

2.4 Трафаретная печать

2.4.1	Принцип способа печати	422	2.4.3.1	Установки и машины для плоской трафаретной печати	431
2.4.1.1	Изготовление печатных форм	424	2.4.3.2	Установки трафаретной печати для запечатывания на выпуклой поверхности	433
2.4.1.2	Печатный процесс	427	2.4.3.3	Ротационные машины трафаретной печати	433
2.4.2	Применение трафаретной печати	429	2.4.4	Потенциалы дальнейшего развития трафаретной печати	435
2.4.2.1	Трафаретная печать на плоской поверхности	429			
2.4.2.2	Трафаретная печать на выпуклых поверхностях	430			
2.4.3	Примеры построения машин	431			

2.4.1 Принцип способа печати

Трафаретная печать является одним из технологичных способов печати. Она охватывает самые различные области применения: от ручных работ до высокотехнологичных промышленных решений, от самых малых форматов при изготовлении печатных плат до самых крупных плакатов порядка 3х6 м и от единичных экземпляров до больших тиражей. Способом трафаретной печати запечатываются бумага, текстиль, керамика и синтетические материалы в виде полотна, отдельных листов, а также такие изделия различного предназначения и формы, как банки, бокалы и панели.

Палитры красок характеризуются большим разнообразием. Находят широкое применение специальные краски для самых разнообразных областей. В трафаретном способе для печати иллюстраций находит широкое применение четырехкрасочная печать. Применяемые для трафаретной печати аппараты, машины и устройства охватывают как обычные приспособления и установки, используемые в кустарном производстве, так и большие машины для работ в промышленных масштабах.

Трафаретная печать, называемая иногда шелкографией, является особым способом шаблонной печати. Это означает, что краски в процессе печати

продавливаются сквозь печатную форму на запечатываемый материал (раздел 1.3.2.4, где описаны способы и принципы трафаретной печати с использованием рамы).

Шаблонные способы печати относятся к древнейшим. Шрифтовые шаблоны (трафареты), шаблоны для нанесения оригиналов, помогающих вышивать монограммы на белье или наносить тексты и маркировки на упаковке любого рода, известны давно. Применение шаблонов позволяет быстро переносить текстовую информацию, символы и пиктограммы с формы на различные документы и материалы. При этом шаблоны фиксируются на запечатываемой поверхности, а краски попадают на открытые участки шаблона. Краски могут наноситься кистью, щёткой, ракелем, шприц-пистолетом или воздушным распылителем (рис. 2.4-1).

Однако шаблонная печать имеет существенный недостаток, ограничивающий её применение: все части шаблона должны быть между собой соединены. Это означает, что для соединения внутренних частей или фрагментов изображения в большинстве случаев необходимы перемычки, которые легко отламываются. Из-за этого шаблонные изображения должны иметь перемычки, из-за которых сплошные линии (трафареты) на определенных расстояниях прерываются (рис. 2.4-2).

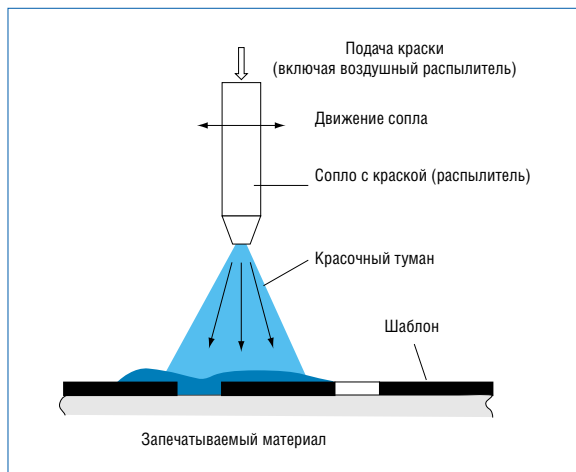


Рис. 2.4-1

Принцип трафаретной печати (подача краски распылителем)

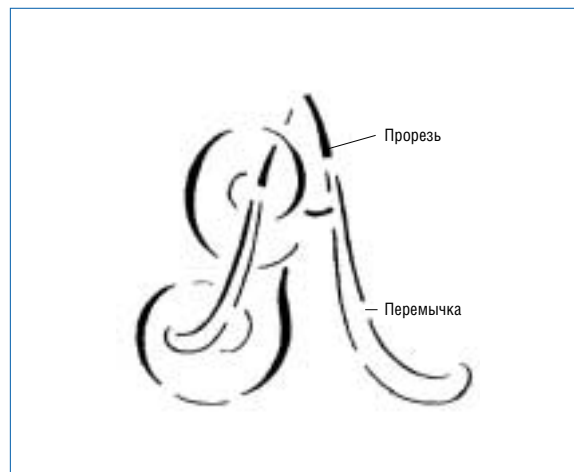


Рис. 2.4-2

Шаблон орнамента

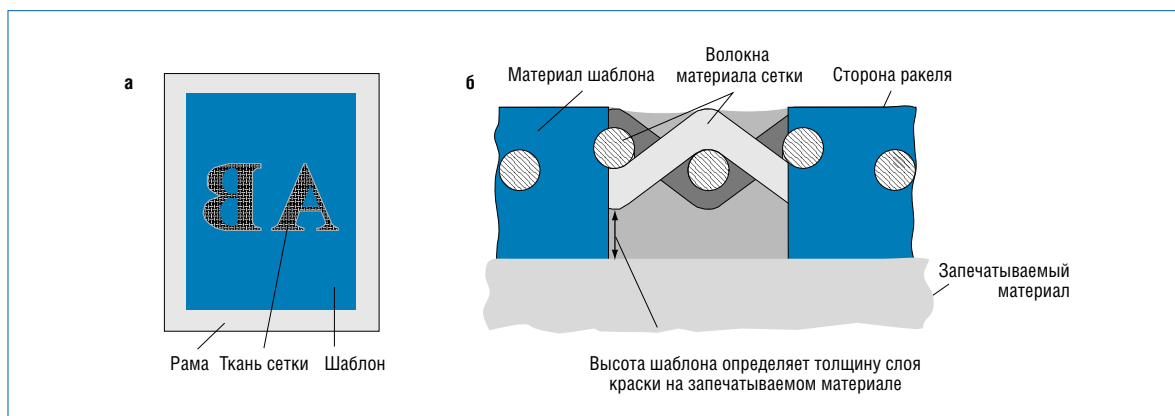


Рис. 2.4-3

Печатная форма: сетка с шаблоном/трафаретом:

а вид со стороны печати;

б сечение печатной формы.

Примечание. В соответствии с технологией нанесения краски на трафаретный материал предпочтительнее помещать копировальный слой на сторону ракеля для защиты и стабилизации сетки

В трафаретной печати этот недостаток устранен. Здесь трафаретная сетка-основа печатной формы берет на себя функцию перемычки, не ограничивая при этом характер и вид изображения. Краска проникает через отверстия ячейки сетки и образует непрерывные участки между запечатанными элементами шаблона. Шаблон в этом случае кладётся на сетку, приклеивается и закрепляется в таком положении.

Итак, сетка является только носителем шаблона. Комбинация сетки и шаблона образует печатную форму. Обеспечивается почти полная свобода для оформления сюжета и нанесения шаблона на сетку вплоть до растровых элементов. Благодаря этому перенос краски на закрытых участках частично предотвращается или, по крайней мере, сокращается. Это ограничивает возможность использования высоколинейтурных растров и передачу высокого градационного диапазона.

При выборе растровых углов нужно обращать внимание на положение нитей сетки, чтобы при печати не появлялся муар. Трафаретная форма и краска должны соответствовать ряду определённых требований, чтобы обеспечить желаемое качество печати. Для трафарета типичны растры с линиатурами до 40 точек/см при частоте сетки до 200 нитей/см. Растровые углы соответствуют углам раstra офсетной печати с дополнительным поворотом в 7,5 градусов относительно положения нитей трафаретной сетки.

2.4.1.1 Изготовление печатных форм

Печатная форма для трафаретной печати состоит из специальной сетки, натянутой на раму, и шаблона на ней.

Рамы

Рамы для трафаретной печати изготавливаются из дерева, стали, но наиболее распространены рамы из алюминиевого профиля. Имеются устройства для натяжения сетки на раму с зажимными приспособлениями. Производятся рамы, в которых зажимные элементы находятся с каждой ее стороны, что позволяет распределять натяжения по двум координатам, чтобы избежать искажения структуры изображения. Подготовка рамы имеет решающее значение для качества печати. Небольшой вес рамы благоприятен особенно для работы в кустарном производстве и малых предприятиях.

Трафаретные сетки

Выбор трафаретной сетки определяется требованиями к способу печати. Материал сетки должен хорошо сочетаться с материалом для шаблонов. Её не должны повреждать растворитель и очищающее средство. Сетка должна иметь достаточную износостойкость к давлению ракеля в процессе контакта с запечатываемым материалом. Размеры ячеек должны быть достаточно большими, если применяются краски и материалы для копировального слоя с грубыми пигментами. С другой стороны, ячейки не должны быть большими, чтобы при растровой печати обеспечить надежное воспроизведение мельчайшей структуры изображения. Требование экспонирования на сетку прямых фотографических диапозитивов и проявления шаблона с высоким качеством предполагает высокую устойчивость материала сет-

ки к УФ-излучению. Рассеивание при УФ-засвечивании в волокнах сетки, ведущее к снижению качества изображения, может быть устранено путем использования окрашенной сетки, соответствующей источнику излучения.

В [2.4-1] представлено и описано большое число видов материалов для сеток. Одним из важнейших параметров сетки является число нитей/см. Предлагаются сетки с числом нитей от 10 до 200 на сантиметр. Качество сетки определяется толщиной применяемых в ней нитей. Оно задается четырьмя градациями от «лёгкого» до «тяжёлого». Линиатура в нитях/см и толщина нитей в мкм (например, 180/27) определяют размер ячейки и процент открытой поверхности материала (рис. 2.4-4). Этот размер наряду с толщиной формы влияет на передачу красочного слоя. При заключительной обработке сетки в каландре перед покрытием ее поверхности копировальным материалом достигается высокая гладкость шаблона печатной формы (малый износ сетки и ракеля).

Качество печати растровых изображений ограничено параметрами шаблона и сетки. Элементы шаблона должны иметь определённые минимальные размеры для того, чтобы они могли быть зафиксированы на трафаретной сетке. Открытые части должны иметь, по крайней мере, такие размеры, чтобы они не

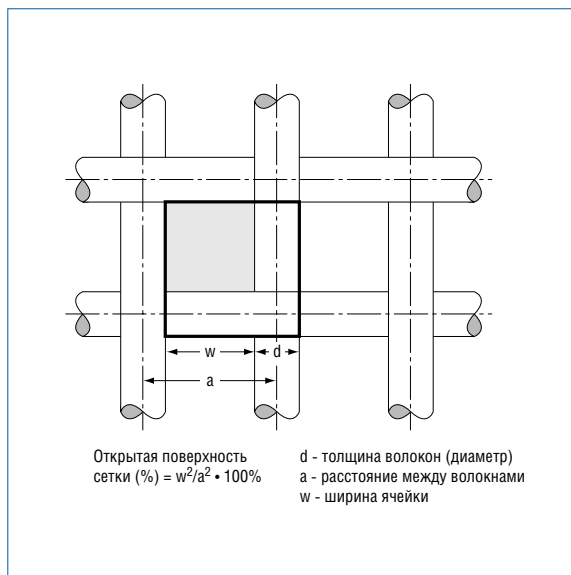


Рис. 2.4-4

Геометрия сетки трафаретной печати

закрывались нитями сетки и их пересечениями. Далее следует убедиться, чтобы отверстия были не меньше половины толщины шаблона, так как иначе красочные каналы не обеспечат безупречную передачу краски на запечатываемый материал. Линиатура сетки должна быть, по крайней мере, в 4 раза выше, чем у используемого раstra, что надежно обеспечит градационный охват от 5 до 95%. Муар может возникнуть как следствие неоптимального согласования линиатуры сетки, линиатуры раstra и требующейся толщины красочного слоя (превышение шаблона).

Правильное натяжение сетки в трафаретной печати является важнейшим параметром обеспечения высокого качества. Недостаточное натяжение сетки приводит к искажениям изображения во время печатного процесса. Это может также вызвать повреждение печатной формы. Особенно следует обращать внимание на натяжение при многокрасочной печати или, например, при производстве печатных плат, где предъявляются высокие требования к стабильности размеров изображения.

Натяжение сетки зависит от материала, его линиатуры, а также от качества ее изготовления и натяжения. Нагрузка на полотно может составлять в зависимости от требований от 0 до 25 Н/см. В зависимости от вида трафаретной сетки и нагрузки при печати, а также скорости печати натяжение может ослабевать. Так, например, уже после двух дней работы синтетической сетки натяжение уменьшается на 50%. Деформация рамки также ведёт к неравномерному натяжению, что при печати может привести к искажению печатных элементов формы. На рис. 2.4-5 пока-

зано ручное устройство натяжения сеточного полотна с зажимами и измерительным устройством. Пневматическое саморегулирующееся устройство обеспечивает равномерное натяжение и оказывает влияние на выравнивание деформации рамки.

Шаблоны

Носители информации, шаблоны, изготавливаются различными способами. Методы изготовления – от обыкновенной ручной работы до высокотехнологичных методов «Компьютер – трафаретная сетка» (раздел 4.3.5).

Ручное изготовление шаблонов. Изготовление шаблонов выполняется как мастерами-любителями, так и художниками-графиками, особенно в сериграфии (это название применяется для творческой трафаретной печати).

Используются следующие методы:

- **вырезание.** В качестве материала-носителя шаблонов используется фольга. Из ее листов изготавливаются вручную изображения, которые переносятся на сетку и приклеиваются к ней. Существует фольга для «приглаживания» или для отделения соответствующим специальным растворяющим средством;
- **покрытие.** Шаботонный материал переносится на сетку точно так же, как лак, например, кистью;
- **вымывание.** В то время как при вырезании подлежащая печати информация наносится на сетку в виде негативного изображения, при вымывании

Рис. 2.4-5

Устройство натяжения сетки с ручным зажимом и с измерительным устройством (Steinmann)

Примечание. На комбинированном измерительном устройстве помещен кронштейн, обеспечивающий необходимую регулировку натяжения трафаретной сетки



информация об изображении (с открытыми позднее для проникновения краски печатающими элементами) наносится на сетку посредством, например, водорастворимого лака. После этого сетка полностью покрывается собственно шаблонным материалом – лаком на основе другого растворителя, например, ацетона. Затем нанесённый копировальный слой вымывается (в данном примере водой), и открываются участки для прохождения краски в виде печатающих элементов изображения.

Фотомеханическое изготовление печатной формы (шаблона). В настоящее время печатные формы для трафаретной печати изготавливаются преимущественно с применением копировального материала на диазооснове:

- *прямой способ.* Для него применяют материал, затвердевающий под действием УФ-излучения. Материал наносится на сетку, устанавливаемую вертикально или под небольшим углом наклона. Для достижения высокого качества и большой толщины красочного слоя при печати копировальный слой для шаблонов может наноситься на сетку многократно с промежуточными сушками. Слои наносятся как с печатной стороны, так и со стороны ракеля. Чем мельче заметна структура сетки на поверхности формы, тем лучше результаты печати. Причина заключается в том, что в печатном процессе форма должна лежать ровно на запекаемом материале, чтобы не возникало никаких зазоров, в которые могла бы проникнуть краска. Равномерный прижим при копировании также улучшает качество, так как при этом можно избежать нерезкости и неточности при передаче печатной информации. После копирования незадублированные участки вымываются. Прямой способ изготовления удовлетворяет всем требованиям качественной печати и поэтому находит наибольшее применение. На рис. 2.4-6,а показан фрагмент поверхности печатной формы;
- *непрямые способы* используются при высоких требованиях к точности толщины слоя краски, например при нанесении проводящей пасты на элементы солнечной батареи или запечатке панелей с определёнными толщинами красочного слоя. Фотослой, находящийся на плёнке-носителе, предна-

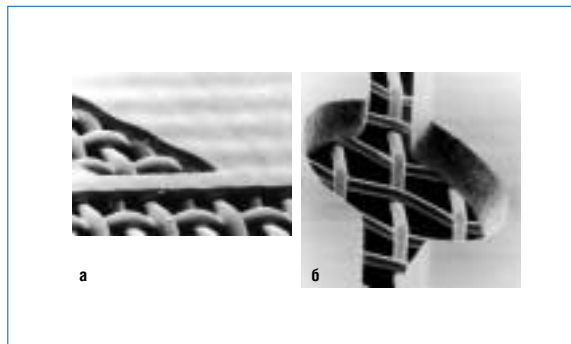


Рис. 2.4-6

Снимок печатной формы трафаретной печати, изготовленной фотомеханическим способом, полученный электронным микроскопом:

- а форма, изготовленная прямым способом;
- б форма, изготовленная комбинированным способом

значенной для точно определённой толщины слоя краски, экспонируется, проявляется и только затем переносится на сетку (приклеивается, прикатывается и пр.);

- *комбинированный способ* (рис. 2.4-4). Фотоматериал с носителем на плёнке переносится сначала на трафаретную сетку, а затем экспонируется и проявляется. Этот вид печатной формы имеет высокую точность при формировании печатных элементов (рис. 2.4-6,б).

Другие возможности изготовления форм и трафаретных сеток:

- *резка на режущем плоттере.* С помощью графических программ и программ компьютерного дизайна CAD можно из соответствующей плёнки нарезать шаблоны, которые затем переносятся на сетку и приклеиваются. Этот процесс сравним с изготовлением шаблонов путём вырезания вручную;
- *УФ-проекция для больших форматов.* Чтобы сократить расходы на плёнку или иметь возможность экспонировать очень большие трафаретные формы, используются проекторы, которые экспонируют фотошаблоны УФ-светом (рис. 2.4-7);
- *струйный способ.* Некоторые изготовители предлагают струйные печатные системы на базе пьезоэффекта, работающие по принципу «капля по требованию», в которых непрозрачные для УФ-света краски (воск или чернила) набрызгиваются в соот-

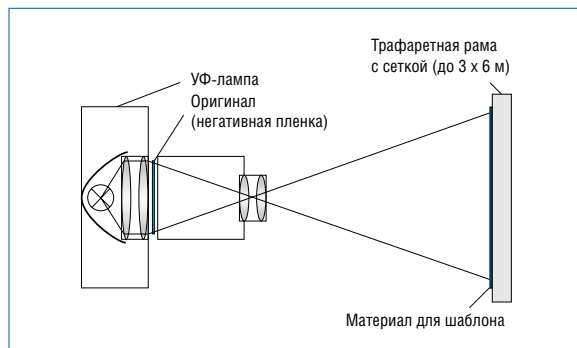


Рис. 2.4-7

Прямая УФ-проекция при экспонировании формы для трафаретной печати

ветствии с изображением на сетку со светочувствительным слоем (рис. 2.4-8). Нанесённая таким путем краска заменяет диапозитив. УФ-излучение задубливает открытые участки шаблона. И в заключительном проявочном процессе сформированная струйным методом красочная плёнка удаляется, а незадубленные участки вымываются;

- **изготовление трафаретных ротационных форм.** Изготовленные плоские формы на никелевой основе наклеиваются или привариваются (рис. 2.4-9) на соответствующие элементы круглой формы трафаретной печати. Круглые трафаретные бесшовные формы, например, для декоративной печати, изготавливаются гальваническим путем (рис. 2.4-10);
- **формы трафаретной печати на сетках,** изготовленных гальваническим путем (фирма Stork). Сетки, изготовленные гальваническим путем из никеля (плоские и круглые), особенно подходят для трафаретной ротационной печати (рис. 2.4-9). Для сетки этого вида имеется несколько возможностей изготовления шаблона:
 - на сетку наносится фотополимеризующая композиция, и подготовленная таким образом трафаретная печатная форма как обычно экспонируется и вымывается;
 - на сетку с предварительно нанесенной на нее фотополимеризующей композицией наносится изображение краской для струйной печати, затем печатная форма экспонируется и вымывается;
 - сетка с нанесённым на нее фотополимеризующимся слоем равномерно засвечивается, слой полимеризуется, а затем на сетке лазером выжи-

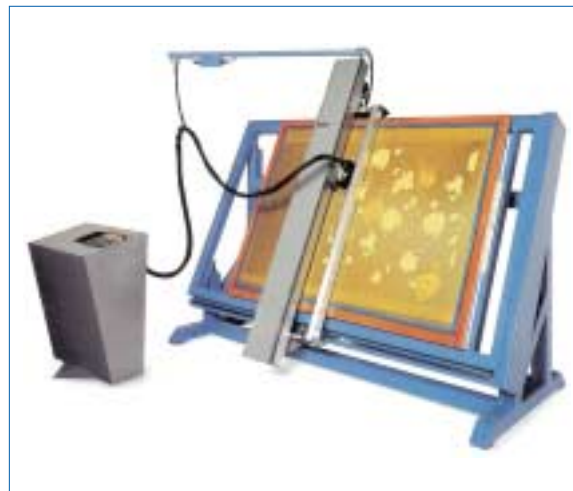


Рис. 2.4-8

Нанесение изображения на трафаретную печатную форму (изготовление маски) способом струйной печати; воскообразная краска, разрешение 1016 dpi (JetScreen, Luscher).

Примечание. Светлые участки (воскообразная краска) соответствуют печатному изображению

гаются в полимере отверстия, соответствующие изображению;

- сетка закрывается специальным полимером, осуществляется прямая лазерная запись (488 нм). Не-проэкспонированные участки вымываются.

2.4.1.2 Печатный процесс

Основные сведения

В соответствии с рис. 2.4-11 краска сначала без контакта сетки с запечатываемым материалом распределяется посредством ракеля почти без давления по возможности равномерно по всей форме. При перемещении краски ракелем она приобретает большую текучесть и заполняет ячейки формы. Далее, краска под давлением ракеля продавливается через форму на запечатываемый материал. На этом этапе осуществляется контакт между краской и запечатываемой поверхностью.

Наконец, происходит разделение формы и запечатанного материала. При этом краска удаляется из ячеек трафаретной сетки (сравнимо с опорожнением ячеек в способе глубокой печати). Этот процесс протекает нормально при условии, что сетка размещена на определённом расстоянии от материала и только

Рис. 2.4-9

Никелевая форма трафаретной печати, изготовленная гальваническим путем, для ротационных печатных машин трафаретной печати:

- а** отверстия (минимальный диаметр до 24 мкм, до 305 отверстий/дюйм, толщина металла 80 мкм);
- б** общий вид печатной машины трафаретной ротационной печати;
- в** приладка плоской печатной формы на цилиндре (RotaPlate, Stork/Thieme)

**Рис. 2.4-10**

Ротационные печатные формы трафаретной печати (бесшовные) различного диаметра (RotaMesh, Stork)

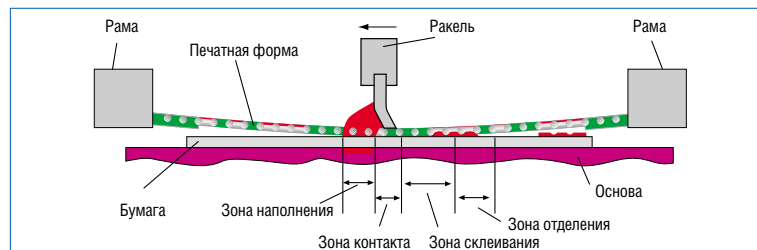
под действием ракеля вступает в контакт с запечатываемой поверхностью.

Плоская трафаретная печать (трафаретная печать на плоской форме)

Печатная форма, которая в общем случае представляет натянутую на раму сетку, снабженную шаблоном, и запечатываемый материал расположены параллельно друг другу (рис. 1.3-24,а). Запечатаваемый материал – бумага, картон или пленка – располагаются на печатном столе. Подлежащие запечатке текстильные материалы (или ткань) должны при этом лежать плоско и ровно под натяжением или должны быть зафиксированы специальной липкой лентой. Это очень важно для совмещения, особенно при многокрасочной печати. Другие запечатываемые материалы фиксируются вакуумом.

Рис. 2.4-11

Однокрасочный печатный процесс в трафаретной печати



Процесс нанесения печатной краски в трафаретной печати

Печать на цилиндрических и конических предметах также выполняется с плоских печатных форм (рис. 1.3-24,6). Рама подводится тангенциально над вращающимся предметом, подлежащим запечатке. Совмещение вращения запечатываемого предмета с движением сетки происходит, например, с помощью зубчатого колеса и зубчатой рейки. Ракель прямым краем находится жестко на линии, по которой происходит соприкосновение сетки и предмета. Могут запечатываться при необходимости также конические предметы, например, бокалы. Мягкие конические и цилиндрические предметы требуют соответственно изготовленной оправки, используемой в качестве зажимного устройства. Бутылки из синтетического материала для обеспечения печатного процесса можно наполнять сжатым воздухом.

Реализована печать на вогнутых, выпуклых, шарообразных, а также на цилиндрических и конических изделиях (этот процесс называется «круглой» печатью). Для того чтобы обеспечить равномерное давление (рис. 1.3-24,6), необходимо приспособить край ракеля к профилю изделия. Также необходимо соединение вращательного движения запечатываемых изделий с тангенциальным движением трафаретной формы. Поперечное (к направлению печати) натяжение сетки должно быть сильно снижено в случае контакта с изогнутой поверхностью, имеющей, например, сферическую форму. На практике это может происходить за счет освобождения сетки в направлении печати по краям рамы таким образом, чтобы сетка в печатном процессе облегла поверхность изделия как лента.

Ротационная трафаретная печать

Применение круглых трафаретных сеток позволяет осуществить бесконечное повторение изображений и

реализовать печать бесконечных полотен (текстильной, декоративной, обойной продукции). Применяется непрерывный ротационный метод, и при соответствующем изготовлении форм печать выполняется без швов. Трафаретная ротационная печатная форма на цилиндре, как было описано ранее, открыта с торцов (рис. 2.4-10). Через них ракель подводится к зоне контакта и останавливается. Печатная краска закачивается в трафаретную форму насосом по трубопроводу.

Сушка

В трафаретной печати наносится красочный слой большой толщины, что требует относительно большого времени сушки красок. Сушка такой печатной продукции, как плакаты, изделия одежды, выполняется на сушильной установке с вытяжкой. Применяются также открытые печи с различными тепловентиляторами или источниками излучения (например, с УФ-светом для УФ-красок).

2.4.2 Применение трафаретной печати

2.4.2.1 Трафаретная печать на плоской поверхности

Малотиражные плакаты и полиграфические изделия. Крупноформатные плакаты относительно выгодно изготавливать малыми тиражами. Толстый красочный слой позволяет получить высокий блеск и хорошее качество оттисков.

Дорожные знаки, шильды. Печать, в особенности крупноформатная, красками высокой стойкости используется для печати дорожных знаков и указателей. Трафаретная печать лучше всего удовлетворяет требованиям, предъявляемым к ним.

Трафаретным способом также запечатываются автомобильные панели и инструментальные шкалы. Наряду с точностью при печати на автомобильных деталях требуется обеспечить низкую проницаемость света при нанесении красок; контрольные сигнальные огни должны, например, точно светиться определённым цветом.

Электронные печатные платы. Трафаретная печать стала особо применима из-за ее простоты и гибкости при производстве печатных плат для электронных изделий. Только способом трафаретной печати можно многократно повторять при заданной толщине красочного слоя точное запечатывание на кашированной медью жесткой бумаге или на твердых платах. Нанесенное на медную поверхность красочное изображение сохраняет при травлении токопроводящие элементы печатной платы, а специальные лаки защищают их от внешних воздействий.

Солнечные энергетические батареи. Фотосопротивления и солнечные батареи запечатываются специальной проводящей пастой как участки для передачи электроэнергии. При этом особое значение придаётся очень маленьким, покровным площадям с проводниковыми элементами, чтобы оптимизировать получение энергии в солнечных батареях.

Компакт-диски (CD). Для печати на компакт-дисках также используется трафаретная печать. В настоящее время для них применяются и офсетная, и тампонная печать.

Текстильные предметы и материалы. При проникновении краски внутрь текстиля требуются ее большие объёмы. Поэтому преимущественно используется способ трафаретной печати. Предметы одежды, сумки из льна, полотнища материи и т.п. запечатываются трафаретной плоской и ротационной печатью.

Рисунки (деколи). Для нанесения декоров на керамику используется зачастую трафаретный способ печати, которым наносятся рисунки (деколи). Они изготавливаются из специальных пигментов для последующего обжига. Зёрна пигментов требуют использования низколинеатурной трафаретной сетки. Изображения с деколи с носителем размещаются на предва-

рительно нагретых керамических изделиях. Керамические изделия характеризуются нанесением на них толстого слоя краски под глазурью или поверх нее.

Бесшовные декоры для текстильных полотен и обоев, а также прочие декоры требуют в основном использования трафаретной ротационной печати и рулонного материала. В зависимости от вида запечатываемого изделия для этого изготавливают специальные машины. Трафаретная ротационная печать с листовым запечатываемым материалом особенно часто применяется для больших тиражей (раздел 2.4.3).

Техникой для трафаретной печати можно нанести также *прозрачный лак для облагораживания* печатных изделий (предпочтительно для выборочного лакирования).

2.4.2.2 Трафаретная печать на выпуклых поверхностях

Почти все предметы, запечатываемые трафаретным способом, ограничиваются плоскими, выпуклыми и ограниченно вогнутыми, не очень структурированными поверхностями. При этом почти нет никаких ограничений относительно запечатки материалов.

Керамические изделия обеспечивают возможность применения прямой трафаретной печати. При этом можно использовать специальные пигментные краски непосредственно после обжига или исключительно лаковые краски для печати на изделиях с глазурью.

На предметах из синтетических материалов не всегда можно осуществлять печать напрямую. Для обеспечения сцепления краски с такими материалами часто бывает необходимо обработать поверхность, например, открытым газовым пламенем, коронным разрядом или предварительным нанесением грунтовки (праймера).

Бутылки. Стекланные бутылки с обжигом лака или имеющиеся в продаже пластиковые бутылки для пищевых продуктов и хозяйственных нужд запечатывают часто также трафаретным способом.

Игрушки. Можно запечатывать, например, мячи или другие предметы в несколько красок.

Стаканы. Декор на питьевые стеклянные изделия зачастую наносят всевозможными красками и толстыми красочными слоями, а также краской под золото.