

Цифровая печать. Струйный принтер

Устройство струйного принтера, классификация по видам чернил

» Устройство струйного принтера

Изобретатели, пройдя путь от познания принципов формирования «капли по требованию» до струйного принтера двадцатых годов XXI-го века внесли в печатающий механизм массу новых конструктивных решений. Первые принтеры печатали одной строкой по одной капле, и процесс печати выполнялся крайне медленно. Надо было решить задачу передвижения головки на малом и постоянном расстоянии от материала (при длине несколько метров для широкого формата!), научиться печатать без видимой полосатости изображения, возникающей от проходов головки, создать печатающую головку, имеющую по множеству дюз на каждую СМΥК составляющую краски.

А сколько препятствий нужно было преодолеть на пути создания качественной цветопередачи! Свойства краски, размеры капли, компьютерное управление цветом...

Этот перечень можно продолжать и продолжать. Однако то качество, которое мы получаем при распечатке фотографического изображения на современном принтере, удивляет. Основной объем печати цветопроб в полиграфии делается на «струйниках».

Внешне же струйный принтер выглядит очень простым устройством. Механизм подачи бумаги, головка с соответствующим приводом, картриджи с чернилами – и все.

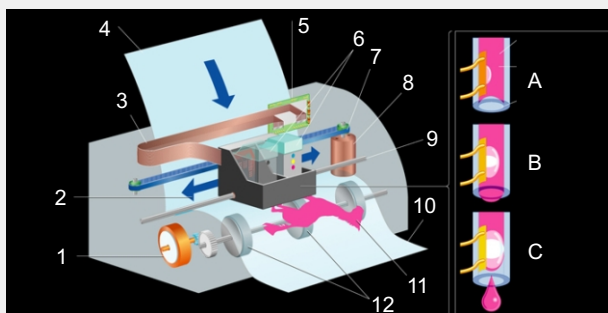


Рис. 1 Схема устройства струйного принтера. Справа показаны этапы формирования капли.

Для просмотра схемы в полноэкранном режиме откройте http://39print.ru/files/file/article_15_001A.jpg

1. Двигатель механизма транспортирования бумаги
2. Направление прямого и обратного перемещения печатающей головки
3. Гибкий шлейф проводников электронного управления дюзами
4. Носитель (бумага), указано направление перемещения
5. Электронная схема управления
6. Картриджи с чернилами (черный и блок цветных)
7. Ремень привода печатающей головки
8. Двигатель привода головки
9. Направляющая траверса головки
10. Готовый отпечаток
11. Отпечатанное изображение
12. Ролики перемещения бумаги

10. Готовый отпечаток

11. Отпечатанное изображение

12. Ролики перемещения бумаги

А, В, С - этапы формирования капли: рост пузырька пара и выброс капли из дюзы.

» Классификация

Струйные принтеры имеют разнообразную классификацию, в зависимости от размеров, назначения, сферы использования. Основное отличие - в использовании жидкостей, которыми они печатают. Все эти жидкости принято называть чернилами. Классификация по видам используемых чернил будет, пожалуй, наиболее общей.

Очевидно, что струйный принтер не является универсальным устройством, печатающим на любых материалах любыми жидкостями. Со свойствами чернил жестко связаны технические параметры принтера. Важными характеристиками используемых для печати жидкостей являются: вязкость, стабильность, скорость испарения, химическая агрессивность, предел Рэлея и др. Именно под эти конкретные характеристики жидкости рассчитывается конструкция и параметры печатающего механизма: принцип формирования капель и их размер, скорость движения головки, расстояние от дюзы до запечатываемого материала, химическая стойкость материалов тракта подачи чернил, способ очистки сопел и т.д. С другой стороны, плотность, толщина, структура и материал запечатываемой поверхности тоже жестко привязаны и к конструкции принтера, и к типу используемых чернил. Получается, что при многообразии вариантов струйного способа печати, каждый тип принтера предназначен для работы с определенными чернилами и материалами для печати. Нарушение этого правила может привести к потере качества печати или, в худшем случае, к выходу из строя печатающего устройства.

» Чернила – растворы и смеси

Чернила для струйных принтеров имеют сложный состав. На разработку нового вида чернил требуется до 40000 часов только на исследовательские работы. В качестве компонентов, в них присутствуют антиспениватели, загустители, пластификаторы, ингибиторы коррозии, поверхностно-активные добавки и другие вещества в очень точных пропорциях. Общее количество компонентов может достигать до 15, и, скорее всего, это не предел. Но в любых чернилах должны быть красящее вещество и красильная среда или основа. Если чернила делаются из красящего вещества, растворяющегося в основе до молекулярного уровня, получаются чернила – растворы. Красящее вещество называют «краситель». Бытовые примеры – акварельная краска, отфильтрованные соки ягод, спиртовой раствор йода. Растворы имеют однородный состав и со временем не отстаиваются и не расслаиваются.

Цифровая печать. Струйный принтер

Если чернила делают из красящего порошка твердого вещества, перемешанного с основой, в которой он не растворяется, получают чернила – взвеси или суспензии. Красящее вещество называют «пигмент». Бытовые примеры – гуашь, масляная краска, глина в воде. Взвесь имеет неоднородный состав и со временем отстаивается.

Попробуем окрасить этими красками бумагу или ткань.

Раствор вместе с красителем впитывается в материал и окрашивает его волокна на некоторую глубину, растекаясь по поверхности. Механически удалить такой краситель невозможно, и выглядит он ярко, насыщенно. Разглядывая поверхность, мы видим цвет окрашенного материала.

Компоненты взвеси ведут себя по-разному. Основа (бесцветная) впитывается, пигмент – остается на поверхности. Цвет не такой яркий, как у раствора, пигмент может быть удален с поверхности материала. Разглядывая поверхность, мы видим цвет пигмента.

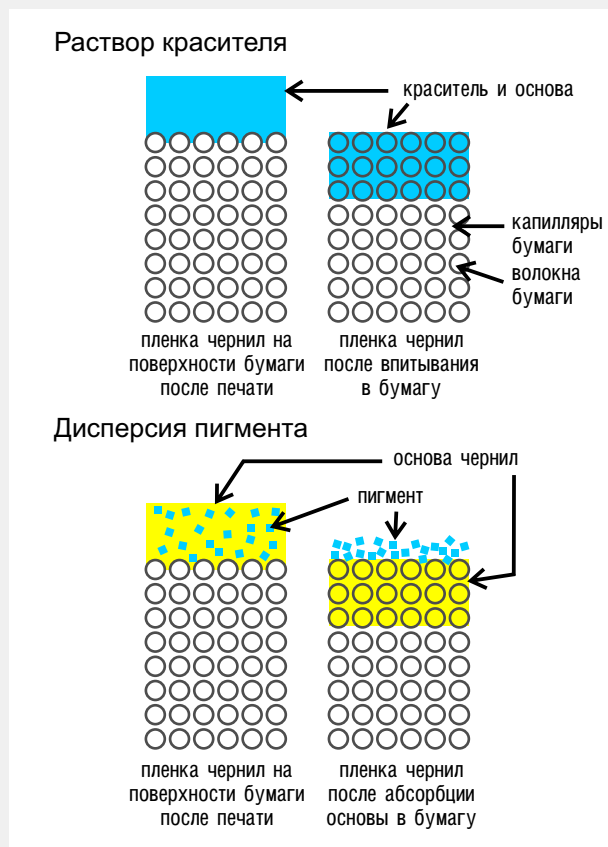


Рис. 2. Иллюстрация процессов окрашивания

Чтобы пигмент «приклеить» к окрашиваемой поверхности, его размешивают с адгезивным (клейким, липким) полимером, а уже вторым этапом – перемешивают с жидкостью основы чернил. В этом случае, и полимер, и основа – жидкости, в результате получается эмульсия. А полная смесь – твердый пигмент и две жидкости – дисперсия.

Попробуем смоделировать водно-дисперсионные или водоземulsionные чернила. Сухую глину тщательно перетираем с маслом. Получается густая, маслянистая жидкость. Долго перемешиваем ее в миксере с таким же количеством воды. Лопасты миксера разбивают масло на мельчайшие капсулы, в

каждой из которых – частицы глины. Каждая частичка глины покрыта тонким слоем масла и, после высыхания воды, прилипнет к материалу.

Для того чтобы чернила не отстаивались, используют очень мелкий порошок пигмента. Размер одной частицы менее 0,1 микрона. Сравните с толщиной человеческого волоса – около 50 мкм. Такие мелкие частицы свободно проходят сквозь дюзы печатающей головки (диаметр дюзы 15-50 мкм). Отсюда название чернил. Например: микро дисперсионные чернила на водной основе. Или просто – дисперсные чернила.

В качестве дополнительной меры, микрокапсулы с чернилами могут быть заряжены одноименными электрическими зарядами. Отталкиваясь друг от друга, частицы пигмента препятствуют как отстаиванию чернил, так и засорению дюз печатающей головки.

Этот вариант показан далее на рисунке.

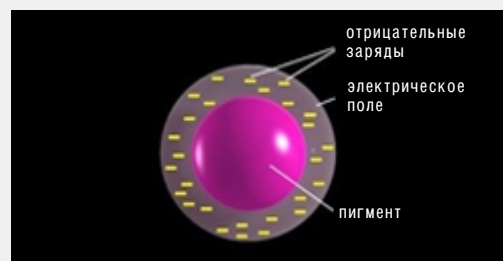


Рис. 3. Микрокапсула пигмента с отрицательным электрическим полем.

Итак, в зависимости от красящего вещества и основы, чернила бывают следующих видов.

» Чернила на водной основе

Чернила на водной основе (Water-based) бывают двух видов – водорастворимые и пигментные.

а). Водорастворимые (Water-based Dye) используются в принтерах термического формирования каплей. Наиболее экологичны, не имеют запаха, просты в использовании, недороги, дают яркие, живые и глубокие цвета. Однако, изображение недостаточно четкое: капли склонны к растеканию, они, впитываясь в бумагу, расплываются и не дают красочных точек с четкими краями. Это свойство маскирует полосы от прохода печатающей головки, но и качество печати тоже страдает. Отпечаток неустойчив к воздействию ультрафиолетовых лучей. Ну и главное – попавшая на картинку вода растворяет чернила и изображение «плывет». Применение печатной продукции, выполненной этим типом чернил, вне помещений возможно только при ламинировании защитными пленками.

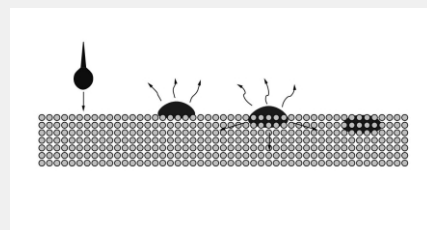


Рис. 4 Стадии впитывания и высыхания капли водорастворимых чернил.

Цифровая печать. Струйный принтер

б). Пигментные (Water-based Pigment) используются в принтерах с пьезоэлектрическим способом формирования капель. В современных чернилах частицы пигмента окружены специальным полимером, обеспечивающем не только адгезию к поверхности материала, но и защиту от УФ-лучей.

Такие чернила обеспечивают очень высокое, фотографическое качество печати с длительным временем сохранности; они экологичны, не имеют запаха, у них более высокая степень свето- и водостойкости, чем у водорастворимых чернил, однако для использования на улице эти чернила все равно непригодны.

Цена таких чернил выше, чем у водорастворимых, но при этом на принтерах одного класса отпечатки выглядят менее яркими, чаще забивают печатающие головки.

Сферы применения: интерьерная печать, бэкплиты, фотопечать.

Характеристика	Пигментные	На красителе
Светостойкость	очень хорошая	слабая
Стабильность цвета	очень хорошая	слабая
Выбор цвета	ограничен	ограничен
Яркость цвета	приглушенная	превосходная
Качество изображения	превосходное	некоторое расплывание
Совместимость	большой износ головки	очень хорошая
Ресурс	ограничен	высокий

» Чернила на основе растворителя

Еще одна группа - чернила на основе химического растворителя, который называют сольвентом (лат. solvens, solventis - растворяющий). Растворитель является более активным химическим соединением, чем вода, способствует лучшей адгезии к поверхности материала. Поэтому отличительная черта этих чернил по сравнению с чернилами на водной основе — водостойкость, высокая устойчивость к внешним воздействиям — печать пригодна для использования на улице без дополнительной защиты.

Однако эти чернила не настолько экологически безопасны, как чернила на водной основе.

Красящее вещество — пигмент. Используются в принтерах пьезоэлектрического типа.

Сольвентные чернила также бывают нескольких видов:

а) Сольвентные (solvent, hard-solvent) — наиболее агрессивные чернила, которые обеспечивают максимальную устойчивость ко всем видам внешних воздействий (вода, солнце, спирт и другие растворители, абразивное воздействие). Ими можно печатать практически на любом, даже неподготовленном носителе — агрессивные компоненты чернил размягчают верхний слой носителя и тем самым способствуют закреплению в нем пигмента, не допуская растекания. Но стоит отметить, что специально подготовленные под сольвент носители заметно повышают качество

печати. В составе сольвентных чернил есть компонент циклогексанон (Cyclohexanone free), который признан достаточно вредным для окружающей среды и здоровья человека. Помещение, где установлено печатное оборудование, должно быть оборудовано вентиляцией, а печатникам при работе с сольвентными чернилами рекомендуется надевать средства индивидуальной защиты.

Сольвентные чернила рассчитаны на самый дешевый способ изготовления наружной рекламы, где не требуется интерьерное качество, так как дистанция просмотра такой рекламы — от нескольких метров до нескольких десятков метров. Поэтому в основном сольвентные чернила применяются в принтерах сверхширокого формата (3-5 метров) с низким разрешением печати (360 dpi) и достаточном крупным размером капли (40-80 пл).

Типичные носители — бумага для печати билбордов, баннерный винил, виниловая сетка, ткани. Продукция обладает резким запахом, который долгое время не выветривается из отпечатков и использоваться в интерьере не может.

Сферы применения: наружная печать широких и сверх-широких форматов.

б). Низкосольвентные (mild-solvent, low-solvent, soft-solvent, lite-solvent) были созданы с целью уменьшения воздействия агрессивных сольвентных чернил на окружающую среду и, особенно, на здоровье человека. У этих чернил пониженное или нулевое содержание циклогексанона. Они все еще не безвредны — в их составе есть растворители, которые негативно воздействуют на человека и экологию, у них тоже есть неприятный запах, который из готовых отпечатков улетучивается быстрее, чем при печати сольвентными чернилами. Но вентилируемые помещения и средства индивидуальной защиты для печатников по-прежнему являются необходимостью.

В стремлении к универсальности применения производителями был сделан шаг не только в сторону снижения вредных компонентов, но и в сторону уменьшения размеров пигментных частиц — для того, чтобы повысить качество печати до интерьерного (720 dpi). Таким образом, принтеры, печатающие низкосольвентными чернилами, являются универсальными — можно печатать и на улице, и в интерьер. Однако при печати в жилые интерьеры все еще остается актуальным вопрос об экологичности, поэтому для данного случая такое решение нельзя назвать оптимальным.

Низкосольвентные чернила стоят намного дороже сольвентных.

Сферы применения: наружная печать средних форматов и интерьерная печать.

в). Эко-сольвентные (eco-solvent) чернила позиционируются производителями как безопасные в группе чернил на основе растворителя. Эти чернила практически не имеют запаха, так как используются менее вредные для человека и окружающей среды химические композиции, обладающие необходимыми качествами для связи пигмента с поверхностью печатного носителя. При этом отпадает необходимость в системе вентиляции и очистки, а отпечатки сохраняют свои свойства при уличном размещении в течение 3 лет. Имея разрешение печати 1440x1440dpi,

Цифровая печать. Струйный принтер

принтеры, работающие на этих чернилах, обеспечивают интерьерное или фотографическое качество печати.

Стоимость оборудования по сравнению с низкосольвентными принтерами ниже, однако, экосольвентные чернила дороже.

Используются для наружной печати средних форматов и интерьерной печати.

г). Биосольвентные чернила (BIO Solvent) — сольвентные чернила последнего поколения, которые производятся на основе растительного сырья (зерновые, кукуруза), не содержат агрессивных растворителей и считаются наиболее безопасными из чернил на основе растворителя. Этими чернилами можно печатать на традиционных материалах для сольвентной печати, как без покрытия, так и со специализированными покрытиями для улучшения качества изображения. Отпечатки стойкие к ультрафиолету, абразивному износу, воде и химическим воздействиям. Экологические свойства выше, чем у экосольвентных чернил.

» Чернила на масляной основе

Чернила на масляной основе (Oil Based Inks) изготавливаются на основе пигмента. Применяется в принтерах с пьезоэлектрическими головками.

Масляные чернила обеспечивают очень высокое качество изображений и одновременно с этим устойчивость к негативному воздействию окружающей среды (воде и солнечным лучам) в течение достаточно продолжительного времени (около 1 года). Масляные чернила быстро высыхают, не имеют склонности к растеканию, что дает возможность получать отпечатки высокой четкости, контрастности и желаемой цветопередачи. При всех неоспоримых достоинствах оборудование этого класса непопулярно из-за высокой стоимости.

» Сублимационные чернила

Сублимационные чернила (Dye Sublimation Inks) — это специальные чернила для струйного принтера, применяемые в технологиях сублимационной печати. Используются с пьезоэлектрическими принтерами.

Поскольку сублимация (возгонка) — это процесс перехода вещества из твердого состояния в газообразное, то применяется после высыхания чернил. Находясь в газообразном состоянии, краситель глубоко проникает в структуру материала носителя, образуя с ним прочные физико-химические связи. Изображения получаются яркие, насыщенные, устойчивые к различным воздействиям.

Сублимационные чернила обеспечивают два технологических способа получения изображения: прямой печатью и термотрансферной.

Прямая печать делается на тканях со специальной пропиткой, затем, после высыхания чернил, их нагревают для сублимации. Все эти процессы — печать, сушка и сублимация — происходят в одном цикле, прямо на принтере. Нагрев до температуры возгонки — инфракрасными точечными излучателями. Для прямой печати на ткани обычно используют принтеры

широкого формата. Технология сублимационной печати по ткани широко применяется для производства рекламных и сувенирных текстильных изделий: элементов наружной рекламы, флагов, вымпелов, различной одежды, штор, сувениров и т.д.

При термотрансферной печати изображение вначале печатается струйным принтером на специальной бумаге сублимационными чернилами, а затем, под воздействием температуры и давления в термопрессе, переносится на нужную поверхность. Перенос сублимационно-дисперсных красителей происходит при температуре от 170°C до 220°C.

Для этого вида печати ограничиваются принтерами максимального формата А3, продукция — футболки, кружки, бейсболки, сувениры.

Насыщенное, четкое и стойкое к сухим и мокрым обработкам изделие получится только при использовании полиэфирных, полиамидных или смесовых тканей (содержащих мин. 60% полиэфира или полиамида). Сублимационные красители не окрашивают хлопок, лен, шерсть, шелк и другие натуральные материалы. Поэтому футболки часто делают двухслойными — наружная поверхность синтетическая, внутренняя — хлопок. Сувенирные кружки из любого материала имеют пленочное покрытие из полимера на поверхности, предназначенной для изображения.

Термотрансфером можно также декорировать и различные предметы из перечисленных полимеров (например, спортивный инвентарь) или обработанные полиэфирным лаком металлические или керамические заготовки.

Чернила для сублимационной печати являются экологически безопасными и при работе с ними требуются самые обычные меры предосторожности.

Преимущества: высокое качество красителя — яркие и глубокие цвета; высокая стабильность чернил; четкость изображения и цветовая насыщенность после термопереноса; высокая скорость высыхания чернил на трансферной бумаге; повышенная стойкость готового отпечатка к внешним воздействиям.

Недостатки: ограничения по используемым материалам.

» Латексные чернила

Латексные чернила (HP Latex) являются разработкой компании Hewlett Packard и используются только в принтерах этой фирмы. Несмотря на то, что это водно-дисперсионные пигментные чернила (Water-based Pigment), а об этом типе чернил мы говорили выше, их стоит выделить в отдельную категорию. Отличие латексных чернил — в более широком спектре используемых для печати материалов. Кроме бумаги, латексные чернила позволяют выполнять печать на виниловой пленке, баннере, обоях, плакатной и флажной ткани.

В состав чернил входит искусственный полимер («Латекс»), который требует существенного нагрева после печати (в зависимости от носителя 60 - 110 °С), в результате чего водная основа испаряется и происходит полимеризация на запечатываемом материале. Используется две ступени нагрева.

Цифровая печать. Струйный принтер

Первый – в зоне печати – испарение воды, второй – в зоне термофиксации – полимеризация. Отпечаток выходит из принтера в сухом виде, готовый для использования.

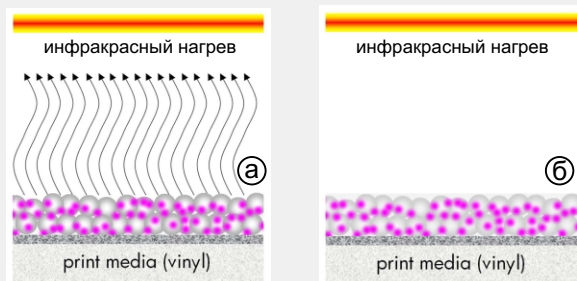


Рис. 5. а). Латекс в зоне печати. б). Латекс в зоне термофиксации. Поверхностный слой носителя - винила - размягчен

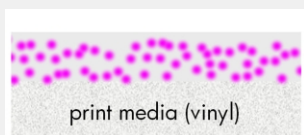


Рис. 6. Готовый отпечаток. Полимеризованный слой латекса на поверхности винила.

Латекс является термином, который описывает стабильное распределение микроскопических частиц полимера в воде. Не следует путать полимеры, использованные в чернилах HP Latex с известными материалами, как например, резина латекс. Полимер не имеет с ними ничего общего.

Латексные чернила практически не пахнут и при этом обладают высокой стойкостью к различным внешним воздействиям: не боятся прямых солнечных лучей, перепада температур, попадания воды и т.д. После застывания чернила сохраняют эластичность, поэтому могут быть использованы на гибких материалах.

Преимущества: отсутствие запаха, в печатном помещении не требуется вентиляция; гораздо более широкий спектр совместимых материалов, чем у стандартных пигментных чернил; готовность к использованию сразу после печати; высокое, почти фотографическое качество печати; устойчивость к внешним воздействиям, пожаробезопасность. Отпечатки могут без потери качества использоваться для наружной рекламы в течение трех лет без ламинирования и в течение пяти лет при условии ламинирования. При интерьерном использовании — пять и десять лет соответственно.

Недостатки: высокая цена, достаточно высокотемпературный нагрев материала в процессе печати.

» Ультрафиолетовые чернила

УФ-закрепляемые чернила (Ultraviolet Curable Inks, UV-curable) — это чернила, закрепляемые на носителе с помощью ультрафиолетового излучения. Принтеры, которые печатают такими чернилами, оснащаются мощными ультрафиолетовыми лампами, которые освещают отпечаток при каждом проходе печатной головки. В результате чернила застывают на поверхности носителя — печать получается выпуклой. В состав чернил входит несколько видов синтетических веществ, определяющих их свойства:

мономеры, олигомеры, фотоинициаторы. В качестве красящего вещества могут быть использованы как красители, так и пигменты.



Рис. 7. Схема полимеризации УФ-чернил

Такая технология печати совместно с планшетной конфигурацией принтеров дает возможность печатать практически на любых материалах: пластике, пенокартоне, дереве, стекле, металле, коже и т.д. Правда, некоторые материалы, например, стекло перед печатью стоит обработать специальной жидкостью для улучшения адгезионных свойств — праймером. При печати на прозрачных материалах получение сочного реалистичного изображения достигается с помощью подложки белого цвета — для некоторых моделей принтеров производятся УФ-чернила с белым пигментом. По сравнению с чернилами на основе растворителя, УФ-закрепляемые чернила считаются менее вредными, хотя характерный запах также имеют, а по устойчивости они вполне сопоставимы с сольвентными. Их можно использовать для улицы без дополнительной защиты.

Преимущества: менее вредные, чем чернила на основе сольвента; обладают высокой устойчивостью к внешним воздействиям; практически независимы от материала — печатать можно на чем угодно.

Недостатки: неприятный запах; склонны к растрескиванию на гибких основах; при печати требуется защищать глаза от УФ-излучения специальными очками; высокая себестоимость: к расходным материалам добавляются УФ-лампы и специальные жидкости (праймер, охладитель для головок).

Сферы применения: наружная и интерьерная печать на любых материалах, включая стекло, металл, дерево, керамика, неровные и текстурированные поверхности.

» Твердые чернила

Твердые чернила (solid-inks). В твердочернильном принтере используются палочки (или блоки) твердых воскоподобных чернил, которые расплавляются и в жидком виде используются для струйной печати.

Особенность технологии твердочернильной печати, реализованной фирмой Tektronix, заключается в специальном составе твердых красителей ColorStix. Происходит практически мгновенное плавление при достижении определенной температуры (немногом больше 60°C) и столь же быстрое затвердевание при попадании на более холодную бумагу. В состав чернил входит полимер, во многом повторяющий свойства «восковых» карандашей. Кроме того, вязкостно-смазывающие характеристики расплава обеспечивают равномерное и строго ограниченное растекание красителя даже по бумажной поверхности.

Цифровая печать. Струйный принтер

С целью повышения скорости печати, в твердочернильных принтерах используется однопроходный вариант печати. Печатающая головка в таком принтере выполнена широкой – по размеру запечатываемого листа. Вначале расплавленные чернила четырех цветов (СМΥК) одновременно наносятся на вращающийся разогретый и покрытый тонкой пленкой силиконовой смазки барабан, а затем готовое изображение в один проход переносится на бумагу, на поверхности которой чернила остывают и твердеют. Поскольку бумага остается практически холодной, возможна двухсторонняя печать, без опасения расплавить первую сторону.



Чернила изготавливаются из нетоксичных растительных масел, абсолютно безопасны и просты в использовании, дают высокое качество печати.

Впервые технология твердых чернил была разработана компанией Tektronix в 1986 году. После того, как компания Xerox приобрела компанию Tektronix в 2000 году, технология твердых чернил использовалась в некоторых цветных офисных принтерах Xerox.

Поскольку печать выполняется очень быстро (до 40 листов А4 в мин.) и дешево, твердочернильные принтеры получают все большее распространение.

Недостатки: разогрев принтера из остывшего состояния занимает до 15 мин., по сравнению с лазерными принтерами, принтеры с твердыми чернилами потребляют больше энергии для нагревания чернил и поддержания их в жидком состоянии; на отпечатке сложно делать надписи от руки или выделять текст; на готовые распечатки нельзя поставить даже горячую кружку со свежесваренным чаем, иначе ваш текст поплывет, а картинки смажутся.

» Текстильные чернила

Текстильные чернила (Direct Textile Inks). Текстильные чернила, которые применяются для прямой цифровой печати на тканях делятся на две группы: водные реактивные (активные или волоконно-реактивные) и водные кислотные.

Реактивные красители образуют прочное химическое соединение с волокном и характеризуются высокой стойкостью к мокрым обработкам, солнечным лучам и трению. Они наилучшим образом подходят для окрашивания натуральных тканей (хлопка, льна, вискозы, шелка, джута), но их не рекомендуется применять в сочетании с шерстью.

Следует обратить внимание на то, что в процессе испытаний, проведенных несколько лет назад, было обнаружено, что реактивные чернила совместимы со многими материалами для традиционной струйной

печати, при этом по яркости, свето- и влагостойкости, адгезионным свойствам они не уступают, а иногда и превосходят обычные чернила на водной основе. Поэтому уже сейчас некоторые производители принтеров внедряют в свои печатные системы именно этот тип чернил.

Кислотные красители, имеющие в своем составе кислотные группы, активно реагируют с основными группами белковых и полиамидных волокон. Эти чернила используются для печати на шерстяных, полушерстяных, шелковых и полиамидных тканях. Для печати этим типом чернил ткань следует предварительно обработать, а после завершения печати закрепить паром и промыть. Кислотные красители, как и реактивные, устойчивы к мокрым обработкам, но менее светостойки.

Современные текстильные чернила абсолютно адаптированы к струйному оборудованию, отличаются широким цветовым охватом, богатой палитрой, необходимой вязкостью (в условиях рекомендованных температуры/влажности помещения) для печати на высокой скорости и для создания детализированных изображений высокой четкости.

Текстильные чернила используются в большинстве случаев в пьезоструйных печатающих системах.

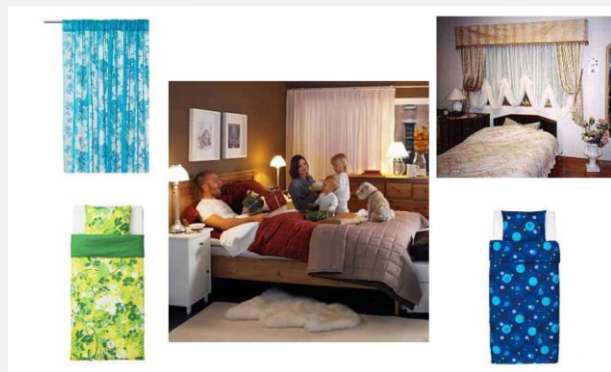


Фото. Примеры прямой печати на текстиле

Статью подготовил: Е.Чмель

В статье использованы материалы с сайтов:

www.large-format-printers.org, www.office.xerox.com,
www.hp.com, <http://accessscience.com>,
www.mpip-mainz.mpg.de, www.britannica.com