

УДК 684.4.059.3

В.И. Онегин, Ю.И. Цой

Онегин Владимир Иванович родился в 1935 г., окончил в 1960 г. Ленинградскую лесотехническую академию, ректор С.-Петербургской государственной лесотехнической академии, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, почетный профессор Монгольского технического университета, академик РАЕН и МАНВИШ, председатель секции наук о лесе РАЕН, председатель Головного совета по проблемам лесопромышленного комплекса при Министерстве образования РФ, вице-президент Ассоциации высших учебных заведений и научных организаций лесного профиля РФ, председатель диссертационного совета по защите докторских диссертаций, директор Международного центра лесного хозяйства и лесной промышленности. Имеет более 160 печатных трудов в области изучения технологии защитно-декоративных покрытий древесины и древесных материалов.



Цой Юрий Иванович родился в 1945 г., окончил в 1968 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии деревообрабатывающих производств С.-Петербургской государственной лесотехнической академии. Имеет более 100 печатных трудов в области технологии деревообрабатывающих производств.

**ФОРМИРОВАНИЕ ПОКРЫТИЙ МОДИФИЦИРОВАННЫМИ ВОДНОДИСПЕРСИОННЫМИ ЛАКОКРАСОЧНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ НА ИЗДЕЛИЯХ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ**

Разработаны технические и технологические рекомендации по покрытию изделий из древесины воднодисперсионными акриловыми лаками, модифицированными металлическими пигментами.

Ключевые слова: воднодисперсионные лакокрасочные материалы, технологические режимы, отделка древесины, пигменты.

Для модификации лаков применяют пигменты фирмы «Eckart», которые, несмотря на сходство с отечественными металлическими порошками, существенно отличаются от них выполняемыми функциями [3]. Если металлические порошки отечественного производства окисляются в водной среде полимера и, следовательно, покрытие со временем темнеет, растрескивается, теряет свои прочностные и декоративные свойства, то импортные пигменты обработаны полимерным материалом, затрудняющим процесс окисления частиц металла в пленке.

Кроме того, отечественные пигменты на основе алюминия не дают широкого цветового и декоративного спектра, тогда как при использовании импортных пигментов за счет варьирования объемной концентрации пигментной пасты в лаке и дисперсности (степень раздробленности) частиц можно получать неограниченное количество вариантов.

Цель нашей работы – исследовать процесс формирования защитно-декоративных покрытий древесины воднодисперсионными акриловыми лаками, модифицированными металлическими пигментами фирмы «Eckart».

Для проведения экспериментов был использован план Бокса для четырех переменных факторов. Выбор управляющих и выходных параметров, пределов варьирования переменных факторов, включенных в матрицу планирования эксперимента, был проведен на основании классических подходов с учетом требований к свойствам воднодисперсионного лака на древесине и имеющегося практического опыта нанесения лакокрасочных материалов методом пневматического распыления.

Математическую обработку результатов экспериментов, проверку адекватности получаемых моделей производили на основании [2].

Наиболее важным физико-механическим показателем лакокрасочных покрытий является поверхностная твердость, которая характеризует не только прочностные свойства, но и степень завершенности процесса их формирования на подложке.

В результате статистической обработки экспериментальных данных было получено уравнение регрессии, отражающее зависимость твердости защитно-декоративного покрытия Y_1 на основе воднодисперсионных лаков, пигментированных металлическими порошками, от характеристик вводимой пигментной пасты и параметров технологических режимов формирования полимерной пленки ($X_1 \dots X_4$):

$$Y_1 = 0,564 + 0,04X_1 + 0,02X_2 + 0,01X_4 + 0,05X_1 X_2 + 0,014X_1 X_3 + 0,054X_1 X_4 + 0,06X_2 X_3 + 0,041X_1^2 - 0,014X_2^2 - 0,019X_3^2 - 0,024X_4^2, \quad (1)$$

где X_1 – концентрация пигментной пасты в лаке, масс. %;

X_2 – размер частицы пигмента, мкм;

X_3 – давление в системе, МПа;

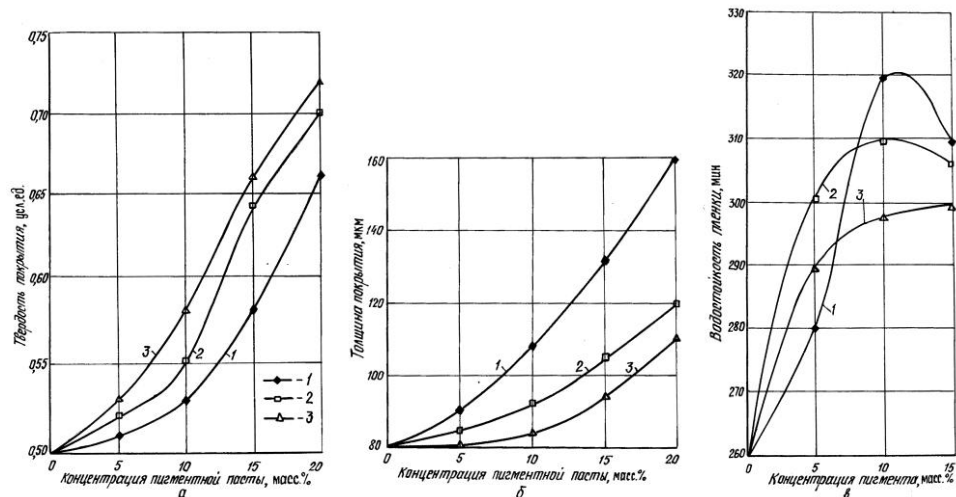
X_4 – расстояние от краскораспылителя до образца, мм.

Графически эта зависимость представлена на рисунке *a*.

Анализ полученных результатов показывает, что основное влияние на твердость формируемого лакокрасочного покрытия оказывают характеристики пигментной пасты, вводимой в пленкообразователь. Например, при увеличении объемной концентрации пигментной пасты в лакокрасочном материале твердость покрытия возрастает с 0,5 до 0,7 усл. ед. Такой рост обусловлен тем, что при повышении наполнения пигментом объема пленкообразователя увеличивается количество листующих слоев частиц в покрытии, которые армируют покрытие, улучшая его прочностные и эксплуатационные свойства.

При увеличении размеров частиц пигмента от 15 до 45 мкм твердость покрытия повышается, т.е. при большей площади единичного листовочного слоя уменьшается суммарная площадь разрывов между частицами, что способствует формированию более монолитного и с меньшим количеством дефектов лакокрасочного покрытия.

Однако следует отметить, что значительное влияние дисперсности пигментов на твердость покрытия проявляется только при условии достаточной концентрации пигментной пасты в лаке.



Зависимость твердости (а), толщины (б) и водостойкости (в) покрытия при фиксированных параметрах технологических режимов нанесения от характеристик пигментной пасты: 1 – размер частиц 15 мкм, 2 – 30, 3 – 45 мкм

Технологические режимы в исследуемых пределах незначительно сказываются на росте твердости покрытия. Однако при давлении в системе 0,4 МПа этот показатель достигает максимальной величины. Это можно объяснить тем, что при данном давлении формируется покрытие с наиболее ровной поверхностью.

Расстояние от краскораспылителя до образца также оказывает влияние на твердость покрытия. Для формирования ровного без наплывов покрытия, твердость которого имеет максимальное значение, необходимо располагать распылитель на расстоянии 300 мм.

Эксплуатационные свойства защитно-декоративного покрытия (прочность на истирание, изгиб, удар) связаны с его толщиной. В настоящей работе ставилась задача получения тонкослойного покрытия, позволяющего эффективно защищать подложку.

В результате проведения экспериментов получено уравнение регрессии, отражающее зависимость толщины Y_2 защитно-декоративного покрытия на основе воднодисперсионных лаков, пигментированных металлическими порошками, от характеристик вводимой пигментной пасты и параметров технологических режимов формирования полимерной пленки ($X_1 \dots X_4$):

$$Y_2 = 101,1 + 17,3X_1 - 10,3X_2 - 15,2X_3 - 9,6X_4 - 1,9X_1X_2 - 4,9X_1X_3 + 5,1X_1X_4 - 1,9X_2X_4 - 2,4X_3X_4 - 1,1X_1^2 - 6,1X_2^2 + 3,9X_3^2 + 22,9X_4^2. \quad (2)$$

Графически эта зависимость представлена на рисунке б, из которого видно, что на рост толщины покрытия значительное влияние оказывают ка-

чественные характеристики пигментной пасты, введенной в лакокрасочный материал. Так, при повышении концентрации пигментной пасты в лаке отмечается заметное увеличение толщины покрытия за счет роста листовочных слоев в его объеме.

Размеры частиц пигмента обратно пропорционально связаны с толщиной покрытия: при изменении размеров частиц с 45 до 15 мкм толщина покрытия увеличивается. Это объясняется тем, что при незначительных размерах частиц происходит большее наложение их друг на друга, что приводит к увеличению толщины листовочного слоя, а следовательно, и общей толщины покрытия.

Как показали исследования, давление в системе оказывает неоднозначное влияние на рост толщины покрытия: при давлении в пределах от 0,2 до 0,4 МПа толщина резко уменьшается за счет незначительных потерь на туманообразование и более равномерного дробления капель лакокрасочного материала при распылении. При дальнейшем увеличении давления толщина покрытия продолжает снижаться как за счет увеличения потерь на туманообразование, так и за счет резкого уменьшения диаметра капель лака, вылетающих из сопла, и увеличения их скорости, что приводит к тому, что они разлетаются далеко от древесной подложки.

Влияние расстояния от краскораспылителя до образца также неоднозначно: при небольшом расстоянии происходит налив избытка лакокрасочного материала на подложку за сравнительно небольшой промежуток времени (толщина покрытия 140 ... 180 мкм), однако оно имеет неудовлетворительный внешний вид (неравномерное, негладкое, с наплывами); при увеличении расстояния происходит снижение толщины за счет более равномерного нанесения. При постоянной скорости нанесения за определенный промежуток времени формируется покрытие толщиной 80 ... 110 мкм. Дальнейшее изменение расстояния от распылителя до образца приводит к увеличению толщины покрытия за счет возрастания потерь на туманообразование. Из-за того, что металлические частицы пигмента имеют больший вес, чем капли лака, происходит отрыв частиц от сферы капли и попадание полусухих частиц на поверхность подложки. Таким образом, толщина покрытия увеличивается, но его внешний вид становится неудовлетворительным.

Одним из важных свойств воднодисперсионных лаков является свойство полимера после отверждения не растворяться в воде и не быть подверженным воздействию влаги.

Математическая модель зависимости водостойкости Y_3 защитно-декоративного покрытия на основе воднодисперсионных лаков, пигментированных металлическими порошками, от характеристик вводимой пигментной пасты и параметров технологических режимов формирования полимерной пленки ($X_1 \dots X_4$) имеет следующий вид:

$$Y_4 = 201,1 + 28,4X_1 - 21,4X_2 - 26,3X_3 - 20,7X_4 - 14,4X_1X_2 - 17,4X_1X_3 + 17,6X_1X_4 - 14,4X_2X_4 - 12,3X_1^2 - 18,6X_2^2 + 12,3X_3^2 + 33,5X_4^2. \quad (3)$$

Графическая зависимость водостойкости от характеристик пигментной пасты и параметров технологических режимов представлена на рисунке 6.

Как показывает анализ результатов исследований, при повышении концентрации пигментной пасты в лаке значительно возрастает водостойкость покрытия за счет увеличения толщины и количества листовочных слоев частиц пигмента в покрытии. При этом размеры частиц пигмента оказывают обратное пропорциональное влияние на водостойкость за счет увеличения суммарной удельной площади кромок частиц. Так, при изменении размеров частиц с 45 до 15 мкм этот показатель значительно возрастает. Это объясняется тем, что при незначительных размерах частиц происходит большее наложение их друг на друга и увеличение толщины листовочного слоя частиц, плотности их упаковки, а следовательно, и водостойкости покрытия. Связь между давлением в системе и водостойкостью покрытия неоднозначна: в интервале от 0,2 до 0,4 МПа водостойкость максимальная за счет незначительных потерь на туманообразование и более равномерного дробления капель лакокрасочного материала при распылении на древесную подложку. При дальнейшем увеличении давления водостойкость остается практически на одном уровне.

Влияние расстояния от краскораспылителя до образца также проявляется по-разному. При небольшом расстоянии происходит налив лакокрасочного материала на подложку за сравнительно небольшой промежуток времени, поэтому водостойкость покрытия имеет достаточно высокое значение – 330 ... 380 мин. Однако само покрытие имеет неудовлетворительный внешний вид: неравномерное, негладкое, с наплывами. При увеличении расстояния водостойкость снижается за счет уменьшения толщины покрытия.

Полученные нами математические модели, отражающие свойства лакокрасочной композиции и покрытия на ее основе (уравнения (1)–(4)), были использованы для решения задач нахождения экстремальных значений параметров формирования защитно-декоративного слоя воднодисперсионными композициями. Определение параметров производили с помощью метода крутого восхождения. Для принятия компромиссного решения использовали метод условного центра масс [1].

По результатам полученных экстремумов функций отклика находили условные массы экстремальных значений параметров композиций. На основе этих данных определяли координаты условного центра масс, которые принимали в качестве координат оптимальных параметров управления:

X_1 (концентрация пигментной пасты в лаке), масс.	9,6
X_2 (размер частицы пигмента), мкм	28
X_3 (давление в системе), МПа.....	0,38
X_4 (расстояние от краскораспылителя до образца), мм	320

Подстановка полученных значений параметров управления в уравнения регрессии (1)–(3) дает следующие рациональные значения зависимых параметров покрытия в точке компромиссной оптимизации:

Твердость, усл. ед.	0,7
Толщина, мкм	82
Водостойкость, мин	400

В реальном технологическом процессе могут иметь место отклонения независимых управляющих факторов от значений, обеспечивающих глобальный оптимум характеристик. В этом случае вышеизложенная процедура расчетов, реализованных на ЭВМ, позволяет быстро находить наиболее эффективные комбинации управляющих параметров.

Выводы

1. Основное влияние на физико-механические свойства формируемого покрытия оказывают характеристики вводимой в пленкообразователь пигментной пасты (объемная концентрация и дисперсность частиц пигмента).

2. Увеличение объемной концентрации пигментной пасты в лакокрасочном материале приводит к повышению (с 0,5 до 0,7 усл. ед.) твердости, толщины и водостойкости покрытия. Улучшение прочностных и эксплуатационных свойств покрытия обусловлено тем, что при повышении наполнения пигментом объема пленкообразователя увеличивается количество листующих слоев частиц, которые обладают армирующими свойствами.

3. Дисперсность частиц пигмента оказывает неоднозначное влияние на свойства лакокрасочного покрытия. Так, при изменении размеров частиц пигмента с 15 до 45 мкм происходит рост твердости покрытия с 40 до 63 %. Это объясняется тем, что при увеличении размера частиц, т. е. при большей площади единичного листовочного слоя суммарная площадь разрывов между частицами уменьшается, что способствует формированию более монолитного и с меньшим количеством дефектов лакокрасочного покрытия.

4. Толщина лакокрасочного покрытия и его водостойкость возрастают при изменении размера частиц с 45 до 15 мкм. Это объясняется тем, что при незначительных размерах частиц пигмента происходит большее наложение их друг на друга, повышается плотность упаковки и толщина листовочного слоя частиц.

5. Параметры технологических режимов нанесения лака оказывают влияние на качество (твердость, толщина и водостойкость) покрытия. Установлено, что оптимальное давление в системе должно составлять 0,2 ... 0,4 МПа, а расстояние от краскораспылителя до отделываемой поверхности – 300 мм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев В.Н., Гусейнов Э.М. Выбор и обоснование критериев и показателей эффективности при оптимальном проектировании лесных машин // Машины и оборудование для механизации лесозаготовок и лесного хозяйства: Межвуз. сб. науч. тр. – Л.: ЛТА, 1981. – Вып. 10. – С. 12–15.

2. Пижурин А.А., Розенблит М.С. Исследования процессов деревообработки. – М.: Лесн. пром-сть, 1984. – 232 с.

3. Щуркова С.Н. Формирование защитно-декоративных лакокрасочных покрытий с перламутровым эффектом на изделиях из древесины: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – СПб, 1994. – 206 с.

Санкт-Петербургская государственная
лесотехническая академия

Поступила 5.11.03

V.I. Onegin, Yu. I. Tsoj

Coating Formation on Wooden Products with Modified Water-dispersion Paintwork Materials

Technical and processing recommendations of coating wooden products with water-dispersion acrylic lacquers, modified metallic paint are developed.
