

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
В ПРОИЗВОДСТВЕ, ОБРАБОТКЕ
И ПЕРЕРАБОТКЕ МАТЕРИАЛОВ
И НАНЕСЕНИИ ПОКРЫТИЙ**

**Методические указания
к лабораторным работам**

Казань 2017

УДК 621.762

ББК 30.63

Т38

Т38 Технологическое оборудование в производстве, обработке и переработке материалов и нанесении покрытий: методические указания к лабораторным работам / сост.: А.Е. Сухарников, А.Е. Бунтин. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2017. – 32 с.

Представлены материалы лабораторных работ по изучению оборудования и теоретических основ процессов классификации измельченных материалов и нанесения порошковых полимерных покрытий.

Методические указания предназначены для аудиторных занятий и самостоятельной работы студентов, обучающихся по направлениям подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» и 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», изучающих дисциплину «Материаловедение. Технология конструкционных материалов».

УДК 621.762

ББК 30.63

ВВЕДЕНИЕ

Целью издания методических указаний к лабораторным работам является формирование у студентов теоретических знаний и практических навыков в области современных методов получения материалов и нанесения покрытий, а также способов их диагностики и улучшения свойств.

В результате изучения материала методических указаний и выполнения лабораторных работ формируются следующие профессиональные компетенции:

- способность к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата;
- способность обеспечивать соблюдение правил техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности, норм охраны труда, производственной и трудовой дисциплины;
- готовность к участию в работах по освоению и доводке технологических процессов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА ИЗМЕЛЬЧЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы

1. Изучение теоретических основ анализа дисперсного состава измельченных материалов.
2. Изучение методов ситового анализа измельченных материалов, устройства и принципа действия лабораторной установки модели 029.
3. Проведение отсева измельченного материала и обработка экспериментальных данных исходя из логарифмического нормального распределения массы материала по размерам частиц.

1.1. Основные теоретические положения

Дисперсный (зерновой, гранулометрический) состав измельченного материала определяет характер распределения массы, удельной поверхности, числа частиц или других характеристик материала по размерам частиц.

Дисперсный состав является одной из важнейших характеристик измельченного материала и определяет его физико-химические, технологические свойства, а также область применения. Так, от дисперсного состава цемента зависит прочность бетона, продолжительность его твердения, морозостойкость. От степени дисперсности красок зависит их кроющая способность. Дисперсный состав абразивного порошка имеет решающее значение для точности обработки шлифуемых изделий.

Функции распределения и их графическое изображение

Дисперсный состав измельченных материалов представляют функциями распределения массы материала по размерам частиц.

Различают функцию распределения по проходу:

$$D(\delta) = \frac{M_{\delta < \delta_i}}{M} \cdot 100, \% \quad (1)$$

и по остатку:

$$R(\delta) = \frac{M_{\delta > \delta_i}}{M} \cdot 100, \% , \quad (2)$$

где $M_{\delta > \delta_i}$ – масса частиц материала, диаметр которых больше δ_i ; $M_{\delta < \delta_i}$ – масса частиц материала, диаметр которых меньше δ_i ; M – общая масса материала.

При этом выполняются соотношения:

$$\begin{aligned} D + R &= 100 \%, \\ D(\delta_{\min}) &= 0, D(\delta_{\max}) = 100 \%, \\ R(\delta_{\min}) &= 100 \%, R(\delta_{\max}) = 0, \end{aligned}$$

где δ_{\min} и δ_{\max} – наименьший и наибольший диаметры частиц, встречающиеся в данном материале.

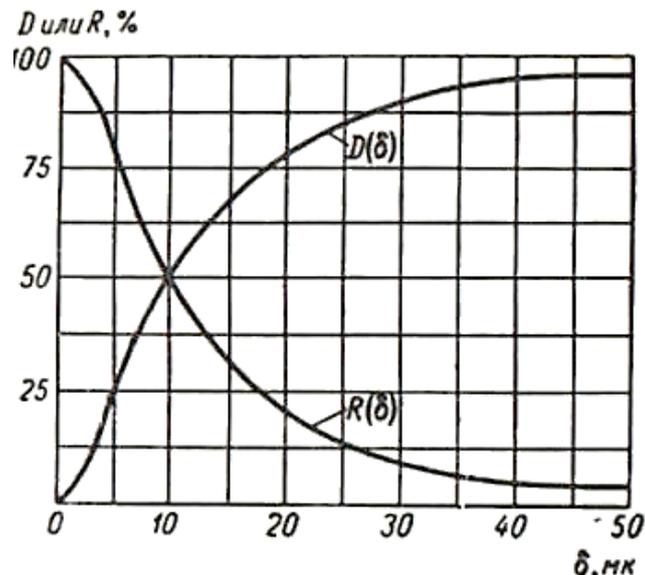


Рис. 1.1. Кривые распределения измельченного материала

Дисперсный состав материала также может быть представлен функциями распределения числа частиц по их диаметрам – $D_n(\delta)$ и $R_n(\delta)$, функциями распределения поверхности частиц по диаметрам – $D_s(\delta)$ и $R_s(\delta)$, а также другими аналогичными функциями. Графически функции распределения изображают в виде кривых распределения (рис. 1.1).

Поскольку $D + R = 100 \%$, кривые пересекаются в точке, где $D = R = 50 \%$.

Наглядное представление о дисперсном составе материала дают гистограммы (рис. 1.2).

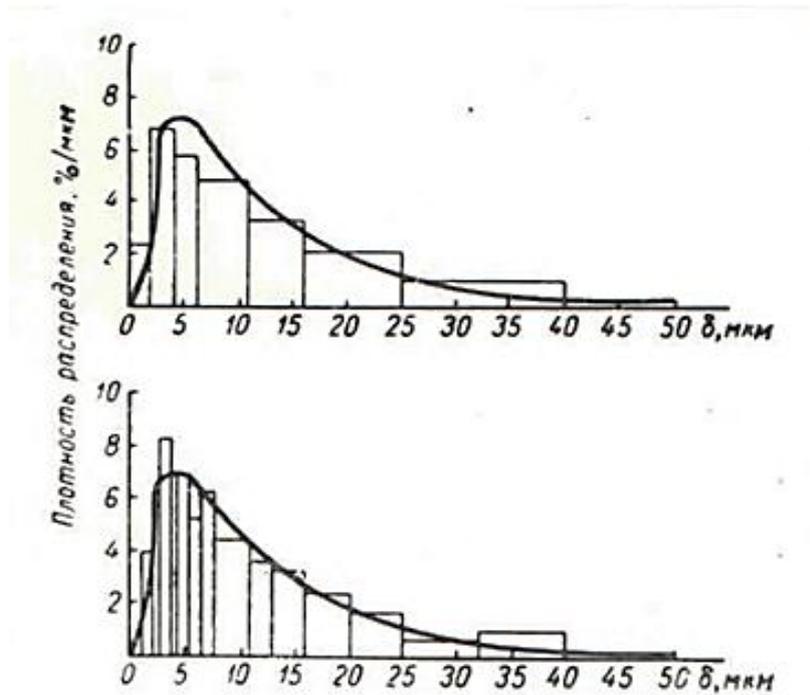


Рис. 1.2. Гистограммы одного и того же порошка при различных диапазонах фракций и кривая плотности распределения

При построении гистограмм по оси абсцисс откладывают в равномерном или неравномерном масштабе размеры частиц, а по оси ординат – значения плотностей распределения массы материала по размерам частиц:

$$\varphi(\Delta\delta) = \frac{M_{\Delta\delta}}{M \cdot \Delta\delta} \cdot 100 = \frac{M'_{\Delta\delta}}{\Delta\delta}, \quad (3)$$

где $M_{\Delta\delta}$ – масса фракций материала с размерами частиц от δ до $\delta + \Delta\delta$; $M'_{\Delta\delta}$ – масса фракций материала в % от общей массы; M – общая масса материала; $\Delta\delta$ – диапазон размеров фракции материала.

Недостатком представления дисперсного состава материала в виде гистограмм является зависимость вида последних от выбора диапазона фракций (рис. 1.2).

Указанного недостатка лишена кривая плотности распределения массы материала по размерам частиц (рис. 1.2). Функция плотности распределения массы по размерам частиц $\varphi(\delta)$ получается путем дифференцирования функций распределения $D(\delta)$ или $R(\delta)$ по размеру частиц:

$$\varphi(\delta) = \frac{dR(\delta)}{d\delta}. \quad (5)$$

Логарифмическое нормальное распределение

Функции логарифмически нормального распределения массы материала по диаметрам частиц имеет вид

$$D(\delta) = \frac{100}{\sqrt{2\pi} \lg \delta} \int_{-\infty}^{\lg \delta} e^{-\frac{(\lg \delta - \lg \delta_{50})^2}{2 \lg^2 \delta}} d(\lg \delta), \quad (6)$$

где δ_{50} – медиана распределения, т.е. такой размер частиц, при котором масса всех частиц мельче δ_{50} равна массе частиц крупнее δ_{50} ; $\lg \sigma$ – средне-квадратическое отклонение логарифмов диаметров от их среднего значения.

Приняв

$$t = \frac{\lg \delta - \lg \delta_{50}}{\lg \delta}, \quad (7)$$

получим функцию

$$D(\delta) = F(\delta) = \frac{100}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt, \quad (8)$$

которая называется нормированной функцией нормального распределения. Она изменяется в пределах от 0 до 100 %. Логарифмически нормальное распределение удобно изображать графически на логарифмически вероятностной координатной сетке (рис. 3), т.е. в такой системе координат, по оси абсцисс которой откладываются логарифмы диаметров (проставляются значения диаметров δ), а по оси ординат – величины t , но проставляются значения функции $F(t)$. Величины t , отвечающие заданным значениям функции $F(t)$, находятся из таблицы. Значениям $F(t)$, меньшим 50 %, соответствуют отрицательные t , которые откладываются вниз от начальной точки $F(t) = F(0) = 50$ %. Вычерченный на такой сетке график логарифмически нормального распределения изобразится прямой линией.

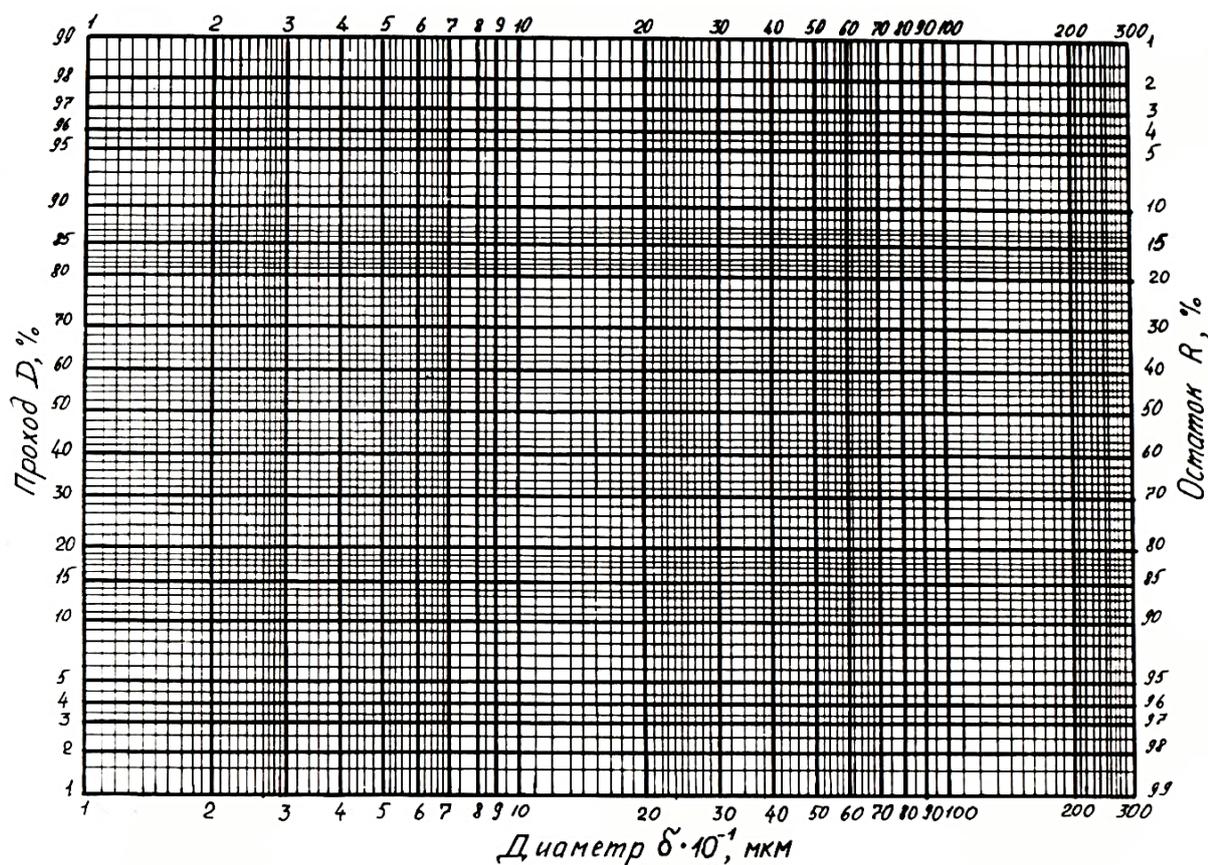


Рис. 1.3. Логарифмически вероятностная координатная сетка

Среднее квадратическое отклонение логарифмов диаметров определяется из формулы (7):

$$\lg \sigma = \frac{\lg \delta - \lg \delta_{50}}{t}, \quad (9)$$

при $t = \pm 1$ $\lg \sigma = \pm (\lg \delta - \lg \delta_{50})$.

Из Приложения 1 находим, что значениям $t = \pm 1$ соответствует $D \approx 84,1\%$ и $D \approx 15,9\%$. Отсюда $\lg \sigma = \lg \delta_{84,1} - \lg \delta_{50} = \lg \delta_{50} - \lg \delta_{15,9}$ и

$$\sigma = \frac{\delta_{84,1}}{\delta_{50}} = \frac{\delta_{50}}{\delta_{15,9}}. \quad (10)$$

Величины $\delta_{84,1}$, δ_{50} и $\lg \delta_{15,9}$ находятся из графика функции распределения, построенного в логарифмически вероятностных координатах.

Дифференцирование функции распределения $D(\delta)$ по δ дает функцию плотности распределения:

$$\varphi(\delta) = \frac{c}{\delta \lg \sigma} f(t), \quad (11)$$

где $c = \lg e = 0,4343$, $0 < \delta < \infty$,

$$f(t) = \frac{100}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}}, \quad (12)$$

Абсцисса δ_m максимума плотности распределения, называемая модой, определяется путем приравнивания нулю первой производной плотности распределения (15):

$$\lg \delta_m = \lg 50 - 2,303 \lg^2 \sigma. \quad (13)$$

Функция распределения удельной поверхности частиц по их диаметрам $D_S(\delta)$ определяется равенством

$$D_S(\delta) = \frac{S(\delta)}{S(\infty)} \cdot 100 = F(t + \ln \sigma), \quad (14)$$

где $S(\delta)$ – удельная поверхность всех частиц, диаметр которых меньше δ ; $S(\infty)$ – полная удельная поверхность материала:

$$S(\infty) = \frac{6 \cdot 10^{12}}{\rho \delta_{50}} e^{\frac{\lg^2 \sigma}{2c^2}}, \quad (15)$$

где ρ – плотность частиц, г/см³; δ_{50} – медиана распределения, мкм; $F(t + \lg \sigma)$ – нормированная функция нормального распределения от аргумента $t + \lg \sigma$.

На логарифмической вероятностной сетке линия распределения изобразится прямой, которая параллельна линии распределения массы по диаметрам $D(\delta)$ и сдвинута по отношению к ней вверх на отрезок, равный $\lg \delta$.

Функция распределения числа частиц по их диаметрам имеет вид

$$D_n(\delta) = \frac{n(\delta)}{n(\infty)} \cdot 100 = F(t + 3 \ln \sigma), \quad (16)$$

где $n(\delta)$ – число частиц в единице массы, диаметр которых меньше δ ; $n(\infty)$ – полное число частиц в единице массы:

$$n(\infty) = \frac{6 \cdot 10^{12}}{\pi r \delta^3 50} e^{-\frac{4,5 \lg^2 \sigma}{c^2}}, \quad (17)$$

где $F(t + 3 \lg \sigma)$ – нормированная функция нормального распределения от аргумента $t + 3 \lg \sigma$. Эта функция изобразится на логарифмически вероятностной сетке линией, сдвинутой по отношению к линии распределения массы по диаметрам вверх на отрезок $3 \lg \sigma$.

Ситовый анализ

Ситовый анализ измельченных материалов основан на механическом разделении частиц по крупности. Для проведения полного ситового анализа измельченного материала используют набор сит, поставленных друг на друга. Размер отверстий сит уменьшается сверху вниз. Просеивая материал через такой набор, пробу разделяют на несколько фракций за одну рабочую операцию.

Различают следующие способы ситового анализа:

1. Ручной просев:

- тряской и поколачиванием;
- при помощи кисточек (применяется для очень тонкой пыли, склонной к слипанию);
- промывкой (для пыли, склонной к истиранию и слипанию под воздействием электростатических зарядов).

2. Механический рассев (сита с отверстиями более 0,04 мм) при помощи машин, создающих вращательное и колебательное движения сит в горизонтальной плоскости, качание плоскости сит, вибрацию и постукивание сит, движение сит по сложной траектории.

3. Аэродинамический рассев на воздушно-струйных ситах.

4. Ультразвуковой рассев.

5. Мокрый рассев с вибрацией под вакуумом на ситах с отверстиями больше 0,002 мм.

Под размером отверстия сита понимают длину стороны квадратной ячейки. Отношение размера отверстия сита к размеру отверстия последующего более мелкого сита является постоянной величиной и называется модулем набора сит. В соответствии с ГОСТом используется ряд сит R20 с модулем $k = \sqrt[20]{10} \approx 1,12$. В производственных условиях

применяют не все сита основного ряда $R20$, а лишь часть из них, при этом используют модуль $k = \sqrt{2} = 1,41$.

Сита для просеивания измельченных материалов изготавливают из тканой сетки, выполненной из термически обработанных цветных металлов.

1.2. Устройство и действие лабораторной установки

Для проведения ситового анализа в работе используется лабораторная установка модели 029 (рис. 1.4).

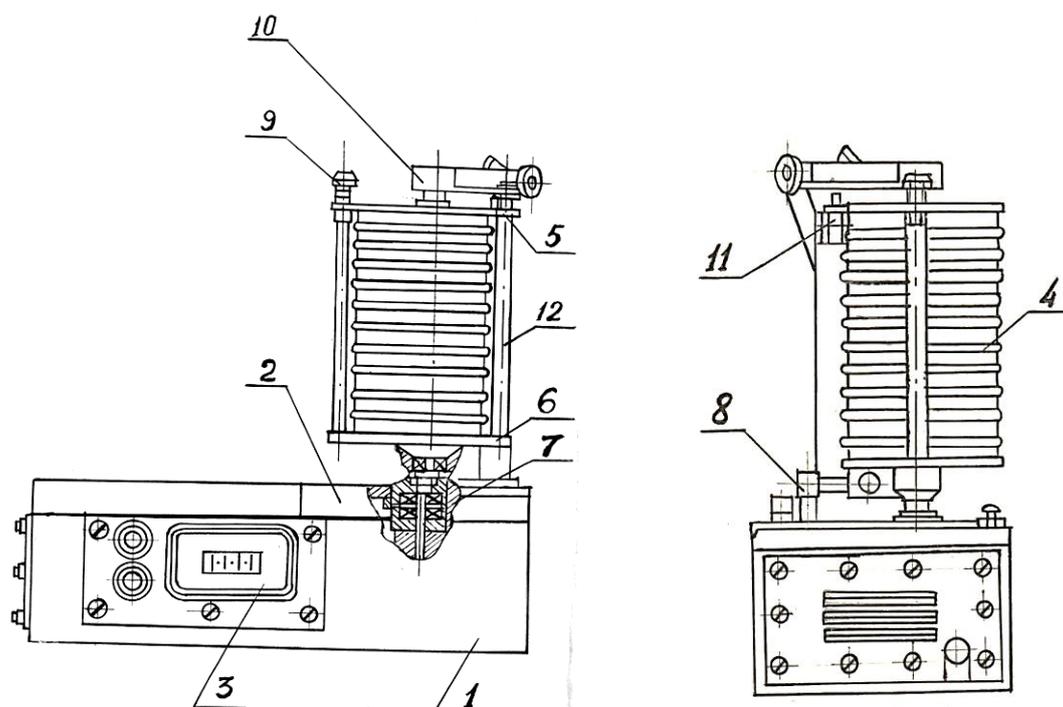


Рис. 1.4. Установка для ситового анализа измельченных материалов:
1 – станина, 2 – крышка станины, 3 – пульт управления, 4 – набор сит,
5 – крышка, 6 – столик, 7 – эксцентриковый вал, 8 – кулиса, 9 – гайка, 10 – рычаг,
11 – толкатель, 12 – стойка

Набор сит 4 устанавливается на столике 6, накрывается крышкой 5 и закрепляется гайками 9. Электродвигатель установки приводит во вращение эксцентриковый вал 7. Столик осуществляет возвратно-поступательное движение при помощи вала 7 кулисы 8. Для встряхивания сит по крышке периодически ударяет рычаг 10.

Кинематическая схема установки приведена на рис. 1.5.

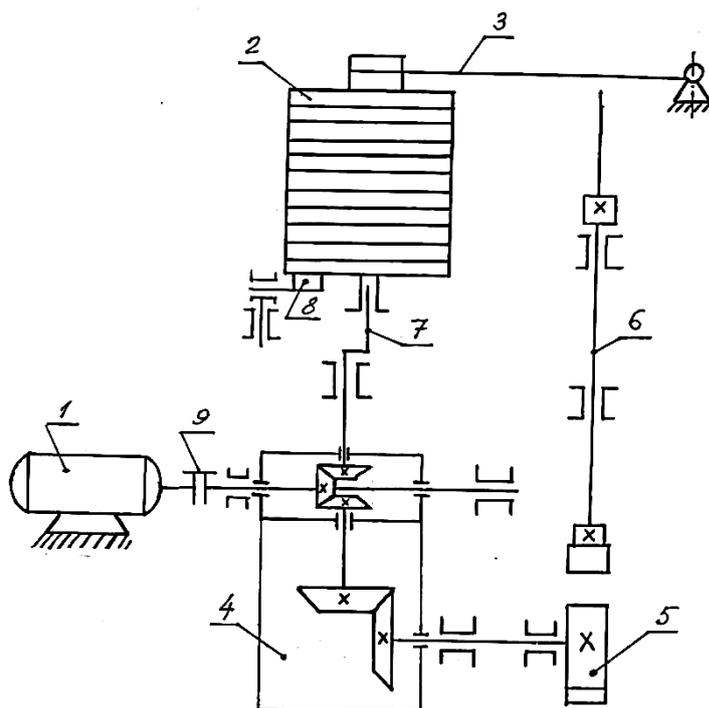


Рис. 1.5. Кинематическая схема установки для ситового анализа измельченных материалов:
 1 – электродвигатель; 2 – набор сит; 3 – рычаг; 4 – редуктор; 5 – кулачок;
 6 – толкатель; 7 – эксцентриковый вал; 8 – кулиса; 9 – муфта

1.3. Методика проведения работы и обработки результатов

1. Возьмите навеску исследуемого материала в количестве 200 г и засыпьте ее на верхнее сито лабораторной установки. Накройте набор сит крышкой и надежно затяните гайки. Включите установку и производите рассев в течение 10–15 мин. После окончания отсева установку выключите.

2. Снимите набор сит с установки и взвесьте количество измельченного материала $M_{\Delta\delta_i}$ на каждом из сит и на поддоне с точностью до 0,01 г.

3. Рассчитайте количество измельченного материала на каждом из сит $M'_{\Delta\delta_i}$; значения плотности распределения $\varphi(\Delta\delta)_i$ по формуле (3), значения остатков и проходов по формулам:

$$R_i = M'_{\Delta\delta_{i-1}} + M'_{\Delta\delta_i}, \quad (18)$$

$$D_i = 100 - R_i. \quad (19)$$

Данные расчета занесите в таблицу (см. Приложение 2).

4. Постройте кривые распределения измельченного материала (рис. 1.1).

5. Постройте гистограмму измельченного материала (рис. 1.2).

6. Постройте функцию распределения массы материала по диаметрам частиц в логарифмически вероятностных координатах (рис. 1.4) и по полученному графику для каждого сита определите теоретические значения проходов D_i^T .

7. Определите среднеквадратическое отклонение диаметров частиц от их среднего значения σ по формуле (11).

8. Для теоретических значений проходов D_i^T определите значения параметра t пользуясь Приложением 1.

9. Рассчитайте значения функции $f(t)_i$ по формуле (12) и плотности распределения $\varphi(\delta)_i$ по формуле (11).

10. Определите значение моды плотности распределения частиц материала по размерам δ_m по формуле (13) и значение плотности распределения $\varphi(\delta_m)$.

11. По данным таблицы (см. Приложение 1, столбец 11) и значению $\varphi(\delta_m)$ постройте кривую плотности распределения массы материала по размерам частиц $\varphi(\delta)$ (рис. 1.2).

12. Определите полную удельную поверхность измельченного материала по формуле (15).

13. Постройте в логарифмически вероятностных координатах функцию распределения удельной поверхности частиц по диаметрам $D_S(\delta)$.

14. Определите полное число частиц материала в единице массы по формуле (17).

15. Постройте в логарифмически вероятностных координатах функцию распределения числа частиц материала по диаметрам $D_n(\delta)$.

Содержание отчета по работе

Отчет по работе должен содержать:

– основные выражения для дисперсного состава измельченных материалов;

– кинематическую схему установки для определения дисперсного состава измельченных материалов (рис. 1.5);

– результаты дисперсного анализа измельченного материала в виде таблицы (см. Приложение 1) и графиков.

Контрольные вопросы

1. Что называется функциями распределения массы материала по размерам частиц?
2. Что такое гистограммы распределения массы материала по размерам частиц?
3. Что такое кривая плотности распределения массы материала по размерам частиц?
4. Какие методы ситового анализа измельченных материалов вы знаете?
5. Приведите кинематическую схему установки для ситового анализа измельченных материалов.

Список литературы

1. Коузов П.А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов / П.А. Коузов. – М.: Химия, 1987. – 264 с.
2. Лабораторная установка для разделения песчаной основы формовочных песков на фракции по крупности зерен 029: Руководство по эксплуатации. Усманский завод литейного оборудования. – Усмань, 1985. – 24 с.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ОБОРУДОВАНИЕ И ПРОЦЕССЫ НАНЕСЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ПОРОШКОВЫХ ПОКРЫТИЙ

Цель работы

1. Изучение оборудования и теоретических основ процессов нанесения полимерных порошковых покрытий.

2. Исследование влияния температуры полимеризации на качество покрытия и определение оптимальных значений температуры для термической обработки порошковых покрытий.

1.1. Основные теоретические положения

Порошковые краски

Порошковые краски (ПК) представляют собой твердые дисперсные композиции. Это многокомпонентные системы из твердых частиц (пленкообразующей основы и разделяющей их воздушной среды).

В состав композиции входят пленкообразователи (смолы), отвердители, наполнители и пигментные добавки. Получают ПК смешением компонентов в расплаве с последующим измельчением сплава. ПК имеют большой разброс по размеру частиц: от 5 до 100 мкм. Краски должны быть однородными по цвету и составу, сыпучими и негигроскопичными. Температура стеклования материала должна быть не менее 50 °С.

Различают две группы ПК: термопластичные и термореактивные.

Термопластичные ПК образуют покрытия без химических превращений за счет плавления частиц краски. Эти покрытия нередко бывают растворимыми. В общем объеме выпуска ПК они занимают не более 20 %.

Термореактивные ПК формируют покрытия как в результате плавления частиц, так и в результате протекания в расплавленном материале химических реакций. Химический состав покрытия существенно отличается от состава исходных ПК. Данные покрытия необратимы, неплавки и нерастворимы.

Выбрать цвет порошковой краски можно с помощью специальных каталогов RAL (чаще всего) и PANTONE. Вся цветовая палитра разделена на диапазоны, каждый цвет имеет свой номер. Например, по каталогу RAL желтые краски имеют серию 1000, красные – 3000, синие – 5000 и т.д.

По типу пленкообразователя ПК делятся на эпоксидные, полиэфирные, полиакрилатные, поливинилхлоридные, полиамидные и др.

По фактуре формируемого покрытия ПК подразделяются на глянцевые, матовые, «шагрень», «апельсиновую корку», «металлик», «антик», молотковые эмали, крокодиловые кожи и т.д.

По назначению различают ПК для наружных и внутренних работ.

Для формирования покрытий требуется нагревание изделий до температуры свыше 100 °С, для окрашивания пригодны преимущественно изделия из термостойких материалов (металлы, силикаты, некоторые виды пластмасс). Характеристики ПК представлены в Приложении.

Порошковые краски рекомендуется хранить, при температуре не выше 25 °С. Срок годности красок составляет 12 месяцев. Слежавшиеся краски непригодны для применения и требуют измельчения и просева до требуемого размера частиц. Для таких целей имеются установки для перемешивания и просеивания порошковой краски (вибросита). Увлажненные краски должны быть просушены.

Технологический процесс окраски изделий порошковой краской включает три стадии: подготовку окрашиваемой поверхности, нанесение слоя порошковой краски на окрашиваемую поверхность в электростатическом поле и отверждение покрытия.

Требования к окрашиваемым изделиям

1. Изделие должно обладать электропроводностью. Это необходимо для создания электростатического поля между коронирующим электродом пистолета-распылителя и заземленным окрашиваемым изделием. Если изделие не обладает электропроводными свойствами, его перед нанесением покрывают специальной электропроводящей жидкостью «Электро».

2. Изделие должно быть термостойким, то есть выдерживать температуру полимеризации в течение необходимого времени (180–200 °С).

Подготовка поверхности окрашиваемых изделий

Для обработки поверхности изделий перед нанесением порошковой краски используют обезжиривание, удаление окисных пленок (абразивная очистка, травление), нанесение конверсионного слоя (фосфатирование, хроматирование, пассивирование). Поверхность окрашиваемых изделий необходимо тщательно подготовить: она не должна иметь заусенцев, острых кромок, сварочных брызг, прожогов, остатков флюса и др.

Для удаления окалины, ржавчин, окисных пленок могут быть использованы абразивная очистка (дробеструйная, пескоструйная, дробеметная, механическая) и химическая очистка изделий (травление). Химическое удаление оксидов основано на растворении или отслаивании с помощью кислот (черные металлы) или щелочей (алюминий и его сплавы).

При подготовке поверхности перед нанесением порошковой краски рекомендуется включить дополнительные операции, а именно фосфатирование, хроматирование и пассивирование.

Фосфатирование – получение на металлической поверхности пленки из труднорастворимых фосфорнокислых солей. Фосфатирование применяется, в основном, для стальных и оцинкованных поверхностей.

Фосфатные пленки, обладая низкой электропроводностью, увеличивают адгезию покрытия и препятствуют распространению подпленочной коррозии.

Хроматирование – обработка поверхности изделий из алюминия и его сплавов растворами хромового ангидрида с целью получения аморфного хроматного слоя, повышающего адгезию и долговечность покрытия.

Пассивирование является заключительной стадией подготовки поверхности с помощью различных окислителей – соединений хрома, нитрита натрия и др.

Пассивирование предотвращает возможность возникновения вторичной коррозии. Подготовка поверхности перед нанесением порошковой краски имеет исключительно важное значение для долговечности покрытия.

В настоящее время имеются комплексные однокомпонентные жидкости (например, СФ-1, ЭКОМЕТ Ф28), которые одновременно модифицируют легкую ржавчину, обезжиривают и производят фосфатную обработку стальных поверхностей. Состав рекомендуется наносить на поверхность протиркой. Можно также применять методы распыления, облива и погружения. Промывка после обработки такими составами не требуется.

Технология формирования порошкового покрытия

Формирование порошкового покрытия производится в камерах полимеризации (печах) под воздействием высокой температуры (180–200 °С). Печь представляет собой цельную сварную конструкцию, внутренняя полость стенок которой заполнена теплоизоляционным материалом. Конструкция печи обеспечивает сохранение достигнутой температуры внутри печи в течение длительного времени, не допуская

нагрева наружных стенок. В печи устанавливается также вентиляторный узел, предназначенный для осуществления принудительной циркуляции воздуха с целью равномерного распределения температуры внутри печи. Для удаления из камеры накапливающихся в процессе полимеризации газов используется вентилятор вытяжки.

Полимеризация связана с процессами сплавления частиц, растекания расплава и химического отверждения (в случае термореактивных красок). Требуемые условия полимеризации указаны в технической документации, прилагаемой к порошковой краске. Особенно важно соблюдение режима отверждения термореактивных красок. Любое отклонение от него неблагоприятно сказывается на свойствах получаемых покрытий. Обычно для порошковых красок существует несколько режимов отверждения. В зависимости от материала изделия и условий производства выбирается тот или иной режим. Необходимо обратить внимание на то, что под температурой отверждения в документации указывается температура на поверхности изделия, а не в печи (то есть отсчет времени полимеризации начинается с момента прогрева изделия до необходимой температуры).

Общее время пребывания изделия в печи вычисляется по формуле:

$$T = t_{\text{пр}} + t_{\text{отв}},$$

где $t_{\text{пр}}$ – время полного прогрева; $t_{\text{отв}}$ – время отверждения.

Из предлагаемых фирмой-производителем порошковых красок режимов отверждения лучше выбирать более мягкий, т.е. производить отверждение при более низких температурах в течение более длительного времени.

Для обеспечения высокого качества покрытий главным требованием к ним является способность равномерно прогреть изделие с нанесенной порошковой краской при заданной для нее температуре в течение времени, достаточного для отверждения.

Производители красок в прилагаемой документации указывают, как правило, несколько возможных режимов отверждения, обеспечивающих гарантированное качество покрытий для каждого конкретного материала. Наиболее распространенные порошковые краски отверждаются при температуре 180–200 °С.

Дефекты покрытия

Принятые определения наиболее часто встречающихся дефектов:

- *сорность и механические включения* – посторонние частицы (в том числе другого цвета), волокна, соринки и т.п.;
- *шагрень* – рельеф поверхности в виде ряби;
- *волнистость* – повторяющиеся волнообразные видимые глазом изменения толщины покрытия;
- *подтеки* – утолщения, как правило, по нижней части окрашиваемой поверхности, у отверстий, выступов;
- *кратеры* – микроскопические круглые углубления;
- *проколы* – мелкие круглые сквозные или глубокие отверстия в покрытии;
- *пузыри* – повышенное количество пор, «вскипание порошкового материала»;
- *изменение цвета, разнооттеночность* – пятна различных оттенков;
- *неоднородность рисунка* (для структурированных покрытий) – нарушение размеров и формы элементов рисунка;
- *трещины* (характерно для покрывных лаков) – «мелкая сетка», тонкие трещины, не проникающие на всю глубину покрытия, распределенные по всей поверхности;
- *газовые раковины, газовые включения* – дефект, напоминающий кратеры с отслаиванием покрытия на данном участке;
- *непрокрас* – отсутствие или малая толщина покрытия на отдельных участках.

2.2. Устройство и действие лабораторной установки

Малогабаритный переносный комплекс «Министарт» для нанесения порошковых полимерных покрытий состоит из камеры напыления, электростатического распылителя «Старт-60» и камеры полимеризации (печи).

Камера напыления

Камера напыления (рис. 2.1) состоит из двух отсеков: открытого (рабочего) и закрытого (технического). Камера представляет собой конструкцию из нержавеющей листовой стали с дверцей 4 на фронтальной стороне; внутренняя сторона дверцы выполнена в виде кармана 5 для распылительного пистолета (рис. 2.5). Нанесение порошка на заготовку осуществляется с фронтальной стороны при открытой дверце.

В транспортном положении дверцу следует запирать на замок 6.

На потолке камеры укреплен поворотный кронштейн для подвешивания изделий, подвергающихся напылению, и лампа для освещения 2.

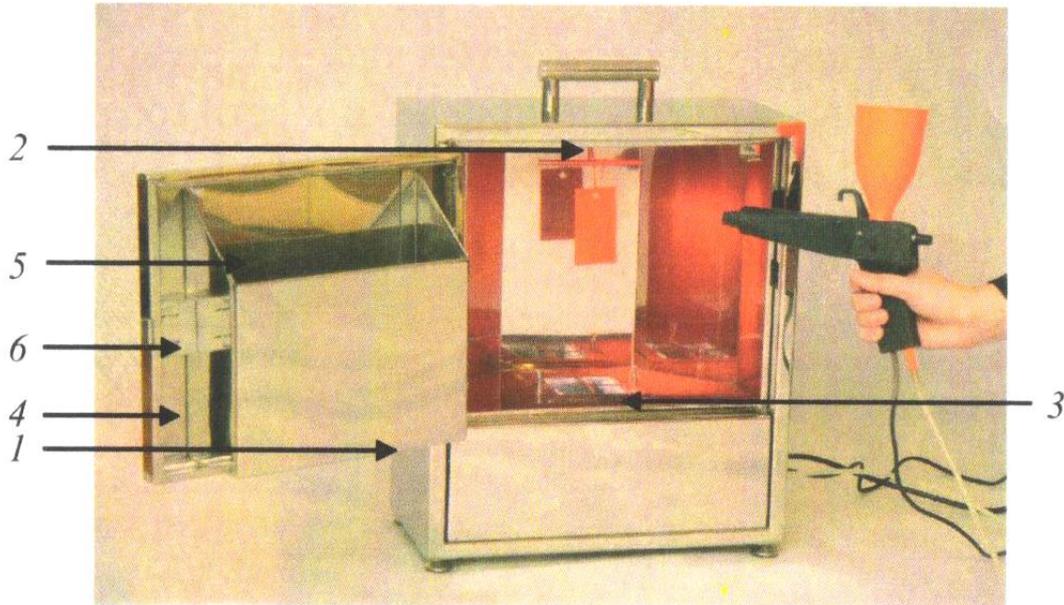


Рис. 2.1. Переносная камера напыления для нанесения порошковых полимерных покрытий

В днище рабочего отсека имеется отверстие для фильтра 3, под которым укреплен сменный фильтровальный мешочек для сбора осыпавшегося порошка (рис. 2.2).

В закрытом отсеке камеры размещен насос, вытяжной вентилятор и сетевой блок для развязки по напряжению на 12 В постоянного тока.

Панель соединений изображена на рис. 2.3. Сетевой кабель подключается к штекерному гнезду прибора 1 и к сети.



Рис. 2.2. Сменный фильтр

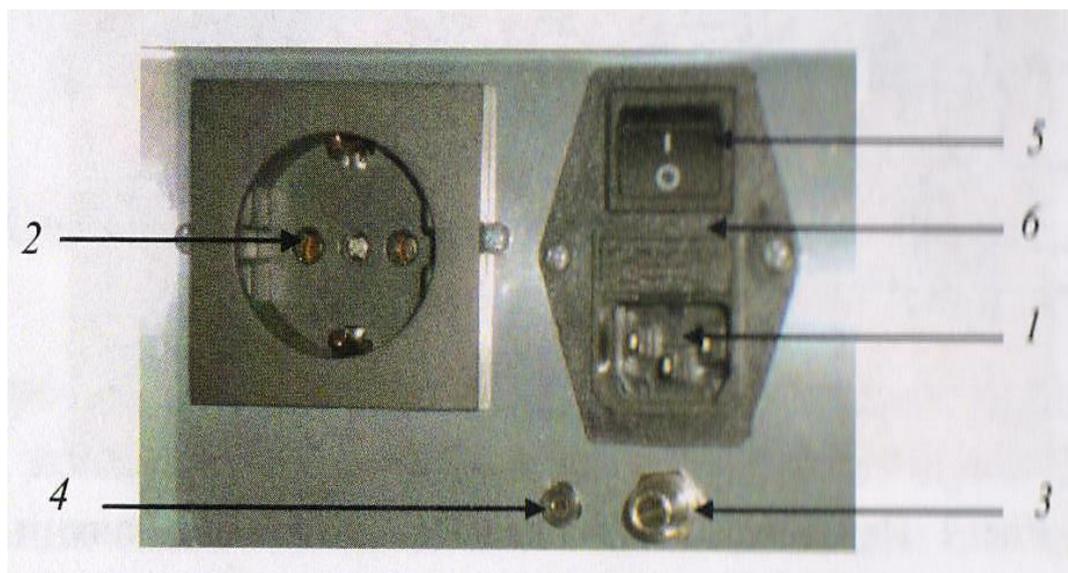


Рис. 2.3. Панель соединений на боковой стенке камеры напыления

Электростатический пистолет-распылитель «старт-60»

Для нанесения порошковых красок пользуются специальными пистолетами-распылителями (рис. 2.4).

На выходе из ствола 1 имеется игла – коронирующий электрод 9. Окрашиваемое изделие 10 подвешивается и заземляется в камере напыления. Маляр-оператор должен быть также заземлен путем контакта его руки со специальной скобой на рукоятке пистолета. ***Работать без перчаток!***

Между коронирующим электродом и заземленным изделием 10 создается электростатическое поле. К пистолету-распылителю через штуцер 5 подается сжатый воздух для транспортировки порошка. Воздушно-порошковая смесь на выходе из ствола попадает в электростатическое поле и заряжается отрицательно. Заряженный порошок ровным слоем покрывает заземленное изделие. Такие распылители универсальны, так как заряжают любую краску, а интенсивность зарядки практически не зависит от влажности в помещении.

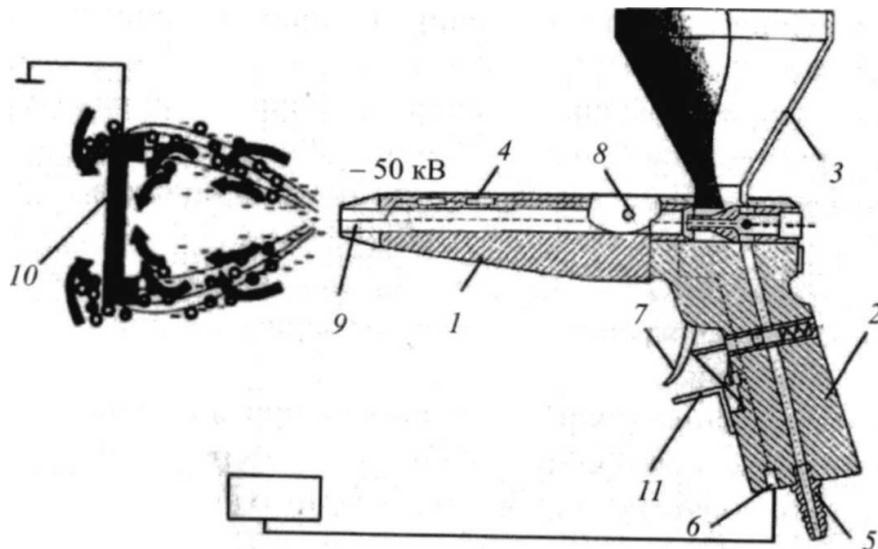


Рис. 2.4. Пистолет-распылитель: 1 – ствол; 2 – рукоятка; 3 – воронка; 4 – источник высокого напряжения; 5 – штуцер для подачи сжатого воздуха; 6 – гнездо для подключения к электро-сети курок; 8 – индикатор напряжения; 9 – бронирующий электрод; 10 – заземленное изделие; 11 – скоба заземления

Пистолет-распылитель «Старт-60» (рис. 2.5) состоит из блока питания 1, заземляющего провода с однополюсным разъемом 1а, ствола 2, рукоятки 3, воронки для порошковой краски 4, крючка для подвески пистолета в камере напыления 5, скобы для снятия электростатического заряда 6, штуцера для подачи сжатого воздуха 7, курка 8.

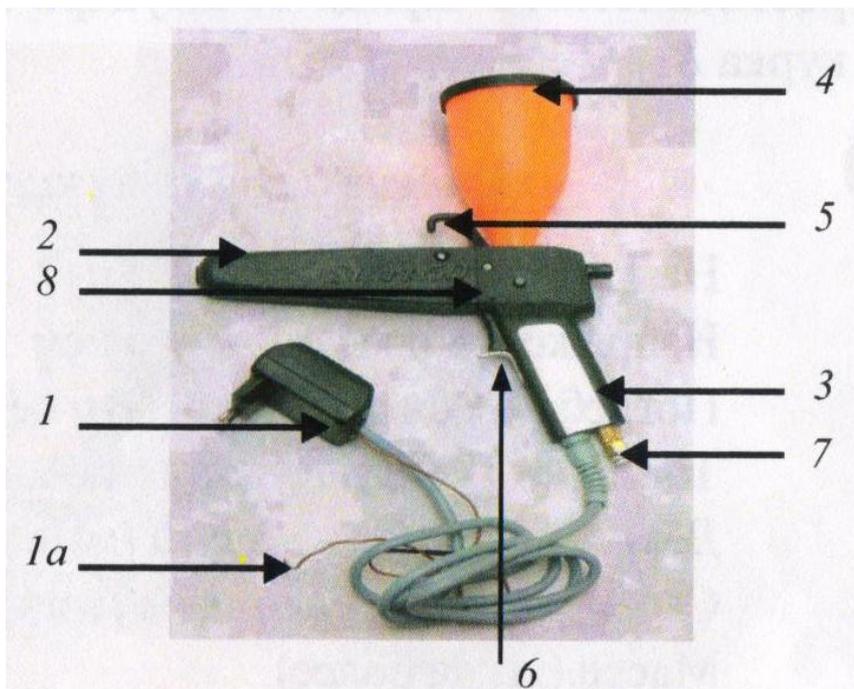


Рис. 2.5. Пистолет-распылитель «Старт-60»

Максимальный ток составляет 100 мкА, он в любом случае **абсолютно не опасен!** Напряжение на коронирующем электроде составляет 70 кВ и снижается при уменьшении расстояния до окрашиваемого изделия. При случайном касании коронирующего электрода рукой или другим предметом напряжение полностью отключается.

Камера полимеризации

Камера полимеризации (печь) (рис. 2.6) представляет собой конструкцию из нержавеющей листовой стали с теплоизолированной фронтальной дверцей. На верхней части боковой стенки укреплен осветительный элемент. В днище находятся электрические нагревательные элементы (ТЭНы), которые защищены от прямого контакта с внутренним пространством камеры печи съемной защитной ширмой. На фронтальной стороне печи расположен температурный регулятор и кронштейн.

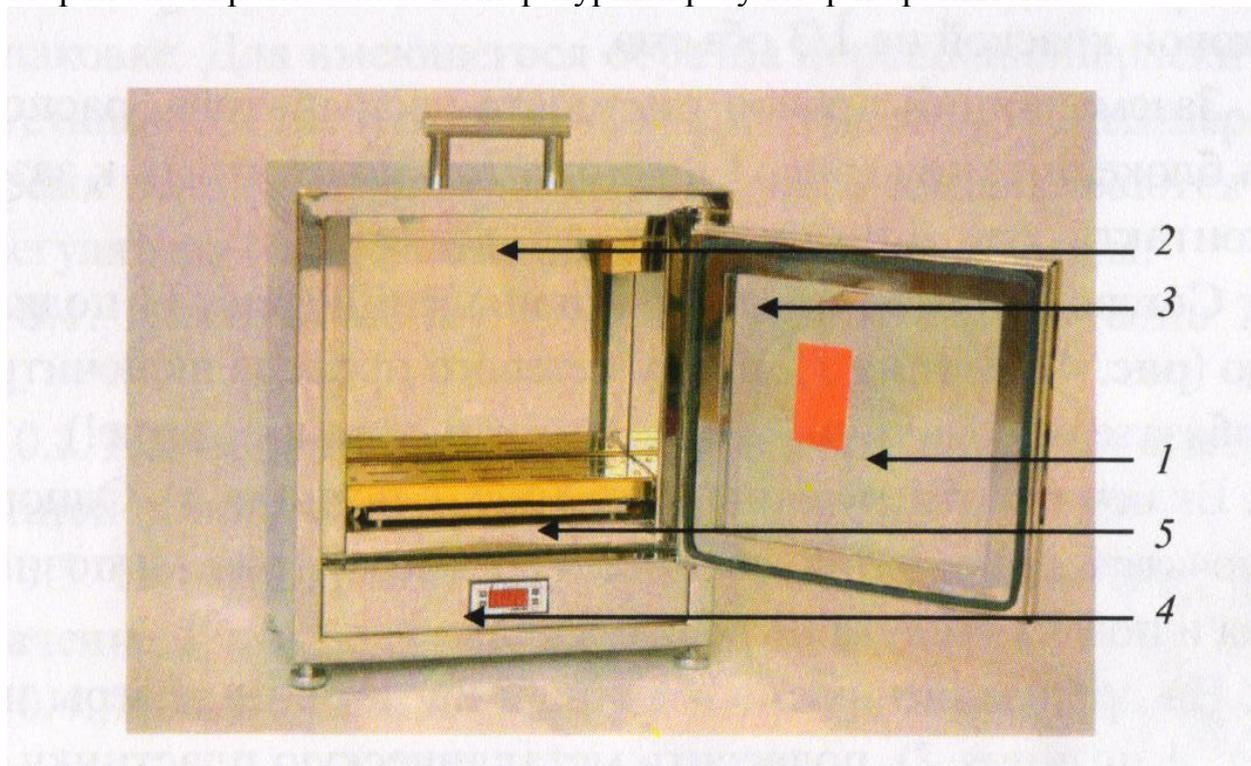


Рис. 2.6. Камера полимеризации

Техника безопасности при работе с порошковыми красками

По сравнению с другими видами красок полимерные порошковые краски наиболее безопасны как для здоровья человека, так и для окружающей среды.

Поскольку краски имеют мелкодисперсную структуру, маляр в производственных условиях должен быть защищен от пыли. Для этого применяются специальные респираторы, защитные очки и костюмы.

На производстве одним из условий безопасности является требование по содержанию порошковой пыли в воздухе и продуктов разложения порошков. Допустимая концентрация обеспечивается вытяжной системой.

Обязательное условие работы с распылителем: рука маляра должна всегда касаться скобы снятия электростатического заряда на рукоятке под курком.

2.3. Методика проведения эксперимента и обработки результатов

1. Достаньте из кармана камеры напыления (рис. 2.1, п. 5) пистолет-распылитель и шланг для подачи воздуха.

2. Шланг пистолета-распылителя (рис. 2.5) соедините со штуцером сжатого воздуха камеры напыления (рис. 2.1, п. 3) и штуцером самого пистолета-распылителя (рис. 2.5, п. 7). Блок питания (рис. 2.5, п. 1) подключите к розетке на боковой стороне камеры (рис. 2.3, п. 2). Воронку пистолета (рис. 2.5, п. 4) заполните порошковой краской на 1/3 объема.

3. Заземляющий провод пистолета-распылителя, расположенного на блоке питания (рис. 2.5, п. 1, а), подключите к заземляющему контакту (рис. 2.3, п. 4).

4. Включите вилку сетевого провода в сеть 220 В. Обязательно наличие заземляющего контакта в розетке!

5. Включите камеру напыления (рис. 2.1, п. 5). Одновременно включается светильник на потолке камеры (рис. 2.1, п. 2), вытяжка и подача воздуха на распылитель.

6. На кронштейн, расположенный на потолке камеры напыления, подвесьте образец и возьмите в руки пистолет-распылитель (скоба заземления, расположенная под курком, должна плотно касаться пальца маляра). Направьте пистолет-распылитель в днище камеры (в фильтр) и кратковременно нажмите на курок (это делается для предотвращения «плевка» краски). Далее направьте распылитель на деталь и, держа курок нажатым и перемещая пистолет, произведите напыление до визуального равномерного окрашивания.

7. Включите вилку сетевого провода камеры полимеризации в сеть 220 В. Обязательно наличие заземляющего контакта в розетке!

8. Навесьте на кронштейн камеры полимеризации окрашенный образец, включите камеру полимеризации и закройте дверку.

9. На индикаторе реле-регулятора (рис. 2.6, п. 4) отображается действительная температура в камере полимеризации, которая начинает медленно расти. Каждый вид краски требует определенной температуры и определенного времени полимеризации, которые обычно указываются в технических условиях на краску (ТУ) и на упаковке. Для имеющегося образца порошковой краски необходимо установить требуемые по ТУ $T_{\text{п}}$ (температуру полимеризации) и $t_{\text{п}}$ (время полимеризации). Эти значения устанавливаются с помощью регулятора (рис. 2.6, п. 4) следующим образом:

9.1. Нажмите кнопку «ПРОГ». При этом значение $T_{\text{п}}$ будет мигать.

9.2. Используя кнопки «Вверх» и «Вниз», подберите требуемое значение $T_{\text{п}}$ для данной порошковой краски (например, $T_{\text{п}} = 180 \text{ }^{\circ}\text{C}$).

9.3. Нажмите кнопку «ПРОГ». При этом зафиксируется заданное значение $T_{\text{п}}$.

9.4. Нажмите кнопку «Вверх». При этом высветится текущее значение $T_{\text{п}}$.

9.5. Нажмите кнопку «ПРОГ». При этом значение $t_{\text{п}}$ будет мигать.

9.6. Используя кнопки «Вверх» и «Вниз», подберите требуемое $t_{\text{п}}$ для данной ПК.

9.7. Нажмите кнопку «ПРОГ». При этом зафиксируется заданное значение $t_{\text{п}}$.

9.8. Для контроля за изменением заданной температуры в камере полимеризации нажмите кнопку «Вверх».

9.9. При достижении заданной температуры начнет мигать центральный светодиод индикатора, что будет свидетельствовать о начале процесса полимеризации краски. Через заданное время для данной краски теплоэлектронагреватели автоматически отключатся, на индикаторе появится надпись «END», что означает конец процесса полимеризации.

10. Откройте дверцу камеры полимеризации, дать возможность образцу охладиться в течение 2–5 минут, снимите с кронштейна готовый образец.

11. После окончания процесса окрашивания очистите кронштейн камеры напыления влажной ветошью. Сметите порошковую краску щеткой со стенок камеры в фильтр. Пересыпьте оставшуюся в воронке краску в контейнер. Тщательно вымойте руки.

Методика обработки экспериментальных данных

В отчете по лабораторной работе должны быть отражены тип наносимого покрытия, тип материала образца, на который наносится порошковое покрытие, рабочие параметры пистолета-распылителя, температура и время полимеризации, описание полученного покрытия.

По полученным данным описываются характеристики образцов после термообработки. Уделяется внимание наличию дефектов. Данные заносятся в табл. 2.1. Для заполнения строки «низкая адгезия» необходимо согнуть окрашенные пластины на 180 градусов. Отслаивание краски свидетельствует о плохой адгезии. При наличии дефектов в отчете о лабораторной работе укажите причины возникновения и методы устранения выявленных видов дефектов.

Определите наиболее оптимальный режим термической обработки нанесенного полимерного покрытия.

Таблица 2.1

Параметры полимеризации и виды дефектов покрытия

Рабочие параметры полимеризации и виды дефектов	Номер образца		
	1	2	3
Температура полимеризации, °С	70	180	220
Время полимеризации, мин	15	15	15
Сорность, механические включения			
Шагрень, матовость			
Недостаточная толщина покрытия (просвечивает металл)			
Отсутствие или малая толщина покрытия на отдельных участках (непрокрас)			
Проколы			
Кратеры			
Пузыри (на поверхности и в слое покрытия)			
Изменение цвета, появление желтизны			
Подтеки			
Трещины «мелкая сетка»			
Нечетко выраженный рисунок для структурированных ПК			
Газовые раковины			
Низкая адгезия			

Содержание отчета по работе

Отчет по работе должен содержать:

- краткий конспект материала, изложенного в разделе «Основные теоретические положения»;
- состав переносного комплекса «Министарт» для нанесения порошковых полимерных покрытий;
- схему и принцип действия пистолета-распылителя (рис. 2.4);
- результаты исследования влияния температуры полимеризации порошкового покрытия на его свойства (табл. 2.1);
- вывод по работе.

Контрольные вопросы

1. Что входит в состав современных порошковых красок?
2. Какие основные этапы включает технологический процесс окраски изделий порошковой краской?
3. Перечислите оборудование, входящее в состав комплекса для нанесения порошковых покрытий.
4. Какие типы пистолетов-распылителей Вы знаете?
5. Объясните принцип действия и устройство электростатического пистолета-распылителя.
6. Каков принцип действия трибостатического пистолета-распылителя?
7. Перечислите основные типы наиболее часто используемых на практике порошковых красок.
8. Что такое отверждение покрытия?
9. Какие процессы происходят при отверждении покрытий?
10. Как температура отверждения влияет на качество получаемых покрытий?

Список литературы

1. Яковлев А.Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий: учебник для вузов / сост.: А.Д. Яковлев. – СПб.: Химиздат, 2008. – 448 с.
2. Технология нанесения полимерных порошковых покрытий: лабораторный практикум для вузов / сост.: Р.В. Белавина, С.О. Острова, В.М. Гуреев. – Казань: Изд-во Казан. гос. технич. ун-та, 2011. – 64 с.

Значения $|t|$ для суммарных проходов $D(\delta) = F(t)$ по функции (8)

$D(\delta),\%$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		$D(\delta),\%$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
50	0,000	002	005	007	010	013	015	018	020	023	0,025	49
51	0,025	028	030	033	035	038	040	042	045	048	0,050	48
52	0,050	053	055	058	060	063	065	068	070	073	0,075	47
53	0,075	078	080	083	086	088	090	093	096	098	0,100	46
54	0,100	103	105	108	110	113	116	118	121	123	0,126	45
55	0,126	123	131	133	136	138	141	143	146	148	0,151	44
56	0,151	154	156	158	161	164	166	169	171	174	0,176	43
57	0,176	179	181	184	187	189	192	194	197	199	0,202	42
58	0,202	204	207	209	212	215	217	220	222	225	0,227	41
59	0,227	230	233	235	238	241	243	246	248	250	0,253	40
60	0,253	256	258	261	264	266	269	272	274	277	0,279	39
61	0,279	282	284	287	290	292	295	298	300	303	0,306	38
62	0,306	308	311	313	316	319	321	324	327	329	0,332	37
63	0,332	334	337	340	342	345	348	351	353	356	0,358	36
64	0,358	361	364	366	369	372	375	377	380	383	0,385	35
65	0,385	388	391	394	396	399	402	404	407	410	0,412	34
66	0,412	415	418	421	423	426	429	432	435	437	0,440	33
67	0,440	443	446	448	451	454	457	459	462	465	0,468	32
68	0,468	471	473	476	479	482	485	487	490	493	0,496	31
69	0,496	499	501	504	507	510	513	516	519	521	0,520	30
70	0,524	527	530	533	536	539	542	545	548	551	0,553	29
71	0,553	556	559	562	565	568	571	574	577	580	0,583	28
72	0,583	586	558	592	595	598	601	604	607	610	0,613	27
73	0,613	616	619	622	625	628	631	634	637	640	0,643	26
74	0,643	646	649	652	656	659	662	665	668	671	0,675	25
75	0,675	678	681	684	687	690	694	697	700	700	0,707	24
76	0,707	710	713	716	719	722	726	730	736	738	0,739	23
77	0,739	742	745	749	752	755	759	762	765	769	0,772	22
78	0,773	775	779	782	786	789	793	796	800	803	0,807	21
79	0,807	810	813	816	820	824	828	831	835	838	0,842	20
80	0,842	845	849	853	856	860	863	867	871	874	0,878	19
81	0,878	881	885	889	893	897	900	904	908	911	0,915	18
82	0,915	919	923	927	931	935	939	942	946	950	0,954	17
83	0,954	958	962	966	970	974	978	982	986	990	0,994	16
84	0,994	998	003	007	001	015	019	024	028	032	1,036	15
85	1,036	041	045	050	054	058	063	067	071	075	1,080	14
86	1,080	085	090	095	099	103	108	112	117	122	1,126	13
87	1,126	131	136	141	146	150	155	160	165	170	1,175	12
88	1,175	180	185	190	195	200	206	211	216	221	1,227	11
89	1,227	232	237	242	248	254	259	264	270	278	1,282	10
90	1,282	287	293	299	305	311	316	322	328	335	1,341	9

Окончание приложения 1

$D(\delta), \%$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		$D(\delta), \%$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
91	1,341	347	353	360	366	372	378	385	392	399	1,405	8
92	1,405	412	419	426	433	440	446	454	460	469	1,476	7
93	1,476	483	490	499	506	514	522	530	538	546	1,555	6
94	1,555	563	572	581	589	600	607	616	626	636	1,645	5
95	1,645	655	665	675	685	695	706	716	728	739	1,750	4
96	1,750	762	774	786	799	812	824	839	862	864	1881	3
97	1881	896	912	927	943	960	978	995	014	034	2,054	2
98	2,054	076	100	121	145	170	197	228	259	291	2,326	1
99	2,326	366	409	457	513	576	562	748	878		3,090	
$D(\delta), \%$	9	8	7	6	5	4	3	2	1		0	$D(\delta), \%$

Приложение 2

Пример обработки результатов ситового анализа

Размер ячеек сита, мкм	Граничные размеры фракции, мкм	$M_{\Delta\delta},$ г	$M'_{\Delta\delta},$ %	$\varphi(\Delta\delta),$ %/мкм	$R, \%$	$D, \%$	$D^T,$ %	t	$f(t)$	$\varphi(t),$ %/мкм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2500	>2500	7,00	3,52	–	3,52	96,48	95,5	1,695	7,74	$2,82 \cdot 10^{-3}$
1600	2500 – 1600	13,56	6,80	$7,56 \cdot 10^{-3}$	10,32	89,68	90,6	1,316	17,86	$1,02 \cdot 10^{-2}$
1000	1600 – 1000	15,41	7,74	$1,29 \cdot 10^{-2}$	18,94	81,94	82,0	0,915	26,41	$2,40 \cdot 10^{-2}$
630	1000 – 630	19,13	9,61	$2,60 \cdot 10^{-2}$	27,67	72,33	72,0	0,503	33,57	$4,85 \cdot 10^{-2}$
400	630 – 400	44,22	22,21	$9,66 \cdot 10^{-2}$	49,88	50,12	50,5	0,013	39,99	$9,10 \cdot 10^{-2}$
315	400 – 315	12,18	6,12	$7,20 \cdot 10^{-2}$	56,00	44,00	13,0	–0,116	39,55	$1,14 \cdot 10^{-1}$
200	315 – 200	35,83	18,00	$1,57 \cdot 10^{-1}$	74,00	26,00	26,5	–0,628	32,53	$1,48 \cdot 10^{-1}$
160	200 – 160	11,94	6,00	$1,50 \cdot 10^{-1}$	80,00	20,00	20,8	–0,813	28,06	$1,59 \cdot 10^{-1}$
100	160 – 100	19,91	10,00	$1,67 \cdot 10^{-1}$	90,00	10,00	11,0	–1,227	17,59	$1,60 \cdot 10^{-1}$
63	100 – 63	11,03	5,54	$1,49 \cdot 10^{-1}$	85,54	4,46	5,5	–1,598	9,51	$1,37 \cdot 10^{-1}$
50	63 – 50	3,70	1,86	$1,24 \cdot 10^{-1}$	97,40	2,60	3,0	1,881	6,06	$1,10 \cdot 10^{-1}$
0	50 – 0	5,18	2,60	$5,20 \cdot 10^{-2}$	100,00	0,00	0,0	–	–	–

$$\Sigma M_{\Delta\delta} = 199,08 \text{ г.}$$

Характеристики порошковых красок

<i>Эпоксидные краски</i>	
Достоинства	Стойкость к перегреву при отверждении. Хорошее растекание расплавов. Стабильность цвета при формировании и эксплуатации покрытий. Хорошие механические свойства. Повышенная (по сравнению с эпоксидными красками) атмосферостойкость. Нанесение покрытий «муар», «под кожу», серия «антиков», металликов различных цветов, покровные лаки (бронза, медь, латунь)
Недостатки	Низкая метеустойчивость, невысокая термостойкость температурные пределы эксплуатации от 60 до 150 °С. Склонность к пожелтению при отверждении. В атмосфере при воздействии ультрафиолетового излучения наблюдается ухудшение декоративных свойств (потеря цвета, глянца, меление)
Области применения	Транспортное машиностроение, приборостроение, электротехническая и радиоэлектронная промышленность, где эти покрытия заменяют многие виды сложной электроизоляции, бытовая техника, подземные сооружения
Окрашиваемые объекты	Электробытовые приборы, швейные машины, металлическая мебель, станки и инструменты, трубы (газовые, нефтяные, систем мелиорации и водоснабжения), автомотодетали, велосипеды, торговое оборудование, кондиционеры, радиаторы, трансформаторы, конденсаторы, электрошкафы, облицовочная керамика, стеклотара
<i>Эпоксидно-полиэфирные краски</i>	
Достоинства	Стойкость к перегреву при отверждении. Хорошее растекание расплавов. Стабильность цвета при формировании и эксплуатации покрытий. Хорошие механические свойства. Повышенная (по сравнению с эпоксидными красками) атмосферостойкость. Нанесение покрытий «муар», «под кожу», серия «антиков», металликов различных цветов, покровные лаки (бронза, медь, латунь)
Недостатки	Низкая устойчивость к атмосферным воздействиям. Ограниченная химическая стойкость покрытий
Области применения	Бытовая техника, приборостроение, электрооборудование, инструменты, торговое оборудование и т.д.
Окрашиваемые объекты	Станки, автодетали, холодильники, пылесосы, кондиционеры, металлическая мебель, водонагреватели, отопительные радиаторы, огнетушители. Инструмент, детали швейных машин, утюги, керамическая и асбоцементная плитка, торговое оборудование, посуда, игральные автоматы и др. детали, эксплуатируемые внутри помещений.

<i>Полиэфирные краски</i>	
Достоинства	Хорошая атмосферостойкость. Светостойкость при нагревании и воздействии УФ лучей. Механическая стойкость и повышенная стойкость к истиранию. Прозрачность и бесцветность непигментированных покрытий. Диэлектрические показатели близки к показателям эпоксидных покрытий. Обладают хорошим глянцем и хорошей адгезией к металлам, в том числе и к легким сплавам
Недостатки	Низкая щелочестойкость
Области применения	Транспортное и сельскохозяйственное машиностроение, строительство, алюминиевый профиль, металлические двери и ограждения, вентилируемые фасады, металлочерепица, уличная металлическая мебель, детские и спортивные площадки
<i>Полиуретановые краски</i>	
Достоинства	Устойчивый блеск, стойкость к минеральным маслам, растворителям, топливу. Хорошее растекание, стабильность цвета, высокая адгезия, высокая устойчивость к абразивному износу, твердость
Недостатки	Повышенные температуры отверждения. Повышенное газовыделение в результате улетучивания деблокирующего агента, что приводит к дефектам покрытия
Области применения	Применяются в качестве грунта при нанесении других порошковых красок, а также в виде лака поверх красок типа «антик». Химическое оборудование, емкости для хранения жидких и газообразных химических веществ. Приборостроение, химическое машиностроение

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1. Исследование дисперсного состава измельченных материалов	4
Лабораторная работа № 2. Оборудование и процессы нанесения полимерных порошковых покрытий	15
Приложение 1	28
Приложение 2	29
Приложение 3	30

Учебное издание

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ, ОБРАБОТКЕ И ПЕРЕРАБОТКЕ МАТЕРИАЛОВ И НАНЕСЕНИИ ПОКРЫТИЙ

Методические указания
к лабораторным работам

Составители: **Сухарников Александр Евгеньевич,**
Бунтин Артем Евгеньевич

Кафедра материаловедения и технологии материалов КГЭУ

Редактор издательского отдела *К.В. Аршинова*
Компьютерная верстка *Т.И. Лунченкова*

Подписано в печать 17.03.17.

Формат 60 ×84/16. Бумага ВХИ. Гарнитура «Times». Вид печати РОМ.
Усл. печ. л. 1,63. Уч.-изд. л. 1,81. Тираж 100 экз. Заказ № 110/эл.

Редакционно-издательский. отдел КГЭУ, 420066,
Казань, Красносельская, 51