассмотренные выше. Для печатания обоев, переводных изображений, этикеток выпускают рулонные машины ротационного построения.

В связи с многообразием запечатываемых материалов и различными требованиями, предъявляемыми к отпечатанной продукции, используют трафаретные печатные краски широкого ассортимента. Они различаются не только по цвету, кроющей способности, глянецвитости, но и по адгезионным свойствам к запечатываемой поверхности, скорости механизма пленкообразования и другим показателям.

Широко используются флюоресцентные и металлизированные краски. Обои печатают красками в виде водных дисперсий или паст на базе растворителей. В зависимости от своего состава краски могут закрепляться или за счет окисления связующего кислородом воздуха, или вследствие испарения растворителя, или за счет затвердевания под действием катализатора. Интенсификация закреп-

ления красок на запечатываемой поверхности, как и в других способах печати, осуществляется при прохождении оттисков через сушильные устройства, которыми оснащаются печатные машины.

Краску к печатанию готовят так же, как и в других способах печати. В случае необходимости регулируют оптические и печатно-технические свойства цельных красок или составляют смесевые краски. Для разбавления красок используют в зависимости от их состава различные растворители, главным образом органические.

Подготовка листовых трафаретных машин-автоматов к печатанию включает следующие операции:

1) подготовка листоподающих и приемно-выводных устройств, которая осуществляется так же, как и в других способах печати;

2) подготовка печатного устройства — установка и предварительная приводка печатной формы, регулировка зазора между формой и запечатываемым материалом, установка ракеля и регулировка силы его давления и угла наклона; загрузка краскопитателя краской и регулировка подачи ее на форму;

3) окончательная приводка, которая достигается обычно путем регулирования положения печатной формы;

4) подготовка сушильного устройства — регулировка температуры воздуха в сушильной камере и интенсивности воздухообмена.

Завершив подготовительные операции, уточняют в процессе пробного печатания режим процесса и получают пробный оттиск на тиражном материале. После утверждения оттиска приступают к печатанию тиража.

Необходимые условия получения оттиска хорошего качества во всем тираже — минимальный зазор между формой и запечатываемым материалом, постоянное давление ракеля по всей длине хода печатной формы, постоянная скорость печатания, надежная фиксация запечатываемого материала на опорной поверхности машины и оптимальный режим сушки оттисков, обеспечивающий закрепление на них печатной краски.

Толщина получаемого красочного слоя на оттисках трафаретной печати в десятки раз больше, чем на оттисках высокой и плоской печати, поэтому быстрое закрепление краски на оттисках трудно обеспечить, что сдерживает производительность печатного оборудования. Интенсификация процесса закрепления краски — одна из проблем трафаретной печати — решается в двух направ-

лениях: создание быстрозакрепляющихся красок и разработка высокопроизводительных сушильных устройств.

Изобразительные возможности воспроизведения иллюстрационных оригиналов значительно расширяются при комбинировании трафаретной печати с плоской офсетной или глубокой.

Развитие трафаретной печати направлено в основном на автоматизацию всех процессов, на создание более производительного печатного оборудования, обеспечивающего высокую точность привода, и на ускорение процесса закрепления красок на оттиске.

## 18.2. Тампонная печать

Одним из способов полиграфического оформления промышленных изделий является тампопечать, при которой используется передаточный элемент определенной формы — тампон, последовательно контактирующий с печатной формой и изделием. Данный способ позволяет наносить красочное изображение на поверхность готовых изделий практически без ограничений на их форму и фактуру.

Тампонная печать применяется для маркировки мелких деталей в электронной промышленности, в приборостроении, в легкой промышленности, в производстве детских игрушек, керамики, посуды, бизнес-сувениров и т. д. Печатание производится в одну или в несколько красок.

Тампопечать применяют в тех случаях, когда другими способами невозможно или очень сложно наносить изображение — при печатании на неровных (вогнутых, выпуклых, ступенчатых и т. д.) поверхностях, поверхностях с углублениями и возвышениями. Кроме того, тампопечатью наносят изображения, к точности воспроизведения которых предъявляют высокие требования. Тампопечатью можно воспроизводить шрифты и знаки высотой 0,5 мм, причем оттиски этих мельчайших шрифтов имеют четкие края [15].

Передача изображения происходит с формы глубокой печати (плоские пластины из металла или фотополимера с углубленными печатающими элементами) на запечатываемую поверхность с применением упругоэластичного тампона.

Изготовление форм на металлических пластинах включает следующие операции:

1. Изготовление заготовок — пластин (шлифовка, полировка).
2. Изготовление самой формы:
  - 1) нанесение копировального слоя и его сушка;
  - 2) экспонирование диапозитивов;
  - 3) проявление копии;
  - 4) окрашивание копии;
  - 5) придание ей стойкости к травящему раствору (химическое дубление и термообработка);
  - 6) закрытие лаком оборотной стороны и боковых граней;
  - 7) травление раствором хлорного железа;
  - 8) удаление защитного лака и копировального слоя.

Формы, полученные данным способом, применяются при воспроизведении штриховых изображений. Тиражестойкость до нескольких миллионов экземпляров.

Изготовление форм на фотополимерных пластинах осуществляется следующим образом. Пластины имеют металлическую или полиэфирную основу. На основу нанесен фотополимерный слой толщиной 30–200 мкм. На пластину копируется изображение с диапозитивной фотоформы. Печатающие элементы вымываются в воде или спиртовом растворе в зависимости от вида фотополимера. Печатные формы могут быть использованы для воспроизведения как штрихового, так и растрового изображения (в том числе и полноцветного).

Важным элементом машин тампопечати является тампон. Тампоны изготавливаются из упругоэластичных материалов, способных после деформации восстанавливать свою форму без значительных остаточных деформаций. Форма тампона определяется размерами изображения и формой запечатываемой поверхности изделия.

Качество оттиска зависит в значительной мере от свойств тампона, т. е. его эластичности, твердости, степени обработки рабочей поверхности, восприятия и отдачи краски, устойчивости к воздействию истирающих усилий и т. п. Например, оптическая плотность оттиска будет зависеть от коэффициента переноса краски, графическая точность воспроизведения штрихов — от точности передачи изображения тампоном.

Материал тампона должен быть однородным, без каких-либо посторонних включений, имеющих другую твердость или упругость. Присутствие указанного недостатка может привести к бра-

ку, особенно при печатании мелких деталей изображения. Тампон имеет гладкую рабочую поверхность и правильную заданную форму.

Ракель — составная часть печатного оборудования тампонной печати. Во всех печатных устройствах современных автоматических печатных машин или при работе на ручных печатных станках ракель необходим для удаления краски с пробельных элементов формы. Кроме того, в тампопечати при помощи ракеля печатающие элементы формы заполняются краской.

Требования, предъявляемые к ракелю, определяются его функциями, основная из которых — полное удаление краски с пробельных элементов печатной формы. Материал ракеля в тампопечати должен быть мягче материала формы, так как в противном случае он будет оставлять царапины на ее поверхности.

Для печатания используют краски тампонной печати, которые должны быть насыщенными, иметь высокую интенсивность для обеспечения достаточной кроющей способности, кроме того, краски должны быть липкими, текучими и обладать специальными печатными свойствами. Наиболее важной составной частью краски является связующее, задача которого — связать красящее вещество с запечатываемой поверхностью. Связующее, вместе с вспомогательными веществами, определяет физико-механические и физико-химические свойства красочной пленки.

В зависимости от состава краски она может закрепляться на поверхности запечатываемого изделия одним из следующих способов:

- 1) окислительной полимеризацией;
- 2) испарением летучего растворителя;
- 3) взаимодействием отвердителя со связующим краски;
- 4) воздействием ультрафиолетового излучения;
- 5) в результате воздействия тепла.

Закрепление краски способом окислительной полимеризации происходит за счет взаимодействия с кислородом воздуха. Время закрепления красочной пленки при этом способе составляет от нескольких минут до нескольких часов.

В способе закрепления краски путем испарения летучего растворителя в составе краски не происходит каких-либо изменений, за исключением удаления растворителя. Если на красочную пленку нанести растворитель, то она снова станет жидкой. Время за-



крепления красочной пленки при этом способе составляет от нескольких секунд до нескольких минут.

Взаимодействие отвердителя со связующим краски (двухкомпонентная краска) — это способ закрепления краски в два этапа. На первом этапе краска закрепляется за счет испарения растворителя, при этом окончательная прочность красочного слоя не достигается. Время закрепления красочной пленки на этом этапе составляет от нескольких секунд до нескольких минут. На втором этапе краска закрепляется за счет химического взаимодействия отвердителя со связующим краски, при этом достигается окончательная прочность красочного слоя (очень высокая). Время закрепления красочной пленки на этом этапе составляет от нескольких часов до 2–4 суток. При помощи термообработки этот процесс может быть значительно ускорен.

УФ-отверждаемые краски помимо красящего вещества содержат мономер и фотоинициатор, но в их составе нет растворителя. Отверждение краски происходит лишь под действием ультрафиолетового света. Их важным достоинством является то, что они не высыхают в печатной машине. УФ-отверждаемые краски дают достаточно прочные красочные слои. Время закрепления красочного изображения этим способом составляет от нескольких десятых до нескольких секунд.

Термоотверждаемые краски в качестве связующего вещества содержат термореактивную смолу. Отверждение происходит в основном за счет нагрева. Эти краски, как и предыдущие, практически не высыхают в печатной машине, а красочные слои имеют высокую прочность. Время закрепления красочного изображения этим способом составляет от нескольких секунд до нескольких десятков секунд.

При выборе красок необходимо учитывать, что каждому виду материала запечатываемого изделия и каждым конкретным условиям эксплуатации этого изделия отвечает определенная серия красок.

При тампонной печати часть краски остается на тампоне, а другая переходит на запечатываемую поверхность. Таким образом, красочный слой расщепляется в сыром состоянии. При этом остающаяся на тампоне красочная пленка должна быть минимальной и оставаться постоянной, не изменяясь в процессе печатания.

Машины тампопечати классифицируются:

- 1) по красочности печати — одно- и многокрасочные;

- 2) виду применяемых форм (высокой, глубокой, трафаретной);
- 3) способу подачи заготовки и степени автоматизации — ручные, полуавтоматические и автоматические поточные линии;
- 4) принципу переноса краски на поверхность запечатываемого изделия — плоскочечатные и ротационные;
- 5) типу красочных узлов — с открытой и закрытой ракельной системой.

В ручных станках все процессы осуществляются оператором вручную: налад и сьем запечатываемого изделия с рабочего стола, накат краски, очистка печатного клише ракелем, опускание тампона на клише для забора краски и перенос его на изделие. Наиболее эффективны однорычажные тампонные станки. Область их применения — печать единичных и малых тиражей, а также пробных оттисков.

В полуавтоматических машинах все рабочие процессы, кроме налада и съема изделий, полностью автоматизированы. Полу- и автоматические печатные машины оснащаются тремя типами привода: пневматическим, гидравлическим и электромеханическим. Наибольшее распространение получили машины с пневматическим приводом.

Автоматизированные печатные линии проектируются и создаются всегда только под конкретные типы и виды запечатываемых изделий, как правило, большими тиражами. Стоимость таких линий в большей степени зависит от уровня автоматизации процессов печати, загрузки и выгрузки изделия, системы контроля за параметрами печатного процесса и т. д.

Печатные машины тампонной печати выпускаются с открытой и закрытой ракельной системой.

Открытая ракельная система представляет собой открытую красочную ванну, в которой находится краска и клише. Попеременно краска подается на клише шпателем (щеткой, валиком) и снимается тонким стальным ракелем, который очищает поверхность клише от излишней краски, оставляя ее только в углублении клише.

В пределах одного рабочего цикла ракель должен снять краску с пробельных элементов печатной формы, сбросить ее остатки в красочную ванну, плавно подняться вверх, переместиться в противоположный конец формы и плавно опуститься на ее поверхность для повторения следующего рабочего цикла. В процессе на-

ладки печатной машины ракельное устройство регулируют в соответствии с характеристиками используемой печатной формы и запечатываемого изделия.

Традиционный недостаток открытой системы — испарение содержащегося в краске растворителя, требующее постоянного контроля ее печатных свойств (в первую очередь вязкости). Не менее важны вопросы экологии, так как работа с открытой системой предполагает больший, по сравнению с другими, уровень загрязнения окружающей атмосферы (при отсутствии надлежащей вытяжной вентиляции).

В закрытой красочной системе роль красочной ванны играет перевернутая цилиндрическая «чаша», заточенная кольцевая внешняя кромка которой (две ее полуокружности) выступает как ракельный и раскаточный ножи. При движении чаши в одну сторону клише покрывается тонким слоем краски, в обратную — она удаляется с пробельных элементов. Основное достоинство — стабильность свойств залитой в ванну краски в течение длительного времени, что резко сокращает, в пределах одного тиража, время приладки.

Закрытая ракельная система представляет собой алюминиевую перевернутую чашку, устанавливаемую на клише. Внутри чашки находится краска, а края чашки выполняются в виде кольцевого ножа. Прижим чашки осуществляется механически, пневматически или при помощи магнитной системы. Кроме того, новейшие технические разработки сделали возможным использование чашек, которые открываются сверху, что позволяет добавлять краску в процессе печатания тиража, не разбирая ракельную систему.

Промежуточный вариант, объединяющий особенности открытой и закрытой систем, — полужакрытая система. Ее особенность заключается в том, что после касания тампоном печатной формы клише закрывается элементом ракеледержателя до начала следующего печатного цикла. В результате сохраняется большая полезная площадь и происходит сравнительно меньший износ печатной формы, что характерно для открытых систем, а также заметно сокращается испарение растворителя с поверхности клише и из красочной ванны.

На рис. 18.4 приведена принципиальная схема тампопечатного полуавтомата.

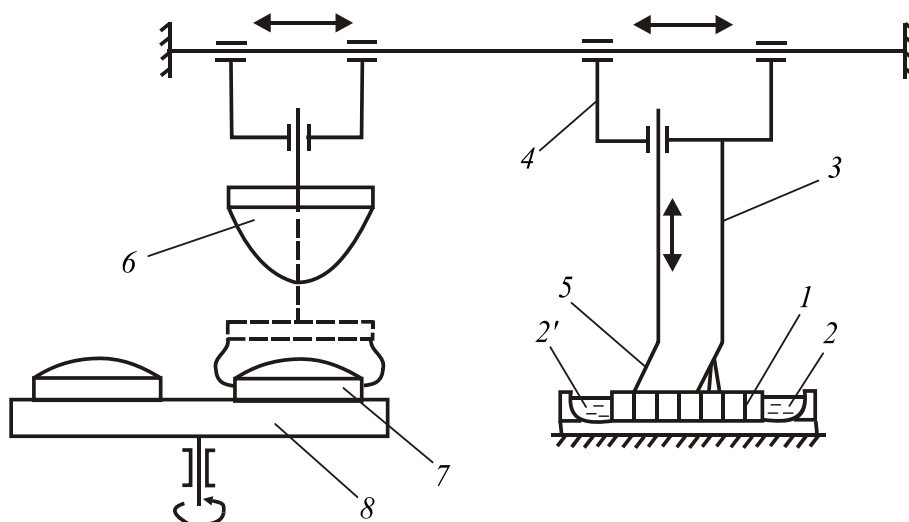


Рис. 18.4. Схема тampoпечатного полуавтомата:  
 1 — печатная форма; 2, 2' — красочные емкости;  
 3 — орошающий ракель; 4 — каретка; 5 — ракель; 6 — тампон;  
 7 — запечатываемый материал; 8 — поворотный стол

В машине используется форма глубокой печати 1, которая установлена неподвижно между двумя красочными емкостями 2, 2'. Орошающий ракель 3, частично погружаясь в краску, наносит ее на форму при рабочем ходе каретки 4, после чего ракель 5 снимает избыток краски. Тампон 6, опускаясь на форму, принимает красочное изображение, затем отрывается от формы и перемещается к запечатываемому материалу 7, поданному поворотным столом 8.

К наиболее характерным дефектам оттисков в тampoпечати следует отнести недостаточную плотность красочного слоя, искажение графической точности изображения, недостаточную адгезию красочной пленки к изделию, наличие непропечатанных участков на самом изображении и красочных точек на пробельных участках печатной формы и оттиска, плохую приводку при многокрасочном печатании.

Недостаточная плотность красочного слоя приводит к серому печатному оттиску с разрывами и непропечатанными зонами. Причина этого дефекта — недостаточная глубина печатающих элементов формы, несоответствие свойств печатной краски скорости и другим параметрам печатного процесса или износ тампона. Причиной графического искажения в тampoпечати могут быть подтравленная форма, несоответствие геометрического профиля

тампона воспроизводимому изображению, а вязкости краски конкретным режимам технологического процесса печатания.

Непропечатанные участки на сложном красочном изображении — наиболее частое явление. Этот дефект обусловлен вязкостными свойствами печатной краски. Недостаточная адгезия красочной пленки к изделиям может быть вызвана несоответствием физико-химических свойств запечатываемой поверхности молекулярной природе краски.

Появление красочных точек на пробельных элементах формы и соответственно на оттиске — это брак, создающий плохое общее впечатление от изображения. Данный дефект объясняется нарушением технологии копировальных процессов при изготовлении печатной формы. Одна из причин плохой приводки — несоответствие геометрии тампона передаваемому изображению.

### **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Какие этапы включает в себя процесс изготовления форм трафаретной печати?
2. По каким признакам классифицируются машины трафаретной печати?
3. Какие технологические операции включает в себя подготовка машин трафаретной печати к печатанию тиража?
4. Какими способами происходит закрепление красок тампопечати на запечатываемом материале?
5. В чем заключается различие в работе открытой и закрытой ракельной систем?

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гуляев, С. А. Конспект лекций по дисциплине «Основы технологии печатных процессов» / С. А. Гуляев, В. П. Тихонов. – М.: МГУП, 1997. – 72 с.
2. Технология полиграфического производства. Технология допечатных процессов / сост. Н. В. Офицерова. – М.: МИПК им. И. Федорова, 2006. – 216 с.
- 3 Самарин, Ю. Н. Печатные системы фирмы Heidelberg. Допечатное оборудование / Ю. Н. Самарин, Н. П. Сапошников, М. А. Сияк. – М.: МГУП, 2000. – 208 с.
4. Шеберстов, В. И. Технология изготовления печатных форм / В. И. Шеберстов. – М.: Книга, 1990. – 224 с.
5. Computer-to-Plate для флексографии / А. В. Ласкин [и др.]. – М.: Курсив, 2001. – 80 с.
6. Технология печатных процессов / А. Н. Раскин [и др.]; под общ. ред. А. Н. Раскина. – М.: Книга, 1989. – 432 с.
7. Лапатухин, В. С. Способы печати. Проблемы классификации и развития / В. С. Лапатухин. – М.: Книга, 1976. – 272 с.
8. Печатное оборудование / В. П. Митрофанов [и др.]. – М.: МГУП, 1999. – 444 с.
9. Попрядухин, П. А. Технология печатных процессов: учеб. для вузов / П. А. Попрядухин. – М.: Книга, 1968. – 360 с.
10. Козаровицкий, Л. А. Бумага и краски в процессе печатания / Л. А. Козаровицкий. – М.: Книга, 1965. – 367 с.
11. Тиражестойкость форм высокой печати / Е. М. Величко, О. Ф. Розум, Э. Т. Лазаренко. – М.: Книга, 1985. – 48 с.
12. Шашлов, Б. А. Цвет и цветовоспроизведение / Б. А. Шашлов. – М.: Книга, 1986. – 280 с.
13. Стефанов, С. И. Путеводитель в мире печатных технологий / С. И. Стефанов. – М.: ИФ «Унисерв», 2001. – 224 с.
14. Потапов, Ю. Мир трафаретной печати: практ. пособие / Ю. Потапов, У. Потапова. – М.: Гелла-Принт, 2001. – 112 с.
15. Сорокин, Б. А. Тампонная печать / Б. А. Сорокин. – М.: МГУП, 2001. – 82 с.
16. Киппхан, Г. Энциклопедия по печатным средствам информации. Технологии и способы производства / Г. Киппхан. – М.: МГУП, 2003. – 1280 с.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ .....</b>	<b>3</b>
<b>Глава 1. КЛАССИФИКАЦИЯ ПЕЧАТНОЙ ПРОДУКЦИИ И ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ЕЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ .....</b>	<b>5</b>
1.1. Классификация печатной продукции.....	5
1.2. Классификация оригиналов при воспроизведении их полиграфическими методами. Требования, предъявляемые к оригиналам.....	6
1.3. Основные этапы изготовления полиграфической продукции.....	10
<b>Глава 2. СИСТЕМЫ ДОПЕЧАТНОЙ ПОДГОТОВКИ ИЗДАНИЙ ...</b>	<b>13</b>
2.1. Компьютерные издательские системы. Особенности воспроизведения изобразительных оригиналов .....	13
2.2. Ввод изображений. Системы обработки изображений.	17
2.3. Способы электронного растрования изображений ...	19
<b>Глава 3. ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФОТОФОРМ .....</b>	<b>25</b>
3.1. Классификация фотоформ. Фототехнические пленки для фотовыводных устройств. Свойства фототехнических пленок .....	25
3.2. Основные характеристики фотонаборных автоматов	28
3.3. Основные типы фотонаборных автоматов. Формирование изображения на фотоматериале .....	32
<b>Глава 4. МОНТАЖ ФОТОФОРМ.....</b>	<b>39</b>
4.1. Технологический процесс изготовления монтажа фотоформ .....	39
4.2. Основные требования к качеству монтажа .....	41
<b>Глава 5. КОПИРОВАЛЬНЫЕ И ФОРМНЫЕ ПРОЦЕССЫ .....</b>	<b>43</b>
5.1. Формные пластины плоской офсетной печати. Копировальные слои .....	43
5.2. Изготовление офсетных печатных форм методом позитивного копирования.....	47

5.3. Требования к качеству печатных форм .....	50
5.4. Изготовление форм флексографской печати .....	52
<b>Глава 6. ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПЕЧАТНЫХ ФОРМ МЕТОДОМ ПОЭЛЕМЕНТНОЙ ЗАПИСИ .....</b>	<b>56</b>
6.1. Общие сведения о технологии Computer-to-Plate .....	56
6.2. Устройства для записи печатных форм .....	58
6.3. Формные пластины для технологии Computer-to-Plate.	60
6.4. Изготовление печатных форм плоской офсетной пе- чати по технологии Computer-to-Plate.....	63
6.5. Изготовление печатных форм флексографской печати по технологии Computer-to-Plate .....	70
<b>Глава 7. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА В СИСТЕМАХ ДОПЕЧАТНОЙ ПОДГОТОВКИ ИЗДАНИЙ .....</b>	<b>76</b>
7.1. Цветопроба.....	76
7.2. Системы оценки качества.....	80
<b>Глава 8. КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ ПЕЧАТАНИЯ .....</b>	<b>86</b>
8.1. Принципы классификации способов печатания .....	86
8.2. Обобщенная технологическая схема печатного про- цесса и анализ ее элементов .....	90
<b>Глава 9. ОСОБЕННОСТИ МОЛЕКУЛЯРНО-ХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ И СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЕЧАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ .....</b>	<b>94</b>
9.1. Молекулярная природа поверхности бумаги и печат- ной краски .....	94
9.2. Смачивание и его роль в печатном процессе. Прили- пание и впитывание краски .....	99
<b>Глава 10. ВХОДНОЙ КОНТРОЛЬ МАТЕРИАЛОВ ПЕЧАТНОГО ПРОЦЕССА И ЕГО РОЛЬ В ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕСПЕРЕБОЙНОЙ РАБОТЫ ПЕЧАТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....</b>	<b>105</b>
10.1. Общие требования, предъявляемые к основным пе- чатным материалам. Подготовка бумаги к печатанию в производственных условиях .....	105
10.2. Особенности подготовки красок к печатанию тиража	110



<b>Глава 11. ПЕРЕНОС КРАСКИ В КРАСОЧНЫХ АППАРАТАХ ПЕЧАТНЫХ МАШИН .....</b>	<b>115</b>
11.1. Технологическая характеристика красочных аппаратов машин высокой и офсетной печати .....	115
11.2. Поведение краски в краскоподающей группе красочного аппарата. Реологическое поведение краски в красочном ящике.....	117
11.3. Раскат краски. Особенности деформационного поведения и деления слоя краски в нежестком зазоре и при сложном движении раскатного цилиндра .....	120
11.4. Явление нитеобразования. Явление пыления краски. Методы борьбы с пылением краски .....	124
11.5. Влияние температурного эффекта на процесс раската краски .....	129
11.6. Накат краски на печатную форму .....	132
11.7. Технологическая характеристика красочных аппаратов машин глубокой печати .....	137
11.8. Технологическая характеристика красочных аппаратов машин флексографской печати .....	141
<b>Глава 12. ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В ПОЛОСЕ ПЕЧАТНОГО КОНТАКТА.....</b>	<b>147</b>
12.1. Технологические функции давления в печатном процессе .....	147
12.2. Основная диаграмма печатного процесса. Понятие о допустимом диапазоне давлений.....	150
12.3. Способы создания давления в печатных машинах .....	153
12.4. Декели печатных машин и их деформационные свойства. Особенности развития деформаций в условиях реального печатного процесса .....	158
12.5. Влияние скорости печатания на качество печатной продукции .....	163
<b>Глава 13. ПЕРЕНОС КРАСКИ С ФОРМЫ НА ЗАПЕЧАТЫВАЕМЫЙ МАТЕРИАЛ.....</b>	<b>168</b>
13.1. Методы оценки краскопереноса .....	168
13.2. Краскоперенос и факторы, его определяющие .....	172
13.3. Влияние режимных параметров печатного процесса на перенос краски с формы на запечатываемый материал .....	177

<b>Глава 14. ЗАКРЕПЛЕНИЕ КРАСКИ НА ОТТИСКЕ .....</b>	<b>183</b>
14.1. Назначение и сущность процесса закрепления краски .....	183
14.2. Особенности закрепления на оттисках красок высокой, офсетной, глубокой и флексографской печати .....	184
14.3. Современные методы ускорения закрепления печатных красок.....	188
14.4. Методы и средства борьбы с отмарыванием.....	193
<b>Глава 15. ТИРАЖЕСТОЙКОСТЬ ПЕЧАТНЫХ ФООРМ .....</b>	<b>197</b>
15.1. Причины и характер износа форм в высокой печати .....	197
15.2. Причины и характер износа форм в офсетной печати .....	201
15.3. Причины и характер износа форм в глубокой печати.....	203
<b>Глава 16. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МНОГОКРАСОЧНОГО ПЕЧАТАНИЯ .....</b>	<b>206</b>
16.1. Синтез цвета при многокрасочном печатании.....	206
16.2. Явление муара при многокрасочном печатании.....	211
16.3. Технологические свойства основных материалов процесса многокрасочного печатания .....	214
<b>Глава 17. КАЧЕСТВО ПЕЧАТНОЙ ПРОДУКЦИИ.....</b>	<b>221</b>
17.1. Субъективные и объективные критерии оценки качества печатного изображения .....	221
17.2. Условия проведения стабильного процесса печатания. Дефекты, возникающие при печатании .....	223
17.3. Факторы, оказывающие влияние на основные показатели качества печатной продукции.....	225
<b>Глава 18. СПЕЦИАЛЬНЫЕ СПОСОБЫ ПЕЧАТАНИЯ.....</b>	<b>230</b>
18.1. Трафаретная печать.....	230
18.2. Тампонная печать.....	238
<b>ЛИТЕРАТУРА .....</b>	<b>246</b>

Учебное издание

**Громыко Ирина Григорьевна  
Кулак Михаил Иосифович**

## **ТЕХНОЛОГИЯ ДОПЕЧАТНЫХ И ПЕЧАТНЫХ ПРОЦЕССОВ**

Учебное пособие

Редактор *О. П. Приходько*

Корректор *О. П. Приходько*

Компьютерная верстка *И. Г. Громыко, О. Ю. Шантарович*

Подписано в печать 06.04.2011. Формат 60×84/16.  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 14,6. Уч.-изд. л. 14,0.  
Тираж 150 экз. Заказ .

Отпечатано в Центре издательско-полиграфических  
и информационных технологий учреждения образования  
«Белорусский государственный технологический университет».  
220006. Минск, Свердлова, 13а.  
ЛИ № 02330/0549423 от 08.04.2009.  
ЛП № 02330/0150477 от 16.01.2009.

Переплетно-брошюрные процессы  
произведены в ОАО «Полиграфкимбинат им. Я. Коласа».  
220600. Минск, Красная, 23. Заказ .