



Логанина В. И.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВНЕШНЕГО ВИДА ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

Приведены сведения о закономерностях формирования качества внешнего вида лакокрасочных покрытий на цементной подложке. На основе вероятностного и детерминированного подходов предложена модель качества внешнего вида покрытий, учитывающая поверхностную пористость подложки и поверхностное натяжение красочного состава. Предложено оценивать качество внешнего вида покрытий фрактальной размерностью. Установлена корреляционная связь фрактальной размерности с классом качества внешнего вида покрытия.

Ключевые слова: лакокрасочные покрытия, качество внешнего вида, фрактальная размерность.

1. Введение и анализ литературы

В настоящее время качество внешнего вида лакокрасочных покрытий в соответствии с ГОСТ 9.407-74 «Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Группы, технические требования и обозначения» оценивается классом, при этом учитывается количество включений и расстояние между ними, наличие шагрени, потеков, волнистости и т. д. Определены семь классов качества внешнего вида покрытий на металлической подложке. В работе [1] предложено качество внешнего вида защитно-декоративных покрытий цементных бетонов оценивать IV–VII классами.

2. Результаты исследований

Условия получения и качество внешнего вида покрытий во многом зависят от реологических свойств исходных красочных составов и определяются процессами смачивания и растекания. Анализ проведенных экспериментальных исследований свидетельствует, что качество внешнего вида покрытий, оцениваемое по шероховатости покрытий, находится в прямой зависимости от поверхностного натяжения красочных составов и их вязкости [2–5]. Для водных красочных составов наблюдается уменьшение показателя шероховатости R_d с увеличением поверхностного натяжения до определенного значения, составляющего $\sigma_{\text{пн}} = 48\text{--}55$ мДж/м². Нами установлено, что зависимость шероховатости R_d покрытий от поверхностного натяжения может быть аппроксимировано уравнением вида:

$$R_d = a + b\sigma_{\text{пн}} + c\sigma_{\text{пн}}^2, \quad (1)$$

где $\sigma_{\text{пн}}$ — поверхностное натяжение красочного состава.

Вместе с тем, качество внешнего вида покрытий определяется также и другими факторами (реологическими свойствами красочного состава, степенью подготовки поверхности подложки и т. д.). Для создания модели, учитывающей влияние факторов, определяющих качество внешнего вида покрытий, нами применялся метод, основанный на объединении вероятностного и детерминированного подходов. На наш взгляд, наиболее оптимальной для описания модели является многофакторная функция Протодяконова следующего вида [6, 7]:

$$Y = \frac{1}{y_{\text{ср}}} y_1(x_1) y_2(x_2), \quad (2)$$

где $y_1(x_1)$, $y_2(x_2)$ — частные алгебраические зависимости по факторам x_1 и x_2 ; $y_{\text{ср}}$ — среднее значение всех учитываемых результатов эксперимента.

Ниже приведены результаты эксперимента и расчета модели качества внешнего вида на примере полимеризвесткового покрытия.

Варьируемыми факторами были: x_1 — поверхностная пористость подложки, %, и x_2 — поверхностное натяжение, мДж/м², выходным параметром Y — шероховатость поверхности покрытия, которую оценивали с помощью профилометра модели 283. Частные точечные зависимости представлены на рис. 1, а, б.

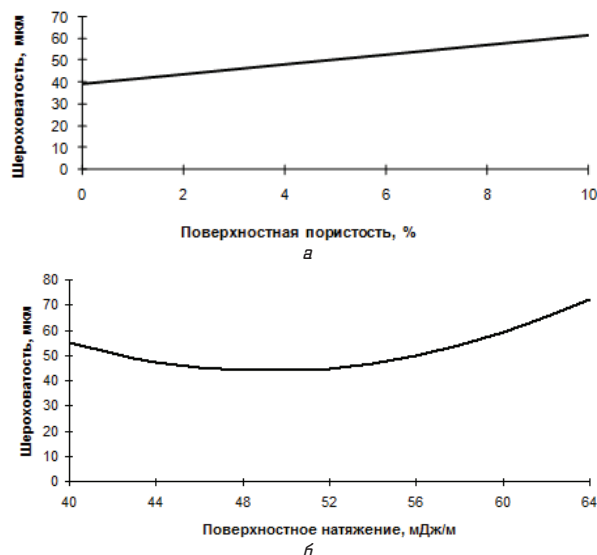


Рис. 1. Влияние поверхностной пористости цементной подложки (а) и поверхностного натяжения полимеризвесткового состава (б) на качество внешнего вида покрытий

Результаты исследований, приведенные на рис. 1, могут быть аппроксимированы следующими функциями:

$$Y_2 = 359 - 12,83x_2 + 0,13x_2^2, \\ Y_1 = 39,15 + 2,23x_1.$$

Значимость частных зависимостей определяли по коэффициенту корреляции. Уравнение Протодяконова из значимых частных функций имеет вид:

$$Y = \frac{1}{51,039} \cdot (39,15 + 2,23x_1) \cdot (359 - 12,83x_2 + 0,13x_2^2), \quad (3)$$

и дает результаты, хорошо коррелирующие с экспериментальными. Коэффициент корреляции равен 0,98.

В продолжение дальнейших исследований предложена методика оценки качества внешнего вида покрытий, основанная на определении и анализе профиля поверхности покрытия. Профиль поверхности покрытия является множеством, занимающим промежуточное положение между обычной прямой линией и плоскостью [8–10]. Одной из характеристик профиля поверхности покрытия, отражающим наличие включений, потеков, волнистости, может служить фрактальная размерность D . Для профиля поверхности покрытия величина фрактальной размерности $1 < D < 2$. Чем больше шероховатость покрытия, тем более искривлен профиль покрытия и больше D . Таким образом, фрактальная размерность D профиля покрытия может служить критерием качества его внешнего вида.

В табл. 1 приведены результаты оценки качества внешнего вида покрытий, проведенной в соответствии с ГОСТ 9.407-74 и с помощью фрактальной размерности профиля поверхности покрытий.

Таблица 1

Оценка качества внешнего вида покрытия

| Вид красочного состава | Шероховатость поверхности покрытия, R_a , мкм | Фрактальная размерность, D | Периметр профиля поверхности, мм | Класс качества внешнего вида покрытия | Блеск, % |
|-----------------------------|---|------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|----------|
| ПФ-115 | 0,22 | 1,17 | 106 | У | 70,8 |
| | 0,75 | 1,35 | 116 | УІ | 67,7 |
| МА-15 | 0,2 | 1,075 | 102 | У | 83,1 |
| | 0,48 | 1,125 | 109 | УІ | 78 |
| НЦ-123 | 0,2 | 1,1 | 105 | У | 76,9 |
| | 0,75 | 1,36 | 121 | УІ | 67,7 |
| Акрилатная, класс Универсал | 0,75 | 1,3 | 216 | УІ | 66,2 |
| | 1,26 | 1,42 | 221 | УІІ | 64,2 |
| Вододисперсионная, фасадная | 0,6 | 1,25 | 192 | УІ | 66,2 |
| | 1,24 | 1,7 | 225 | УІІ | 62,2 |

Красочные составы наносились кистью на растворные подложки в два слоя с промежуточной сушкой в течение 24 ч. Профиль покрытия определяли прибором профилометром-профилографом типа А1. Длину профиля поверхности покрытия определяли курвиметром. Дополнительно качество поверхности покрытий оценивали блескомером ФБ-2. Оценка фрактальной размерности профиля поверхности покрытий производили геометрическим методом. Для этого изображение кривой, полученное с помощью профилографа-профилометра, покрывалось сеткой, состоящей из квадратов со стороной L_1 . Затем подсчитывали число квадратов N , через которые проходит кривая $N(L_1)$. Изменяя масштаб сетки, каждый раз вновь подсчитывали число квадратов,

пересекающих кривую $N(L_2)$, $N(L_3)$, ..., $N(L_n)$. Затем в двойных логарифмических координатах строили зависимость $N(L)$, по углу наклона которой и определяли фрактальную размерность (табл. 1).

Как видно, между шероховатостью поверхности покрытия, классом качества внешнего вида и фрактальной размерностью существует корреляционная зависимость. С увеличением шероховатости поверхности покрытия наблюдается снижение класса качества внешнего вида и увеличение фрактальной размерности D . Так, например, фрактальная размерность профиля поверхности покрытия на основе краски ПФ-115 при шероховатости поверхности покрытия и классе качества внешнего вида соответственно 0,2 мкм и У составляет $D = 1,17$, в то время как при шероховатости поверхности покрытия и классе качества внешнего вида соответственно 0,75 мкм и УІ — $D = 1,35$. Аналогичные закономерности характерны и для других видов покрытий. Подтверждением этому служат также и данные изменения блеска и параметры профиля поверхности покрытия на базовой длине измерения, составляющей 10 см. С увеличением фрактальной размерности профиля поверхности покрытия наблюдается снижение их блеска и увеличение числовых значений периметра профиля.

Зависимость длины L профиля поверхности покрытия при базовой длине измерений l от фрактальной размерности D может быть аппроксимирована в виде:

$$L = lD^{bD}, \quad (4)$$

где b — постоянный коэффициент.

В частности, для покрытий на основе краски ПФ-115 выражение (4) имеет вид:

$$L = 99,62D^{0,33D};$$

— для покрытий на основе краски МА-15:

$$L = 99,08D^{0,638D};$$

— для покрытий на основе краски НЦ:

$$L = 99,55D^{0,416D};$$

— для покрытий на основе акрилатной краски:

$$L = 115,28D^{1,47D};$$

— для покрытий на основе вододисперсионной фасадной краски:

$$L = 131D^{0,645D}.$$

Коэффициент корреляции составляет 0,93–0,95.

Введение фрактальной размерности в показатели качества внешнего вида покрытий в совокупности с используемыми другими показателями повысит объективную оценку качества внешнего вида покрытий.

Качество внешнего вида покрытий определяется характером розлива красочного состава. Определение растекаемости (розлива) красочных материалов, наносимых кистью, проводили по методике, заключающейся в нанесении пяти пар параллельных полос материала и определении степени растекаемости по числу слившихся полос. Нанесение полос производили специальным приспособлением. Оценка степени растекаемости пяти пар параллельных полос производили по десятибалльной шкале «розлива». Применяли подложки из стекла и цементно-песчаного раствора. Результаты исследований приведены в табл. 2.

Таблица 2

Влияние реологических свойств красочных составов на качество внешнего вида покрытий

| Наименование красочного состава | Шероховатость поверхности, R_a , мкм* | Фрактальная размерность поверхности покрытия, D | Поверхностное натяжение красочного состава, мДж/м ² | Динамическая вязкость красочного состава, Пас | Розлив красочного состава, мин. |
|---------------------------------|---|---|--|---|---------------------------------|
| Алкидная эмаль ПФ-115 | 0,58 | 1,29 | 19,35 | 7,92 | не более 5 не более 5 |
| | 0,4 | 1,18 | 18,37 | 6,86 | не более 5 не более 3 |
| | 0,21 | 1,06 | 16,67 | 5,8 | не более 5 не более 3 |
| Масляная краска МА-15 | 0,8 | 1,3 | 17,48 | 23,68 | не более 5 не более 3 |
| | 0,69 | 1,1 | 16,93 | 14,8 | не более 5 не более 3 |
| | 0,46 | 1,03 | 16,18 | 10,36 | не более 5 не более 3 |
| Нитроцеллюлозная НЦ-123 | 0,78 | 1,3 | 27,09 | 14,02 | не более 5 не более 3 |
| | 0,6 | 1,12 | 24,08 | 7,38 | не более 5 не более 3 |
| | 0,32 | 1,06 | 22,12 | 6,39 | не более 5 не более 3 |
| Вододисперсионная (фасадная) | 3,01 | 1,4 | 37,37 | 40,04 | более 15 более 15 |
| | 2,55 | 1,25 | 34,96 | 30,8 | более 15 более 15 |
| | 1,85 | 1,1 | 31,88 | 21,56 | более 15 более 15 |
| Акрилатная, класс Универсал | 2,4 | 1,53 | 36,13 | 33,44 | более 15 более 15 |
| | 1,77 | 1,3 | 33,87 | 24,32 | более 15 более 15 |
| | 1,44 | 1,1 | 30,96 | 15,2 | более 15 более 15 |

Примечание: * — шероховатость покрытия оценивалась на стеклянной подложке

Анализ данных, представленных в табл. 2, свидетельствуют, что наблюдается некоторое замедление времени восстановления структуры красочных составов при нанесении их на пористую поверхность раствора. Так, например, на стеклянной подложке время восстановления структуры красочного состава ПФ-115 составляет 3 мин, а на цементной подложке — 5 мин, хотя розлив в обоих случаях является удовлетворительным. Несомненно, время восстановления структуры красочного состава зависит как от пористости подложки, так и от реологических свойств красочного состава.

Результаты оценки профиля поверхности покрытий свидетельствуют, что при увеличении поверхностного натяжения красочного состава наблюдается более низкое качество внешнего вида образующегося покрытия. Так, при значении поверхностного натяжения акрилатной краски класса Универсал, равной $\sigma = 36,13$ мДж/м², шероховатость поверхности покрытия составляет $R_a =$

$= 2,4$ мкм, фрактальная размерность $D = 1,53$. Аналогичные закономерности характерны и для других видов покрытий.

Таким образом, в зависимости от качества поверхности, подлежащей окрашиванию (пористости), способа нанесения должны быть подобраны оптимальные реологические характеристики красочных составов, способствующие получения поверхности покрытий заданного качества.

3. Выводы

Предложено оценивать качество внешнего вида покрытий фрактальной размерностью. Установлена корреляционная связь фрактальной размерности с классом качества внешнего вида покрытия.

На основе вероятностного и детерминированного подходов предложена модель качества внешнего вида покрытий, учитывающая поверхностную пористость подложки и поверхностное натяжение красочного состава.

Литература

- Орентлихер, Л. П. Защитно-декоративные покрытия бетонных и каменных стен [Текст] : справ. пособ. / Л. П. Орентлихер, В. И. Логанина. — М.: Стройиздат, 1993. — 136 с.
- Логанина, В. И. Красочные составы на основе полимерминеральных связующих [Текст] / В. И. Логанина, О. В. Карпова, А. С. Мишин. — Пенза, 1998. — 109 с.
- Contribution of statistical methods to the study of worn paint coatings surface topography [Text] / D. Najjar, M. Bigerelle, F. Hennebelle, A. Iost // Surface and Coatings Technology. — 22 May 2006. — Volume 200, Issues 20–21. — P. 6088–6100.
- Influence of the morphological texture on the low wear damage of paint coated sheets [Text] / F. Hennebelle, D. Najjar, M. Bigerelle, A. Iost // Progress in Organic Coatings. — 1 May 2006. — Volume 56, Issue 1. — P. 81–89.
- Калашников, В. И. Сухие строительные смеси на основе местных материалов [Текст] / В. И. Калашников, В. С. Демьянова, Н. М. Дубошина // Строительные материалы. — 2000. — № 5. — С. 30–33.
- Малышев, В. П. Вероятностно-детерминированное планирование эксперимента [Текст] / В. П. Малышев. — Алма-Ата: Наука КазССР, 1981. — 116 с.
- Логанина, В. И. Применение вероятностно-детерминированного метода планирования эксперимента при разработке модели качества внешнего вида покрытий [Текст] / В. И. Логанина, А. М. Данилов, О. В. Карпова, Е. И. Куимова // Известия вузов. Строительство. — Новосибирск, 2002. — № 7. — С. 43–46.
- Золотухин, И. В. Фракталы в физике твердого тела [Текст] / И. В. Золотухин // Соровский образовательный журнал. — 1998. — № 7. — С. 108–113.
- Логанина, В. И. Оценка напряженно-деформированного состояния лакокрасочного покрытия в зависимости от качества его внешнего вида [Текст] / В. И. Логанина, И. В. Волков, В. В. Голубев // Известия вузов. Строительство. — 2008. — № 7. — С. 26–30.
- Application of profilometry and fractal analysis to the characterization of coatings surface roughness [Text] / Progress in Organic Coatings. — January-April 1996. — Volume 27, Issues 1–4. — P. 219–226.

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЯКОСТІ ЗОВНІШНЬОГО ВИГЛЯДУ ЛАКОФАРБОВИХ ПОКРИТТІВ

Наведено відомості про закономірності формування якості зовнішнього вигляду лакофарбових покриттів на цементній підкладці. На основі імовірнісного і детермінованого підходів запропонована модель якості зовнішнього вигляду покриттів, що враховує поверхневу пористість підкладки і поверхневий

натяг барвистого складу. Запропоновано оцінювати якість зовнішнього вигляду покриттів фрактальної розмірності. Встановлено кореляційний зв'язок фрактальної розмірності з класом якості зовнішнього вигляду покриття.

Ключові слова: лакофарбові покриття, якість зовнішнього вигляду, фрактальна розмірність.

Логаніна Валентина Івановна, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри управління качеством и технологий строительного производства, Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Российская Федерация, e-mail: loganin@mail.ru.

ний университет архитектуры и строительства, Российская Федерация, e-mail: loganin@mail.ru.

Логаніна Валентина Іванівна, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри управління якістю та технології будівельного виробництва, Пензенський державний університет архітектури та будівництва, Російська Федерація.

Loganina Valentina, Penza State University of Architecture and Construction, Russian Federation, e-mail: loganin@mail.ru

УДК 669.1.002.5:621.78

**Бережний М. М.,
Чубенко В. А.,
Хіноцька А. А.,
Мацішин С. О.,
Шепель А. О.**

АНАЛІЗ ТЕМ ДИСЕРТАЦІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ АКТУАЛЬНОСТІ НАПРЯМКІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

В даній статті виконано аналіз тематики дисертацій за спеціальністю 05.16.05 — «Обработка металлов тиском» в Росії в період 2000–2011 р.р. (за даними ВАК РФ) та дисертацій за спеціальністю 05.03.05 — «Процеси та машини обробки тиском» в Україні за період 2000–2012 р.р. Проведена систематизація захищених дисертацій в Росії та Україні за вказаний період, що виражена у графіках.

Ключові слова: аналіз, дисертація, спеціальність, обробка металів тиском, процеси, машини, систематизація, графік.

1. Вступ

Головна тенденція розвитку сучасного прокатного виробництва — збільшення частки листової продукції у загальному об'ємі випуску прокату. У розвинених капіталістичних країнах, таких як: США, Німеччина та Японія, частка листового прокату у загальному об'ємі виробництва прокату складає 55–70 %, при цьому безперервно збільшується кількість холоднокатаних листів. Ця тенденція має місце і в нашій країні, а інтенсивність росту виробництва листового прокату із року в рік збільшується.

2. Аналіз літератури та постановка проблеми

Підвищення вимог різноманітних галузей промисловості зумовило різке підвищення якості листового прокату, яка нерозривно пов'язана з розробкою оптимальних технологічних режимів гарячої та холодної прокати, створенням більш сучасних конструкцій прокатних станів, оснащенням їх контрольно-вимірювальною апаратурою та засобами автоматичного керування з використанням ЕВМ [1–6].

3. Формулювання цілей статті

Вважаючи кандидатські дисертації з технічних дисциплін найвищим рівнем розвитку науки в конкретних фахових напрямках, вирішено ретроспективно дослідити масив тем усіх наукових праць, захищених в Росії в період 2000–2011 р.р. за даними ВАК РФ, опублікованих в Інтернеті на сайті: *dissertCat — электронная библиотека диссертаций* та в Україні за період 2000–2012 р.р.

4. Експериментальні дані та їх обробка

Всього за названою спеціальністю захищено дисертацій 236 (табл. 1): в тому числі 216 (92 %) особами чоловічої та 20 (8 %) жіночої статі. Кількість захищених дисертацій в розглянутому періоді (2000–2011 р.р.) поступово зменшується, переважно чоловіками. Зменшення кількості захищених дисертацій стосується як обробки тиском кольорових, так і чорних металів. В середовищі кольорових 45 (19 %) металів переважають дисертації з обробки тиском алюмінієвих сплавів, потім міді та інших. Обробці чорних металів тиском присвячено 191 (81 %) кандидатських дисертацій. Найбільш досліджуваним напрямом є поздовжня прокатка штаб і листів. Кількість захищених дисертацій за період 2000–2011 років складає 64, це 27 % від загальної кількості (рис. 1).

Таблиця 1

Загальна характеристика масиву тем кандидатських дисертацій у Росії

| № пп | Рік | Кількість дисертацій | | | | | | | | | | |
|------|------|----------------------|--------------|---|--------|---------|---|---|----|----|----|--|
| | | К-ть | В тому числі | | | | | | | | | |
| | | | ч | ж | Кол. м | Чорн. м | а | б | в | г | д | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| 1 | 2000 | 31 | 30 | 1 | 5 | 25 | 5 | 1 | 5 | 2 | 18 | |
| 2 | 2001 | 22 | 19 | 3 | 4 | 18 | 3 | 8 | 0 | 1 | 10 | |
| 3 | 2002 | 19 | 18 | 1 | 2 | 17 | 8 | 5 | 1 | 0 | 5 | |
| 4 | 2003 | 19 | 18 | 1 | 2 | 17 | 7 | 4 | 0 | 2 | 6 | |
| 5 | 2004 | 20 | 19 | 1 | 7 | 13 | 2 | 3 | 6 | 2 | 7 | |
| 6 | 2005 | 20 | 18 | 2 | 5 | 15 | 7 | 0 | 2 | 3 | 8 | |