

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ И РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА НА КАЧЕСТВО ЛАКИРОВАНИЯ ОТТИСКОВ

Одним из основных назначений процесса лакирования является защита печатного изделия от истирания и царапин. Это особенно важно при производстве упаковки и этикеток, так как благодаря подобной защите красочного слоя стало возможным транспортировать и хранить упакованную продукцию без потери внешнего вида. Кроме того, лаки способны придавать поверхности эффект глянца или матовости, предотвращают отмарывание при проведении последующей отделки печатной продукции, создают термочувствительный слой и придают поверхности термоустойчивость.

На современном рынке расходных полиграфических материалов водно-дисперсионные лаки (ВД-лаки) получили наибольшее распространение. Это обусловлено, прежде всего, их универсальностью и отсутствием каких-либо специальных условий при лакировании в типографии. Они наносятся практически на любые печатные основы (бумажные и полимерные) и краски, любым способом (кроме трафаретного). Их преимущества – отсутствие необходимости применения специальных энергоемких устройств для закрепления пленки водных лаков, процесс не сопровождается выбросом вредных веществ.

Широкое применение находят ВД-лаки в качестве грунтовых лаков перед нанесением УФ-лака на пористые сорта картона и бумаги, что обеспечивает высокий конечный глянец.

Таким образом, представляет интерес исследование влияния структурно-механических характеристик материалов и режимных параметров процесса на качество лакирования оттисков.

В технической документации на машины, а также в научно-технической литературе отсутствуют сведения и методики определения оптимальных параметров и технологических режимов для различных расходных материалов и видов лака. На практике эти проблемы решают методом проб и ошибок. Это приводит к возникновению многочисленных видов дефектов. Чтобы исключить дефекты, необходимо разработать научно-обоснованные рекомендации, связывающие технологические режимы процесса лакирования с физико-механическими характеристиками применяемых материалов.

ВД-лаки представляют собой смесь полимерных дисперсий и пленкообразующих, увлажняющих и антивспенивающих добавок. В качестве связующего в большинстве ВД-лаков используют акриловые смолы, в качестве растворителей в них в основном используется вода, иногда – небольшое количество спирта (5–10%).

Механизм сушки термически сохнувших ВД-лаков представляет совокупность физико-химических процессов, основанных на частичном испарении воды из лаковой пленки с одной стороны, и частичном впитывании воды в поверхность бумаги или картона, с другой. Отсюда следует, что на скорость процесса и качество лакирования влияние оказывает капиллярное впитывание водной составляющей лака.

Бумага и картон – анизотропные материалы с неориентированным расположением волокон, состоящие преимущественно из целлюлозных волокон различного типа и наполнителей. В листе бумаги или картона между волокнами и наполнителем имеются заполненные воздухом мельчайшие поры различного размера и формы – система капилляров, которая вместе с гидрофильными целлюлозными волокнами обеспечивает их впитывающую способность.

Глубина проникновения жидкости h связана с длиной капилляров l_k и коэффициентом извилистости капилляров β равенством [1]

$$h = l_k / \beta. \quad (1)$$

Капиллярное впитывание, отражающее кинетику проникания жидкости в капилляр, определяется уравнением Уошборна [1]:

$$l_k = \sqrt{\frac{\sigma_{ж} r t \cos \theta}{2\eta}}, \quad (2)$$

где l_k – длина капилляра; $\sigma_{ж}$ – поверхностное натяжение лаковой пленки; θ – краевой угол смачивания; r – радиус капилляра; t – время; η – вязкость лака.

Коэффициент β определяется как увеличение пути l , пройденного частицами проникающей жидкости за счет диффузии и случайных блужданий на фрактальных решетках порового пространства. Диффузионный фронт имеет фрактальную структуру, характеризуемую размерностью G . Множество траекторий частиц жидкости образуют гиперкластер с топологической размерностью H . Диффузионный фронт представляет собой пересечение фрактального кластера порового пространства с размерностью D_{Π} и гиперкластера траекторий. В соответствии с представлениями теории фракталов увеличение пути l при случайных блужданиях по кластеру размером R и фрактальной размерностью H составляет [1]

$$l = (R / r_b)^{H/d}. \quad (3)$$

Размер кластера определяется радиусом корреляции кластера

$$R = h\Psi^{-\nu_k}, \quad (4)$$

где h – толщина листа бумаги; ν_k – критический индекс радиуса корреляции кластера пор.

Параметр Ψ в формуле (4) определяется следующим образом:

$$\Psi = |(\Pi - \Pi_c) / (1 - \Pi_c)|, \quad (5)$$

где Π_c – критическая пористость, т. е. пористость при которой в поровом пространстве начинается протекание жидкости.

С учетом (4) выражение для l (3) имеет вид [1]:

$$l = (h / r_b)^{\frac{H}{d}} \Psi^{-\frac{\nu_k H}{d}}. \quad (6)$$

Топологические размерности H , G и D_{Π} связаны между собой зависимостью, определяющей фрактальную размерность подпространства пересечения двух фрактальных пространств

$$G = H + D_{\Pi} - d. \quad (7)$$

Окончательное выражение для коэффициента извилистости порового пространства имеет вид [1]:

$$\beta = \frac{l}{h / r_b} = (h / r_b)^{\frac{H}{d}-1} \Psi^{-\frac{\nu_k H}{d}}. \quad (8)$$

Варьируя основные параметры, такие как скорость процесса, вязкость лака и характеристики различных видов бумаги и картона (фрактальная размерность поверхности, коэффициенты извилистости капилляров), по предложенной методике можно сделать расчет глубины проникновения жидкости в их поровое пространство за счет процесса капиллярного впитывания.

Методологическая особенность развитого в работе подхода к процессу лакирования состоит в том, что на основе статистического описания неоднородных случайных структур методами фрактальной геометрии построена теоретическая модель, учитывающая сложность нелинейных взаимосвязей параметров структуры и физико-механических свойств материалов и лаков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кулак, М.И. Влияние температуры и неоднородности структуры порового пространства бумаги на капиллярное впитывание печатной краски / М.И. Кулак, О.П. Старченко, Д.М. Медяк // Весці НАН Беларусі. Серыя фізіка-тэхнічных навук. – 2010. – № 2. – С. 69–77.