

# УДАЛЕНИЕ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ



---

Ленинград «Химия»  
Ленинградское отделение  
1991

ББК 6П7.51  
И962  
УДК 667.691

Рецензент: канд. техн. наук В. А. Мышленникова

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	5
Глава 1. Краткий обзор методов удаления лакокрасочных покрытий	6
Механические методы . . . . .	6
Ручная очистка . . . . .	6
Пневмообразивные методы . . . . .	6
Гидравлический метод . . . . .	8
Аэрозольный газодинамический метод . . . . .	10
Термические методы . . . . .	11
Удаление лакокрасочных покрытий сжиганием . . . . .	11
Удаление лакокрасочных покрытий в псевдооживленном слое . . . . .	12
Очистка поверхности струей горячего воздуха . . . . .	13
Очистка в расплавах солей . . . . .	13
Криогенный метод . . . . .	14
Очистка ледяными гранулами . . . . .	14
Удаление лакокрасочных покрытий с помощью ультразвуков . . . . .	14
Лазерный метод . . . . .	15
Электрический метод . . . . .	17
Химический метод . . . . .	17
Глава 2. Разрушение лакокрасочных покрытий в агрессивных средах	17
Агрессивные среды и их действие на лакокрасочные покрытия . . . . .	17
Химическая стойкость полимерных связующих . . . . .	19
Химическая стойкость пигментов и наполнителей . . . . .	21
Глава 3. Состав смывок на основе органических растворителей . . . . .	24
Активные растворители . . . . .	25
Соразтворители . . . . .	29
Принципы расчета смесей растворителей для смывок . . . . .	30
Замедлители испарения . . . . .	32
Загустители . . . . .	35
Тиксотропные добавки . . . . .	36
Разрыхлители . . . . .	37
Ингибиторы коррозии . . . . .	40
Поверхностно-активные вещества . . . . .	42
Глава 4. Рецептуры, характеристика и методы испытаний смывок . . . . .	43
Щелочные смывки . . . . .	44
Кислотные смывки . . . . .	46
Смывки на основе органических растворителей . . . . .	47
Водоземulsionные смывки . . . . .	52
Методы испытаний смывок . . . . .	53

Ицко Э. Ф.

И962 Удаление лакокрасочных покрытий.— Л.: Химия, 1991.—  
96 с.: ил.  
ISBN 5—7245—0369—7

Описаны составы для удаления лакокрасочных покрытий (смывки), применяемые в различных отраслях промышленности. Приведены составы и свойства смывок, дана характеристика их компонентов. Рассмотрена технология изготовления и применения смывок. Уделено внимание вопросам утилизации смывок, эффективности их использования, технике безопасности при работе со смывками. Обсуждены другие способы удаления лакокрасочных покрытий: механические, термические, ультразвуковые, в псевдооживленном слое и др.

Для инженерно-технических работников, связанных с получением, применением и удалением лакокрасочных покрытий.

И 2804090000—099 99—91  
050(01)—91

ББК 6П7.51

ISBN 5—7245—0369—7

© Э. Ф. Ицко, 1991

Глава 5. Технология изготовления смывок и оборудование для их применения . . . . .	55
Технология изготовления щелочных смывок . . . . .	55
Технология изготовления смывок на основе органических растворителей	56
Средства механизации для удаления лакокрасочных покрытий с помощью смывок . . . . .	60
Ручной способ нанесения смывок . . . . .	60
Ручные механизированные способы нанесения смывок . . . . .	60
Механизированные установки для нанесения смывок . . . . .	61
Ванны окунания . . . . .	62
Глава 6. Технология удаления лакокрасочных покрытий с различных изделий . . . . .	63
Удаление покрытий с металлических поверхностей . . . . .	63
Ремонт авиационной техники . . . . .	63
Удаление судовых покрытий . . . . .	65
Ремонт сельскохозяйственной техники . . . . .	71
Ремонт электро- и радиотехники . . . . .	72
Удаление покрытий с окрасочного оборудования . . . . .	74
Обезжиривание поверхностей после обработки смывками . . . . .	78
Удаление покрытий с поверхности неметаллических материалов . . . . .	79
Покрытия на древесине . . . . .	79
Покрытия на стенах зданий . . . . .	80
Покрытия на полимерных материалах . . . . .	81
Покрытия на бумаге и типографские покрытия . . . . .	82
Глава 7. Охрана труда и техника безопасности при работе со смывками. Обезвреживание и утилизация отходов . . . . .	83
Охрана труда . . . . .	83
Меры противопожарной безопасности . . . . .	86
Обезвреживание и утилизация отходов . . . . .	87
Заключение . . . . .	92
Библиографический список . . . . .	93

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Необходимое условие получения качественных и надежных лакокрасочных покрытий — тщательная подготовка поверхности перед окрашиванием, включающая и операцию удаления ранее нанесенных слоев краски. В мировой практике для этой цели наряду с механическими, термическими и некоторыми другими методами широко используется и химический метод — очистка поверхности с помощью смывок на основе органических растворителей, щелочей или кислот. В последние годы этот метод удаления лакокрасочных покрытий приобрел особое значение в связи с широким распространением новых видов лакокрасочных материалов, обладающих высокой адгезионной прочностью.

По мере внедрения в лакокрасочную технологию новых пленкообразующих веществ совершенствовались и рецептуры смывок с целью повышения их эффективности. Если первоначально смывки представляли собой простые смеси органических растворителей без введения специальных добавок, что было достаточным для удаления покрытий на основе термопластичных полимеров (битумов, нитратов целлюлозы, виниловых полимеров и т. д.), то с распространением термореактивных пленкообразующих (эпоксидных, полиуретановых и т. д.) появилась необходимость в усложнении рецептур смывок.

В предлагаемой книге основное внимание уделяется именно методу удаления лакокрасочных покрытий с помощью смывок. На основании большого личного опыта работы по созданию новых смывок и внедрению их в различные отрасли промышленности автор собрал и представил материал, посвященный технологии получения, составам, функциональным свойствам смывок и их отдельным компонентам. Значительное место отведено и другим как традиционным, так и новым перспективным методам удаления покрытий.

Автор надеется, что книга будет интересна и полезна работникам многих отраслей промышленности — самолето-, судо-, авто- и вагоностроительной, электронной, радиотехнической, мебельной и других, а также автолюбителям, строителям, реставраторам и вообще всем, кому в процессе трудовой деятельности или в быту приходится сталкиваться с необходимостью удаления лакокрасочных покрытий.

Автор сознает, что настоящая книга — первая попытка обобщения материала такого рода — не лишена недостатков и поэтому заранее благодарит всех читателей, которые сочтут возможным прислать свои отзывы. Все замечания и пожелания читателей будут учтены при работе над следующим изданием.

$$F = W/L = Nt/L,$$

где  $W$  — энергия удара;  $N$  — мощность удара;  $L$  — линейная деформация абразивной частицы в направлении удара;  $t$  — время контакта частицы с поверхностью.

Из этого уравнения следует, что эффективность разрушения покрытия зависит от пластических свойств частицы и времени контакта с обрабатываемой поверхностью.

Абразивным материалом в установках служат: кварцевый песок, чугунная, стальная дробь или алюминиевая дробь, электрокорунд, косточковая крошка, полимерные частицы или пластмассовая дробь, гранулы льда. В зависимости от применяемого абразивного материала различают установки пескоструйные, гидropескоструйные, дробеструйные [1, с. 9; 3, с. 101]. Гранулы льда используются в качестве абразивного материала пока только в экспериментальных установках [2, 4].

**Пескоструйная очистка.** Пескоструйная очистка осуществляется с помощью кварцевого песка, который подается на поверхность в струе сжатого воздуха под давлением.

Пескоструйную установку марки CLEMKO рекомендует фирма International GmbH (ФРГ). Установка применяется для очистки стеклянных, деревянных, металлических и пластмассовых поверхностей. Ее технические характеристики:

Объем рабочей камеры, м <sup>3</sup>	0,02—0,32
Рабочее давление в форсунке, МПа	0,35—0,7
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин	0,4—10,2
Диаметр сопла форсунки, мм	3—12,7

Вследствие вредного воздействия на организм работающего (возможно заболевание силикозом) пескоструйная очистка с помощью сухого песка в настоящее время применяется ограниченно. С целью снижения и даже исключения запыленности рабочего места применяются беспыльные пескоструйные аппараты и установки дистанционного управления, а также хорошо вентилируемые камеры.

**Гидропескоструйная очистка.** Значительное снижение запыленности достигается и при гидропескоструйной очистке. В установках гидропескоструйной очистки используются водные суспензии абразивных материалов, которые направляются на очищаемую поверхность под давлением. К достоинствам метода относится пониженный, благодаря смачиванию твердых частиц водой, абразивный износ обрабатываемой поверхности [2]. Чтобы уменьшить коррозию металла после гидропескоструйной обработки в водную суспензию вводят ингибиторы коррозии — нитрит натрия (0,3—1,0%), тринатрийфосфат (0,5—2%) или дихромат калия (0,5%).

**Дробеструйная очистка.** Дробеструйный метод очистки поверхности является модификацией пескоструйного метода, в котором песок заменен на металлическую дробь, косточковую крошку, порошки полимеров, пластмассовую дробь.

## Глава 1

### КРАТКИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ УДАЛЕНИЯ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

Для удаления лакокрасочных покрытий применяются методы, как используемые при подготовке поверхности перед окрашиванием — механические, термические, химические, с помощью ультразвука, так и специально разработанные для этой цели — в псевдооживленном слое, охлаждение в жидком азоте и др.

#### МЕХАНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

##### Ручная очистка

К ручному механизированному инструменту для очистки поверхности от старых покрытий [1, с. 5] относят различные шлифовальные и зачистные машинки, которые приводятся в действие при помощи сжатого воздуха. Шлифовальные и зачистные машинки не являются эффективным инструментом, так при очистке происходит засаливание абразивного материала (шлифовальные круги, наждачная шкурка) удаляемым лакокрасочным покрытием.

Наиболее эффективными являются зачистные реверсивные машинки с роторным двигателем ТПЩ-1 и «Волна». Рабочей частью таких машинок являются торцовые проволочные щетки. Для мокрой очистки предназначена универсальная зачистная машинка УПМ-1, рабочей частью которой служат абразивный круг, резиновый абразивный диск, шлифовальные шайбы или проволочные щетки. Вода подается через отверстия оси шпинделя.

#### Пневмоабразивные методы

К пневмоабразивным методам очистки поверхности относят пескоструйную, гидропескоструйную и дробеструйную, включая очистку с помощью полимерных частиц.

Разрушение лакокрасочных покрытий при пневмоабразивной очистке происходит в результате абразивного износа, возникающего при соударении твердой частицы с поверхностью [2]. Силу удара  $F$  можно определить при этом из уравнения:

Технические характеристики дробеструйных установок приведены в табл. 1. В установках применяется металлическая дробь следующих марок: чугунная — литая ДЧЛ и колотая ДЧК; стальная — литая ДСЛ, колотая ДСК, рубленая ДСР и из проволоки. Чаще всего в дробеструйных установках используется чугунная дробь ДЧК.

Алюминиевой дробью удаляют лакокрасочные покрытия с алюминиевых поверхностей, стараясь при этом не допускать разрушения анодной пленки. Производительность процесса при работе с алюминиевой дробью составляет 4,0—7,5 м<sup>2</sup>/ч.

Пластмассовая дробь и порошки полимеров служат для удаления покрытий с алюминиевых поверхностей, поверхностей пластмасс, стеклопластиков и других неметаллических материалов. Твердость полимерных абразивных частиц составляет 92—97 по шкале Роквелла.

Дробеструйный метод очистки поверхности с использованием в качестве абразива пластмассовых частиц неправильной формы разработан фирмами Vacu-Blast (Великобритания) и Aerolyte Systems (США). Характеристика пластмассовой дроби:

Объемная плотность, кг/м <sup>3</sup>	641—881
Размер частиц, мм	0,4—1,7
Степень износа, %	5—10

Очистка проводится под давлением 0,1—0,32 МПа.

**Дробеметная очистка.** В дробеметных установках дробь подается на обрабатываемую поверхность не под действием сжатого воздуха, а при помощи рабочего колеса ротора, вращающегося с частотой 2000—3000 об/мин. Технические характеристики установок приведены в табл. 1. Для очистки применяется дробь марки ДЧК.

Разновидностью дробеметного метода является очистка изделий во вращающихся барабанах с помощью стальных шариков.

Предложен [пат. 49—31738, Япония] интересный способ абразивной очистки мелких изделий, заключающийся в погружении их в ванну, наполненную твердыми косточками или ореховой скорлупой. Очистка проводится при интенсивном перемешивании абразива струей воздуха или механическими мешалками.

### Гидравлический метод

Гидравлический метод удаления с поверхности старых покрытий основан на использовании воды под давлением порядка 72,5 МПа.

В практике судоремонтных работ для гидроочистки подводной части корпуса корабля применяется установка со следующими техническими характеристиками [5, с. 173]:

Таблица 1. Технические характеристики дробеструйных и дробеметных аппаратов различных марок

Показатели	АД-1	АД-2	АД-3	АД-5	СД-1	Ручной дробеструйный аппарат ПД-1
Производительность, м <sup>2</sup> /ч	2—5	3—6	0,5—1	0,8—1,5	6—11	1—2
Давление сжатого воздуха, МПа	0,6—0,7	0,6—0,7	0,5—0,7	0,5—0,7	0,5—0,7	0,5—0,6
Диаметр рабочего сопла, мм	6	—	5,5	6	—	—
Количество дроби, загружаемой в аппарат, кг	50	150	8	15	40	2
Применяемая дробь	—	—	ДЧК: № 0,5; 0,8; 1,0. ДСК: № 0,5; 0,8; 1,0. ДСЛ: № 0,8; 1,0	ДЧК: № 0,5; 0,8; 1,0. ДСК: № 0,5; 0,8; 1,0. ДСЛ: № 0,8; 1,0	ДЧК, ДСК, ДСР 0,5—0,8 мм	—
Габаритные размеры, мм	—	1545×860×2000	700×350×350	1000×450×450	600×900×1450	—
Масса, кг	150	370	15	37	180	2,5

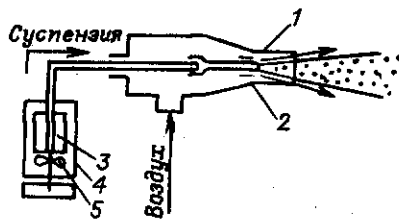


Рис. 1. Схема установки АГД [2, с. 14].  
1 — газовое сопло; 2 — распылитель суспензии;  
3 — заборное устройство; 4 — резервуар с суспензией; 5 — мешалка

Давление, МПА	30,0—35,0
Расстояние от сопла до очищаемой поверхности, м	0,8—1,8
Угол атаки	45°
Диаметр сопла, мм	2,0—2,5
Производительность, м <sup>2</sup> /ч, при очистке пресной водой	30—45
водопесочной смесью	8—12

Гидравлический метод очистки поверхности, совмещенный с химическим, состоит из следующих операций [17]:

1) нагревание изделия до 40—60 °С путем набрызгивания на него воды с температурой 60—100 °С при скорости струи 8,7—15,2 м/с;

2) набрызгивание на изделие водного 4—5%-го раствора смеси едкого натра и солей с температурой 80—100 °С в течение 10—25 мин при скорости струи 12,4—21,5 м/с;

3) промывание очищенной поверхности водой с температурой 40—70 °С в течение 5—20 мин при скорости струи 8,7—15,2 м/с.

Состав водного раствора, %:

Едкий натр NaOH	53—58
Пентагидрат метасиликата натрия Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> ·5H <sub>2</sub> O	35—40
Гексаметафосфат натрия (NaPO <sub>3</sub> ) <sub>6</sub>	5

### Аэрозольный газодинамический метод

Аэрозольный газодинамический метод (АГД) основан на распылении суспензии абразивных частиц в воде скоростным сверхзвуковым газовым потоком. Абразивные частицы представляют собой размолотую глину, состоящую из 60—80% SiO<sub>2</sub> и 10—20% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. В суспензию добавляют 2—3% ПАВ.

Схема установки для аэрозольного гидродинамического распыления приведена на рис. 1. Сжатый воздух поступает в газовое сопло 1 и в результате перепада давления на входе и выходе из сопла приобретает сверхзвуковую скорость. При обтекании воздухом распылителя 2 на его торце, находящемся в зоне сверхзвуковой скорости потока, образуется разрежение, благодаря которому суспензия поступает в распылитель и дробится на частицы размером 0,02 мм. Под действием направляемой на очищаемую поверхность струи происходит разрушение и удаление покрытия.

Метод обеспечивает высокую производительность и хорошее качество очистки. Соотношение в суспензии твердых частиц и жидкости должно находиться в интервале от 1:5 до 1:2. Расход су-

спензии при удалении лакокрасочных покрытий составляет 0,008 кг/с, что во много раз меньше по сравнению с другими пневмоабразивными методами очистки.

### ТЕРМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Удаление старого лакокрасочного покрытия можно проводить путем сжигания, при этом изделия нагревают пламенем кислородно-ацетиленовой горелки, электрической дуги или в печах с доступом или без доступа кислорода (пиролиз) [6, с. 289]. Термические методы рекомендуются применять для очистки металлических конструкций с толщиной стенок более 6 мм, при меньшей толщине возможно коробление металла [1, с. 16].

В ряде случаев термические методы сочетают с механической или химической очисткой.

#### Удаление лакокрасочных покрытий сжиганием

В отечественной промышленности нашли применение камерные установки термической очистки непрерывного и периодического действия. Установки непрерывного действия туннельного типа состоят из двух зон: обжига и струйной промывки. В зоне обжига по одной из стен расположены 6 горелок (газовые или керосино-кислородные) с принудительной подачей воздуха. Воздух в горелки подается вентилятором высокого давления, а продукты сгорания удаляются центробежным вентилятором. Шлам, оставшийся после сжигания покрытия, при последующем охлаждении растрескивается и отслаивается от поверхности. В зоне промывки установлены три контура с насадками, через которые поступает холодная вода, смывающая шлам. Для очистки воды от шлама предусмотрена фильтровальная установка. Изделие на выходе высушивается сжатым воздухом.

Установка для термического удаления старых лакокрасочных покрытий описана в работах [7, 8]. Она состоит из двух камер: разложения и сгорания. Разложение (деструкция) лакокрасочных продуктов происходит при 120—125 °С. Образовавшийся газ поступает в камеру сгорания, где горит при температуре 850 °С, выделяющаяся теплота используется в установке. В конце процесса камеру разложения охлаждают водой. В случае удаления перхлорвиниловых покрытий, продукты сгорания нейтрализуют, пропуская через раствор едкого натра (каустической соды). Объем камеры разложения 1—40 м<sup>3</sup>.

Разновидностью термического метода является пиролизный, осуществляемый при высоких температурах без доступа кислорода, в результате чего органические вещества разлагаются на летучие компоненты и покрытие разрушается.

Пиролизные печи фирмы Eisenmann (ФРГ) [9] имеют камерную конструкцию. Их технические характеристики приведены ниже:

Полезный объем печи, м <sup>3</sup>	6
Температура камеры сжигания, °С	200—400
Температура камеры сгорания, °С	720
Расход подаваемого газа, м <sup>3</sup> /ч	15000
Количество сжигаемого лакокрасочного покрытия, м <sup>3</sup> /ч	3
Мощность горелки, МДж/ч	630
Габаритные размеры печи наружные, мм:	
ширина	2850
высота	3900
глубина	4000

Изделия небольшими партиями загружают в печь с тележек, снабженных вильчатыми устройствами. Печь имеет герметичную дверку. Обогрев осуществляется через боковые стенки и потолок с помощью сжигаемых газов, что обеспечивает достаточно равномерную температуру в печи 280—450 °С. Для регулирования температуры в печи предусмотрена автоматическая заслонка, которая выпускает избыток газов. Наибольшее количество газов с низким содержанием кислорода поступает в отдельную зону, а из нее через автоматическую заслонку — в камеру сгорания, где создается атмосфера инертных (для горения) газов. Образующиеся при пиролизе лакокрасочных покрытий газообразные продукты поступают вначале в камеру сгорания, где нагреваются до 400 °С и частично сгорают, а затем — в камеру сжигания для полного дожига при 720 °С. Продолжительность сжигания лакокрасочных покрытий составляет 6—8 ч.

Лакокрасочные покрытия на загруженных в печь изделиях сгорают на 50%. Для окончательной очистки изделий предусмотрены ванны окунания со смывками.

Достоинством пиролизного метода является экологическая чистота [10]. К недостаткам же можно отнести следующее [11]: из-за медленного остывания изделия длительное время нельзя вынуть из камеры;

необходимость дополнительной очистки изделий после пиролизной обработки;

после удаления пиролизным методом старого покрытия с изделия на нем трудно получить новое покрытие хорошего качества; низкая производительность пиролизных установок.

#### Удаление лакокрасочных покрытий в псевдооживленном слое

Метод удаления покрытий в псевдооживленном слое, предложенный американской фирмой Procedupe Co. [12, 13], заключается в следующем. Деталь погружают в слой огнестойких твердых частиц керамики [пат. 1564151 Англия], песка [14] или оксида алюминия [12, 13], находящихся при температуре 400—800 °С в псевдооживленном состоянии.

Схема установки для удаления покрытий в псевдооживленном слое приведена на рис. 2. Псевдооживление осуществляется воздухом, содержащим такое количество кислорода, которое гарантирует преобладание процесса пиролиза над процессом окисления.

Так как при пиролизе могут в незначительном количестве выделяться пожаро- и взрывоопасные вещества, воздух непосредственно над псевдооживленным слоем разбавляется паром или газом.

Достоинством метода является отсутствие перегрева очищаемых изделий и их коррозии.

В настоящее время в качестве порошкового материала для очистки применяют оксид алюминия, характеризующийся отличной теплопроводностью [12]. Кислород воздуха, находящийся между частицами оксида алюминия, окисляет органические вещества лакокрасочного покрытия, в результате чего они превращаются в газообразные продукты. После расходования небольшого количества кислорода в данном месте процесс окисления прекращается. Окисление — экзотермический процесс. Выделяющаяся теплота нагревает изделие и мгновенно отводится. Таким образом, псевдооживленный слой управляет экзотермической реакцией. Чтобы не происходило самовоспламенения отходящих газов при контакте с атмосферой, над поверхностью псевдооживленного слоя создают барьер в виде водяного пара.

Условия удаления покрытия в псевдооживленном слое порошка оксида алюминия описаны в работе [13]. Удаление старых лакокрасочных покрытий осуществляется при температуре 800 °С. В результате пиролиза 90% покрытия переходят в газ, а 10% остаточного углеродного коксика удаляется частицами оксида алюминия. Выделяющиеся газовые продукты пиролиза дожигаются в специальной камере. При удалении перхлорвиниловых материалов газовые продукты перед сжиганием пропускают через фильтр поглотителя — соляной кислоты. Изделия после очистки охлаждают водой.

#### Очистка поверхности струей горячего воздуха

В этом методе, предложенном швейцарской фирмой Carl Leister, используется горячая воздуходувка. Покрытие легко разрушается под действием струи горячего воздуха.

#### Очистка в расплавах солей

Солевые расплавы широко используются для термической и химико-термической обработки металлов. Для удаления лакокрасочных покрытий обычно применяют расплавы щелочей или солей (NaOH, NaNO<sub>2</sub>, NaNO<sub>3</sub>) [8; 15], в которых практически не происходит коррозии металла, но протравляется металлическая поверхность [16, с. 379].

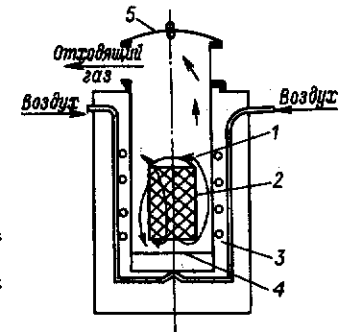


Рис. 2. Схема установки удаления покрытий в псевдооживленном слое:  
1 — псевдооживленный слой; 2 — защитная сетка; 3 — обогрев;  
4 — проницаемая перегородка; 5 — крышка

Удаление лакокрасочных покрытий осуществляется при температуре 400—800 °С в течение 15—20 с. Достоинством метода является высокая скорость очистки при хорошем качестве поверхности, не наблюдается загрязнения окружающей среды. Метод предназначен для удаления покрытий на основе полиэфирных, эпоксидных, полиуретановых, феноло-формальдегидных, поливинилхлоридных и других пленкообразователей.

### КРИОГЕННЫЙ МЕТОД

Удаление лакокрасочных покрытий криогенным методом производят в ваннах с низкокипящим сжиженным газом, обычно азотом [17; заявка 3041004 ФРГ]. При этом покрытия становятся хрупкими, теряют адгезию и легко удаляются механическим путем.

### ОЧИСТКА ЛЕДЯНЫМИ ГРАНУЛАМИ

Перспективный метод удаления покрытий ледяными гранулами предложен для авиаремонтных работ [2, 4]. Очистка осуществляется с помощью низкотемпературных гранул льда, полученных в среде жидкого азота. Температура частиц льда должна быть ниже —53 °С (220 К).

Разрушение лакокрасочных покрытий под действием ледяных гранул происходит следующим образом [4]. При ударе высокой силы ледяной гранулы о поверхность происходит ее плавление, поскольку разогрев в зоне контакта гранулы с поверхностью в случае ее движения со скоростью порядка 100 м/с достигает 500—600 °С. Выдавленная из-под льда вода разрушает покрытие.

Схема лабораторной установки для удаления покрытия ледяными гранулами приведена на рис. 3. Аэрозоль воды распыляется в хладагенте — жидком азоте. При этом образуются гранулы льда размером 1—3 мм. Гранулы поступают в эжекторное устройство и воздушным потоком направляются на обрабатываемую поверхность. Скорость частиц достигает 220 м/с. Расстояние от сопла до поверхности 0,1 м, угол наклона поверхности к продольной оси струи 90°.

Достоинством метода являются высокая степень очистки и отсутствие разрушения анодированного слоя поверхности. К недостаткам следует отнести очень низкую производительность (5 мм/м<sup>2</sup>).

### УДАЛЕНИЕ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ С ПОМОЩЬЮ УЛЬТРАЗВУКА

Ультразвуковая очистка [18, с. 44] основана на кавитационных явлениях, протекающих в жидкостях в результате воздействия ультразвука. При прохождении ультразвуковой волны через жидкость в момент разрежения возникают растягивающие усилия и в жидкости образуется множество разрывов в виде мельчайших пу-

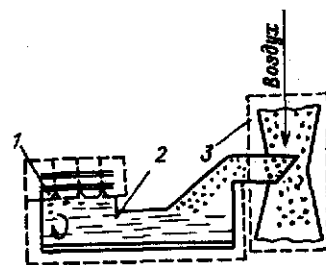


Рис. 3. Схема установки для удаления покрытий ледяными гранулами [2, с. 5]:  
1 — распылитель аэрозоля; 2 — емкость с азотом; 3 — эжекторное устройство

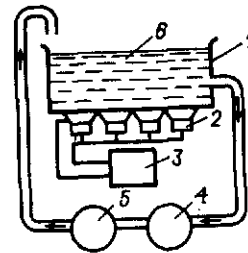


Рис. 4. Схема установки для ультразвуковой очистки:  
1 — ванна; 2 — ультразвуковой преобразователь; 3 — генератор; 4 — фильтр; 5 — насос; 6 — очищающая жидкость

зырьков, которые после коротковременного существования захлопываются. При этом в микрообъемах жидкости развивается высокое давление ударного характера, которое распространяется по всему объему.

Ультразвуковые установки для удаления с изделий старых лакокрасочных покрытий обычно состоят из генератора, ультразвукового преобразователя и ванны, в которую загружают подлежащие очистке изделия. Схема установки приведена на рис. 4 [1, с. 29].

Генерирование переменного электрического тока для получения ультразвуковых колебаний осуществляется с помощью ламповых генераторов УЗГ, УЗМ и других, имеющих мощность до 30 кВт и частоту колебаний 15—30 кГц. Частоты 15—24 кГц соответствуют оптимальным условиям возникновения кавитации, определяющей эффективность очистки. Преобразование электрического тока ультразвуковой частоты в упругие колебания жидкости может осуществляться пьезоэлектрическими преобразователями, изготавливаемыми из монокристаллов кварца или титаната бария, а также магнитострикционными преобразователями, наиболее часто применяемыми в ультразвуковых установках.

### ЛАЗЕРНЫЙ МЕТОД

Лазерный метод удаления лакокрасочных покрытий находит применение при авиаремонтных работах [4, 19], а также при снятии изоляции с тонких проводов в радиоприборостроении [20, с. 168]. Используются например, газовые лазеры на основе углекислого газа ЛГ-22. Мощность оптического квантового генератора для удаления покрытий составляет 25—30 Вт [4; 20, с. 168].

Способность покрытий удаляться под действием лазерного излучения можно охарактеризовать удельной энергией разрушения. Этот параметр рассчитывают по формуле [19]:

$$Q = aISt/\Delta G,$$

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ МЕТОД

Электрический метод удаления покрытий [21, с. 26] основан на том, что импульсы тока с большой амплитудой напряжения и высокой плотностью действуют на поверхность покрытия, вызывая точечные тепловые токи, которые приводят к отслаиванию покрытия. При этом происходит разогрев поверхности до 200—400 °С. Метод экологически безвреден и позволяет регулировать скорость удаления покрытия.

## ХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД

Самое широкое распространение получил химический метод удаления лакокрасочных покрытий, при котором очистка поверхности осуществляется с помощью специальных составов — смывок на основе органических растворителей, щелочей или кислот. Нередко этот метод используется в сочетании с другими методами — механическими, термическими, ультразвуковыми и др. Подробному рассмотрению этого метода и его модификаций посвящены следующие главы книги.

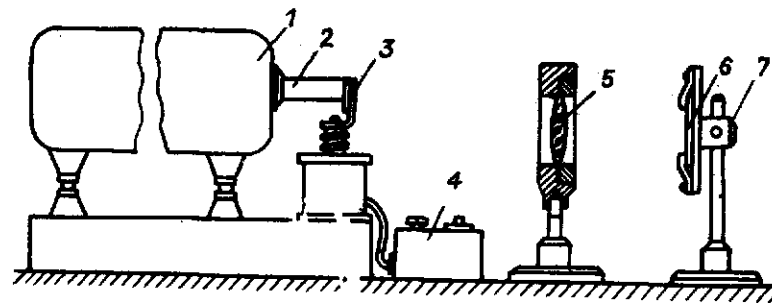


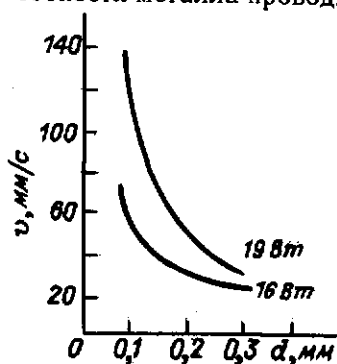
Рис. 5. Схема лазерной установки для очистки изделий [19]:  
1 — лазер; 2 — трубка излучения; 3 — электромагнитная заслонка; 4 — реле времени; 5 — фокусирующая линза; 6 — образец; 7 — держатель образцов

где  $Q$  — удельная энергия разрушения, Дж/кг;  $a$  — коэффициент поглощения лазерного излучения покрытием;  $I$  — интенсивность излучения, Вт/м<sup>2</sup>;  $S$  — площадь пятна излучения на поверхности образца, м<sup>2</sup>;  $t$  — продолжительность облучения, с;  $\Delta G$  — масса удаленного покрытия, равная разности масс покрытия до  $G_0$  и после  $G_1$  облучения  $\Delta G = G_0 - G_1$ .

Ниже приведены значения удельной энергии разрушения  $Q$  для некоторых лакокрасочных покрытий [19], мДж/кг:

Грунтовки		Эмали	
АК-069	3,509	ХВ-16 красная	7,082
АК-070	4,266	ХВ-130 синяя	6,296
ВЛ-02	5,607	ПФ-223 желтая	5,978
Лаки		ЭП-140 защитная	6,668
АК-113	5,868	ЭП-255 зеленая	6,945
АС-82	4,923	АС-1115 белая	4,003

Схема установки для удаления покрытий лазерным методом приведена на рис. 5. Удаление изоляции с тонких проводов проводят следующим образом [20, с. 168]. Провод протягивается в фокальной плоскости линзы. В результате воздействия излучения лазера изоляция на проводнике выгорает, при этом металлическая жила не успевает разрушиться из-за высокой отражательной способности металла проводника. Скорость перемещения провода вы-



бирают в зависимости от его диаметра, мощности оптического квантового генератора, толщины изоляции. На рис. 6 представлена зависимость скорости удаления электроизоляционного лака с провода от его диаметра.

Рис. 6. Зависимость скорости очистки проводов от их диаметра при различной мощности оптического квантового генератора [20, с. 168]

## Глава 2

### РАЗРУШЕНИЕ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ В АГРЕССИВНЫХ СРЕДАХ

В настоящей главе рассматриваются виды агрессивных сред и их действие на лакокрасочные покрытия и на их основные компоненты — связующие, пигменты и наполнители.

#### АГРЕССИВНЫЕ СРЕДЫ И ИХ ДЕЙСТВИЕ НА ЛАКОКРАСОЧНЫЕ ПОКРЫТИЯ

Химически агрессивные среды в результате взаимодействия с компонентами лакокрасочных покрытий вызывают в них необратимые разрушения, которым подвергаются связующие, пигменты, наполнители и другие компоненты покрытия.

Физически агрессивные среды вызывают в покрытиях обратимые изменения, связанные, например, с набуханием и растворением связующих. Такие покрытия в дальнейшем могут быть полностью восстановлены практически без изменения их свойств. Однако присутствие в связующих низкомолекулярных примесей и экстракций их из покрытия при растворении может привести к необратимым изменениям покрытия. При этом обычно не затрагиваются неорганические компоненты лакокрасочных покрытий, например, пигменты и наполнители.

Отнесение сред к физически или химически агрессивным определяется реакционной способностью компонентов среды. Например, вода является физически активной по отношению к большинству связующих на основе эпоксидных, уретановых, алкидных и других полимерных материалов.

Органические растворители инертны по отношению к минеральным пигментам, физически агрессивны по отношению к связующим и химически агрессивны по отношению к большинству органических пигментов.

Органические кислоты по отношению к различным соединениям одновременно физически и химически агрессивны.

Смывки на основе кислот, щелочей и солей рассматривают как химически агрессивные среды, а смывки на основе органических растворителей в основном являются физически агрессивными. Однако часто смывки проявляют смешанное действие, что связано как с многокомпонентностью лакокрасочных покрытий, так и со сложностью рецептур смывок.

При воздействии агрессивных сред на лакокрасочные покрытия протекают следующие основные процессы [22, с. 155]:

- 1) адсорбция агрессивной среды на поверхности лакокрасочного покрытия;
- 2) диффузия агрессивной среды в объем лакокрасочного покрытия;
- 3) химическое и физическое взаимодействие с компонентами лакокрасочного покрытия;
- 4) диффузия продуктов деструкции связующих и растворимых компонентов к поверхности лакокрасочной пленки;
- 5) десорбция продуктов деструкции связующих и растворимых компонентов с поверхности лакокрасочного покрытия;
- 6) замещение молекул связующего адсорбированных на подложке, молекулами агрессивной среды, разрушение адгезионной связи и отслаивание покрытий.

Характер разрушения лакокрасочного покрытия зависит от свойств как самого покрытия, так и воздействующей на него агрессивной среды.

Лакокрасочные покрытия представляют собой лаковые или пигментированные пленки различной толщины, которые за счет адгезионных сил удерживаются на твердой поверхности (подложке) металла, пластмассы, дерева, штукатурки, стекла и т. д. В зависимости от назначения и принятой технологии получения могут иметь различную толщину — от тысячных долей миллиметра до нескольких миллиметров, могут быть однослойными и многослойными, сочетать слои различной химической природы.

Агрессивные среды по-разному влияют на компоненты лакокрасочных покрытий — связующие, пигменты, наполнители, пластификаторы, вспомогательные вещества. В то же время разные компоненты агрессивных сред — в данном случае смывок — оказывают различное действие на лакокрасочное покрытие.

Чтобы понять действие смывок на лакокрасочное покрытие, необходимо рассмотреть как поведение компонентов покрытия при воздействии агрессивных сред, так и роль отдельных компонентов смывок в процессах разрушения покрытия.

## ХИМИЧЕСКАЯ СТОЙКОСТЬ ПОЛИМЕРНЫХ СВЯЗУЮЩИХ

Стойкость полимеров к воздействию кислот, щелочей, солей, органических растворителей зависит от их химического состава и структуры и прежде всего от наличия активных центров — реакционноспособных функциональных групп (непредельных связей, гидроксильных, карбоксильных, галогенных, пероксидных и других групп).

Наиболее устойчивы в химически агрессивных средах карбоцепные полимеры с насыщенными связями (полиэтилен, полипропилен) и с такими заместителями водорода, как фтор, хлор, сульфогруппы, бензольные кольца (политетрафторэтилен, поливинилхлорид, хлорсульфированный полиэтилен, полистирол). Гетероцепные и элементарорганические полимеры (полиамиды, полиэфиры, кремнийорганические полимеры и др.) обладают пониженной химической стойкостью.

Наиболее сильное воздействие на карбоцепные полимеры, содержащие двойные связи, гидроксильные и карбоксильные группы (изопреновый, бутадиен-стирольный и другие каучуки, поливинилацетат, поливинилэтиловый спирт), а также на гетероцепные полимеры оказывают сильные окислители — хромовая, концентрированная азотная, серная кислота, пероксид водорода [23, с. 50].

Кислоты плавиковая, соляная, разбавленные азотная, серная и фосфорная практически не действуют на карбоцепные полимеры с насыщенными связями и карбоцепные полимеры с заместителями в основной цепи.

На рис. 7 приведены диаграммы химической стойкости полимерных материалов в кислых средах [24, с. 253].

Органические кислоты оказывают на полимерные материалы гораздо более слабое воздействие, чем минеральные. Наибольшей стойкостью к органическим кислотам обладают фторопласты, фенольные и фурановые полимеры, наименее стойкими являются полиамидные и карбамидные полимеры.

Установлен различный характер воздействия неорганических и органических кислот на эпоксидные пленки [25]. Так, азотная и соляная кислоты разрушают кристаллическую часть пленок, уксусная и щавелевая — аморфную.

Необходимо учитывать также особенности диффузии электролитов в полимерные пленки. Электролиты по способности диффундировать в полимеры разделяют на две группы [24, с. 9]:

- 1) летучие электролиты, коэффициенты диффузии которых близки к коэффициенту диффузии воды, —  $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  и др.;

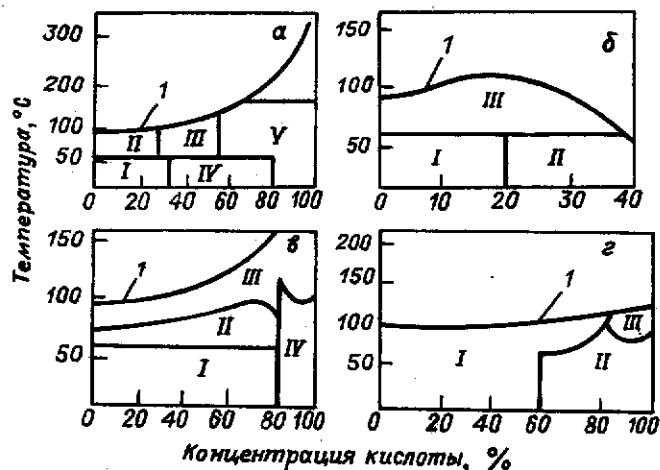


Рис. 7. Области стойкости полимерных материалов в кислотах различной концентрации:

а — серная кислота; б — соляная кислота; в — фосфорная кислота; г — уксусная кислота; 1 — температура кипения кислоты;

а: I — полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид, полистирол, пентапласт, фторопласты, фурановые смолы, бутилкаучук, этилен-пропиленовый каучук, фторкаучук, хлорсульфированный полиэтилен; II — пентапласт, фторопласты, фурановые смолы; бутилкаучук, этилен-пропиленовый каучук, фторкаучук, хлорсульфоновый полиэтилен; III — пентапласт, фторопласты, фурановые смолы, фторкаучук, хлорсульфированный полиэтилен; IV — пентапласт, фторопласты, фурановые смолы, фторкаучук, хлорсульфированный полиэтилен; V — фторопласт 4;

б: I — полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид, пентапласт, фторопласты, натуральный каучук, бутилкаучук, этилен-пропиленовый каучук, фторкаучук, хлорсульфированный полиэтилен; II — полиэтилен, полипропилен, пентапласт, фторопласты, бутилкаучук, этилен-пропиленовый каучук, фторкаучук, хлорсульфированный полиэтилен; III — пентапласт, фторопласты;

в: I — полиэтилен (до 50%-й  $H_2PO_4$ ), полипропилен, поливинилхлорид, полистирол, поликарбонаты, пентапласт, фторопласты, полиэфирные, фурановые и эпоксидные смолы, бутилкаучук, хлорпреновый каучук, хлорсульфированный полиэтилен; II — полипропилен, поликарбонаты, пентапласт, фторопласты, полиэфирные и фурановые смолы, бутилкаучук, хлорсульфированный полиэтилен; III — пентапласт (до 100 °C), фторопласты, фурановые смолы, хлорсульфированный полиэтилен; IV — пентапласт, фторопласты, хлорсульфированный полиэтилен;

г: I — полиэтилен, полипропилен, пентапласт, фторопласты, фурановые смолы, бутилкаучук, этилен-пропиленовый каучук; II — полипропилен, пентапласт, фторопласты; фурановые смолы; III — фторопласты, фурановые смолы

2) нелетучие электролиты, коэффициенты диффузии которых примерно на 3 порядка меньше коэффициента диффузии воды, —  $H_2SO_4$ ,  $H_3PO_4$ ,  $NaCl$  и др.

По снижению способности к диффузии в эпоксидные пленки электролиты можно расположить в следующий ряд [6, с. 114]:



Скорость проникновения щелочей в эпоксидные пленки примерно в 10 раз меньше, чем у кислот.

Щелочи наиболее сильное воздействие оказывают на полимеры с полярными связями в боковых цепях — поливинилацетат, поливиниловый спирт. Не стойкими к щелочам являются поликарбонаты, низкой стойкостью обладают полиимиды. Большинство лакокрасочных покрытий разрушаются под действием щелочных рас-

творов, наиболее стойкими являются покрытия на основе эпоксидных смол [3, с. 198].

На стойкость эпоксидных пленок в различных агрессивных средах оказывают влияние и введенные в смолы отвердители. Ниже приведены значения коэффициента стойкости  $K_n$  (в %) пленок на основе эпоксидной смолы ЭД-20 с различными отвердителями [24, с. 127] ( $K_n$  — отношение разрушающего напряжения при изгибе пленок, выдержанных в агрессивной среде при 82 °C в течение 180 сут, к разрушающему напряжению исходных пленок [24, с. 59]):

	Триэтилен-тетрамин	Фенилен-диамин	Фталевый ангидрид
Гидроксид натрия 50%-й раствор	94	107	Разрушается
Серная кислота, 25%-я	50	79	91
Соляная кислота, 25%-я	71	80	25
Хромовая кислота, 25%-я	98	95	91
Муравьиная кислота, 40%-я	Разрушается	74	50
Уксусная кислота, 25%-я	*	95	79
Хлорат натрия, 6%-й раствор	91	99	87

Сочетание механического воздействия на покрытие с действием агрессивных сред усиливает диффузию среды в покрытие и, следовательно, ускоряет разрушение последнего. В табл. 2 показано влияние растягивающих нагрузок на коэффициент диффузии соляной кислоты в лакокрасочные покрытия [26].

#### ХИМИЧЕСКАЯ СТОЙКОСТЬ ПИГМЕНТОВ И НАПОЛНИТЕЛЕЙ

Пигменты и наполнители существенно влияют на способность лакокрасочных покрытий или других полимерных композиционных материалов разрушаться под действием кислот, щелочей, солей.

Таблица 2. Коэффициенты диффузии соляной кислоты в лакокрасочные покрытия

Лакокрасочное покрытие	Толщина покрытия, мкм	Коэффициент диффузии, $cm^2/c$ , при относительной деформации покрытия		
		0	2,5%	10%
Эмаль ЭП-525 зеленая	95±5	$6,8 \cdot 10^{-11}$	$9,2 \cdot 10^{-11}$	$10,0 \cdot 10^{-11}$
Эмаль ЭП-773 зеленая	100±5	$1,5 \cdot 10^{-11}$	$9,2 \cdot 10^{-11}$	$12,0 \cdot 10^{-11}$
Эмаль ЭП-1155 серая	90±5	$2,6 \cdot 10^{-9}$	$3,5 \cdot 10^{-9}$	$6,9 \cdot 10^{-9}$
Шпатлевка ЭП-0010	130±10	$4,6 \cdot 10^{-11}$	$18,0 \cdot 10^{-11}$	$26,0 \cdot 10^{-11}$
Шпатлевка ЭП-0010, содержащая 10% технического углерода	130±10	$1,3 \cdot 10^{-8}$	$5,5 \cdot 10^{-8}$	$7,1 \cdot 10^{-8}$
Эмаль ХС-717 алюминиевая	80±5	$0,91 \cdot 10^{-10}$	$5,6 \cdot 10^{-10}$	$6,3 \cdot 10^{-10}$
Эмаль ХС-5132 токопроводящая	80±5	$3,3 \cdot 10^{-11}$	Растрескивание	Растрескивание
Эмаль ХВ-785 бежевая	70±5	$4,1 \cdot 10^{-12}$	$5,6 \cdot 10^{-12}$	$7,3 \cdot 10^{-12}$
Эмаль ВЛ-515 краснокоричневая	70±5	$1,3 \cdot 10^{-10}$	$5,0 \cdot 10^{-10}$	$6,9 \cdot 10^{-10}$
Эмаль ФЛ-62 зеленая	75±5	$1,9 \cdot 10^{-10}$	$9,2 \cdot 10^{-10}$	$15,0 \cdot 10^{-10}$

Так, пигменты и наполнители повышают защитную способность лакокрасочных покрытий в результате замедления диффузии агрессивных сред — увеличения длины пути диффундирующих через покрытия молекул агрессивной среды, создания барьеров на их пути [27, с. 145]. Значительный барьерный эффект проявляют чешуйчатые пигменты: алюминиевая пудра, железная слюдка и др. Барьерный эффект характерен и для мелкодисперсных пигментов, что, по-видимому, связано с плотностью упаковки частиц [28]. Ряд пигментов увеличивают адгезионную прочность покрытий за счет пассивации поверхности металла, что также повышает химическую стойкость покрытий.

Минеральные и органические пигменты по-разному ведут себя в агрессивных средах. Так, минеральные пигменты и наполнители устойчивы к органическим растворителям, но способны растворяться в кислотах и щелочах:

	Кислоты		Щелочи			Кислоты		Щелочи	
	+	-	+	-		+	-	+	-
Крон свинцово-молибдатный	-	-	-	-	Фосфат хрома	-	-	-	-
Крон свинцовый PbO·PbCrO <sub>4</sub>	-	-	-	-	Оксид хрома (III)	+	+	+	+
Крон свинцовый 13PbCrO <sub>4</sub> ·PbSO <sub>4</sub>	-	-	-	-	Хромат бария	-	-	-	-
Сурик железный	+	+	+	+	Хромат стронция	-	-	-	-
Пигмент красный железоксидный	+	+	+	+	Крон цинковый, хроматы цинка, хромат калия	-	-	-	-
Пигмент желтый железоксидный Ж-0, Ж-1	-	+	+	+	Силикохромат свинца	-	-	-	-
Пигмент желтый железоксидный Ж-2	-	+	+	+	Сурик свинцовый	-	-	-	-
Пигмент желтый термостойкий	+	+	+	+	Фосфат цинка	-	-	-	-
Ультрамарин	-	+	-	-	Доломит	+	+	+	+
Лазурь железная	+	-	-	-	Кальцит, мел	+	+	+	+
					Микробарит	+	+	+	+
					Каолин	+	+	+	+
					Тальк	+	+	+	+
					Слюда	+	+	+	+

Примечание. Определялось снижение массы пигмента после обработки 1%-м раствором гидроксида натрия и 5%-м раствором соляной кислоты [29, с. 37]: + устойчив; - неустойчив.

Органические пигменты растворяются в различных агрессивных средах — кислотах, щелочах, органических растворителях, воде (табл. 3).

Таблица 3. Стойкость органических пигментов к воздействию химических реагентов

Пигмент	NaCl, 5%-й раствор	HCl, 5%-я	NaOH, 5%-й раствор	Этиловый спирт	Ацетон	Бензол	Толуол	Веналин	Этилацетат	Уайт-спирит	В соответствии с ГОСТ 11279.4-83:	
											1 — очень плохая стойкость; 2 — плохая стойкость; 3 — удовлетворительная стойкость; 4 — хорошая стойкость; 5 — отличная стойкость	1 — очень плохая стойкость; 2 — плохая стойкость; 3 — удовлетворительная стойкость; 4 — хорошая стойкость; 5 — отличная стойкость
Желтый 4К	5	4-5	4	3	2	2	2	4	2	4-5	5	4-5
Желтый кроющий 0	5	5	4-5	5	4-5	5	5	5	5	5	5	5
Желтый прозрачный 0	5	5	4-5	5	5	5	4-5	5	5	5	5	5
Желтый прозрачный К	4-5	4-5	4	4-5	4	3-4	3	5	4	5	4	5
Желтый прозрачный 2К	5	5	4	4	3	4	2	4	2	4	4	4
Желтый прозрачный 2З	5	5	5	4	3	4	4	5	3	5	5	5
Желтый прочный	5	5	5	5	3-4	5	4-5	5	4	5	5	5
Желтый прочный 3	5	4-5	4-5	5	3	5	4-5	5	4-5	5	5	5
Желтый светопрочный 2З	5	5	5	3	3	3-2	2	4-5	3	4-5	4-5	4-5
Желтый светопрочный 3	4-5	4-5	4	3-4	1-2	1	2	4-5	2-3	4	4	4-5
Желтый светопрочный 3	5	4-5	4-5	4	3	2	2	5	2	4-5	5	4-5
Желтый светопрочный	4-5	4-5	4-5	4-5	3	4	4	4-5	4	5	5	5
Оранжевый Ж	5	5	3-4	4-5	2	3	2	5	2	5	5	5
Оранжевый прочный	5	5	4-5	5	5	5	4-5	5	5	5	5	5
Ярко-оранжевый антрахионовый К	4-5	4-5	4-5	4-5	3	2	2	4	2	4	4	4
Алый Ж	4-5	4-5	3-4	3	1-2	3	2-3	5	2-3	4-5	4-5	4-5
Алый	5	5	3-4	3	2	2	1	5	2	5	5	5
Алый 2С	5	4	4	3	1-2	1	1	1	1	3	3	3
Красный Ж	5	4	4	2	2	1	1	2	1	2	2	2
Красный С	5	5	1	3	2-3	2-3	2	2	1-2	4	4	4
Ярко-красный 4Ж	5	4	4	3	2	4	4	5	4	5	5	5
Розовый Ж	5	4-5	4-5	4	2-3	4	4	3-2	4	5	5	5
Бордо	5	5	3-4	2	2	1	1	5	1	5	5	5
Голубой фталоцианиновый	4-5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Голубой фталоцианиновый 23У	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Зеленый	5	4	5	3-4	3	5	4	5	5	5	5	5
Зеленый фталоцианиновый	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Глубоко-черный	4-5	2	4-5	2	3-4	4-5	4-5	5	5	5	5	5

СОСТАВ СМЫВОК НА ОСНОВЕ  
ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ

Основными компонентами смывок на основе органических растворителей являются активные растворители и соразтворители. Кроме того, в состав смывок входят: замедлители испарения, загустители, тиксотропные добавки, разрыхлители, ингибиторы коррозии, поверхностно-активные вещества. Ниже показано, в какие марки смывок входят те или иные компоненты:

*Органические растворители*

Метиленхлорид	СП-6, СП-7, СПС-1, СПС-2, СПС-IV, СЭУ-1, СЭУ-2, СНБ-9, АС-1, Автосмывка, БЭМ-2, СИФХ-3, Контрокс
Трихлорэтилен	СЭУ-1, СЭУ-2
Кубовые остатки дихлорэтана	СПС-IV
Бензиловый спирт	СЭП-411
Этиловый спирт	СД (СП), СП-7, СПС-1, СПС-2, АС-1, СМ-1
Бутиловый спирт	БЭМ-2
Бензол	СД (СП)
Толуол	АФТ-1; СНБ-9
Ксилол	СП-6, Автосмывка
Ацетон	СД (СП), АФТ-1
Метилэтилкетон	СПС-2
Этилцеллозольв	СЭП-411, СА-1
Диоксолан-1,3	СД (СП), АФТ-1, СП-6, СЭУ-2
Производные диоксана	ОКА-Ф

*Замедлители испарения*

Парафин	АФТ-1, СП-6, СП-7, СПС-1, СПС-2, СПС-IV, СНБ-9, БЭМ-2, СМ-1, СИФХ-3, Контрокс, Автосмывка
Смесь диэтиленгликоля с жирными кислотами льняного масла	СП-7

*Загустители*

Метилцеллюлоза	СП-7, СМ-1
Этилцеллюлоза	СНБ-9, БЭМ-2
Коллоксилин	АФТ-1
Смола ПСХ-ЛС	СП-6, Автосмывка
Поливинилхлорид	СИФХ-3
Смола СВАП-3	БЭМ-2
Капролактан	БЭМ-2
Тиксотропная паста	СПС-1, СПС-2, СПС-IV

*Разрыхлители*

Муравьиная кислота	Автосмывка, СИФХ-3, Контрокс
Уксусная кислота	СП-6, АС-1, Автосмывка
Хлоруксусная кислота	Контрокс
Фосфорная кислота	СИФХ-3
Аммиак	СП-7, СА-7

*Ингибиторы коррозии*

Унист	АС-1
Моноэтаноламин	СНБ-9
Триэтаноламин	СЭП-411
Уротропин, гидрохинон	СИФХ-3, АС-1

*Поверхностно-активные вещества*

ОП-7	СП-7, СПС-1, СПС-2, АС-1
ОП-10	СПС-1

## АКТИВНЫЕ РАСТВОРИТЕЛИ

Процесс разрушения лакокрасочных покрытий под воздействием органических растворителей можно рассматривать следующим образом. Молекулы растворителя в результате диффузии проникают в покрытие и происходит набухание полимерного связующего. Набухание может быть ограниченным или неограниченным, т. е. переходящим в растворение. Это зависит от термического сродства растворителя к полимеру и структуры и строения полимера, т. е. наличия поперечных сшивок, разветвленности, кристалличности. Наличие поперечных сшивок или кристалличности является причиной ограниченного набухания полимера даже в термодинамически хорошем растворителе.

Растворитель, достигнув поверхности металлической подложки, на которой находится лакокрасочное покрытие, замещает адсорбированные молекулы полимера, в результате чего происходит разрушение адгезионной связи и отслаивание покрытия. Для лакокрасочных покрытий на основе термопластичных полимеров этот процесс завершается растворением. Покрытия на основе термореактивных полимеров набухают и отслаиваются от подложки [30, с. 140].

Диффузионные процессы, протекающие при воздействии растворителей на лакокрасочные покрытия, подчиняются законам Фика [31, с. 6]. В случае постоянного градиента концентрации растворителя в пленке и стационарности потока процесс диффузии описывается 1-м законом Фика:

$$Q = -D \frac{dC}{dx} S \tau,$$

где  $Q$  — количество продиффундировавшего растворителя за время  $\tau$  через поперечное сечение  $S$  пленки;  $D$  — коэффициент диффузии;  $\frac{dC}{dx}$  — градиент концентрации;  $C$  — концентрация растворителя в пленке;  $x$  — толщина пленки.

Обычно при проникновении растворителя в пленку градиент концентрации изменяется во времени, поэтому процесс диффузии подчиняется 2-му закону Фика:

$$\frac{dC}{dx} = -D \frac{d^2C}{dx^2}.$$

Коэффициенты диффузии растворителей можно рассчитать, используя данные по адсорбции растворителей и по изменению

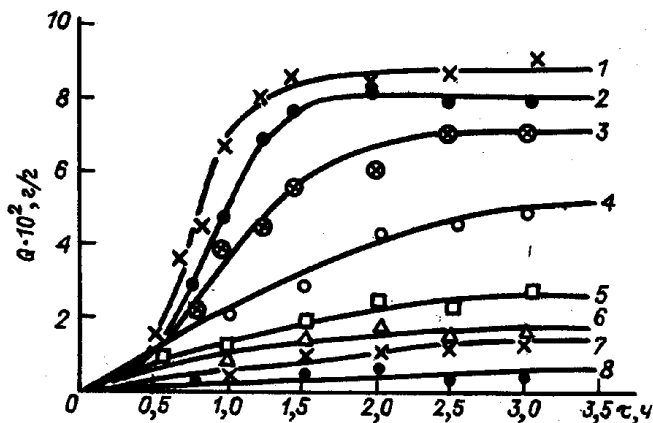


Рис. 8. Сорбционные кривые растворителей в пленку на основе смолы ЭД-20: 1 — метиленхлорид; 2 — тетрахлорметан (четырёххлористый углерод); 3 — 1,3-дихлорэтан; 4 — ацетон; 5 — метилэтилкетон; 6 — этилацетат; 7 — этиловый спирт; 8 — бутиловый спирт

адгезионной прочности покрытий при воздействии растворителей [32, с. 5]. Так, на основании данных по набуханию эпоксидных пленок (рис. 8) рассчитаны коэффициенты диффузии растворителей  $D_s$  по формуле:

$$Q_s/\sqrt{Q_\infty} = 4\sqrt{D_s\tau}/\delta\sqrt{\pi},$$

где  $Q_s$ ,  $Q_\infty$  — количество растворителя в пленке толщиной  $\delta$  в момент времени  $\tau$  и в состоянии равновесия.

На основании результатов измерения адгезионной прочности эпоксидных пленок до и после воздействия на них растворителей (рис. 9) [33] были рассчитаны эффективные коэффициенты диффузии  $D_{эфф}$  по формуле:

$$A_s/A_\infty = \sqrt{D_{эфф}\tau}/\delta,$$

где  $A_s$  и  $A_\infty$  — адгезионная прочность в момент времени и в состоянии равновесия.

Ниже приведены значения коэффициентов диффузии растворителей  $D_s$  и  $D_{эфф}$  в эпоксидные пленки:

	$D_s, \text{ м}^2/\text{с}$	$D_{эфф}, \text{ м}^2/\text{с}$
Метиленхлорид	$4,86 \cdot 10^{-12}$	$8,91 \cdot 10^{-12}$
1,2-Дихлорэтан	$1,25 \cdot 10^{-12}$	$0,9 \cdot 10^{-12}$
Хлороформ	$0,7 \cdot 10^{-12}$	$0,97 \cdot 10^{-12}$
Трихлорэтилен	$0,5 \cdot 10^{-12}$	$0,9 \cdot 10^{-12}$
Тetraхлорметан	$1,1 \cdot 10^{-12}$	$2,88 \cdot 10^{-12}$
Тetraхлорэтилен	$0,08 \cdot 10^{-12}$	$0,19 \cdot 10^{-12}$
Ацетон	$1,47 \cdot 10^{-14}$	$2,65 \cdot 10^{-14}$
Метилэтилкетон	$1,86 \cdot 10^{-14}$	$12 \cdot 10^{-14}$
Этилацетат	$2,35 \cdot 10^{-14}$	$1,05 \cdot 10^{-14}$
Бутилацетат	$0,52 \cdot 10^{-14}$	$0,08 \cdot 10^{-14}$
Метиловый спирт	$0,88 \cdot 10^{-12}$	$0,4 \cdot 10^{-12}$
Этиловый спирт	$0,85 \cdot 10^{-14}$	$6,27 \cdot 10^{-14}$
Бутиловый спирт	$0,4 \cdot 10^{-14}$	$0,2 \cdot 10^{-14}$

Из рис. 8 видно, что при диффузии спиртов, кетонов, сложных эфиров форма сорбционных кривых имеет Г-образный характер, т. е. подчиняется 2-му закону Фика. В случае диффузии хлорированных углеводородов кинетические кривые имеют S-образный характер, что свидетельствует об отклонении от 2-го закона Фика. Это связано с изменением подвижности структурных элементов полимера в результате взаимодействия его с молекулами растворителя.

При воздействии активных растворителей на покрытия на основе термореактивных полимеров высокой степени сшивания, к которым относятся, например, эпоксидные пленки, полученные в результате отверждения с помощью полиэтиленполиамин при 200 °С в течение 2 ч, происходит неравномерное распределение растворителя в пленке. Это приводит к возникновению высоких внутренних напряжений в пленке и к ее растрескиванию (рис. 10). В случае паров высокоактивного метилхлорида внутренние напряжения резко возрастают, достигают максимума и падают вследствие образования трещин в пленке. При действии этилового спирта и ацетона происходит монотонное снижение внутренних напряжений, так как эти растворители оказывают пластифицирующее действие на покрытие.

Диффузия в твердых телах определяется наличием разрывов непрерывности в молекулярной упаковке, т. е. «дырок», по Френкелю, образующихся в результате теплового движения. Совокупность «дырок» представляет собой свободный для диффузии объем. В полимерах основными подвижными элементами являются сегменты, поэтому скорость диффузии растворителя зависит от их подвижности [28]. Подвижность сегментов в гибкоцепных поли-

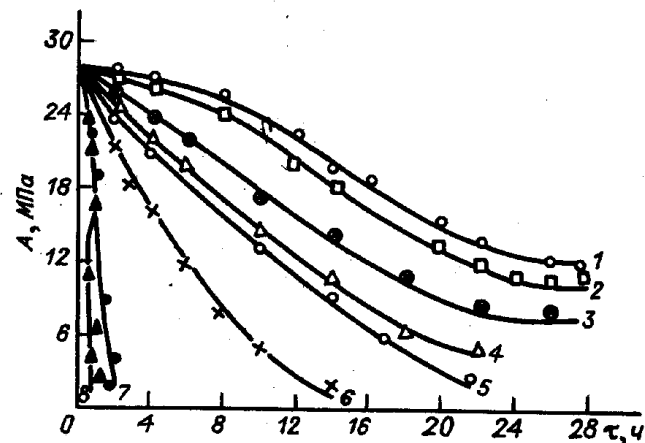


Рис. 9. Изменение адгезионной прочности  $A$  эпоксидных пленок от времени выдержки в растворителях:

1 — ацетон; 2 — тетрахлорэтилен; 3 — тетрахлорметан; 4 — трихлорэтилен; 5 — хлороформ; 6 — 1,2-дихлорэтан; 7 — метиленхлорид; 8 — смесь метилхлорида и этилового спирта в массовом соотношении 90:10

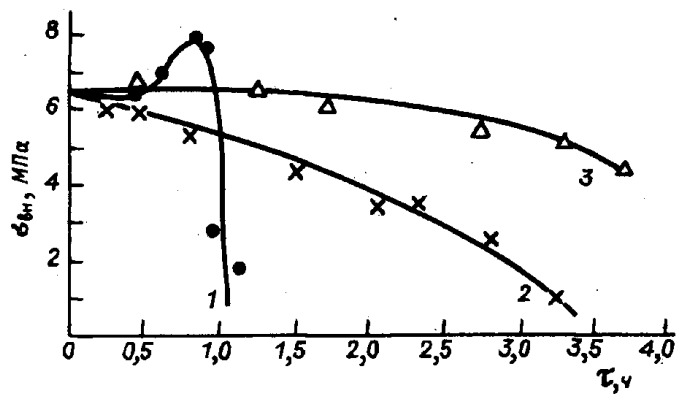


Рис. 10. Зависимость внутренних напряжений  $\sigma_{вн}$  в эпоксидной пленке от времени выдержки в парах растворителей:  
1 — метилхлорид; 2 — ацетон; 3 — этиловый спирт

мерах гораздо выше, чем в стеклообразных полимерах с плотной упаковкой макромолекул.

Введение пластификаторов увеличивает подвижность макромолекул и их сегментов и тем самым облегчает диффузию растворителей. Таким образом, пленки пластифицированных полимеров более подвержены действию растворителей по сравнению с пленками непластифицированных полимеров. При этом разные пластификаторы неодинаково влияют на процессы диффузии растворителей в пленки. Содержание пластификатора также сказывается на диффузии растворителей. Большое количество пластификатора приводит к разрыхлению пленки, что способствует диффузии растворителей.

Термодинамическое взаимодействие в системе полимер-растворитель можно приближенно оценить по изменению энтальпии системы, применяя концепцию параметров растворимости [30, с. 8—14]. Ниже приведены значения молярных объемов  $V_{мол}$  и общих параметров растворимости  $\delta$  для ряда наиболее распространенных органических растворителей:

	$V_{мол} \cdot 10^6$ , м <sup>3</sup> /моль	$\delta$ , (МДж/м <sup>3</sup> ) <sup>1/2</sup>		$V_{мол} \cdot 10^6$ , м <sup>3</sup> /моль	$\delta$ , (МДж/м <sup>3</sup> ) <sup>1/2</sup>
Метилхлорид	63,69	20,26	Этилацетат	98,5	18,56
Хлороформ	80,7	18,79	Бутилацетат	132,5	17,30
1,2-Дихлорэтан	79,4	19,91	Этилцеллозольв	97,0	24,07
Трихлорэтилен	90,2	18,93	Бутилцеллозольв	131,6	20,89
Тетрахлорэтилен	101,1	19,09	Метиловый спирт	40,7	29,13
Хлорбензол	102,1	19,52	Этиловый спирт	58,5	26,36
О-Дихлорбензол	112,8	20,36	Бутиловый спирт	98,8	23,05
Этиленхлорид	73,01	19,91	Тetraгидрофуран	74,0	18,5
Толуол	106,4	18,18	Диметилформамид	77,0	24,77
О-Ксилол	121,2	18,36	Гексан	131,6	14,77
Крезол	104,7	22,66	Ацетофенон	117,1	19,75
Ацетон	73,99	19,93	Диэтиленгликоль	95,3	29,78

	$V_{мол} \cdot 10^6$ , м <sup>3</sup> /моль	$\delta$ , (МДж/м <sup>3</sup> ) <sup>1/2</sup>		$V_{мол} \cdot 10^6$ , м <sup>3</sup> /моль	$\delta$ , (МДж/м <sup>3</sup> ) <sup>1/2</sup>
Метилэтилкетон	90,16	18,91	Пропиленгликоль	73,6	30,19
Метилизобутилкетон	125,8	17,48	Пиридин	80,4	21,64
1,4-Диоксан	85,7	20,4	Анилин	91,1	22,52
Циклогексанон	104,0	20,16	Циклогексиламин	115,2	18,46

О действии растворителей на лакокрасочные покрытия на полимерной основе можно судить по данным табл. 4. Неактивные растворители используют в качестве соразтворителей в смеси с активными растворителями, относительно активные растворители в разных случаях могут служить как в качестве активных растворителей, так и в качестве соразтворителей.

Таблица 4. Действие растворителей на лакокрасочные покрытия на основе различных полимерных пленкообразователей при температуре 20 °С

а — активный растворитель; о — относительно активный растворитель; с — неактивный растворитель (соразтворитель)

Растворитель	Эпоксидные смолы	Полиэфирные смолы	Фенолоформальдегидные смолы	Виниловые полимеры	Поливинилбутиральные	Нитрат целлолозы	Алкидные смолы	Битумы	Полиэтилен	Полипропилен
Метилхлорид	а	а	а	а	а	а	а	а	о	с
Трихлорэтилен	о	а	о	а	а	а	а	а	о	о
Дихлорэтан	а	а	о	а	а	а	а	а	о	а
Ксилол	о	о	с	а	о	а	а	а	о	о
Толуол	с	а	с	а	о	а	а	а	о	о
Ацетон	о	о	о	а	а	а	а	а	о	с
Метилэтилкетон	о	о	о	а	а	а	а	а	а	с
Диоксан	а	с	с	а	—	а	—	а	с	с
Циклогексанон	о	а	о	а	о	а	а	а	о	с
Этилацетат	о	с	о	о	с	а	о	а	о	о
Бутилацетат	о	с	с	а	с	а	о	а	о	о
Амилацетат	с	с	с	а	с	а	о	а	о	о
Метиловый спирт	с	с	с	с	а	а	с	с	с	с
Этиловый спирт	с	с	с	с	а	а	с	с	с	с
Бензин	с	о	с	о	с	с	о	а	о	о
Уайт-спирит	с	с	с	с	с	о	о	а	с	с
Тetraгидрофуран	о	о	о	а	а	а	а	а	о	о
Диметилформамид	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а

### Соразтворители

Эффективность активных растворителей, в большинстве случаев хлорированных углеводов, можно существенно повысить (до 10%) путем добавления к ним других растворителей, так называемых соразтворителей. Обычно соразтворителями являются жидкости с малым молярным объемом, такие, как метиловый спирт, этиловый спирт, метилформиат. Хорошим соразтворителем

является малотоксичный метилаль [диметоксиметан  $\text{CH}_2(\text{OCH}_3)_2$ ], который вводят в смывки взамен метилового спирта. Метилаль представляет собой легкокипящую жидкость с температурой кипения  $42,3^\circ\text{C}$  и плотностью  $0,864 \text{ г/см}^3$ .

В литературе действие соразтворителей в смывках не нашло достаточно полного объяснения. Исследовать этот вопрос, вероятно, следует с позиций теории растворения полимеров. Известно, что процесс растворения лучше протекает в смеси растворителей, один из которых имеет большое сродство к полимеру [30, с. 118]. Так, например, давно замечено, что смесь метилхлорида с этиловым спиртом более эффективна, чем один метилхлорид, и это легко объясняется, так как этиловый спирт является разбавителем по отношению к большинству полимерных материалов. Это подтверждают и данные по изменению адгезионной прочности эпоксидных пленок при выдержке их в растворителях [33]. Из рис. 9 видно, что адгезионная прочность покрытия наиболее быстро снижается в смеси метилхлорида с этиловым спиртом.

### ПРИНЦИПЫ РАСЧЕТА СМЕСЕЙ РАСТВОРИТЕЛЕЙ ДЛЯ СМЫВОК

Анализ литературных данных показывает [34], что в состав большинства отечественных и зарубежных смывок в качестве активного растворителя входит метилхлорид. Представляет интерес использование в смывках и других растворителей. Подбор растворителей для смывок можно проводить по параметрам растворимости в соответствии с формулой [30, с. 15]:

$$\delta_{\text{см}} = \frac{x_1 V_1^{\text{мол}} \delta_1 + x_2 V_2^{\text{мол}} \delta_2 + \dots + x_i V_i^{\text{мол}} \delta_i}{x_1 V_1^{\text{мол}} + x_2 V_2^{\text{мол}} + \dots + x_i V_i^{\text{мол}}}$$

где  $\delta_{\text{см}}$  — параметр растворимости смеси растворителей;  $\delta_i$  — параметры растворимости компонентов смеси;  $x_i$  — молярные доли, компонентов смеси;  $V_i^{\text{мол}}$  — молярные объемы компонентов смеси.

При расчете необходимо соблюдать, чтобы параметр растворимости смеси был близок к параметру растворимости метилхлорида:  $\delta_{\text{см}} \approx \delta_{\text{CH}_2\text{Cl}_2}$ .

Состав двухкомпонентной смеси растворителей можно определить по следующей формуле, учитывая, что  $x_1 + x_2 = 1$  [34, с. 9]:

$$x_1 = \frac{V_2^{\text{мол}}(\delta_2 - \delta_1) / (\delta_{\text{CH}_2\text{Cl}_2} - \delta_1)}{V_1^{\text{мол}} + V_2(\delta_2 - \delta_{\text{CH}_2\text{Cl}_2}) / (\delta_{\text{CH}_2\text{Cl}_2} - \delta_1)}$$

Из этой формулы следует, что  $x_1 > 0$  в случае, если  $\delta_2 > \delta_{\text{CH}_2\text{Cl}_2} > \delta_1$ , т. е. можно смешивать только те растворители, параметры растворимости которых удовлетворяют этому условию. Из 112 общераспространенных растворителей такому условию удовлетворяют 27. Расчет можно проводить по параметру растворимости общему  $\delta$  или по трем параметрам растворимости, характеризующим три типа взаимодействия — дисперсионного  $\delta_d$ , полярного  $\delta_p$  и за счет водородных связей  $\delta_h$ , имеющих место в системах при растворении.

В первом случае выбранные растворители разбивают на 2 группы. К первой относят те растворители, у которых  $\delta > \delta_{\text{CH}_2\text{Cl}_2}$ , ко второй — растворители, у которых  $\delta < \delta_{\text{CH}_2\text{Cl}_2}$ . Молярную долю 1-го компонента рассчитывают по приведенной выше формуле для  $x_1$ , а молярную долю 2-го компонента — по разности:  $x_2 = 1 - x_1$ . Массовое содержание 2-го компонента двухкомпонентной смеси растворителей  $m_2$  (в г) при  $m_1 = 100$  определяют по формуле:

$$m_2 = \frac{x_2 V_2^{\text{мол}}}{x_1 V_1^{\text{мол}}} m_1.$$

Аналогично проводят расчет смесей растворителей по трем параметрам растворимости. В этом случае составляют три уравнения для расчета  $x_1$  и из полученных значений находят среднее значение. При составлении комбинаций смесей растворителей не удается получить параметры растворимости смесей, абсолютно равные соответствующим параметрам растворимости метилхлорида. В этом случае погрешности расчетных значений не должны превышать 0,5. Расчеты осуществляют на ЭВМ. Результаты расчетов двухкомпонентных смесей растворителей по трем параметрам растворимости приведены в табл. 5.

Таким же образом по параметрам растворимости можно рассчитать содержание в смывке растворителя и кислоты-разрыхлителя (см. табл. 5).

Таблица 5. Значения параметров растворимости и составов двухкомпонентных смесей растворителей

Смесь растворителей		Параметры растворимости, (МДж/м <sup>3</sup> ) <sup>1/2</sup>			Количество 2-го компонента на 100 г 1-го компонента $m_2$ , г
1-й компонент	2-й компонент	$\delta_d$	$\delta_p$	$\delta_h$	
Метилхлорид	—	18,18	6,32	7,75	—
Анилин	Циклогексан	18,3059	7,1640	6,9749	130,29
Пиридин	Бутилацетат	17,5615	6,7018	6,0816	60,89
2-Этилбутан	Дихлорбензол	18,3950	5,9495	5,1369	698,42
Крезол	Дихлорбензол	18,6770	5,8950	6,7850	217,45
Тетрагидрофуран	Хлорбензол	17,2740	5,3785	6,5743	18,80
Этиленхлорид	Диэтиленгликоль	18,3570	6,7165	6,5364	14,55
Этиленхлорид	Ацетон	17,5610	7,1667	5,1231	33,31
Хлорбензол	Монозетаноламин	18,4400	17,1902	7,007	39,56
Хлорбензол	Этиловый спирт	18,6	6,66	5,5	9,74
Дихлорэтан	Пропиленгликоль	18,7	6,83	6,66	15,90
Дихлорбензол	Этиленгликоль	18,73	7,04	6,71	15,35
Этиленхлорид	Дипропиленгликоль	18,36	7,38	6,07	130,28
Пиридин	Циклогексилламин	18,22	6,51	6,16	57,46
Этиленхлорид	Уксусная кислота	17,6830	5,9452	6,3489	24,73
Этиленхлорид	Муравьиная кислота	8,8688	3,082	2,9183	15,91
Хлорбензол	Уксусная кислота	17,338	5,5415	5,9521	49,68
Хлорбензол	Диэтиленгликоль	18,27	6,54	6,19	29,54
Тетралин	Дипропиленгликоль	18,29	6,42	6,6	32,99

За рубежом расчет состава смесей растворителей проводят с помощью компьютерной программы Cass фирмы Doy Chemical Corp. (США) [35].

Об эффективности действия смесей растворителей, составленных расчетными методами, свидетельствуют данные табл. 6. Наиболее активной смесью растворителей, способной удалять покрытия на основе терморезистивных сшитых связующих, является смесь этилового спирта с дихлорэтаном. Из наименее токсичных смесей представляют интерес смеси этилового спирта с метилэтилкетонам и бутилацетатом.

Таблица 6. Эффективность действия на лакокрасочные покрытия смесей растворителей, полученных расчетными методами

Смесь растворителей		Массовая доля в смеси, %		Действие на лакокрасочные покрытия
1-й компонент	2-й компонент	1-го компонента	2-го компонента	
Метиленхлорид		100		Разрушает виниловые, алкидные, эпоксидные покрытия
Этиловый спирт	Хлороформ	51,4	48,6	Состав неэффективен
Этиловый спирт	Гексан	90,1	9,9	Слабо действует на виниловые покрытия
Этиловый спирт	Ацетон	5,0	95,0	Разрушает виниловые покрытия
Этиловый спирт	Метилэтилкетон	17,9	82,1	Разрушает виниловые, алкидные покрытия
Этиловый спирт	Бутилацетат	30,6	69,4	То же
Этиловый спирт	Дихлорэтан	3,3	96,7	Разрушает виниловые, алкидные, эпоксидные покрытия
Хлорбензол	Диэтиленгликоль	77,3	22,7	Разрушает виниловые, алкидные покрытия
Пропионовая кислота	Хладон 113	69,3	20,7	Разрушает виниловые, алкидные покрытия
Пропионовая кислота	Метилэтилкетон	64,7	35,3	Разрушает виниловые, алкидные, эпоксидные покрытия
Хлорбензол	Уксусная кислота	66,8	33,2	То же

В качестве активных растворителей представляют интерес лактамы: N-метилпирролидон, N-метилпиперидон, N-метилкапролактан [36]. Так, N-метилпирролидон, проявляя примерно такую же эффективность, как диметилформамид, является менее токсичным и пожароопасным растворителем.

#### ЗАМЕДЛИТЕЛИ ИСПАРЕНИЯ

Для замедления испарения активных растворителей в состав смывок вводят специальные добавки. Обычно это воскообразные вещества, обладающие всплывающими свойствами. Такие веществ-

ва после набухания и растворения в активных растворителях способны длительное время удерживать последние.

Воски разделяются на две большие группы: природные и синтетические [37].

К природным воскам относятся: 1) воски растительного происхождения — карнаубский (из пальмовых листьев), канделильский (травянистый), плодовый (японский воск); 2) воски животного происхождения — пчелиный, китайский и др.; 3) минеральные воски — озокерит и получаемый из него церезин, продукты переработки нефти (парафин и церезин).

К синтетическим воскам относятся: синтетические парафины и церезины, низкомолекулярные полиэтиленовые воски; полипропиленовый воск [38], сложные эфиры многоатомных спиртов; хлор-, фтор-, amino- и другие производные парафинов.

Хорошей способностью замедлять испарение растворителей обладают озокерит в смеси с парафином [39], стеараты маннита и сорбита, а также наполнители чешуйчатой формы [39].

В качестве жидких замедлителей испарения используют жирные кислоты льняного масла, их смеси с диэтиленгликолем, пропиленгликоль, стеариновую кислоту. Достоинством невосковых замедлителей испарения является то, что они не загрязняют очищаемую поверхность и после применения содержащих их смывок не требуется тщательного обезжиривания.

Пригодность восков для использования в смывках оценивают по их растворимости в активных растворителях [30, с. 142]. Ниже указана растворимость восков в метиленхлориде и хлороформе, определенная методом экстракции, %:

	Метиленхлорид	Хлороформ
Парафин	99,0	99,5
Пчелиный воск	98,0	99,5
Полиэтиленовый воск ОС-20	55,5	—
Церезин	31,4	—
Полиэтиленовый воск с вязкостью		
0,2 Па·с	8,2	29,9
0,6 Па·с	9,4	26,4
0,7—0,9 Па·с	3,6	4,8

Плохо растворимые воски — церезин и полиэтиленовые воски непригодны для использования в смывках.

Обычно в состав смывок вводят парафин в количестве 0,5—3,0% от массы смывок. В таких же количествах рекомендуется вводить и другие замедлители испарения.

На рис. 11 показано влияние воскообразных и жидких замедлителей испарения на летучесть модельной смывки следующего состава, %:

Метиленхлорид	88,3
Этиловый спирт	9,9
Уксусная кислота	1,8

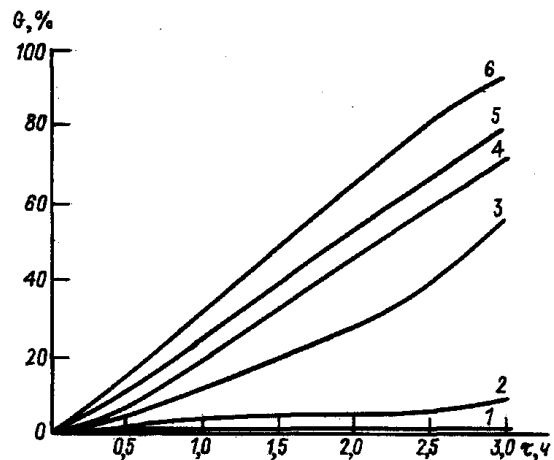


Рис. 11. Летучесть  $G$  модельной смывки с различными замедлителями испарения: 1 — парафин (1 %); 2 — вода (10 %); 3 — стеариновая кислота (3 %); 4 — пропиленгликоль (3 %); 5 — глицерин (1 %); 6 — без замедлителя испарения

Наиболее существенно снижает скорость испарения смывки введение 1% парафина. С увеличением содержания парафина в смывке его способность замедлять летучесть смывки снижается. Это можно объяснить тем, что с ростом содержания парафина в смывке происходит образование дисперсной фазы, из которой активный растворитель легко испаряется.

Вода в больших концентрациях замедляет испарение смывки вследствие несовместимости с хлорированными углеводородами, в частности, с метиленхлоридом. При этом наблюдается расслоение смывки: нижний слой — тяжелые углеводороды (плотность метиленхлорида  $1,33 \text{ г/см}^3$ ), верхний слой — вода. Этот принцип замедления испарения широко используется при применении жидких смывок в ваннах окунания, например, для увеличения жизнеспособности смывки АС-1 [32, с. 13].

Другим технологическим приемом замедления испарения смывок, применяемым при удалении покрытий в судоремонте, является использование пленок, которые обладают низкой газопроницаемостью [заявка 58—132059 Япония].

Недостаток воскообразных замедлителей испарения — загрязнение ими металлических поверхностей, очищаемых от старых лакокрасочных покрытий, которое отрицательно сказывается на адгезии новых лакокрасочных покрытий. Обезжиривание металлических поверхностей проводят с помощью органических растворителей. Для изучения способности различных растворителей обезжиривать металлическую поверхность, загрязненную парафином, на поверхность стали-3 наносили 5%-й раствор парафина в смеси метиленхлорида с этиловым спиртом, после высыхания обезжиривали поверхность различными растворителями, а затем нано-

сили грунтовку ВЛ-023 и определяли адгезию по ГОСТ 15140—78. Значения адгезии  $A$  грунта ВЛ-023 к стальной поверхности, покрытой парафином и обезжиренной, приведены ниже (адгезия к исходной поверхности составляла  $3_1$  балл; к поверхности, не покрытой парафином, но обработанной уайт-спиритом —  $1_1$  балл):

	$A$ , балл		$A$ , балл
Уайт-спирит	$1_1$	Бутиловый спирт	$2_1$
Толуол	$1_1$	Ацетон	$2_1$
Бутилацетат	$1_1$	Хладон 113	$2_1$
Этиловый спирт	$2_1$		

Из приведенных данных видно, что наиболее полно обезжиривают поверхности от парафина уайт-спирит, толуол и бутилацетат. Учитывая наименьшую токсичность уайт-спирита, его и рекомендуют к использованию для обезжиривания поверхностей.

### Загустители

Введение загустителей необходимо для повышения вязкости смывок и придания им способности удерживаться на вертикальных и потолочных поверхностях. К тому же загустители способны замедлять испарение активных растворителей.

В качестве загустителей применяют: эфиры целлюлозы (метилцеллюлозу, этилцеллюлозу, оксиэтилцеллюлозу, карбоксиэтилцеллюлозу, нитрат целлюлозы, ацетилцеллюлозу, эпоксиэтилцеллюлозу [39]), синтетические полимеры (поливинилхлорид [заявка 59—117567 Япония], перхлорвиниловую смолу [34], сополимер винилацетата с винилпирролидоном [40], пенополистирол [пат. 242619 ГДР], каучуки), казеин, соевую и древесную муку, терпеновые смолы, тонкодисперсные порошки диатамита, перлита, глины, талька, мела, асбеста. Загустителями служат также тиксотропные добавки: бентонит, тиксотрол, азросил. Производные целлюлозы являются хорошими адгезивами, однако их высокая горючесть во многом снижает интерес к ним как к загустителям.

Способность полимерных загустителей замедлять испарение растворителей показана на примере смывки СИФХ-3 в состав которой входит поливинилхлорид (рис. 12) [4, с. 12]. Как видно из рис. 12, с увеличением содержания поливинилхлорида летучесть смывки снижается. Это объясняется набуханием поливинилхлорида в активных растворителях и

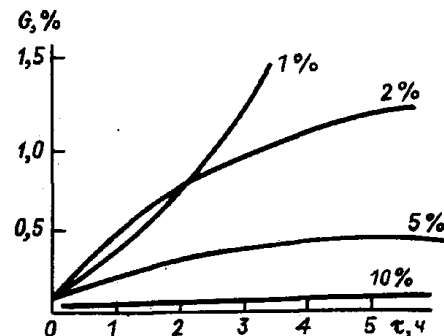


Рис. 12. Летучесть  $G$  смывки СИФХ-3 с различным содержанием поливинилхлорида

удерживанием этих растворителей набухшей массой полимера. Таков же механизм действия и других полимерных загустителей.

### ТИКСОТРОПНЫЕ ДОБАВКИ

Для придания смывкам определенных реологических свойств, связанных с созданием коагуляционных структур, препятствующих стеканию с вертикальных поверхностей, применяются специальные добавки. Благодаря введению таких добавок течение становится отличным от течения ньютоновских жидкостей, для которых характерна прямо пропорциональная зависимость между напряжением сдвига  $\sigma$  и градиентом скорости течения  $\dot{\gamma}$ :

$$\sigma = \eta \dot{\gamma},$$

где  $\eta$  — вязкость жидкости.

Для тиксотропных составов характерно то, что они начинают течь при приложении нагрузки, т. е. определенного напряжения сдвига. После снятия нагрузки жидкость снова загустевает. Явление тиксотропии связано с образованием коагуляционных структур за счет ван-дер-ваальсовых сил взаимодействия и характеризуется предельным напряжением сдвига и пластической вязкостью.

В качестве тиксотропных добавок в смывки вводят тиксотрол ST, бентониты, аэросил.

Тиксотрол ST представляет собой гидрогенизированное касторовое масло, модифицированное полиамидной смолой. Бентониты — это природный минерал монтмориллонит, модифицированный различными органическими добавками. Известны бентониты фирмы Ivelgel (ВНР), большой выбор бентонитов разной активности предлагает фирма RHEOX (ФРГ). Активность бентонитов зависит от полярности сред, в которые их вводят. Ниже приведены марки бентонитов, предназначенных для сред разной полярности:

	Полярность среды
Бентон 34	От низкой до средней
Бентон 27	От средней до высокой
Бентон 38	От неполярной до средней
Бентон SD-1	От неполярных до слабополярных сред, содержащих преимущественно алифатические углеводороды
Бентон SD-2	От высокой до средней

В смывках рекомендуется применять бентон 34 и бентон 27.

Аэросил — синтетический диоксид кремния, содержащий 99,8% SiO<sub>2</sub>. Коллоидные частицы аэросила обладают большой поверхностной энергией, благодаря чему они легко образуют обратимые сетчатые коагуляционные структуры и при введении в количестве 0,5—1,5% способны придавать тиксотропность лакокрасочным материалам [27, с. 76].

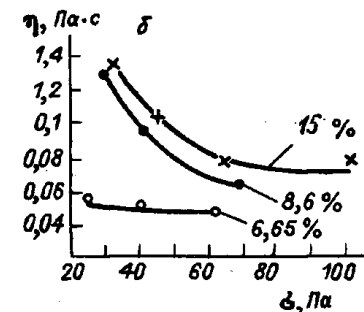
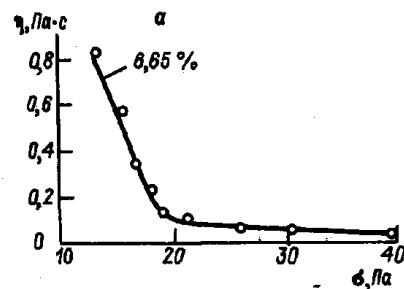


Рис. 13. Зависимость вязкости смывок, содержащих 6,65% тиксотрола ST (а) и различные количества бентонита (б), от напряжения сдвига

На рис. 13 приведена зависимость вязкости смывок, содержащих тиксотрол ST и бентонит. Реологические свойства смывок изучали с помощью ротационного вискозиметра при градиенте скорости сдвига от 0,1—1000 см<sup>-1</sup>. Если при содержании 6,65% в смывках с тиксотролом ST образуются структуры, разрушающиеся при малых напряжениях сдвига, то в смывках, содержащих такое же количество бентонита, структуры не образуются. Увеличение содержания бентонита в смывках приводит к образованию структур, разрушающихся, однако, при высоких напряжениях сдвига, вследствие чего смывки с бентонитом менее технологичны.

Аэросил для получения тиксотропности необходимо вводить в смывки в больших количествах — до 40%. При этом эффективность смывок резко снижается в результате уменьшения относительного содержания активных растворителей.

### РАЗРЫХЛИТЕЛИ

Для облегчения диффузии растворителей в состав смывок на их основе необходимо вводить разрыхлители — кислоты и основания. Наибольшее применение получили органические кислоты, имеющие малый молярный объем, — муравьиная, уксусная, пропионовая, молочная, кислоты с большим молярным объемом — моно-, ди- и трихлоруксусные, β-хлорпропионовая — менее пригодны для использования в смывках:

	$V_{\text{мол}} \cdot 10^6$ , м <sup>3</sup> /моль	$K_a$
Муравьиная	37,8	$1,77 \cdot 10^{-4}$
Щавелевая	47,3	$3,4 \cdot 10^{-2}$
Уксусная	57,1	$1,75 \cdot 10^{-5}$
Монохлоруксусная	59,8	$1,4 \cdot 10^{-3}$
Пропионовая	61,5	$1,34 \cdot 10^{-6}$
Молочная	72,1	$1,38 \cdot 10^{-4}$
Дихлоруксусная	82,7	$5 \cdot 10^{-2}$
β-Хлорпропионовая	84,8	$1,47 \cdot 10^{-3}$
Трихлоруксусная	100,2	$2 \cdot 10^{-1}$

	$V_{\text{мол}} \cdot 10^6$ , м <sup>3</sup> /моль	$K_a$
Фосфорная	52,4	$7,52 \cdot 10^{-3}$
Азотная	41,6	—
Азотистая	33,6	$5,1 \cdot 10^{-4}$
Серная	53,4	$1 \cdot 10^{-3}$

В качестве разрыхлителей применяются также минеральные кислоты — азотная, азотистая, фосфорная, очень редко — серная [39]. Из числа оснований обычно используется аммиак, например, в смывке СП-7.

При выборе кислот необходимо учитывать их действие на металл подложки, особенно при наличии воды в смывке или на поверхности изделий. Агрессивность смывок в данном случае зависит от константы диссоциации кислоты  $K_a$ : чем выше значение  $K_a$ , тем сильнее действие на металл смывки, содержащей эту кислоту.

Необходимо отметить, что смесь растворителей метиленхлорид—этиловый спирт, наиболее часто применяемая в смывках, оказывает коррозионное воздействие на металл. Введение уксусной кислоты в определенных концентрациях в смывки на основе смеси этих растворителей может оказывать ингибирующее действие [32, с. 9]. Однако в большинстве смывок содержание этой кислоты значительно превышает оптимальное, поэтому приходится вводить в них ингибиторы коррозии.

О разрушающем действии смывок с различными кислотами на эпоксидные лакокрасочные покрытия можно судить по данным о набухании пленок на основе смолы ЭД-20, отвержденных полиэтиленполиамином при 200 °С в течение 2 ч (рис. 14). Из рис. 14 видно, что наиболее активными разрыхлителями являются уксусная и муравьиная кислоты.

Уксусная и муравьиная кислоты оказались наилучшими разрыхлителями и в составе модельных смывок, состоящих из 87,3% метиленхлорида и 2,9% кислоты, действие которых проверяли на двух следующих системах покрытий:

#### Покрытие I

Грунтовка ВЛ-02 — 1 слой, высушенный при 60 °С в течение 5 мин.

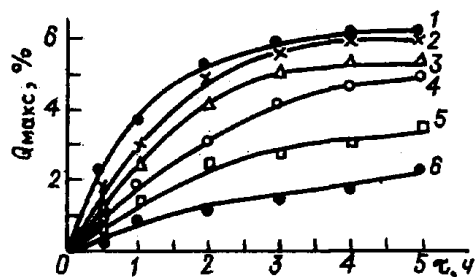
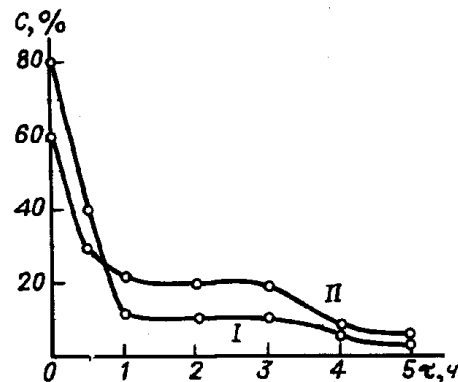


Рис. 14. Кинетика набухания эпоксидных пленок в кислотах:  
1 — уксусная кислота; 2 — муравьиная кислота; 3 — серная кислота; 4 — пропионовая кислота; 5 — щавелевая кислота; 6 — фосфорная кислота



Эмаль МЛ-1110 с лаком ФЛ-559 — 2 слоя, высушенных поочередно при 160 °С в течение 1 ч.

#### Покрытие II

Грунтовка АК-070 — 2 слоя, высушенных поочередно при 50—60 °С в течение 1 ч.

Эмаль ЭП-140 — 2 слоя, высушенных поочередно при 70—80 °С в течение 1,5 ч.

Результаты испытаний представлены в табл. 7. Эффективность действия смывок на основе метиленхлорида с различным содержанием уксусной кислоты на покрытия I и II показаны на рис. 15. Из рис. 15 следует, что оптимальное содержание уксусной кислоты в смывке не должно превышать 1%.

Таблица 7. Разрушающее действие модельной смывки с различными кислотами на лакокрасочные покрытия I и II

Кислота в смывке	Покрытие I		Покрытие II	
	Время до начала разрушения, мин	Время полного разрушения, мин	Время до начала разрушения, мин	Время полного разрушения, мин
Без кислоты	30	60	20	80
Уксусная	10	20	2	10
Муравьиная	10	20	10	20
Фосфорная	10	60	10	80
Щавелевая	40	60	40	60
Пропионовая	10	40	10	40
Серная	10	40	10	30

Данные табл. 8 показывают действие водных растворов уксусной и муравьиной кислот на лакокрасочные покрытия, на основе различных пленкообразователей. Наибольшую стойкость в этих кислотах проявляют покрытия на основе силиката натрия и биту-

Рис. 15. Зависимость времени полного разрушения покрытий от содержания уксусной кислоты в смывке

Таблица 8. Действие уксусной и муравьиной кислот на лакокрасочные покрытия на основе различных пленкообразователей [41, с. 166]

р — покрытие разрушается; нр — покрытие не разрушается; чр — покрытие частично разрушается

Наименование среды	Силикат натрия (жидкое стекло)	Перхлорвиниловая смола	Сополимеры винилхлорида	Эпоксидная смола	Хлорсульфированный полиэтилен	Полиуретаны	Битумы
Уксусная кислота:							
10%-я	нр	нр	нр	нр	нр	нр	нр
40%-я	нр	чр	чр	р	р	р	нр
60%-я	нр	чр	чр	р	р	р	нр
92%-я	нр	р	р	р	р	р	р
Муравьиная кислота:							
10%-я	нр	чр	чр	нр	нр	нр	нр
20%-я	нр	р	р	чр	чр	нр	нр
40%-я	нр	р	р	р	чр	р	нр
80%-я	нр	р	р	р	р	р	чр

мов. Из покрытий на основе полимерных пленкообразователей наиболее стойкими оказались полиуретановые покрытия.

### ИНГИБИТОРЫ КОРРОЗИИ

Необходимость применения в смывках ингибиторов коррозии обусловлена коррозионной активностью компонентов смывок — кислот, органических растворителей, щелочей.

Коррозионная активность органических растворителей объясняется наличием в них примесей — нафтеновых кислот, серосодержащих соединений, воды и т. д. Вода присутствует, например, в диметилформамиде и хлорированных углеводородах. В результате гидролиза диметилформамида образуется муравьиная кислота, в результате гидролиза метилхлорида — соляная кислота [42]. Для нейтрализации кислых примесей в метилхлориде-сырце рекомендуется на стадии ректификации вводить триэтиламин, что значительно снижает кислотность растворителя [43].

О стойкости различных металлов при действии агрессивных сред можно судить по следующим данным [24, с. 19]:

	Кислая среда	Нейтральная среда	Щелочная среда
Магний	н	м	с
Цинк	н	с	н
Кадмий	н	с	с
Алюминий	н	с	н
Олово	н	с	н
Свинец	н	с	н
Молибден	с	с	м
Вольфрам	с	с	м
Железо	н	м	с
Никель	н	с	с

Примечание. с — стойкий, н — нестойкий, м — малостойкий.

Действие ингибиторов коррозии заключается в подавлении коррозионных процессов на анодных и катодных участках поверхности [6, с. 172—176].

Анодные ингибиторы затрудняют процесс ионизации металлов за счет ионов, которые образуют на поверхности анодных участков пассивные пленки. К таким ингибиторам относятся нитраты, хроматы и дихроматы щелочных металлов и щелочи.

Катодные ингибиторы уменьшают содержание кислорода в растворе, повышают перенапряжение катодного процесса и уменьшают площадь катодов. К катодным ингибиторам восстановительного типа относится, например, сульфид натрия  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ , к ингибиторам, уменьшающим площадь электродных участков, — гидрокарбонат кальция  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  и сульфат цинка  $\text{ZnSO}_4$ , способные образовывать в результате химических процессов нерастворимые соединения — карбонат кальция  $\text{CaCO}_3$  и гидроксид цинка  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ . Ингибиторами, повышающими водородное перенапряжение, являются соли тяжелых металлов. Из органических соединений типичный катодный ингибитор коррозии — гидрохинон.

При использовании ингибиторов коррозии необходимо учитывать, в каких средах они должны работать и каким образом эти среды воздействуют на металлы. Для использования в нейтральных и щелочных средах наибольшее распространение получили нитрит натрия и соли хромовой кислоты. Они применяются самостоятельно, либо в смеси с карбонатом, фосфатом или гидрофосфатом натрия, уротропином, бензоатом алюминия и другими соединениями. Для ингибирования коррозии меди и цинка в щелочных средах применяют сульфитцеллюлозный щелок и водные вытяжки торфа, для меди используют также эфиры фталевой кислоты, например дибутилфталат, казеин, олеиновую кислоту.

В смывки на основе органических растворителей, имеющих кислый характер, вводят низкомолекулярные органические соединения различных классов — углеводороды, альдегиды, кислоты, амины и др. Чаще всего это моно- и триэтаноламин, циклогексил-амин, бензоат натрия, смесь катапина с формальдегидом и анилином [34, с. 4].

Ниже показана эффективность некоторых ингибиторов кислотной коррозии стали в 10%-й соляной кислоте при 25 °С [44, с. 309]:

	Концентрация, г/л	Эффект замедления, %	Концентрация, г/л	Эффект замедления, %
Мочевина	3	20	Фурфурол	5 84
Гидрохинон	5	31	Формальдегид	3 89
Пиридин	4	71	Желатина	10 93
Тиомочевина	4	73	Уротропин	7 94

Представляют интерес кислотные ингибиторы коррозии Унист, разработанные Уфимским нефтяным институтом на основе производных 1,3-диоксана [32, с. 10]. Их физико-химические свойства приведены в табл. 9. Ингибиторы коррозии Унист входят в состав смывки АС-1 [32].

Таблица 9. Физико-химические свойства ингибиторов коррозии Унист

Марка смывки	Производное 1,3-диоксана	Температура кипения, °С	Плотность при 20 °С, г/м³	Показатель преломления при 20 °С
Унист-11	4-Метил-4-фенил-1,3-диоксан	102	1,0872	1,5236
Унист-12	4-Фенил-1,3-диоксан	112	1,0763	1,5305
Унист-15	4-4-Диметил-1,3-диоксан	109	1,0335	1,4938
Унист-16	5-Хлорметил-5-морфолин-2-алкин-1,3-диоксан (алкил C <sub>1</sub> —C <sub>5</sub> )	103	1,0935	1,5873

На рис. 16 представлена зависимость коррозии, определяемой весовым методом по изменению массы образцов, от содержания ингибиторов в смывках, состоящих из метиленхлорида, этилового спирта и уксусной кислоты. Из рис. 16 следует, что указанные ингибиторы следует вводить в смывки в следующих количествах (по массе), %:

Унист-11	2,5	Унист-16	2,9
Унист-12	1,5	Гидрохинон	1,1—2,0
Унист-15	3,5		

Другие ингибиторы коррозии добавляют в смывки в количестве 3—3,5%.

#### ПОВЕРХНО-АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА

Для обеспечения стабильности смывок и облегчения их удаления с помощью воды вместе с остатками лакокрасочных покрытий в состав смывок вводятся поверхностно-активные вещества

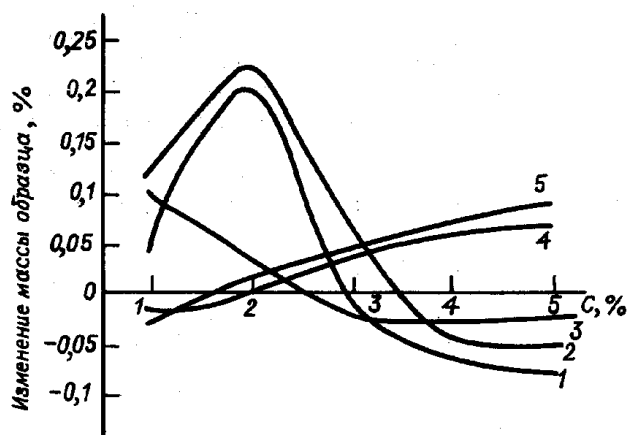


Рис. 16. Зависимость коррозии стальных образцов от содержания C ингибитора коррозии в смывке:  
1 — Унист-16; 2 — Унист-15; 3 — Унист-11; 4 — гидрохинон; 5 — Унист-12

(ПАВ). ПАВ снимают поверхностное натяжение, улучшают смачиваемость обрабатываемых поверхностей и ускоряют переход загрязнений в раствор, препятствуя вторичному загрязнению изделий, что особенно важно, когда после снятия покрытий изделия промывают водой. Поверхностное натяжение отдельных компонентов смывок и их смесей приводится ниже:

	Массовый состав смеси, %	Поверхностное натяжение при 20 °С, мН/м
Метиленхлорид	—	28,8
Метилэтилкетон	—	25,6
Метилэтилкетон + этиловый спирт	83,0+17,0	24,0
Метилэтилкетон + этиловый спирт + церезин	79,2+16,0+4,8	35,4
Метиленхлорид + церезин	95,2+4,8	51,7
Фосфорная кислота, 25%-я	—	61,0
Муравьиная кислота, 25%-я	—	51,8
Уксусная кислота, 25%-я	—	46,7
Пропионовая кислота, 25%-я	—	34,6

В смывках применяются два вида ПАВ — анионоактивные и неионогенные [5, с. 11; 45].

Из анионоактивных ПАВ чаще всего используют мыла — натриевые соли стеариновой, олеиновой и пальмитиновой кислот. Анионоактивные ПАВ наиболее активны в щелочных растворах. Широко используются в водных моющих растворах синтетические ПАВ — сульфонолы.

Неионогенные ПАВ — углеводороды с длинной цепью, хорошо растворимые в воде, — применяют как в кислых, так и в щелочных средах. В смывки обычно вводят полиоксиэтиленовые эфиры алкилфенолов — эмульгаторы ОП-7 и ОП-10. Кроме того, находят применение в смывках оксизтилированные синтетические жирные спирты — синтанолы, например синтанол ДС-10 (фракция спиртов C<sub>10</sub>—C<sub>18</sub>, модифицированная оксидом этилена).

ПАВ рекомендуется вводить в смывки в количестве 2—5% от содержания воскообразных замедлителей испарения [39].

## Глава 4

### РЕЦЕПТУРЫ, ХАРАКТЕРИСТИКА И МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ СМЫВОК

Смывки делятся на щелочные, кислотные, на основе органических растворителей и водоземulsionные. Щелочные и кислотные смывки представляют собой водные растворы, водоземulsionные смывки состоят из органических и неорганических активных компонентов (органические растворители, гидроксиды и соли щелочных металлов), диспергированных в воде.

Таблица 10. Обобщенные

Типы смывок	Токсичность	Горючесть
Щелочные	Вызывают ожоги, раздражающее действие на кожу	Негорючие
Кислотные	То же	—
На основе органических растворителей	Раздражающее действие на кожу и органы дыхания	От горючих до негорючих
Водоземulsionные	То же	Негорючие

При разработке смывок необходимо учитывать экологические и экономические факторы, а также требования к пожаробезопасности смывок. Для предварительного выбора смывок можно пользоваться табл. 10.

### ЩЕЛОЧНЫЕ СМЫВКИ

В состав щелочных смывок в качестве активных компонентов входят гидроксиды щелочных металлов Na, K, Zr, Ca, Mg. Особенно широкое применение получил гидроксид натрия (едкий натр, каустическая сода). В смывках также могут присутствовать гидроксид аммония, карбонат натрия (кальцинированная сода), карбонат калия (поташ), карбонат кальция (негашеная известь), мел [36, 46, 47; заявка 58—79353 Япония]. Содержание едких щелочей в смывках составляет 15—30%, используют их при температурах 80—110 °С. Процесс удаления лакокрасочных покрытий в ваннах окунания, например, с подвесок длится от 30 мин до нескольких часов, а иногда и суток [48]. Для повышения эффективности смывок в их состав вводят активаторы, или ускорители, — глюконовую кислоту и ее соли, производные полигликолей, тетраборат натрия, метасиликат натрия, лимонную, борную или винную кислоту, динатрийфосфат, сегнетову соль [47, 48; а. с. 767159 СССР] и другие соединения. Щелочные смывки могут содержать также 1—8% ПАВ, до 5% стабилизаторов пены, до 10% смешивающихся с водой органических растворителей, например целлозольвов, которые также играют роль ускорителей, ингибиторы коррозии, например полиамин [пат. 851628 Финляндия]. О влиянии ускорителей на эффективность смывки — 20%-го раствора гидроксида натрия можно судить по скорости удаления покрытия эмалью МЛ-12 толщиной 60—75 мкм, мин:

NaOH	20
NaOH + 0,5% глюконата натрия	5
NaOH + 0,5% глюконата натрия + 8% этиленгликоля	3

### характеристики смывок

Материалы, с которых можно удалять покрытия	Эффективность	Длительность хранения
Сталь	Эффективны при повышенных температурах (80—110 °С)	Приготавливаются на месте потребления; малый срок хранения
Нержавеющая сталь, цветные металлы	Эффективны при комнатной и повышенных температурах	То же
Любые металлы	От низкой до высокой эффективности при комнатной температуре	6 мес.
Сталь, алюминий, анодированные поверхности	От низкой до средней эффективности при температурах не выше 35 °С	6 мес.

Наиболее типичные рецепты щелочных смывок приводятся ниже.

*Рецептуры смывок для удаления масляных красок [3, с. 160], %:*

	I	II	III	IV
Гидроксид натрия	20	—	—	—
Карбонат натрия	—	7	8	14
Мел	20	13	—	20
Негашеная известь	—	—	12	16
Вода	60	80	80	50

Покрытия удаляют тампоном или капроновыми щетками.

*Рецептура смывки для удаления покрытий при 70—95 °С, г/л:*

Гидроксид натрия	100—300
Карбонат натрия	50—100
Силикат натрия	10—20

*Рецептура смывки для удаления покрытия ВЛ-725, ч. (масс):*

Гидроксид натрия	4—7
Негашеная известь	12—25
Мел	6—10
Вода	50—80

*Рецептура смывки для удаления покрытий в ваннах окунания при 90—100 °С, %:*

Гидроксид щелочного металла	16—30
Сегнетова соль	0,5—0,7
Вода	До 100

Смывка применяется на Автомобильном заводе им. А. И. Лихачева [а. с. 767159, СССР]. Покрытия толщиной 60—75 мкм удаляются за 3—5 мин.

*Рецептуры смывок, применяемых в судоремонте [49, с. 311], %:*

	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Гидроксид натрия	20	20	10	3—3,5
Глюконат натрия	0,5	—	—	—
Карбонат натрия	—	—	10	—
Каолин	—	—	15—20	5—10
Этиленгликоль	8	—	—	—
Бентонит	—	60	—	—
Асбест	—	—	—	15—20
Вода	71,5	До сметано-образной массы	65—60	77—66,5

В авторемонте получила применение щелочная смывка СА-1, содержащая в качестве ускорителя этилцеллозольв [50].

Рецептура смывки СА-1, %:

Гидроксид натрия	10—20
Этилцеллозольв	20—50
Алкилсульфат	0,05—0,5
Вода	До 100

Сообщается [пат. 61—185327 Япония] о разработке высокоэффективной щелочной смывки для удаления покрытий с подвесок, которая не содержит гидроксида натрия. Смывка отличается высоким сроком хранения.

Описана [51] смывка, состоящая из 15% гидроксида калия и 15% 2-(2-эпоксизтокси)этанола, для удаления покрытий на основе полиметакрилатов. Смывки такого типа можно отнести к водоэмульсионным.

Для удаления лакокрасочных покрытий с деревянных поверхностей предложена смывка следующего состава (пат. 2619571 Франция), %:

Гидроксид натрия 47%-й раствор	39,6
Карбоксиметилцеллюлоза	1,2
Глинозем мелкодисперсный	10,2
ПАВ	1,2
Вода	47,8

Если при обработке щелочными смывками не удастся полностью удалить покрытие, рекомендуется дополнительно применять смывки на основе органических растворителей [52].

### КИСЛОТНЫЕ СМЫВКИ

Кислотные смывки мало распространены в промышленности, хотя упоминания о них в литературе имеются [39, 47, 53; пат. 57—053574 Япония]. Для приготовления смывок используют азотную, серную, плавиковую, фосфорную кислоты, органические сульфокислоты или их смеси с серной кислотой.

В качестве смывки находит применение отработанная серная кислота (плотность при 20 °С 1710—1780 кг/м<sup>3</sup>), которая образуется при очистке жидких парафинов от ароматических углеводородов [53]. Отработанная кислота имеет следующий состав, %:

Серная кислота	79—86
Сернистый газ	1,4—3,0
Органические сульфокислоты	7,0—15
Вода	0,1—0,5

С помощью этой смывки удаляют покрытия МЛ-12, МЛ-158, ЭП-140 при 90 °С за 7—15 мин, а полиуретановый лак за 13—20 мин.

Для удаления покрытий дорожной разметки применяют смывки, содержащие 15—66% плавиковой кислоты.

Нетоксичные дешевые смывки на основе карбоновых кислот или их ангидридов, а также производных фосфорной кислоты рекомендуются для удаления покрытий на основе полисилоксанов и силикатов [пат. 57—053574 Япония].

Необходимо учитывать, что на скорость процесса удаления покрытий с металлических поверхностей с помощью кислотных смывок, оказывают влияние газы, выделяющиеся при взаимодействии кислот с металлами.

### СМЫВКИ НА ОСНОВЕ ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ

Преимущество смывок на основе органических растворителей перед щелочными и кислотными заключается в а) возможности удаления большинства лакокрасочных покрытий практически с любых подложек; б) использовании смывок главным образом при комнатной температуре. Рецептуры некоторых смывок приведены в табл. 11 [49, с. 315; 54, с. 129].

Смывки СД, АС-1, СА-1, СП-411 не содержат загустителей, являются жидкими и предназначены для снятия покрытий с мелких деталей в ваннах окунания. Смывки СА-1 и СП-411 рекомендуется использовать при температуре 60—80 °С; все остальные смывки — «холодного» действия. Смывки СПС-1 и СПС-2 тиксотропного типа, в отличие от других загущенных смывок (АФТ-1, СП-6, СП-7, СИФХ-3, СНБ-9 и др.) имеют высокий сухой остаток (табл. 12).

Таблица 11. Рецептуры смывок на основе органических растворителей

Компоненты	Содержание	Удаляемые покрытия
<i>Смывка СД (СП)</i>		
Диоксолан-1,3	50	Масляные, фенолоформальдегидные,
Бензол	30	виниловые
Этиловый спирт	10	
Ацетон	10	
<i>Смывка АФТ-1</i>		
Диоксолан-1,3	47,5	Масляные, виниловые, фенолоформальдегидные, поливинилбутиральные
Толуол	28	
Ацетон	19	
Коллоксилин	5	
Парафин	0,5	

Компоненты	Содержание	Удаляемые покрытия
<b>Смывка СП-6</b>		
Метиленхлорид	70,56	Масляные, алкидные, винилхлоридные, полиакрилатные, меламиноформальдегидные, эпоксидные
Смола ПСХ-АС	11,24	
Диоксолан-1,3	9,21	
Ксилол	5,62	
Уксусная кислота	2,25	
Парафин	1,12	
<b>Смывка СП-7</b>		
Метиленхлорид	75,8	То же
Этиловый спирт	8,4	
Аммиак, 25%-й раствор	6,2	
Метилцеллюлоза	4,0	
Диэтиленгликоль	2,5	
Эмульгатор ОП-7	1,5	
Жирные кислоты льняного масла	1,0	
Парафин	0,6	
<b>Смывка СПС-1</b>		
Метиленхлорид	69,6	Масляные, алкидные, виниловые, эпоксидные, полиуретановые
Тиксотропная паста	13,2	
Этиловый спирт	7,7	
ОП-7, ОП-10	5,0	
Парафин	3,7	
Жидкое мыло	0,8	
<b>Смывка АС-1</b>		
Метиленхлорид	85,5	То же
Этиловый спирт	9,5	
Уксусная кислота	0,9	
Ингибитор коррозии ОП-7	2,4	
	1,7	
<b>Смывка БЭМ-2</b>		
Метиленхлорид	69	→
Бутиловый или изобутиловый спирт	26	
Этилцеллюлоза или ацетилцеллюлоза	3,5	
Парафин	1	
Смола СВАП-3 или капролактама	0,5	
Вода	До 100	
<b>Смывка, применяемая для удаления покрытий в судоремонте</b>		
Метилэтилкетон	70,0	Масляные, виниловые, фенолоформальдегидные, поливинилбутиральные
Этиловый спирт	15,2	
Вода	6,3	
Метилцеллюлоза	3,63	
Фосфорная кислота	2,6	
Жирные кислоты C <sub>10</sub> -C <sub>21</sub>	1,20	
Казеин	0,26	
Формальгликоль	0,16	
Церезин	0,65	

Таблица 12. Технические характеристики смывок, выпускаемых промышленностью СССР [32, с. 13; 55]

Показатели	СД (СП)	АФТ-1	СП-7	СПС-1	СПС-2	АС-1	
							Вязкая жидкость серовато-белого цвета
Внешний вид	5	5	5	24	24	Отсутствует	
Кислотное число, мг КОН/г	0,08	0,08	—	—	—	—	
Смывающее действие, мин, не более	3 (1 слой лака ГФ-166, сушка 4 ч при 60 °С)	20 (1 слой эмали ПФ-223 сушка при 80 °С)	10 (1 слой грунта ФЛ-093, сушка 20 мин при 180 °С; 1-й слой грунта ЭФ-083, сушка 5 мин при 22 °С; 2-й слой грунта ЭФ-083, сушка 30 мин при 150—160 °С; 1-й слой эмали МЛ-12, сушка 5 мин при 18—22 °С; 2-й слой эмали МЛ-12, сушка 5 мин при 18—22 °С; 3-й слой эмали МЛ-12, сушка 35 мин при 125—135 °С	10—15 (2 слоя грунта ФЛ-03 и 3 слоя эмали ПФ-218, сушка при комнатной температуре)	10—15 (1 слой грунта ВЛ-02, 2 слоя эмали ХС-720 и 2 слоя эмали ХС-510, сушка при комнатной температуре)	15 (2 слоя грунта АК-070, сушка 1 ч при 50—60 °С; 2 слоя эмали ЭП-140 сушка 1,5—2 ч при 70—80 °С)	
Коррозионное действие, ч, не менее	5	5	22—60	—	24	—	
Условная вязкость по ВЗ-1 (сопло 5,4 мм) при 20 °С, с	—	5—30	—	—	—	—	
pH	—	—	4—10	7—8	7—8	4—5	
Содержание нелетучих веществ (сухой остаток), %	—	—	—	20—24	20—24	3—5	

За рубежом находят применение смывки с полимерными загустителями. Ниже приведены рецептуры таких смывок (заявка 2031447 Англия; пат. 4431458 Польша; заявка 60—206880 Япония), г:

I		II	
Метиленхлорид	301,5	Метиленхлорид	800
Ацетон	8,85	Толуол	50
Ксилол	13,25	Метиловый спирт	80
Метиловый спирт	70,74	Триэтаноламин	2
Аммиак	11,06	Крезол	3
Полиакрилаты	210	Уксусная кислота	30
Этилцеллюлоза	14,3	Парафин	50
Парафин	13,25	Спермацет	30
Вода	143	Козеин	3
		Вода	80

III	
Метиленхлорид	950
Поливинилхлорид	50
Парафин	10

В табл. 12 приведены технические характеристики выпускаемых в СССР смывок на основе органических растворителей.

Большое влияние на эффективность действия смывок оказывает характер подготовки поверхности подложки и материал, из которого она изготовлена. Так, наблюдается существенное различие в скорости удаления покрытия с полированного металла и стали, подвергнутой пескоструйной обработке. В последнем случае время удаления покрытия увеличивается примерно в 10 раз. Это иллюстрируют данные приведенные в табл. 13, которые получены на примере смывки АС-1.

Сравнительные данные по эффективности действия смывок АФТ-1, АС-1 и АС-1 с добавкой метилала приведены в табл. 14.

Удаление покрытий с пористой поверхности (штукатурки, дерева и т. д.) представляет значительные трудности, так как лакокрасочные материалы при нанесении заполняют поры штукатурки или дерева, из которых их удалить с помощью смывки довольно сложно.

Показатель «смывающее действие» (см. табл. 13), которым характеризуют эффективность смывок в случае удаления покрытий с металла или других непористых поверхностей, неприменим для пористых подложек, например, фасадов зданий. В связи с этим была разработана методика [56], согласно которой эффективность действия смывок определяется по толщине удаляемого слоя покрытия. В результате испытания действия смывок СМ-1, Автосмывки, СП-7, АФТ-1 при 20 °С наиболее эффективной для удаления покрытий с фасадов зданий оказалась смывка СМ-1 (рис. 17, а) [56].

С понижением температуры эффективность действия смывок падает, что объясняется уменьшением скорости диффузии растворителей в лакокрасочную пленку (рис. 17, б).

Таблица 13. Эффективность действия смывки АС-1

Схема покрытия	Длительность и условия эксплуатации покрытия до удаления	Подложка	Подготовка поверхности	Время удаления покрытия, мин
Эмаль ЭП-140	2 г. при 18—22 °С	Латунь полированная	—	5
Лак ЭП-075		То же	—	4—5
Лак ЭП-075	3—5 мес при 18—20 °С	Сталь Х18Н9Т	Пескоструйная обработка	50—55
Эмаль ЭП-140	2—3 г. при 18—22 °С	То же	То же	60
Эмали ЭП-586 и ЭП-586М	Около 1 г.	То же	То же	60
Шпатлевка ЭП-0061	1,5—2 г. при 18—22 °С	—	—	150
Лак КО-08	6—8 мес	—	—	3—4
Эмаль КО-88	3 ч при 500 °С	—	—	4—5
Эмаль ПФ-223	—	—	—	6
Эмаль НЦ-25	1—1,5 г.	—	—	6—7
Лак УР-231	Покрытие получено в соответствии с требованиями ТУ	Печатная плата	—	150
Грунтовка ГФ-020	То же	Алюминий	—	5—30
Эмаль МЛ-12 красного цвета		Сталь	—	5—30
Грунтовка ГФ-020	—	—	—	—
Эмали МЛ-12 разных цветов		—	—	—
Грунтовка МЧ-042	—	—	—	5—30
Эмаль МЛ-165	—	—	—	5—30

Таблица 14. Эффективность действия смывок АФТ-1, АС-1 и АС-1 с метилалем

Схема покрытия		Время полного разрушения покрытия, мин		
лакокрасочные материалы	число слоев	АФТ-1	АС-1	АС-1 с метилалем
Грунтовка ЭП-00-10	2	НР	60	50
Грунтовка ГФ-020	1	180	10	8
Эмаль МЛ-12	2			
Эмаль МЛ-165	2	120	10	5
Грунтовка ГФ-020	2	60	20	10
Эмаль ХВ-1120	2			
Грунтовка ХС-04	1			
Эмаль ХС-76	2	60	20	10
Лак УР-231	2	НР	40	25
Грунтовка АК-070	2			
Эмаль ЭП-140	2	НР	15	5

Примечание. НР — покрытие не разрушается при выдержке образца в смывке в течение 24 ч.

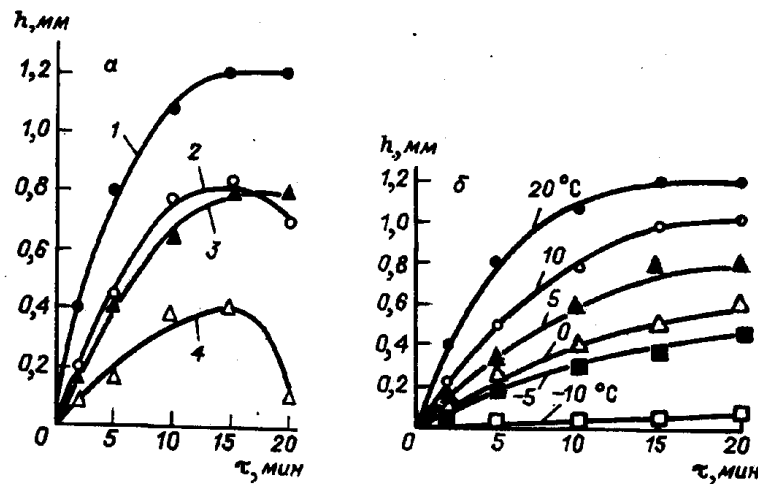


Рис. 17. Зависимость толщины удаляемого слоя перхлорвинилового покрытия  $h$  от продолжительности действия различных смывок при 20 °С (а) и смывки СМ-1 при различных температурах (б):  
1 — СМ-1; 2 — Автосмывка; 3 — СП-7; 4 — АФТ-1

**ВОДОЭМУЛЬСИОННЫЕ СМЫВКИ**

Водоэмульсионные смывки представляют собой эмульсии органических растворителей в воде.

В состав смывок помимо растворителей и ПАВ могут входить и другие компоненты, диспергированные в воде. Преимуществом водоэмульсионных смывок является их негорючесть и пониженная токсичность.

Примером водоэмульсионных смывок могут служить смывки СЭУ-1 и СЭУ-2, представляющие собой эмульсии хлорированных углеводов в воде [34], а также смывка СЭП-411 — эмульсия бензилового спирта в воде. Ниже приведен состав смывки СЭП-411 [а. с. 734253 СССР], %:

Бензиловый спирт	70	Триэтаноламин	9,5
Этилцеллозольв	10	Вода	10
Оксифос	0,5		

Температура смывки при удалении покрытия должна составлять 75—80 °С.

К водоэмульсионным относится также смывка для удаления маникюрного лака [пат. 4801331 США], ч. (масс.):

Пропиленкарбонат	30—65	Гидрооксипропилцеллюлоза	0,2—20
1,3-Диметил-1,2-имидазолидинона	10—50	Вода	13—40

К показателям, которые нормируются для всех без исключения смывок, относятся внешний вид, смывающее действие и коррозионное действие. Остальные показатели определяются не для всех смывок.

**Внешний вид.** Внешний вид смывки, помещенной в цилиндр или пробирку, определяют визуально в проходящем естественном свете; тиксотропные смывки СПС-1 и СПС-2 наливают на стеклянные пластинки размером 90×120 мм.

**Смывающее действие.** На металлические пластинки наносят лакокрасочные материалы в соответствии с необходимой схемой покрытия (см. табл. 13). Затем в зависимости от консистенции смывки ее наносят на полученное покрытие кистью или наливом, либо погружают в смывку образцы. С помощью секундомера отмечают время, в течение которого покрытие разрушается или вспучивается.

«Смывающее действие» смывок при удалении лакокрасочных покрытий с пористых подложек, например с фасадов зданий, определяют по толщине удаляемого слоя покрытия.

Измерение проводят с помощью адгезиометра (рис. 18), принцип действия которого основан на измерении силы сопротивления слоя краски при срезании ее резцом шириной 1 см. Усилие на резец составляет 10 Н. При проведении испытания станину прибора прижимают к поверхности фасада здания или образца с помощью винтов 4 и резцом 7 касаются поверхности покрытия. Вращением ходового винта 5 перемещают рабочий резец и определяют толщину удаляемого слоя покрытия.

**Коррозионное действие.** Если ответственные изделия длительное время должны находиться в смывках, необходимо тщательно исследовать коррозионное действие на них применяемых смывок. Испытание смывок на коррозионную активность проводят так же, как показано ниже на примере АС-1.

Коррозионное действие смывки АС-1 с различными ингибиторами коррозии (гидрохинон, Унист-11, Унист-12, Унист-15,

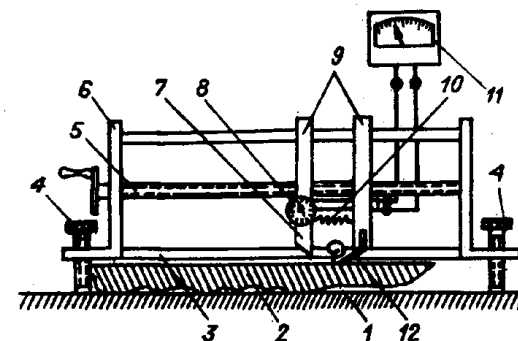


Рис. 18. Схема адгезиометра [56]:

- 1 — поверхность стола; 2 — образец;
- 3 — станина; 4 — опорные винты;
- 5 — ходовой винт; 6 — каркас; 7 — ножи для прорезки ограничительных борозд; 8 — переменное сопротивление; 9 — резцедержатель; 10 — измерительная пружина; 11 — измерительный прибор; 12 — рабочий резец

Унист-16) проверяли по отношению к различным материалам подложек:

- алюминий Д-16, необработанный, плакированный, анодированный;
- магний МА-8, необработанный и оксидированный;
- магний МЛ-5, необработанный;
- сталь Ст. 20, необработанная и кадмированная;
- сталь Ст. 45;
- сталь ЗОХГСА.**

Испытания проводят капельным методом или методом погружения.

**Капельный метод.** Образцы испытуемых металлов обезжиривают бензином, после чего на их поверхность наносят каплями смывку. О коррозионном действии смывки судят по времени появления следов коррозии на поверхности образцов.

**Метод погружения.** Образцы помещают в закрытые емкости со смывками на 30 мин при 18—20 °С. Затем их вынимают, промывают теплой водой (60—65 °С), обсушивают фильтровальной бумагой и выдерживают сутки на воздухе. Проводят 20 таких циклов.

В результате испытаний обоими методами для смывки АС-1 с ингибитором коррозии Унист-11 установлено:

- 1) не происходит коррозии алюминия Д-16, плакированного, анодированного и необработанного;
- 2) на поверхности магния МА-8 оксидированного ослабляется защитная оксидная пленка;
- 3) имеет место потемнение поверхности и коррозия магниевых сплавов МА-8 и МЛ-5;
- 4) происходит разрушение кадмиевого покрытия на стали Ст. 20;
- 5) на образцах незащищенных сталей появляется незначительный налет продуктов коррозии.

Действия смывки АС-1 с другими ингибиторами коррозии не вызывает разрушения алюминиевых сплавов, однако другие материалы проявляют меньшую стойкость.

Коррозионное действие смывок при их изготовлении в промышленных условиях определяют экспресс-методом. Пластинки из алюминиевых сплавов опускают в коническую колбу вместимостью 250 мл, куда затем наливают 150 мл смывки. Колбу закрывают ватным тампоном и выдерживают в ней пластинки в течение 5 ч. Затем пластинки извлекают, высушивают и осматривают.

В некоторых случаях на одних и тех же пластинках определяют смывающее и коррозионное действие.

**Кислотное число.** Определение проводят по ГОСТ 23955—80. В коническую колбу вместимостью 250 мл помещают навеску смывки. При определении кислотного числа смывки АФТ-1 навеска составляет 25 г, навеска смывки СД (СП) — 8—10 г. К навеске смывки АФТ-1 приливают 50 г горячей воды, к навеске смывки

СД (СП) — 20 мл свеженейтрализованного этилового спирта. Смесь титруют 0,05 н. раствором КОН в присутствии фенолфталеина до появления не исчезающей в течение 20 с розовой окраски.

**Кислотное число X (в мг КОН/г) вычисляют по формуле:**

$$X = 56,1 (V - V_1) / m,$$

где 56,1 — количество гидроксида калия, содержащееся в 1 мл точно 0,1 н. раствора, мг; V — объем точно 0,05 н. раствора гидроксида калия, израсходованный на титрование, мл; V<sub>1</sub> — объем точно 0,05 н. раствора гидроксида калия, израсходованный на титрование контрольной пробы, мл; m — навеска смывки, мг.

## Глава 5

### ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СМЫВОК И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ

Щелочные смывки вследствие их высокой агрессивности и малого срока хранения обычно изготавливают на месте потребления. Для их изготовления не требуется сложного оборудования. Смывки на основе органических растворителей производят, как правило, централизованно на заводах химической промышленности и в готовом виде поставляют потребителю. Технология изготовления таких смывок значительно сложнее.

### ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЩЕЛОЧНЫХ СМЫВОК

Для изготовления щелочных смывок концентрированные едкие щелочи растворяют в воде и вводят в раствор остальные необходимые компоненты.

Обычно гидроксид натрия растворяют в воде при комнатной температуре (18±2 °С). При этом необходимо учитывать, что при растворении щелочи вследствие экзотермического эффекта происходит сильный разогрев раствора.

При приготовлении смывок, предназначенных для удаления покрытий с подвесок, процесс растворения гидроксида натрия проводят при повышенной температуре в специальном агрегате (рис. 19) [57]. Агрегат состоит из теплоизоляционной ванны 1 со змеевиком 8 для подогрева, стакана 2 с перфорированным днищем для установки барабана 4. При приготовлении раствора ванну заполняют водой и с помощью пара нагревают до 80 °С. Затем в стакан 2 с помощью крана устанавливают предварительно вскрытый барабан 4 с твердым гидроксидом натрия кристаллическим или монокристаллическим в виде застывшего расплава. Стакан закрывают крышкой и вымывают гидроксид натрия из барабана подаваемой через форсунки водой из ванны. Раствор гидроксида натрия стекает в ванну через перфорированное днище стакана. Готовый рас-

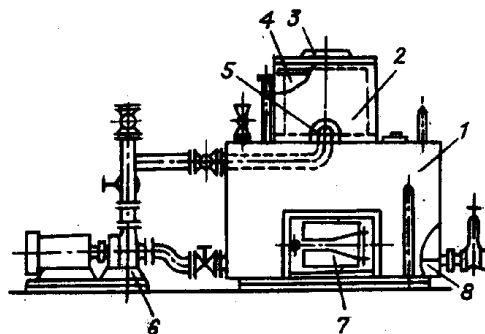


Рис. 19. Схема агрегата растворения для растворения гидроксида натрия [57]:

1 — ванна; 2 — стакан; 3 — крышка; 4 — барабан с твердым гидроксидом натрия; 5 — форсунка; 6 — насосный агрегат; 7 — люк; 8 — паровой змеевик.

твор перекачивают в ванну окунания. Ниже приведена техническая характеристика агрегата:

Вместимость ванны, м <sup>3</sup>	1
Максимальные размеры барабана:	
диаметр, мм	500
высота, мм	600
Температура раствора, °С	80
Концентрация раствора, кг/м <sup>3</sup>	200
Расход пара на разогрев при давлении 0,4 МПа, кг	150
Габариты агрегата, мм	3480×1260×1770
Масса агрегата, кг	816

Водные щелочные смывки для удаления покрытий с древесины изготавливают следующим образом [заявка 2048929 Англия]. В 40 ч. воды вводят 11,5 ч. гидроксида натрия, а затем при перемешивании мешалкой с частотой вращения 72 об/мин вводят 10 ч. полимерного загустителя, 2,3 ч. жидкого мыла и 38,5 ч. мела. Смывку следующего состава [пат. 2619571 Франция], %:

Гидроксид натрия, 47%-й раствор	39,6
Карбоксиметилцеллюлоза	1,2
Глинозем (размер частиц 0,14 мкм)	10,2
ПАВ	1,2
Вода	47,5

готовят путем смешения карбоксиметилцеллюлозы с водой, ПАВ и глиноземом. Полученную массу смешивают затем с раствором щелочи.

При изготовлении щелочных смывок, содержащих органические растворители, например смывки СА-1, щелочь растворяют при температуре 20—25 °С, а затем добавляют в раствор этилцеллозоль и ПАВ [50].

#### ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СМЫВОК НА ОСНОВЕ ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ

Технологический процесс изготовления смывок зависит от их состава. По наиболее сложной технологии готовят тиксотропные смывки СПС-1 и СПС-2. В этом случае технологический

процесс состоит из следующих стадий: 1) растворение парафина в смеси растворителей; 2) приготовление тиксотропной пасты; 3) смешение компонентов смывки; 4) постановка на тип и слив в тару.

Парафин растворяют в смесителе, снабженном мешалкой, обратным холодильником, рубашкой для нагревания и охлаждения. Наиболее сложной операцией является загрузка парафина, поскольку перед загрузкой его необходимо растарить и нарезать на мелкие куски. К сожалению, из-за сложности этой операции нередко тормозится внедрение загущенных смывок в производство. Процесс растворения парафина можно механизировать подобно растворению гидроксида натрия в специальном агрегате [57].

При изготовлении смывки СПС-1 парафин растворяют в смесителе при 30—35 °С в течение 1—2 ч, а затем в смеситель вводят жидкое мыло и ПАВ.

Отдельно в смесителе для получения пигментных паст готовят пасту тиксотрола ST с хлорпарафином. Наиболее удобен для этой цели двухлопастный смеситель периодического действия с Z-образной формой лопастей (рис. 20) [58, с. 338]. Рабочий объем таких смесителей составляет 200—1000 л. Верхняя часть корпуса смесителя прямоугольная, днище состоит из двух полуцилиндров, соединенных между собой. Z-образные лопасти изогнуты вдоль их горизонтальной оси по винтовой линии и вращаются в противоположных направлениях. Наружная грань лопастей плотно прилегает к днищу и стенкам корпуса, что обеспечивает зачистку стенок корыта смесителя при выгрузке пасты. Выгрузка пасты в приемные вагонетки (дежи) осуществляется опрокидыванием корпуса смесителя, вращающегося вокруг вала передней лопасти, подшипники которой закреплены на станине смесителя.

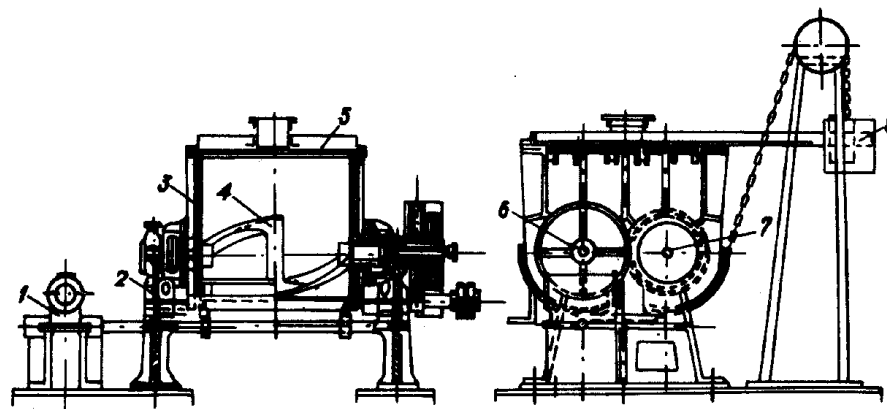


Рис. 20. Двухлопастный смеситель с Z-образными лопастями:

1 — привод; 2 — станина; 3 — корпус; 4 — лопасть; 5 — крышка; 6 — подшипник передней лопасти; 7 — подшипник задней лопасти; 8 — противовес

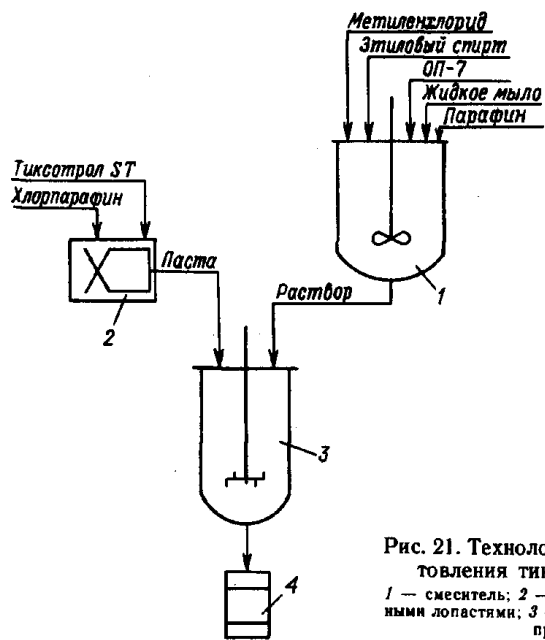


Рис. 21. Технологическая схема процесса изготовления тиксотропной смывки СПС-1:  
 1 — смеситель; 2 — двухлопастной смеситель с Z-образными лопастями; 3 — смеситель-дисольвер; 4 — емкость-приемник для смывки

Подшипники вала второй лопасти закреплены на корпусе смесителя. Для облегчения опрокидывания корыта имеется противовес.

Смешение всех компонентов смывки проводится на скоростном смесителе-дисольвере с частотой вращения 1000—3000 об/мин. Технологическая схема процесса изготовления смывки СПС-1 приведена на рис. 21. В общей сложности процесс приготовления смывки занимает 20 ч.

Для получения смывок, загущенных производными целлюлозы, например смывок типа СП-7, загрузку компонентов необходимо проводить в определенной последовательности. Вначале в реактор загружают метиленхлорид и парафин и перемешивают при 35 °С до полного растворения парафина. Раствор охлаждают до 20—25 °С и добавляют в него метилцеллюлозу и все остальные компоненты, кроме разрыхлителя. Состав перемешивают до получения однородной массы, а затем добавляют раствор аммиака и еще перемешивают массу в течение 3 ч. Длительность приготовления смывки составляет около 16 ч.

Технология приготовления смывок, в состав которых входят полимерные загустители (полиакрилаты, поливинилхлорид, сополимер винилацетата с винилпирролидоном) (см. стр. 35), имеет некоторые особенности.

Так, при изготовлении смывки, содержащей полиакрилаты и виниловые загустители (заявка 2031447 Англия), вначале смешивают этилцеллюлозу с водой до образования геля. К полученному гелю добавляют полиакрилаты, 1/3 от общего количества метилен-

хлорида и низкоплавкий парафин, а затем оставшийся метиленхлорид, ацетон, ксилол, метиловый спирт и аммиак.

Для изготовления смывки на основе поливинилхлорида (заявка 60—206880 Япония) в реактор с мешалкой и водяной рубашкой загружают сначала метиленхлорид, затем порошок поливинилхлорида и парафин. Смесь нагревают до кипения и выдерживают при перемешивании 30 мин.

При получении смывки для удаления покрытий с проводов (пат. 59061 Польша) вначале готовят раствор парафина. Для этого парафин расплавляют при 60 °С, растворяют в толуоле и добавляют к раствору метиленхлорид. Отдельно в смеситель с мешалкой заливают воду; вводят при температуре 20 °С казеин, уксусную кислоту, метиловый спирт, воскообразную добавку спермацет, крезол, триэтаноламин и все тщательно перемешивают. В приготовленную смесь вводят раствор парафина.

Смывки, содержащие казеин, воскообразные добавки и метилцеллюлозу в лабораторных условиях изготавливают следующим образом. В 3-горлую колбу, снабженную мешалкой и обратным холодильником, загружают казеин, воду и кислоты. Растворение казеина проводят на кипящей водяной бане до получения однородной массы. Раствор сливают, а в колбу загружают мелко нарезанный парафин или церезин и активные растворители. В случае метиленхлорида содержимое колбы нагревают до 30—35 °С и перемешивают до полного растворения твердых компонентов. После охлаждения раствора до 18—20 °С в колбу небольшими порциями вводят метилцеллюлозу. Когда метилцеллюлоза полностью растворится, загружают остальные компоненты и перемешивают смесь до получения однородной массы в течение 2—3 ч.

Наиболее просты в изготовлении жидкие смывки АС-1 и СД (СП). При получении смывки АС-1 все компоненты (см. табл. 11) загружают в реактор, снабженный мешалкой, обратным холодильником и рубашкой для охлаждения, и перемешивают при температуре 20±2 °С в течение 3 ч. Процесс изготовления смывки АС-1 занимает 6 ч.

В некоторых случаях проводят загущение смывки АС-1 парафином или парафином с поливинилхлоридом. При загущении смывки АС-1 парафином в алюминиевую емкость (например, бидон) засыпают необходимое количество парафина и заливают его смывкой. Емкость помещают на противень и наливают на него из шланга горячую воду. Путем перемешивания массы в емкости получают однородный состав, который затем из расчета 10—20% добавляют к смывке АС-1 для его загущения.

Загущение смывки АС-1 парафином и поливинилхлоридом осуществляют по следующей рецептуре, %:

Смывка АС-1	84
Поливинилхлорид	7
Олеиновая кислота	1
Парафин	3
Толуол	5

В реактор с мешалкой заливают половину необходимого количества смывки АС-1 и олеиновую кислоту. Затем при работающей мешалке загружают небольшими порциями поливинилхлорид и добавляют оставшееся количество смывки. В отдельной емкости расплавляют парафин и растворяют его в толуоле. Полученную массу небольшими порциями вводят в реактор и продолжают перемешивание до получения однородной массы.

## СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ С ПОМОЩЬЮ СМЫВОК

### Ручной способ нанесения смывок

Консистентные смывки наносят на очищаемые поверхности кистями, шпателями, металлическими щетками. Размягченные покрытия удаляют с помощью алюминиевых скребков. Для нанесения щелочных растворов применяют капроновые кисти.

### Ручные механизированные способы нанесения смывок

В этом случае используют пневматические краскораспылители, специальные насадки и аэрозольные баллончики. Для нанесения жидких смывок на поверхности можно пользоваться обычными краскораспылителями, применяемыми для нанесения лакокрасочных материалов (типа КРУ-1, КРП, СО-71 и др.) [6, с. 202].

Распылители имеют сменные сопла с диаметром отверстия 0,4; 0,6; 1,2 мм. Выбор сопла зависит от вязкости смывок. Например, смывки без загустителей типа СП (СД), АС-1 можно наносить краскораспылителями с малыми диаметрами сопла, тогда как смывки вязкие — СП-7, АФТ-1 наносят при использовании сопла с большим диаметром отверстия, очень густые смывки типа СПС-1 наносят специальными краскораспылителями с диаметром отверстия сопла более 2—3 мм, например, шпательными пульверизаторами.

При использовании применяемой в авиаремонте насадки для нанесения смывки (рис. 22) [4], загущенную смывку помещают на сетку 6, которую укрепляют в насадке с помощью кольца 4. Воздух под небольшим давлением подается через канал рукоятки 3. Нанесение смывки осуществляется в результате придавливании насадки со смывкой к очищаемой поверхности.

Аэрозольный способ нанесения смывок отличается безопасностью и удобством для работающих. Это объясняется тем, что агрессивная жидкость (смывка) находится в закрытой упаковке — аэрозольном баллончике. В качестве пропеллента используется сжатый азот под давлением 0,5—0,8 МПа. Ниже приведен состав смывки, используемой в аэрозольной упаковке (заявка 60—206880 Япония), г:

Метиленхлорид	830	Парафин	30
Алкилбензолсульфонат натрия	60	Метилцеллюлоза	5
Метиловый спирт	40	Азот (под давлением 0,6—	1,7
Моноэтаноламин, 70%-й водный раствор	35	0,7 МПа)	

Смывка предназначена для удаления эпоксидных покрытий горячего отверждения; длительность процесса 90 мин.

Находит применение аэрозольная смывка, состоящая из 80—86 % метиленхлорида и 5—10 % метилового спирта (пат. 2390484 Франция).

### Механизированные установки для нанесения смывок

Механизированные установки для удаления лакокрасочных покрытий с помощью смывок разработаны и применяются при ремонте самолетов [4].

Установка для нанесения смывки представляет собой передвижную тележку, на которой смонтирована валиковая кисть (рис. 23).

Вакуумный метод заключается в нанесении смывки и удалении продуктов очистки с помощью вакуума.

Разновидностью вакуумного метода является вакуумно-вихревой. Применяемая в этом случае вихревая установка ВУУЛКП снабжена двумя-тремя вихревыми головками, вакуум-насосом, сливным баком, циклоном для сепарации шлама. В моющей головке происходит вихревое движение всасываемого воздуха, благодаря которому смывка через капилляры головки поступает на обрабатываемую поверхность. Щетка приводится во вращение с частотой 3000—5000 об/мин; расход воздуха при этом составляет 1,3 г/с, расход смывки 0,3 г/с [59]. При вакуумно-вихревом методе происходит циркуляция смывки по замкнутому контуру, т. е. после очистки и регенерации смывка снова возвращается в рабочую зону. Это позволяет сократить затраты на удаление лакокрасочных покрытий и уменьшить вредное воздействие химических веществ на работающих.

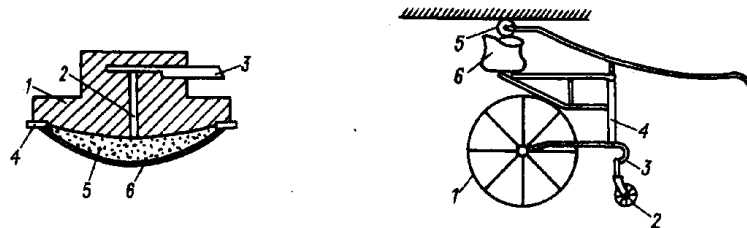


Рис. 22. Насадка для нанесения смывки.

1 — наконечник; 2 — канал; 3 — канал рукоятки; 4 — кольцо; 5 — подушка; 6 — сетка

Рис. 23. Установка для нанесения смывки:

1 — колесо большое; 2 — колесо малое; 3 — тележка; 4 — стойка; 5 — валиковая кисть; 6 — ванночка для смывки

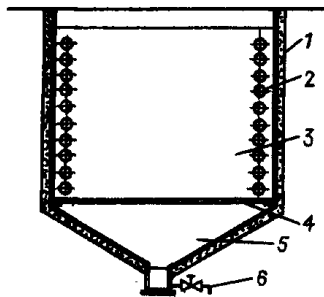


Рис. 24. Схема ванны с горячим щелочным раствором:  
1 — термозоляционный слой; 2 — обогрев; 3 — щелочной раствор; 4 — решетка; 5 — зона сбора шлама; 6 — запорный клапан

### Ванны окунания

При удалении лакокрасочных покрытий с помощью щелочных смывок и смывок на основе органических растворителей широко используются ванны окунания. В НПО «Лакокраспокрытия» разработаны ванны окунания и моечная камера, которые входят в агрегат для очистки подвесок с помощью щелочных смывок [57].

Ванна представляет собой стальную теплоизолированную емкость с крышкой, паровым змеевиком и контейнером для подвесок, в котором имеются отверстия для перемешивания рабочей жидкости сжатым воздухом. Чистка ванны и удаление загрязненного слоя жидкости производится через люк и карман с переливной трубой.

*Техническая характеристика ванны для очистки подвесок [57]:*

Максимальные размеры подвесок, мм	1100×500×700
Вместимость ванны, м <sup>3</sup>	1
Максимальный расход пара при давлении 0,4 МПа на разогрев, кг	305
эксплуатационный, кг/с	305
Расход сжатого воздуха при давлении 0,2 МПа, м <sup>3</sup> /с	5,3·10 <sup>-3</sup>
	5,5·10 <sup>-4</sup>
Количество отсасываемого воздуха, м <sup>3</sup> /с	1,2
Установленная мощность, кВт	2,2
Габариты, мм	6800×2500×1650
Масса, кг	2225

В случае применения смывок в ваннах окунания не рекомендуется вводить в смывки более 10% органических кислот, чтобы не вызвать коррозию ванны.

*Техническая характеристика моечной камеры:*

Максимальный размер подвесок, мм	1100×500×700
Максимальный расход пара на разогрев, кг	165
Расход сжатого воздуха при давлении 0,4 МПа, м <sup>3</sup> /с	1,1·10 <sup>-3</sup>
Количество отсасываемого воздуха, м <sup>3</sup> /с	1
Установленная мощность, кВт	7,7
Габариты, мм	3965×5000×2975
Масса, кг	5330

Описана установка, состоящая из ванны для горячих щелочных растворов и зоны мойки [60]. Изготовленная из мягкого железа

ванна (рис. 24) имеет боковой обогрев 2 и решетку 4, через которую шлам попадает в зону сбора 5. Шлам выгружается из ванны через нижнее отверстие. Таким же образом удаляется отработанная смывка.

Для удаления лакокрасочных покрытий при ремонте самолетов с помощью смывки АС-1 применяется виброструйная ванна ВСВ-1500. На удалении лакокрасочных покрытий в ваннах окунания специализируется фирма Ernst Kuper (ФРГ) [61]. Для этой цели фирма выпускает 800—1000 т смывок в месяц. Применяется комбинированный метод холодного и горячего удаления лакокрасочных покрытий. Объем ванн для горячего удаления покрытий составляет 120 м<sup>3</sup>, для холодного — 32 м<sup>3</sup>. Фирма использует замкнутый цикл, при котором отсутствует сброс сточных вод. Все ванны сконструированы таким образом, что промывная вода может циркулировать, а через циклические интервалы очистки в ванны добавляется чистая вода. Отжатый от жидких компонентов шлам в количестве 70 т в месяц сжигается. Получаемая при сжигании шлама энергия используется на том же предприятии.

Удаление с изделий лакокрасочных покрытий в ваннах окунания может быть совмещено с другими процессами подготовки поверхности перед окрашиванием. Так, на одном из предприятий фирмы Scammell Motors (США) операции очистки поверхности от старых покрытий щелочными растворами, промывки, фосфатирования и хроматирования поверхности совмещены с нанесением порошковой эпоксидно-полиэфирной краски.

## Глава 6

### ТЕХНОЛОГИЯ УДАЛЕНИЯ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ С РАЗЛИЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Технологическое и аппаратное оформление процесса удаления лакокрасочных покрытий зависит от размеров и конструктивных особенностей изделий, материала подложки (металлическая, неметаллическая) и условий проведения процесса, т. е. на открытом воздухе или в замкнутых пространствах (например, трюмные помещения судов). Поэтому в разных отраслях промышленности находят применение различные методы удаления лакокрасочных покрытий.

#### УДАЛЕНИЕ ПОКРЫТИЯ С МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

##### Ремонт авиационной техники

Для снятия лакокрасочных покрытий с авиационной техники наряду с химическим методом, при котором используются как различные по составу смывки, так и разное оборудование (пере-

движные валиковые кисти, вакуумные и вакуумно-вихревые установки), находят применение также аэрозольно-гидродинамический, криогенный, лазерный и другие методы [4, 59].

В авиаремонте СССР используются смывки СНБ-9М, СИФХ-3, АФТ-1 и АС-1. Смывка АФТ-1 горючая и отличается низкой эффективностью при удалении лакокрасочных покрытий на основе эпоксидных (эмаль ЭП-140) и акриловых (грунтовка АК-070, эмаль АС-1115) пленкообразователей. Более эффективна смывка АС-1. Поскольку химической промышленностью смывки СНБ-9М и СИФХ-3 не выпускаются, они используются в ограниченном количестве и готовятся на месте потребления. Наиболее широко применяемая смывка АС-1 служит для снятия покрытия с наружных поверхностей самолетов, с крупногабаритных деталей методом погружения, для удаления покрытий в поточной линии, для промывки внутренних полостей маслобаков.

Для снятия покрытий с наружных поверхностей, например с фюзеляжа, используют смывку АС-1, загущенную парафином или смесью парафина с поливинилхлоридом. Загущенную смывку наносят на поверхность с помощью волосяных кистей или механизированным инструментом и выдерживают в течение 1—5 ч в зависимости от числа слоев и состояния лакокрасочного покрытия. Поднявшуюся корку старой краски смачивают жидкой (незагущенной) смывкой АС-1 с помощью кистей или краскораспылителей и удаляют кистями или ветошью на подложенную под фюзеляж непромокаемую бумагу и используют повторно. Остатки разрушенного покрытия удаляют с поверхности струей горячей воды.

С крупногабаритных деталей (капотов, панелей) покрытия удаляют в ванне окунания, в которую налита смывка АС-1. Ванна оборудована системой перемешивания смывки с помощью воздуха. Детали выдерживают в ванне в течение 1—3 ч в зависимости от состояния лакокрасочного покрытия. После отслоения покрытия детали выгружают из ванны, промывают горячей водой из шланга под напором, а затем проводят обдувку сухим сжатым воздухом.

С помощью смывки АС-1 на специально сооруженной для этой цели механизированной поточной линии ЛП-1 со съёмных деталей удаляют нагарообразования смоляных и масляных отложений. Детали загружают в специальную корзину и автоматически проводят через следующие операции:

1) очистка от грязи в струйной машине с помощью 1,5%-го раствора синтетических моющих средств (СМС) «Полянка» или «Вертолин-74» при температуре 80—90 °С в течение 15—30 мин;

2) промывка в виброванне ВСВ-1500 с проточной водой при температуре 80—90 °С в течение 15 мин;

3) удаление покрытий в виброванне смывкой АС-1 с добавкой 3% сленновой кислоты при комнатной температуре в течение 15 мин;

4) промывка проточной горячей водой в виброванне при температуре 80—90 °С в течение 15 мин;

5) промывка растворами СМС концентрацией 60—80 г/л в виброванне при температуре 80—90 °С в течение 15—30 мин;

6) промывка 0,5%-м раствором СМС в струйной машине при температуре 80—90 °С в течение 15 мин;

7) обдувка сухим сжатым воздухом с подогревом;

8) обезжиривание бензином.

Две последние операции осуществляются на выходе из струйной машины.

Жидкая смывка АС-1 также используется для снятия нагарообразований синтетического масла Б-3В с внутренних поверхностей маслобаков. С этой целью все отверстия бака перед промывкой закрывают плотноприлегающими полиэтиленовыми или фторопластовыми заглушками. Затем через горловину заливают смывку АС-1 на  $\frac{1}{3}$  вместимости бака. Плотно закрывают крышку горловины и помещают баки на стенд качалки. Баки промываются на стенде в течение 2—5 ч в зависимости от плотности загрязнений. По окончании промывки смывку сливают в емкость-накопитель, а баки промывают горячей водой из шланга под напором. При необходимости проводят дополнительную промывку смывкой или растворами СМС заключительную промывку горячей водой. Затем маслобаки выдерживают в сушильном шкафу в течение 5—8 ч.

В работе [62] сообщается об очистке деталей авиационно-космических аппаратов ударно-химическим методом, который является сочетанием химической очистки в специальном растворе Dasic D-53 с последующей нейтрализацией и ударно-струйной очистки в специальной камере. Длительность очистки не превышает 30 мин.

Фирма Munk and Schmitz (ФРГ) рекомендует состав Paintblast [63, 64] для снятия эпоксидных покрытий горячей сушки с алюминиевых и магниевых сплавов, с пластмассовых и стеклопластиковых поверхностей, армированных углеродными волокнами. В методе очистки сочетается воздействие химического раствора с температурой 20 °С и механическое действие струей абразивного материала.

Для удаления покрытий с конструкций сложной конфигурации или поверхностей с орнаментом, резьбой применяется смывка Peel Away [65]. Смывка поставляется в виде пасты, которую наносят на окрашенную поверхность кистью или распылителем. Затем поверхность покрывают полиэтиленовой пленкой или плотной волокнистой тканью и оставляют до тех пор, пока покрытие не разрушится. После этого пленку или ткань снимают вместе с краской, а поверхность промывают водой.

### Удаление судовых покрытий

Одной из наиболее трудоемких операций в судоремонте является восстановление поврежденных или утративших защитные свойства лакокрасочных покрытий на судах. Применяемые для

удаления старых покрытий способы — механические (пневмоабразивная очистка, ручная очистка с использованием пневматических щеток, шарошек), термические (например, обработка поверхностей горелками, иногда с предварительным смачиванием растворителями), гидравлические — не всегда дают хорошие результаты, особенно при удалении лакокрасочных покрытий в труднодоступных местах и во внутренних помещениях судов. Поэтому в судоремонте широкое применение получил химический метод очистки с помощью смывок. Для удаления фосфатирующих грунтов и других судовых покрытий рекомендуются щелочные смывки № 1—№ 4, составы которых приведены на стр. 46. Смывку № 1 наносят на обрабатываемую поверхность кистью, краскораспылителем или методом окунания, разрушенное покрытие удаляют струей горячей воды; смывку № 2 наносят кистью, шпателем или краскораспылителем, покрытия удаляют струей горячей воды под давлением 0,2—0,5 МПа; смывку № 3 наносят кистью или шпателем, разрушенное покрытие удаляют сначала шпателем, а затем струей горячей воды, после чего поверхность промывают водой с фосфорной кислотой.

С помощью щелочной смывки № 4 удаляют покрытия и загрязнения из цистерн, междудонных пространств, сточных колодцев и т. д. [49, с. 309]. Обработку проводят при температуре 30—50 или 95—100 °С. Время разрушения покрытия соответственно 18—48 и 2—4 ч. Смывку наносят любым удобным способом, а затем после образования корки поверхность обрабатывают паром или горячей водой.

Необходимость тщательной промывки водой поверхностей после удаления покрытий ограничивает применение щелочных смывок в условиях судоремонта. К тому же использование щелочных составов не допускается для удаления покрытий алюминия и его сплавов. Более широкое распространение в судоремонте получили смывки на основе органических растворителей.

Особенностью удаления судовых покрытий является их высокая толщина, составляющая 4—5 мм, т. е. до 40 слоев краски. Поэтому применяемые смывки должны обладать длительной эффективностью, что достигается за счет большой толщины наносимого слоя смывки. Требованиям судоремонта отвечают тиксотропные смывки СПС-1 и СПС-2 [34]. Дополнительно при необходимости их можно загущать асбестом или древесными опилками, вводимыми в количестве не более 15%.

Смывки наносят на поверхность без растушевки кистью, шпателем или ручной металлической щеткой равномерным слоем толщиной 1—2 мм. Нанесенный слой смывки выдерживают на окрашенной поверхности в зависимости от толщины снимаемого слоя, типа связующих и температуры окружающего воздуха в течение времени, указанного в табл. 15.

Эффективность смывок при удалении покрытий толщиной более 300 мкм можно повысить применением поливинилхлоридной

Таблица 15. Свойства смывок СПС-1 и СПС-2

Удаляемые покрытия	Толщина покрытия, мкм	Температура нанесения смывок, °С	Время выдержки одного слоя смывки, мин	
			СПС-1	СПС-2
Алкидные и масляные (ПФ-167, ПФ-218, ГФ-156)	До 300	От —5 до +5	50—10	60—15
			От 6 до 15	20—5
			От 16 до 30	15—5
Алкидные и масляные (МС-17, грунт 81, 83 и др.)	300—500	От —5 до +5	60—20	60—20
			От 6 до 15	40—15
			От 16 до 30	30—15
Виниловые (ХС-04, ХС-720, ХС-527, ХВ-53 и др.)	До 300	От —5 до +5	50—15	60—20
			От 6 до 15	30—5
			От 16 до 30	15—5
	300—500	От —5 до +5	60—30	60—30
			От 6 до 15	40—10
			От 16 до 30	30—15
Эпоксидные и эпоксидно-этиноловые (ЭП-00-10, Б-ЭП-421, ЭП-755 и др.)	До 300	От —5 до +5	60—30	—
			От 6 до 15	50—10
			От 16 до 30	40—10
300—500	От —5 до +5	60—40	—	
		От 6 до 30	50—20	

или полиэтиленовой пленки. Пленкой прикрывают слой смывки, подвешивая ее или укрепляя на очищаемой конструкции. Благодаря этому замедляется испарение растворителей из смывки, и исключается необходимость повторного нанесения смывки. В дальнейшем полимерная пленка может служить для сбора остатков смывки с отходами лакокрасочных покрытий. Смывку, собранную с остатками старых красок, можно использовать вторично.

После удаления старых покрытий поверхность обезжиривают уайт-спиритом.

Эффективность действия смывок СПС-1 и СПС-2 на различные покрытия показана в табл. 16, других смывок, применяемых в судоремонте, — в табл. 17.

Удаление покрытий с деталей электрооборудования осуществляется с помощью метиленхлорида или его смеси с этиловым спиртом (1:1) [66]. Изделия вначале выдерживают в ванне окунания, наполненной растворителем, а затем для удаления остатков лакокрасочных покрытий обрабатывают из пульверизатора тем же растворителем.

Оборудованная в специальном помещении установка включает ванну для снятия покрытия, пульверизационную камеру, поворотный стол с поддоном для сбора смывки и пульт управления. Вне цеха находится пристройка и приямок с бетонированной крышкой, в котором установлены емкости для чистой и отработанной жидкости, а также расходная емкость.

Для удаления лакокрасочных покрытий с отходов жести рекомендована ультразвуковая очистка с использованием смывки, состоящей из метиленхлорида, метилового и этилового спиртов и

Таблица 16. Эффективность действия смывок СПС-1 и СПС-2

Схема покрытия		Условия старения покрытия		Температура нанесения смывок, °С	Эффективность действия смывок, мин	
лакообразующие материалы	число слоев	Условия старения покрытия	число слоев		СПС-1	СПС-2
<i>Эпоксидные покрытия</i>						
Грунтовка ЭП-00-10	2	1 год при 18—22 °С	2	17	30	Не удаляет
Грунтовка ЭП-00-10	2	То же	2	3	Через 2 ч 45 мин появляются пузыри; после второго нанесения через 50—70 мин покрытие разрушается полностью	→
Грунтовка Б-ЭП-0126	2	То же	2	17	30	→
Эмаль Б-ЭП-752	2	То же	2	17	30	→
Эмаль ЭП-968	1	80—100 °С	1	18—22	5	Не удаляет
Эмаль ЭП-921	1	150 °С	1	17	5	→
<i>Эпоксидно-этиловые покрытия</i>						
Грунтовка ВЛ-02	1	5 лет при 18—22 °С	1	17	Через 2,5 ч покрытие вспучивается до металла, остатки грунта 30%	→
Эмаль ЭП-755	5	То же	5	17	Через 2 ч покрытие разрушилось, остатки грунта 50%; после повторного нанесения через 25 мин грунт разрушается полностью	→
Грунтовка ВЛ-02	1	1 год при 18—22 °С	1	17	Через 2 ч покрытие разрушилось, остатки грунта 50%; после повторного нанесения через 25 мин грунт разрушается полностью	→
Эмаль ЭП-755	4	То же	4	17	Через 2 ч покрытие разрушилось, остатки грунта 50%; после повторного нанесения через 25 мин грунт разрушается полностью	→
Эмаль ХВ-53	2	То же	2	17	Через 2 ч покрытие разрушилось, остатки грунта 30%	→
<i>Эпоксидно-неколовые покрытия</i>						
Грунтовка ВЛ-02	1	5 лет при 18—22 °С	1	17	Через 30 мин покрытие вспучивается до металла, остатки грунта 30%	—
Эмаль ЭП-72	6	То же	6	17	Через 30 мин покрытие вспучивается до металла, остатки грунта 30%	—
<i>Этиловые покрытия</i>						
Краска ЭКЖС-40	4	1 год при 18—22 °С	4	17	Через 2 ч покрытие удаляется с большим трудом, после второго нанесения через 45 мин покрытие разрушается полностью	—
Эмаль ХВ-53	2	То же	2	17	Через 2 ч покрытие удаляется с большим трудом, после второго нанесения через 45 мин покрытие разрушается полностью	—
<i>Уретановые покрытия</i>						
Грунтовка АК-070	1	90 мин при 60—70 °С	1	18—22	20	Через 45 мин удаляется полностью
Эмаль УР-176 серая	2	То же	2	18—22	15	Через 45 мин удаляется полностью
Лак АК-113ф	1	3 ч при 90 °С	1	18—22	15	Через 45 мин удаляется полностью
<i>Виниловые покрытия</i>						
Грунтовка ВЛ-02	1	1 год при 18—22 °С	1	18—22	22	Через 45 мин удаляется полностью
Эмаль ХС-720	6	То же	6	18—22	22	Через 45 мин удаляется полностью
Эмаль ХС-527	2	То же	2	18—22	22	Через 45 мин удаляется полностью
Грунтовка ВЛ-02	1	1 год при 18—23 °С	1	—6	30	Через 45 мин удаляется полностью
Эмаль ХС-720	6	То же	6	—6	30	Через 45 мин удаляется полностью
Эмаль ХС-527	2	То же	2	—6	30	Через 45 мин удаляется полностью
Грунтовка ВЛ-02	1	1 год при 18—23 °С	1	18—22	8	Через 45 мин удаляется полностью
Эмаль ХС-720	2	То же	2	18—22	8	Через 45 мин удаляется полностью
Эмаль ХС-527	2	То же	2	18—22	8	Через 45 мин удаляется полностью
Грунтовка ВЛ-02	1	То же	1	18—22	2,5	Через 45 мин удаляется полностью
Эмаль ХВ-74	3	То же	3	18—22	2,5	Через 45 мин удаляется полностью
Эмаль ХВ-53	2	То же	2	18—22	2,5	Через 45 мин удаляется полностью
Грунтовка ВЛ-02	1	→	1	3	54	Через 45 мин удаляется полностью
Эмаль ХВ-53	2	→	2	3	54	Через 45 мин удаляется полностью
<i>Алкидные покрытия</i>						
Грунтовка ВЛ-02	4	→	4	3	54	Через 45 мин удаляется полностью
Эмаль винило-каучуковая с отвердителем диэтилентетракольбураном	2	→	2	3	54	Через 45 мин удаляется полностью
Эмаль ХС-79	2	→	2	3	54	Через 45 мин удаляется полностью
<i>Алкидные покрытия</i>						
Грунтовка ФЛ-03К	2	1 год при 18—23 °С	2	—6	—	15
Эмаль МС-17	3	То же	3	—6	—	15
Грунтовка ФЛ-03К	1	То же	1	18—22	10	15
Эмаль ПФ-218	3	То же	3	18—22	10	15
Эмаль ПФ-964	1	60 мин при 160 °С	1	18—22	5	15

Таблица 17. Эффективность действия смывок

Лакокрасочные материалы	Число слоев	Эффективность действия, мин					
		АФТ-1	СП-6	СП-7	СД (СП)	СПС-1	АС-1
<i>Эпоксидные покрытия</i>							
Грунтовка ЭП-00-10	2	Не удаляет	60	60	Не удаляет	30	20
Грунтовка Б-ЭП-0126	2	»	60	60	»	30	20
Эмаль Б-ЭП-752							
<i>Этилолевые покрытия</i>							
Краска ЭКЖС-40	1	Не удаляет		90	»	30	20
<i>Уретановые покрытия</i>							
Грунтовка АК-070	1	Не удаляет		60	»	30	20
Эмаль УР-176 серая	2						
Лак УР-231	5	»		30	»	20	15
<i>Виниловые покрытия</i>							
Грунтовка ВЛ-02	1	30	30	25	60	20	5
Эмаль ХС-720 коричневая	2						
Эмаль ХС-527	2						
Грунтовка ВЛ-02	1	20	10	10	15	10	5
Эмаль ХВ-74	3						
Эмаль ХВ-53	2						
<i>Меламиноформальдегидные покрытия</i>							
Грунтовка АК-070	1	Не удаляет	60	40	90	30	10
Эмаль МЛ-12	2						
Эмаль МЛ-165	2						
<i>Алкидные покрытия</i>							
Грунтовка ФЛ-ОЗК	1	30	20	15	15	10	5
Эмаль ПФ-218	3						

гидроксида натрия [пат. 0084066 Европейский]. Частота генератора 26 кГц, температура смывки 39°C, время разрушения покрытия 3—5 мин.

Для снятия герметизирующих и противокоррозионных эпоксидных покрытий рекомендуется смывка, состоящая из 60% метилхлорида и 40% диацетонового спирта [67]. Смывка испытывалась для удаления покрытий разными методами. Результаты сравнительных испытаний приведены в табл. 18.

**Удаление лакокрасочных покрытий парами смывок.** Способ применяется для удаления различных загрязнений и лакокрасочных покрытий (остатки битумов, тяжелых топливных масел, сырой нефти, растительных масел, защитные покрытия на основе эпоксидных смол и других термореактивных пленкообразователей) в замкнутых пространствах и труднодоступных местах, к которым относятся судовые цистерны различного назначения, трюмы, а также бункеры и баки наземных сооружений.

Поверхность обрабатывают циркулирующими парами смывки в изолированной рабочей зоне при комнатной температуре или при

Таблица 18. Эффективность действия смывки при различных методах удаления лакокрасочных покрытий

Способ удаления покрытия	Эффективность действия, мин	Состояние подложки
С помощью смывки	120	Имеются остатки покрытия
Ультразвуковая очистка с помощью смывки	75	Поверхность чистая
Предварительное воздействие жидкого азота и применение смывки	90	То же

охлаждении от 8 до —40 °С. Давление паров поддерживают таким образом, чтобы не происходило конденсации растворителей на поверхности. Парциальное давление паров смывки при 20 °С и нормальном давлении не менее 666,5 Па, они содержат 25—100% метилхлорида, аммиак, алкиламины, алкилнитрилы, карбоновые кислоты, спирты, простые и сложные эфиры и т. д. [пат. 4231804, 4231805, 4303454 США].

Эпоксидное покрытие Phenicon-980 толщиной 130 мкм при выдержке в паровой фазе смывки, содержащей 90% метилхлорида и 10% муравьиной кислоты, при температуре 0 °С через 6 ч вспучивается, а через 16 ч полностью отслаивается. При 22 °С покрытие разрушается через 3 ч. Улавливание паров смывки, выходящих из рабочей зоны с воздухом, проводят путем конденсации в отводной трубе, снабженной рубашкой для охлаждения.

### Ремонт сельскохозяйственной техники

Для удаления покрытий применяют смывки на основе органических растворителей АФТ-1, СД (СП), СП-6, СП-7, СПС-1, СПС-2 или щелочные составы [41, с. 31]. Смывки наносят кистью или методом окунания.

Для повышения эффективности смывки АФТ-1 в нее вводят ортофосфорную кислоту. Изделие после воздействия смывки АФТ-1 промывают растворителем 645 или смывкой СД (СП). После удаления покрытия смывкой СП-7 изделие промывают водой, сушат и протирают ветошью.

Старую масляную краску можно удалять щелочным составом, приготовляемым из 1,3 кг негашеной извести, 0,45 кг поташа (карбоната калия) и воды, которую добавляют до образования густой вязкой массы, способной удерживаться на поверхности. Смесь выдерживают на поверхности в течение 12 ч, после чего краска легко снимается.

Смывки СП-6 и АФТ-1 можно применять в ваннах окунания.

**Удаление электроизоляционных лаков с проводов.** Удаление электроизоляционных лаков с проводов можно осуществлять путем механического шлифования наждачной бумагой, обжигом в газовой печи, лазерным методом, химическим методом с помощью смывок.

При механической очистке может произойти снижение диаметра проводов, что может вызвать увеличение сопротивления и разрыв провода. При обжиге на поверхности проводов остаются остатки сгоревшего покрытия, затрудняющего пайку. Лазерная технология хотя и представляет существенный интерес, сопряжена с высокими капитальными затратами [20, с. 168]. Чаще всего для удаления покрытий с проводов применяют смывки.

Одна из используемых для этой цели смывок содержит в качестве основного компонента муравьиную кислоту и 0,01% от массы кислоты бензотриазола или его производных [пат. 47—17622 Япония]. Смывка удаляет электроизоляционный слой поливинилформала с медного провода диаметром 1 мм, при этом цвет меди при выдержке в смывке в течение 5 сут не меняется.

Сообщается [пат. 59061 ПНР] о применении смывки следующего состава, ч. (масс.):

Метиленхлорид	800—900
Толуол	50—100
Муравьиная, уксусная или пропионовая кислота	30—100
Метиловый, этиловый или пропиловый спирт	80—120
Парафин	50—100
Эмульгатор *	10—50
Казеин	3—7
Органический амин C <sub>2</sub> —C <sub>6</sub>	2—10
Вода	До получения эмульсии

\* Продукт конденсации этиленоксида со спиртом.

Концы проводов погружают в смывку на 1—2 мин, затем вынимают и выдерживают до набухания и разрушения пленки от нескольких секунд до 5 мин в зависимости от типа лака и толщины пленки. Разрушенную пленку снимают с помощью фланелевой тряпки.

Согласно данным [пат. 4431458 США] очистку медных проводов от перхлорвинилового изоляции проводят в закрытой емкости с перфорированным поддоном, на который помещают провода с изоляцией. Емкость наполняют тетрагидрофураном. При толщине проводов 6,35—9,5 мм их выдерживают в растворителе 1 ч.

Эффективной смесью для снятия покрытий с проводов является диэтиловый спирт с ацетилацетоном.

**Удаление покрытий с деталей микроэлектродвигателей.** Детали микроэлектродвигателей окрашивают эмалями ЭП-91, МЛ-165,

грунтовой ФЛ-093, обмоточные узлы пропитывают компаундами КП-34 и КП-18. Если при окрашивании обнаружен брак, для снятия покрытия предложено применять смывку АС-1 [68]. В табл. 19 приведены данные по эффективности смывки.

Таблица 19. Эффективность действия смывки АС-1 при удалении покрытий с электротехнических деталей

Лакокрасочный материал или компаунд	Подложка	Эффективность смывки, мин	Характер разрушения покрытия
Компаунд КП-34	Статор обмотанный	600	Набухает и растворяется
	Провод медный Ø0,59	480	
Компаунд КП-18	Провод медный Ø0,16	15	Отслаивается
	Сталь электротехническая	10	
Эмаль ЭП-91	То же	246	Набухает и растворяется
Грунтовка ФЛ-093 Эмаль МЛ-165	Ротор алюминиевый	36	Отслаивается
	То же	175	

Использование смывки не требует больших капиталовложений.

**Удаление покрытий с поверхности печатных плат.** Необходимость удаления лакокрасочных покрытий с печатных схем объясняется тем, что микросхемы отказывают в процессе регулировки и эксплуатации. Для выяснения причин отказа схему необходимо снять с печатного плата, покрытого полиуретановым лаком УР-231 в 3—4 слоя, без повреждения как самой микросхемы, так и материала платы.

Для этой цели рекомендуется [пат. 1399867 Англия] смывка на основе 1,1,2-трихлор-1,2,2-трифторэтана с добавкой метилового, этилового или изопропилового спирта. Находит применение также смывка следующего состава [пат. 4383867 США], %:

Метиленхлорид	70
Диметилформамид	20
Метиловый спирт	10

Печатные схемы погружают в смывку и после выдержки в ней покрытие удаляют.

Чтобы определить пригодность смывок СПС-1 и АС-1 для этих целей, проводились испытания по удалению лака УР-231, нанесенного в 3 слоя, с печатных плат. После нанесения смывок на микросхему печатной платы через 10 мин наблюдалось отслаивание лака вокруг микросхемы. После обработки поверхности спирто-бензиновой смесью производили распайку проводников. Затем смывки наносили повторно, причем смывку АС-1 вследствие ее высокой летучести наносили периодически в течение всего времени испытаний. Через 2,5 ч после воздействия смывки АС-1 и через 3 ч в случае смывки СПС-1 проводили демонтаж микросхемы с печатной платы.

В настоящее время смывка АС-1 внедрена на ряде предприятий для удаления покрытий с печатных схем. Ею можно пользоваться также для снятия эпоксидных компаундов с больших интегральных схем без местных повреждений.

### Удаление покрытий с окрасочного оборудования

**Удаление покрытий с подвесок.** При окрашивании изделий на поточных линиях методами электростатического напыления и электрофореза возникают трудности с удалением лакокрасочных и порошковых покрытий с подвесок конвейеров. Очистку подвесок от покрытий можно проводить химическим методом с помощью смывок, термическими методами, например в расплавах солей, криогенным методом с помощью жидкого азота.

При химическом методе применяют различные щелочные растворы или их смеси с органическими растворителями. Удаление покрытий обычно осуществляется в ваннах окунания.

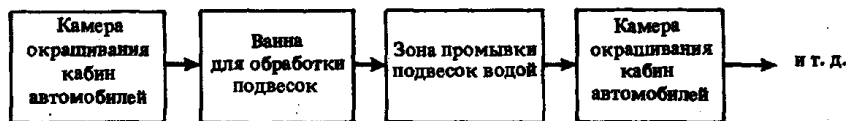
В автомобилестроении для удаления покрытий с подвесок применяется смывка СА-1 и щелочной концентрат № 62, который состоит из каустической соды, глюконата натрия и этиленгликоля [50]. Обработка подвесок проводится методом окунания. Температура смывки СА-1 в ванне поддерживается в пределах 60—80 °С. После снятия покрытия подвески промывают сильной струей воды. Ниже указана продолжительность удаления различных схем покрытия, мин:

Грунт ФЛ-ОЗК	2—3	Грунт АК-070	2—3
Эмаль МЛ-12		Эмаль ХВ-125	
Эмаль МЧ-123 (толщина слоя 2—3 мм)	8—12		

Смывка СА-1 в 4—5 раз эффективнее 2%-го раствора гидроксида натрия, применяемого для этой цели.

Концентрат № 62 используется в виде 27%-го рабочего раствора в ваннах окунания при температуре 90—100 °С. Лакокрасочные покрытия толщиной до 100 мкм удаляются в этом растворе за 3—8 мин. При толщине покрытий более 100 мкм процесс их удаления замедляется и продолжается от 10 мин до нескольких часов.

Удаление лакокрасочных покрытий с подвесок окрасочного конвейера на Автомобильном заводе им. И. А. Лихачева осуществляется в непрерывном цикле по схеме [50]:



Технологический процесс очистки подвесок в концентрированных растворах гидроксида натрия разработан в НПО «Лакокраспокрытие» [57]. Раствор гидроксида натрия имеет концентрацию 220 г/л. Подвески обрабатываются в ваннах окунания при

температуре рабочего раствора 80 °С, после чего промываются в горячей (40 °С) и холодной воде.

Комплекс оборудования включает установку очистки подвесок, агрегат растворения гидроксида натрия и подвесной кран. Контейнер с подвесками загружается в раствор гидроксида натрия и выдерживается в нем 3—4 ч при 80 °С и периодическом перемешивании раствора сжатым воздухом. Затем контейнер перемещается в ванну с водой, нагретой до 40 °С, на 5—10 мин. Вода в ванне постоянно барботируется сжатым воздухом. Ванны закрыты крышками, образующая паровоздушная смесь удаляется с помощью вентилятора. После промывки в подогретой воде подвески подаются на напольную решетку, где их промывают из шланга холодной водой. Решетка установлена над приемком для сбора промывных вод и стоков щелочного раствора из ванн агрегата. Отходы фильтруются на сетчатом фильтре.

Для повышения эффективности действия щелочного раствора рекомендуется добавлять в него сульфенол. Рабочий раствор в этом случае содержит 5—7% гидроксида натрия и 0,5—0,8% сульфенола [69]. Обработка проводится при температуре рабочего раствора 80—90 °С. Испытания щелочного раствора с сульфенолом, проведенные на предприятии по производству большегрузных автомобилей, где используется электрофорезное и электростатическое окрашивание, а также пневматическое распыление, показали его эффективность для удаления грунта В-КФ-093 и эмали МЛ-12 разных цветов. Однослойные покрытия снимаются за 5—7 мин, многослойные — за 4—5 ч. После очистки подвески промывают струей воды.

Состав имеет следующие преимущества. По сравнению с применяемым 20—30%-м раствором гидроксида натрия щелочной раствор с сульфенолом позволяет а) более чем в 2 раза повысить скорость очистки при удалении покрытий лакокрасочными материалами МЛ-12, МЛ-145, НЦ-11, ВМЛ-0143, В-КФ-093; б) в 3—4 раза понизить концентрацию щелочи; уменьшить стоимость обработки.

Очистку подвесок в 7—10%-х щелочных растворах при 80—90 °С проводят на предприятиях Польши [70].

Для удаления с подвесок порошковых покрытий рекомендуются следующие химические составы [71]:

Порошковая краска	Смывка
П-ЭП-177 зеленая	20%-й раствор фенола
П-ЭП-219 белая	20%-й раствор фенола; 50%-й раствор щелочи и трихлорэтилена в соотношении 1:1 с последующим кипячением в воде
Полиэтилен и пентапласт	Декалин
П-ВЛ-212	Растворитель 647; пропиловый или бутиловый спирт
Полиэфирная краска П-ПЭ-1130У	20%-й раствор фенола
П-ЭП-45	Смывка АС-1
П-ЭП-91	Смывка СПС-1

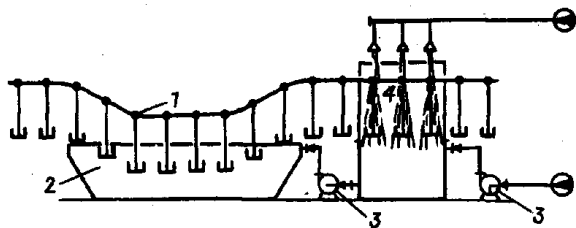


Рис. 25. Установка непрерывного действия для удаления покрытий с подвесок: 1 — конвейер с подвесками; 2 — ванна со щелочным раствором; 3 — насосы; 4 — зона промывки

При удалении порошкового покрытия с элементов подвески с помощью смывки АС-1 через 1,5 ч происходит отслаивание слоя краски толщиной 1 мм, а через 8—12 ч покрытие набухает и отслаивается полностью.

При использовании смывки СПС-1 порошковое покрытие П-ЭП-91 толщиной 80—100 мкм снимается со стали 30ХГСА и алюминиевого сплава АГ-4 за 10 мин.

На одном из предприятий Италии оборудована установка непрерывного действия для удаления покрытий с подвесок, применяемых при окрашивании бытовых электроприборов [60]. Схема установки показана на рис. 25, ванна окунающая, используемая в этой установке, — на рис. 24.

В ваннах окунающих для удаления покрытий с подвесок можно использовать смывки Контрокс 249ДВ (Финляндия) и Eskastrip (ФРГ) [72]. Характеристика смывки Eskastrip приведена в табл. 20, ниже дана характеристика смывки Контрокс 249ДВ:

Плотность при 20 °С, г/см <sup>3</sup>	1,28
pH	4,7
Горючесть	Негорючая
Температура кипения, °С	40—100

Удаление лакокрасочных покрытий с подвесок в расплавах солей применяется как на предприятиях Советского Союза [71], так

Таблица 20. Характеристика смывок Eskastrip фирмы Naug Chemie (ФРГ)

Показатели	S287	H320A	VC220A
Тип смывки	Кислотная	Щелочная	На основе органических растворителей
pH	1,0	13,0	2,2
Плотность при 20 °С, г/см <sup>3</sup>	1,83	1,328	1,292
Температура применения в ванне окунающей, °С	20—60	80—90	20
Удаляемые покрытия	Эпоксидные порошковые	Полиэфирные порошковые	Эпоксидные, полиуретановые

и за рубежом. Например, для удаления покрытий с подвесок окрасочного конвейера предлагается солевой расплав следующего состава [пат. 113878 Польша], %:

Нитрат натрия	70
Нитрит натрия	20
Хлорид натрия	5
Гидроксид натрия	5

Удаление покрытий осуществляется при 300 °С, при этом в процессе деструкции выделяется углекислый газ и вода.

Для удаления порошковых покрытий красками П-ЭП-177 серой и П-ЭП-177 рекомендуется применять расплав солей при температуре 400±5 °С [7].

Сравнение методов химического, термического и в расплавах солей показало, что наиболее эффективным является обжиг [7]. При этом качество очистки поверхности в расплавах солей выше, чем при использовании смывок [61]. Однако высокие энергетические затраты и значительная стоимость установки делает применение этого метода экономически целесообразным лишь при больших объемах производства. Холодная очистка рекомендуется при удалении однотипных лакокрасочных покрытий.

Для удаления покрытий с подвесок находит применение и криогенный метод [17; заявка 3041004, ФРГ]. Конвейер пропускают через ванну со сжиженным азотом, в котором покрытия становятся хрупкими. Затем конвейер с подвесками проходит между попарно расположенными вращающимися валами со множеством закрепленных на них ударных устройств в форме цепей или проволочки, в результате чего покрытия удаляются.

Фирма SFB (ФРГ) для удаления порошковых покрытий с подвесок предлагает процесс Frigoclean, в котором сочетается воздействие холода и струйной обработки с помощью синтетического гранулята [21, с. 26].

Описан [пат. 49—31020 Япония] электролитический метод удаления покрытий с подвесок, при котором в электролит, состоящий из спиртового раствора фосфорной кислоты и хлорированных углеводородов, погружают подвески и создают разность потенциалов между ними и стационарным электродом. В результате такого воздействия происходит отслаивание покрытия.

**Удаление покрытий с напольных решеток, окрасочных камер, пистолетов-распылителей.** Отверстия вентиляционных решеток в окрасочных цехах и пульверизационных камерах обычно забиваются высохшими лакокрасочными пленками, что приводит к нарушению баланса приточной вентиляции. Для очистки решеток применяются различные смывки. Так, покрытия с напольных решеток удаляются теми же химическими составами, которые предлагаются для очистки подвесок [57]. Могут быть использованы также методы: механический [73], пиролизный в сочетании с действием воды под высоким давлением [74], термохимический [пат. 4269724, США]

Пиролизный метод, по мнению автора работы [73], малоэффективен и к тому же может вызвать деформацию решеток. Так, если пиролизным методом за 10—12 ч можно очистить 60—80 решеток, то в одной ванне горячей смывкой можно удалить покрытие с 500 решеток за 5—6 ч. Поэтому предпочтительным является применение смывок, чаще всего щелочных. Используются водные растворы щелочей или солей щелочных металлов с рН 8—14 и плотностью 1,1—1,4 г/см<sup>3</sup> [57, 75], например смывку следующего состава [пат. 2523591 Франция], %:

Карбонат калия	7,5—30	Фосфорная кислота	1,5—5,6
Карбонат натрия	1,6—6,5	Бензотриазол	0,002—0,01

Для очистки пистолетов-распылителей используется смывка на основе органических растворителей [заявка 2440391 Франция], состоящая из равных объемов метилхлорида и трихлорэтилена и 8—15% крезола.

Для удаления остатков эпоксидных и полиуретановых покрытий с пола окрасочных цехов рекомендуется смывка СП-6.

#### Обезжиривание поверхностей после обработки смывками

При применении смывок для удаления лакокрасочных покрытий необходимо тщательно очищать поверхности от остатков старой краски и смывки. Особенно это относится к смывкам, содержащим воскообразные замедлители испарения.

Наиболее эффективными растворителями для очистки загрязненных парафином поверхностей является толуол, бутилацетат и уайт-спирит. Учитывая низкую токсичность уайт-спирита, его обычно и рекомендуют для обезжиривания поверхности, в частности, при использовании смывок СПС-1 и СПС-2 в судоремонте [34, с. 19; пат. 4231804 США]. В авиаремонте при использовании загущенной парафином смывки АС-1 обезжиривание проводят смесевым растворителем 645, основными компонентами которого являются толуол и сложные эфиры — этилацетат и бутилацетат или амилацетат [30, с. 66].

В ряде случаев для обезжиривания поверхностей после удаления покрытий жидкой смывкой АС-1 используют технические моющие средства (ТМС), при выборе которых следует исходить из их щелочности. Значения рН некоторых ТМС приведены ниже [76]:

ЭЛВА-5	7,12	ОСА	9,41—9,47
Полинка	9,26—9,30	МС-8	11,15—11,33
Вертолин 74-Б	8,52—8,57	ТОМП-100	10,3
Вертолин 74-НП	8,7—8,9		

Слабощелочные ТМС вертолин 74-НП и Полинка обладают достаточно хорошей обезжиривающей способностью, их используют в поточной линии.

Оценку чистоты поверхности при обезжиривании оценивают весовым (взвешивание деталей до и после обезжиривания) или индикаторными методами.

Для определения степени очистки стали и меди применяют ферроцианидный метод — на очищенную поверхность кладут лист бумаги, пропитанный следующим составом, г/л:

NaCl	50
K <sub>3</sub> Fe(CN) <sub>6</sub>	10
HCl	1

При контакте с чистой поверхностью бумага остается без изменений, а на загрязненной поверхности бумага покрывается белыми пятнами.

При использовании фуксинового метода на поверхность наносят раствор фуксина, который готовят путем растворения при нагревании в 200 г дистиллированной воды 2 г фуксина, 100 мл глицерина и 10 мл фенола. Через 5 мин после нанесения раствора поверхность промывают водой. Следы жировых и масляных загрязнений приобретают ярко-красный цвет.

В производственных условиях наиболее целесообразно использовать ферроцианидный и фуксиновый методы. Весовой метод пригоден для лабораторных исследований при отработке технологии обезжиривания.

#### УДАЛЕНИЕ ПОКРЫТИЙ С ПОВЕРХНОСТИ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

В ряде случаев, например, при ремонте мебели, паркетных полов, фасадов зданий, при производстве обоев, выделке кожи и т. д., возникает необходимость удалить лакокрасочные покрытия с деревянных поверхностей, штукатурки, бумаги, кожи, пластмассы, стекла и других неметаллических материалов. В таких случаях, чтобы не повредить поверхность подложки, в основном применяется химическая очистка, хотя известны примеры использования и других методов удаления покрытий — механического [77], термического [78].

#### Покрытия на древесине

В результате проникновения лакокрасочных материалов в поры древесины связь покрытий с поверхностью подложки часто становится настолько прочной, что операцию по удалению покрытий смывками приходится проводить в несколько приемов. Высокой адгезией к дереву обладают лаки НЦ-218, НЦ-243, ПЭ-232, ПЭ-265, более низкой — лаки ПЭ-246 и МЛ-2111 [78]. При подборе смывок необходимо учитывать также твердость пород древесины; для мягких пород рекомендуются смывки щелочные и на основе органических растворителей [заявка 3338027 ФРГ].

Одна из щелочных смывок имеет следующий состав [заявка 2048921 Англия], %:

Гидроксид натрия	11,5	Мел	38,5
Полимерный загуститель	10	Жидкое мыло	2,3
		Вода	38,7

В воде растворяют гидроксид натрия и при перемешивании вводят полимерный загуститель, жидкое мыло и мел. С помощью этой смывки покрытие легко удаляется с поверхности древесины.

Эффективная смывка для удаления покрытий кистью, методом окунания или распыления имеет следующий состав [пат. 4269724 США], %:

Метиленхлорид	63
Изопропиловый спирт	23
Оксипропилметилцеллюлоза	1
Воск (т. пл. 53—55 °С)	1
Моноэтанолламин	2 (по объему)
Гликолевая кислота	70 (по объему)

Акриловые покрытия удаляются с помощью этой смывки за 15 мин, эпоксидные с аминным отвердителем — за 30 мин, полиуретановые — за 10 мин, полисульфидные — за 5 мин.

При ремонте мебели применяют смывки СМ-1, СМ-2, БЭМ-2, Автосмывку [78]. Нитратцеллюлозные покрытия удаляются всеми этими смывками за 10—15 мин, при этом расход смывки составляет 300 г/м<sup>2</sup>. Полиэфирные и полиуретановые покрытия удаляют в два приема с выдержкой каждого слоя смывки в течение 30 мин; расход смывки при первом нанесении составляет 250—300 г/м<sup>2</sup>, при втором нанесении — 150—200 г/м<sup>2</sup>. При снятии полиэфирного покрытия лучший эффект достигается при использовании смывки СМ-2 и Автосмывки, при снятии полиуретанового покрытия — смывок СМ-2 и БЭМ-2. Покрытия после разрушения удаляют шпателем, а затем остатки нитратцеллюлозного покрытия — растворителем 646, а остатки полиэфирного и полиуретанового покрытий — уайт-спиритом. Все эти смывки по эффективности удаления полиуретановых покрытий существенно уступают приведенному выше американскому составу [пат. 4269724 США].

Для снятия покрытий с дубового паркета можно проводить с помощью смывки СПС-1. Смывку наносят на паркет и покрывают его полиэтиленовой пленкой. Через сутки покрытие удаляют с поверхности паркета.

При удалении полиэфирных покрытий применяют нагревание поверхности [78].

### Покрытия на стенах зданий

В процессе эксплуатации зданий периодически возникает необходимость восстанавливать разрушенные покрытия. При этом своевременное восстановление отслаивающихся покрытий на бал-

конных плитах необходимо для защиты от коррозии опорных элементов балкона [79].

В связи с тем что в Советском Союзе фасады зданий в крупных городах окрашивают перхлорвиниловыми материалами, удаление старых лакокрасочных покрытий имеет большое значение, так как новый слой краски способен подрастворять старое покрытие, тем самым вызывая его отслаивание [56]. Изучалась эффективность действия смывок СМ-1, СП-7, АФТ-1, СД (СП), Автосмывки при удалении перхлорвиниловых фасадных красок ХВ-161. На образцы — плитки из старой и свежеприготовленной штукатурки — наносили фасадные краски по следующей схеме:

Грунтование — лак 148 — 1 слой, сушка 3 ч;  
Шпатлевание — шпатлевка ХВ-0018 — 1 слой, сушка 24 ч;  
Окрашивание — краска ХВ-161 — 2 слоя, сушка 1-го слоя 24 ч при 18—22 °С, сушка 2-го слоя 7 сут при 18—22 °С.

Покрытие подвергали искусственному старению при 65 °С в течение 100 ч. Затем повторяли операции шпатлевания, окрашивания и искусственного старения 4 раза, что соответствовало 4-кратному ремонту фасада здания. Толщина слоя составляла 1,6 мм. Наиболее эффективной смывкой для удаления перхлорвиниловых фасадных красок оказалась смывка СМ-1 (см. рис. 17, а), причем с понижением температуры окружающего воздуха (от 20 до —10 °С, см. рис. 17, б) эффективность действия смывки уменьшается. Рекомендовано удалять покрытия с фасадов зданий при температуре не ниже 10 °С.

Предложена технология удаления покрытий с фасадов зданий и смывка следующего состава [а. с. 210847 ЧССР], %:

Метиленхлорид	80	Оксиэтилированный эфир	0,6
Ксилол	9	стеариновой кислоты	.
Этиловый спирт	6	Полиглицольстеарат	0,2
Парафин	3	Бензоат натрия	0,1
Этоксэтилцеллюлоза	1	Аммиачная вода	0,1

Смывку наносят кистью или валиком. Через 5—10 мин слой старого покрытия удаляют шпателем или струей воды под давлением 3—5 МПа.

Для удаления покрытий со стен применяют аэрозольные смывки на основе метиленхлорида и метилового спирта [пат. 23904484 Франция].

### Покрытия на полимерных материалах

Для снятия покрытий с пластмасс применяют механические и химические методы очистки [77]. Так, при ремонте авиационной техники удаление покрытий со стеклопластиков, асбестопрессованных материалов осуществляют с помощью дробеструйной очистки с использованием «мягких», например, полимерных, гранул.

Смывки подбирают таким образом, чтобы они не разрушали материал подложки. Так, с помощью смывки СПС-1 порошковые покрытия П-ЭП-91 удаляются с поверхности синтетических материалов за 10 мин.

Для удаления лакокрасочных покрытий с пластмасс, штукатурки, бумаги, тканей рекомендуется смывка следующего состава [заявка 2572086 Франция], %:

Метиленхлорид	78,5	Полиэпоксидированные	3
Метилэтилкетон	4	жирные спирты	
Диоксан	4	Бентон 27	1,5
Диэтиленгликоль	4	Газонаполнитель	1
Лаурилэтилсульфат,	4		
70%-й раствор			

### Покрытия на бумаге и типографские покрытия

Для удаления с обоев эмульсионных красок рекомендуется смывка, содержащая 35—90 % растворителей (простые и сложные эфиры гликолей, например целлозольв и этиленгликоляацетат, пластификатор с температурой кипения 120 °С, например дибутилфталат), 40 % эмульгаторов (диэтаноламин и др.), 1 % этилсульфатов, 40 % загустителей и около 10 % воды [пат. 1604391 Великобритания].

Смывка для снятия художественных темперных поливинилацетатных красок представляет собой водный раствор этилового спирта и этилацетата.

Удаление буквенных знаков с эмалированного металла производят составом, который готовят следующим образом [заявка 56—24471 Япония]. 250 г гидроксида натрия растворяют в 2 л воды и в раствор вводят 300 г измельченной туалетной бумаги, 350 г крахмала и небольшое количество противогнилостного агента (можно обойтись и без последнего). Смесь щеткой накладывают слоем толщиной 1—2 мм на удаляемые буквы или знаки и выдерживают 15—20 мин. После этого состав вместе с остатками покрытия полностью удаляют смывкой.

Для удаления типографских красок с деталей печатных машин можно применять водоземную смывку следующего состава [Европ. пат. 0174711], %:

Лимонен (компонент скипидара)	50—75
Эмульгатор (смесь олеофильного и гидрофильного)	1—5
Стабилизатор эмульсии	0,5—2,0
Вода	25—50

В смывку можно дополнительно вводить различные добавки — ингибитор коррозии, отдушки и т. д.

## ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ СО СМЫВКАМИ. ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ И УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ

При работе со смывками, которые, как правило, содержат вредные для здоровья человека и пожароопасные вещества, необходимо строго соблюдать меры пожарной безопасности, требования охраны окружающей среды и здоровья работающих.

### ОХРАНА ТРУДА

О степени вредности химического соединения судят по значению предельно допустимой концентрации (ПДК), которая означает, что при длительном воздействии вещества в указанной концентрации оно не будет вызывать заболевания человека или отклонений в состоянии его здоровья.

По степени воздействия на организм вредные вещества подразделяются на 4 класса [80, с. 124]: I — чрезвычайно опасные; II — высокоопасные; III — умеренно опасные; IV — малоопасные. Нормы ПДК в воздухе рабочей зоны вредных веществ, отнесенных к различным классам опасности, приведены ниже:

Класс опасности	I	II	III	IV
ПДК <sub>р.з.</sub> , мг/м <sup>3</sup>	0,1	0,1—1,0	1,1—10,0	10,0

ПДК веществ, наиболее часто входящих в состав смывок, приведены ниже [81], мг/м<sup>3</sup>:

Метиленхлорид	50	Этилацетат	200
Дихлорэтан	10	Бутилацетат	200
Трихлорэтилен	10	Этилцеллозольв	740
Метиловый спирт	5	Бутилцеллозольв	240
Этиловый спирт	1000	Диоксолан-1,3	50
Бутиловый спирт	10	Уротропин	2
Диэтиленгликоль	0,2	Фосфорная кислота	1
Бензол	5	Серная кислота	1
Толуол	50	Азотная кислота	5
Ксилол	50	Муравьиная кислота	9
Ацетон	200	Уксусная кислота	5
Метилэтилкетон	200	Гидроксид натрия	0,5

С целью предотвращения образования в воздухе производственных помещений концентраций летучих веществ выше ПДК (а также взрывоопасных концентраций) необходимо обеспечить эффективную приточно-вытяжную вентиляцию.

На примере некоторых смывок (АФТ-1, СП-7, СПС-1, СПС-2, АС-1) приводились санитарно-химические исследования по выделению в воздух летучих компонентов смывок в зависимости от

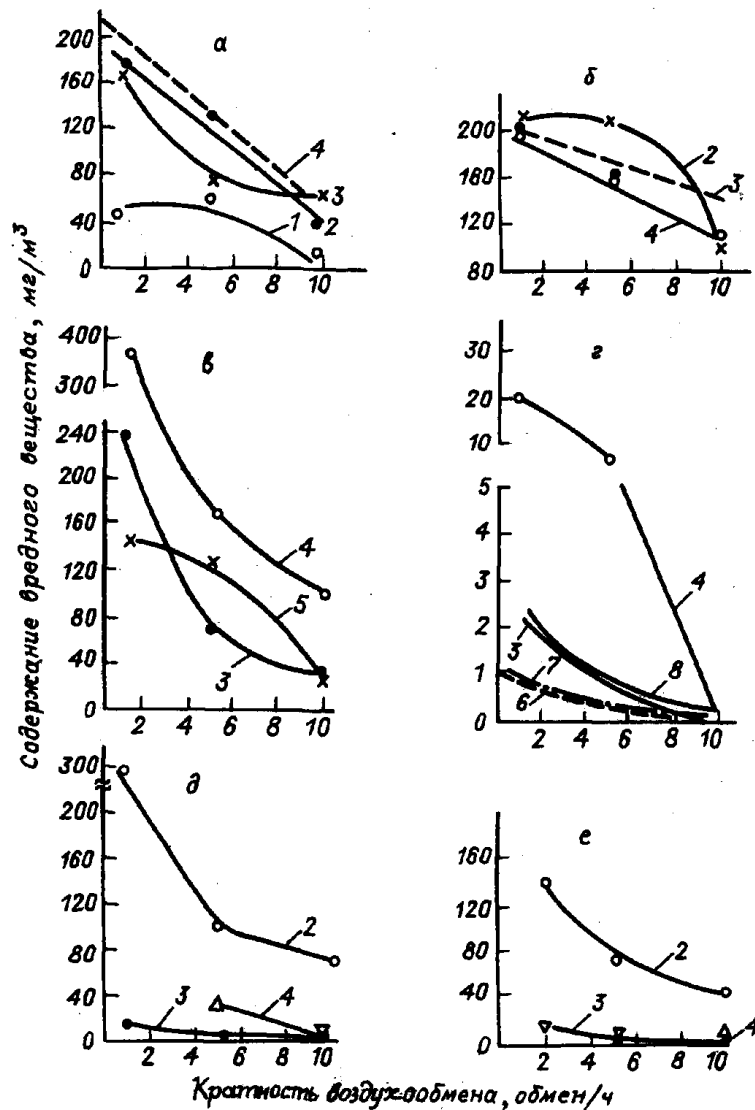


Рис. 26. Зависимость содержания в воздухе вредных веществ от частоты воздухообмена:

а — смывка СП-7 при 35 °С; б — смывка СПС-1 при 35 °С; в — смывка СПС-2 при 35 °С; г — смывка АФТ-1 при 20 °С; д — смывка АС-1 при 20 °С; е — смывка АС-1 с водой при 20 °С; 1 — аммиак; 2 — метилхлорид; 3 — этиловый спирт; 4 — окисляемость; 5 — метилэтилкетон; 6 — толуол; 7 — диоксолан-1,3; 8 — ацетон

эффективности воздухообмена. Методами газожидкостной хроматографии и колориметрическим определяли содержание в воздухе производственных помещений при температуре 20—35 °С, частоте

воздухообмена 1,5 и 10 обмен/ч и интервалах отбора проб от 15 мин до 2 ч.

Результаты санитарно-химических исследований смывок представлены на рис. 26, из которого видно, что с увеличением кратности воздухообмена снижается содержание в воздухе вредных веществ. Так, уровень ПДК по метилхлориду для смывки СП-7 (рис. 26, а) и смывки АС-1 с водой (рис. 26, е) достигается при кратности воздухообмена 10 обмен/ч. Для смывки СПС-1 (рис. 26, б) и смывки АС-1 (рис. 26, д) требуется более высокий воздухообмен.

С учетом результатов этих исследований были разработаны мероприятия по технике безопасности при работе со смывками на основе метилхлорида. Так, при использовании смывки СПС-1 в замкнутых и труднодоступных местах рекомендуется производить работы при кратности воздухообмена более 10 обмен/ч. Направление потока воздуха должно быть сверху вниз. Работы на открытых площадках необходимо проводить с подветренной стороны. Это относится ко всем смывкам при их использовании для снятия покрытий с больших поверхностей (например, борт судна).

К местам нанесения смывок на поверхность изделия как на открытых площадках, так и в закрытых помещениях следует подводить рукава вытяжной вентиляции. При этом в случае закрытого помещения должна работать вытяжная вентиляция из рабочей зоны и приточно-вытяжная в рабочем помещении. Кратность воздухообмена при работе со смывкой АС-1 должна составлять 15 объем/ч. Ванны окунающие, в которые заливают органические смывки, следует оборудовать вытяжной вентиляцией.

Для защиты кожи рук при работе со смывками на основе метилхлорида и с другими смывками рекомендуется использовать защитные кремы, составы которых приведены в табл. 21 [34, с. 19]. После нанесения защитного крема руки припудривают тальком.

Для защиты лица и глаз следует пользоваться очками типа ПО-2 и пластмассовыми козырьками.

Органы дыхания предохраняют ватно-марлевыми повязками, респираторами РУ-60М, РУ-62 с патроном марки «А» с аэрозольным фильтром РМП-62. Хорошо защищает от паров метилхлорида респиратор Schraubfilter (ГДР).

На судоремонтных заводах для работ по удалению покрытий с использованием смывок на основе метилхлорида оборудуется автономный участок, снабженный мощной системой вентиляции [66]. Обслуживающий персонал работает в легких пневмокостюмах типа ЛГ-4 или ЛГ-5, в которые подается чистый воздух при помощи компрессора воздухоудовки. При превышении в воздухе ПДК метилхлорида на световом табло зажигаются сигнальные лампы и срабатывает звуковая сигнализация. Рабочие имеют телефонную связь с цехом.

Таблица 21. Состав защитных кремов, %

Компоненты	Сейс-ского	МЭР-1	Казенновый		Метил-целлю-лозный	Мыль-ный	Противопоковый	
			БП	ЛИОТ			Ш	ЧС
Аммиак, 10%-ный вод-ный раствор	—	—	1,9	12,4	—	—	—	—
Борная кислота	1,9	—	—	—	—	—	—	—
Вода	37,5	38,0	—	36,95	66,8	73,7	57,3	—
Глицерин	14,1	10,0	19,7	12,37	11,7	5,7	—	—
Желатин	1,9	—	—	—	—	—	2,9	—
Казенн сухой	—	—	19,7	12,37	—	—	—	—
Канифоль	—	—	—	—	—	—	—	15,0
Каолин	—	40,0	—	—	7,8	—	—	—
Квасцы	—	—	—	—	—	—	1,5	—
Мыло минеральное	9,4	—	—	—	—	—	—	—
Крахмал	14,1	—	—	0,12	—	—	6,4	—
Метилцеллюлоза	—	—	—	—	3,9	—	—	—
Мыло нейтральное	—	12,0	—	—	—	—	—	—
Оксид цинка	—	—	—	—	—	—	14,5	—
Савол	—	—	—	—	—	—	—	10,0
Сода	—	—	—	—	—	1,9	—	—
Стеариновая кислота	—	—	—	—	2,0	18,7	—	—
Этиловый спирт	—	—	58,7	36,05	7,8	—	—	—
Тальк	21,1	—	—	—	—	—	14,5	75,0
Таннин	—	—	—	—	—	—	2,9	—

### МЕРЫ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Большинство органических смывок являются горючими, исключение составляют водоэмульсионные смывки, АС-1, СПС-1. Смывки СП-6 и СП-7 обладают пониженной горючестью, однако они способны возгораться при поднесении открытого пламени. Горючесть смывок проверяют двумя методами: путем поднесения открытого пламени к смывке, налитой в тигель, и по длине затухания пламени. О горючести смывок СП-7, СПС-1 и СПС-2 можно судить по следующим данным:

	СП-7	СПС-1	СПС-2
Время, за которое происходит возгорание смывки после поднесения открытого огня, мин	3	Не горит	Загорается сразу
Длина затухания пламени, мм через 1 ч	27,3	»	Сгорает полностью
через 2 ч	75,3	»	То же
через 3 ч	81,0	»	»

Таким образом, смывка СПС-1 является негорючей, смывка СПС-2 горючая, как и все смывки, которые не содержат хлорированных углеводородов и воды. Горючесть смывки СП-7 объясняется наличием в ней метилцеллюлозы, причем по мере улетучивания из смывки метилхлорида ее горючесть повышается.

При работе со смывками, особенно горючими, необходимо строго соблюдать следующие правила пожарной безопасности:

запрещается проводить работы вблизи открытых источников огня и источников искрообразования;

запрещается на расстоянии менее 10 м от места использования смывок проводить сварочные работы, пользоваться открытым огнем и т. д.;

в местах работы со смывками необходимо наличие пенных или углекислотных огнетушителей типа ОП-5, ОУ-2 или ОУ-5.

### ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ И УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ

При выборе методов удаления лакокрасочных покрытий необходимо учитывать их экологическую безопасность. С этой точки зрения предпочтительными являются методы удаления покрытий в псевдооживленном слое с последующим сжиганием швель-газов и криогенная обработка покрытий жидким азотом [72, с. 25; 82].

Образующиеся в процессе удаления лакокрасочных покрытий промышленные отходы можно разделить на следующие группы [83]:

1) газообразные, образующиеся при удалении покрытий смывками на основе органических растворителей;

2) жидкие, образующиеся при работе со смывками, гидрорескоструйной, гидравлической и ультразвуковой очистке, а также при использовании других способов удаления покрытий и при промывке изделий водой;

3) твердые — пыль при механической, абразивной и криогенной очистке, а также высохшие остатки покрытий при удалении с помощью смывок.

Наиболее широко в процессах удаления лакокрасочных покрытий применяется сжигание или захоронение отходов. Большой интерес представляют методы утилизации, с помощью которых можно возвратить отдельные компоненты смывок в производство: адсорбция на активных углях (рекуперация), отгонка, экстракция, ультрафильтрация, разделение фаз осаждением, фильтрованием, коагуляцией и т. д. В процессе утилизации могут быть использованы методы химической обработки — нейтрализация, окисление, восстановление, гидролиз и др. [83].

Наиболее безвредным способом утилизации горючих отходов, содержащих до 65% воды является их сжигание в установке «Вихрь» [84, с. 86], в которой действует принцип направленного барботажа с одновременной турбулизацией окислителя в камере горения и с использованием энергии испаряемой воды. В процессе сжигания не происходит коксования. Производительность таких установок в расчете на обводненные отходы от 200—1000 кг/ч, на 1 т отходов затрачивается 10—12 кВт энергии.

Перспективным является бесфорсуночное огневое обезвреживание легковоспламеняющихся отходов [85]. Сжигание обводненных жидких отходов осуществляется в котле ВОТ. Схема установки для сжигания отходов приведена на рис. 27.

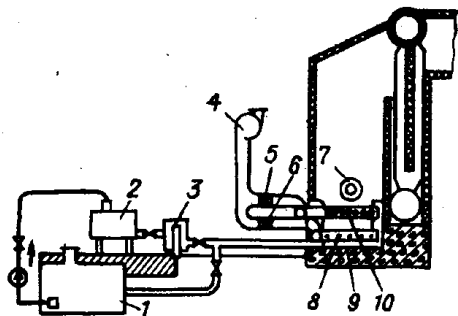


Рис. 27. Схема установки для сжигания отходов в котле ВОТ:

1 — сборная емкость отходов; 2 — расходный бак; 3 — регулятор уровня отходов в ванне; 4 — вентилятор; 5 — шибер на линии первичного воздуха; 6 — шибер на линии вторичного воздуха; 7 — газовая горелка котла ВОТ; 8 — барботер; 9 — барботажная ванна; 10 — сопла вторичного воздуха

Отходы, собираемые в подземной емкости 1, перекачивают в расходный бак 2, а оттуда они самотеком поступают в регулятор уровня 3, настроенный на рабочий уровень барботажной ванны 9. В барботер 8 вентилятором 4 подается свежий (первичный) воздух, в сопло 10 — отработанный (вторичный) воздух. Напор регулируется шиберами 5 и 6. Тепловая нагрузка котла обеспечивается газовой горелкой 7.

Жидкие отходы поступают в барботажную ванну, где за счет поступления первичного воздуха через отверстия барботера образуют пенный слой. С поверхности слоя в надслоевую зону выносятся капли различного фракционного состава, здесь происходит испарение части отхода. Вторичный воздух из сопла, направленного на барботируемый слой, создает воздушную завесу для крупных капель отхода. В результате высокой скорости вторичного воздуха крупные капли теряют свою энергию и возвращаются обратно в слой, а мелкие поступают в зону обезвреживания.

Технические характеристики установки приведены ниже:

Производительность, кг/с	0,01—0,04
Расход газа на основную горелку, м <sup>3</sup> /с	0,005—0,01
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /с	0,1—0,4
Статическая высота слоя отходов в барботажной ванне, м	0,14

Таким образом, для нагрева котла ВОТ успешно используются горючие отходы, причем сгорание токсичных веществ происходит полностью и сажа в продуктах огневой обработки отсутствует.

Газообразные отходы, образующиеся при работе с органическими смывками, можно улавливать и возвращать в производство путем рекуперации [30, с. 185; 84, с. 29].

Рекуперация растворителей из газовых выбросов производится в основном методом адсорбции. К адсорбентам предъявляются следующие требования [84, с. 29]:

1) высокая адсорбционная способность, т. е. способность поглощать большое количество растворителя при его малом содержании в воздухе;

2) высокая селективность по отношению к извлекаемому веществу;

3) химическая инертность по отношению к компонентам разделяемой смеси;

4) значительная механическая прочность;

5) способность к регенерации и низкая стоимость.

При рекуперации растворителей в качестве адсорбентов наиболее широкое применение получили активные угли, характеристика которых приведена в табл. 22 [84, с. 30].

Таблица 22. Характеристика активных углей

Марка	Размер гранул, мм	Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Предельный адсорбционный объем микропор, см <sup>3</sup> /г
СКТ	1,0—3,5	380—500	0,45—0,59
АГ-2	1,0—3,5	600	0,30
АГ-3	1,5—2,7	450	0,30
АГ-5	1,0—1,5	450	0,30
САУ	1,0—5,0	450	0,36
БАУ	1,0—5,0	400	0,33
АР-3	1,0—5,5	550	0,33
АРТ	1,0—6,0	550—600	0,33
СКТ-3	1,0—3,5	420—450	0,46

В качестве десорбирующих агентов обычно используют острый насыщенный пар, перегретый водяной пар, пары органических веществ, а также инертные газы.

Наиболее рентабельными являются рекуперационные установки, улавливающие растворители при их содержании в очищаемом воздухе от 1,5—4,5 г/м<sup>3</sup> [30, с. 187]. Ниже приведены такие значения для некоторых растворителей, входящих в составы смывок, г/м<sup>3</sup>:

Метиленхлорид	2,0	Бензин	2,0
Трихлорэтилен	1,8	Толуол	2,0
Метилацетат	2,1	Ксилол	2,1
Этилацетат	2,1	Этиловый спирт	1,8
Бутилацетат	1,5		

В процессе утилизации смывок на основе метиленхлорида может происходить его разложение с выделением хлороводорода, который можно улавливать и использовать в производстве в виде 15%-х растворов соляной кислоты.

Большой вред окружающей среде наносит сброс в водоемы отработанных растворов, содержащих остатки смывок. Перспективным является создание замкнутого цикла системы очистки и регенерации отработанных растворов.

Для регенерации моющих щелочных растворов, которые по составу компонентов близки к щелочным смывкам можно использовать метод ультрафильтрационной очистки с помощью полимерных или динамических мембран. Через мембраны проходят ще-

лочные соли и ПАВ, а масляные и механические загрязнения полностью задерживаются [86].

Мембраны изготавливаются на основе производных целлюлозы или химически стойких полимеров (полиамидов, сополимера винилиденфторида и тетрафторэтилена, фторопластов и др.) [87].

Стойкость некоторых материалов мембран в химически агрессивных средах приведена ниже (с — мембрана не изменяется при выдержке в среде; нс — наблюдаются изменения) [88]:

	Этилцел- люлоза	Ацетатцел- люлоза	Полиамид
Уайт-спирит	нс	нс	нс
Ацетон	нс	нс	с
Бензин авиационный	с	с	с
Этиловый спирт	с	нс	с
Олеиновая кислота	с	с	с
Трихлорэтилен	с	с	с
Тетрахлорметан	с	с	с
Раствор моющего состава КМ-2 (40 г/л) при добавлении:			
уайт-спирита	с	с	с
трихлорэтилена	с	с	с
тетрахлорметана	с	с	с
олеиновой кислоты	с	с	с

Мембраны из ацетата целлюлозы работают при рН 4,5—7, а из химических стойких полимеров — при рН 1—14.

Принципиальная схема установки для ультрафильтрации приведена на рис. 28 [86]. Моющий раствор из рабочей ванны обезжиривания 1 подается дозирующим насосом 8 через фильтр 2, где очищается от механических загрязнений, в промежуточную емкость 3, откуда циркуляционным насосом 7 направляется на очистку в ультрафильтрационные блоки 4. Ультрафильтрат проходит через мембраны и собирается в баке для фильтрата 5, откуда дозирующим насосом 6 перекачивается в рабочую ванну обезжиривания 1. Подача ультрафильтрата осуществляется периодически синхронно с забором отработанного раствора из ванны обезжири-

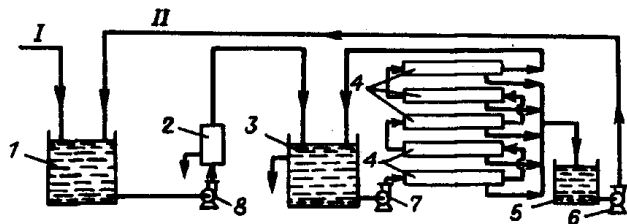


Рис. 28. Принципиальная схема установки регенерации щелочных растворов  
1 — ванна обезжиривания; 2 — фильтр для отделения механических примесей; 3 — циркуляционная емкость; 4 — блоки ультрафильтрации; 5 — емкость для сбора ультрафильтрата; 6—8 — насосы; I — линия подачи свежего моющего раствора для корректировки ванны обезжиривания; II — линия подачи ультрафильтрата в рабочую ванну обезжиривания

вания. Сконцентрированный по растворителю раствор возвращается в циркуляционную емкость 3. Часть растворителя с поверхности очищаемого раствора периодически сливается через маслоотделитель.

Кировоградский реммехзавод выпускает установку ОМ-21619-01 для регенерации водных моющих растворов, содержащих взвеси и нефтепродукты. Установка может работать совместно с отдельными моечными машинами для очистки деталей и узлов, для наружной очистки тракторов и сельскохозяйственных машин. Технические характеристики установки приведены ниже:

Производительность, м <sup>3</sup> /ч	4
Мощность электротехнических устройств, кВт, не более	25
Площадь, занимаемая установкой, м <sup>2</sup> , не более	15
Масса, кг	2000
Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/м <sup>3</sup>	6,3

Перспективными являются разработки в области создания для смывок биологически разлагающихся нетоксичных растворителей, не вызывающих коррозию металла [89].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нарастание объемов использования лакокрасочных материалов делает актуальным развитие различных методов удаления лакокрасочных покрытий. По мнению авторов работы [72], идеального метода удаления лакокрасочных покрытий не существует, и в каждой отрасли промышленности при ремонте различных изделий приходится подбирать наиболее подходящий в данном случае метод.

Технико-экономическое сравнение различных методов удаления лакокрасочных покрытий показывает, что наиболее предпочтительными с экономической точки зрения являются термические и криогенные методы [82]. В то же время имеются данные о достаточно высокой энерго- и капиталоемкости пиролизного метода [9] и метода удаления покрытий в расплавах солей [61]. Эти методы целесообразно применять при больших объемах производства.

По экологическим показателям наибольшего внимания заслуживают методы, в которых не применяются химические составы.

Использование смывок непременно должно сочетаться с мероприятиями по обезвреживанию и утилизации образующихся в процессе очистки поверхностей отходов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Яковлев А. Д., Евстигнеев В. Г., Гусин П. Г. Оборудование для получения лакокрасочных покрытий. Л.: Химия, 1982. 192 с.
2. Франчук Г. М., Савченко В. И. Опыт использования аэрозольных газодинамических потоков в технологических процессах очистки. Киев: О-во «Знание», 1988. 16 с.
3. Рейбман А. И. Защитные лакокрасочные покрытия. Л. Химия: 1982. 320 с.
4. Точенов Л. А. Состояние и перспективы механизации технологических процессов очистки самолетов. М.: ЦНТИ Гражданской авиации, 1985. 54 с.
5. Судовые покрытия: Справочник. Л.: Судостроение, 1982. 208 с.
6. Яковлев А. Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий. Л.: Химия, 1989. 384 с.
7. Bruno W. // Riv. Colore-Verniciat. ind. 1983. V. 16. N 183. P. 184, 202—207.
8. Fronek K., Herschmann G. // Metallobertfläche. 1985. Bd. 39. N 3. S. 77—79.
9. Hollmann A. // Industrie Lackierbetrieb. 1980. Bd. 48. N 2. S. 51—54.
10. Hansen H. // Industrie Lackierbetrieb. 1982. Bd. 50. N 1. S. 19—22.
11. Oberfläche + Jot. 1980. Bd. 20. N 5. S. 51—54.
12. Kirst W. // Industrie Lackierbetrieb. 1980. Bd. 48. N 5. S. 165—169.
13. Kirst W., Tiatini M. // Riv. Colore-Verniciat. ind. 1983. V. 16. N 185. P. 228—230.
14. Alberto B. // Riv. Colore-Verniciat. ind. 1984. V. 17. N 194. P. 192—195.
15. Rodolfo V. L. // Pintyacabados ind Recubr. org. y metal. 1981. V. 23. N 114. P. 29—30.
16. Защита от коррозии старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений. Справочник. М.: Машиностроение, 1987. Т. 1. 688 с.
17. Chem. Techn. 1983. V. 12. N 3. P. 16.
18. Волосатов В. А. Работа на ультразвуковых установках. М.: Высшая школа, 1984. 192 с.
19. Лабазин А. Д., Альминович Л. В. // Лакокрасочные материалы и их применение. 1989. № 3. С. 57—59.
20. Крылов К. М., Прокопенко В. Т., Митрофанов А. С. Применение лазеров в машиностроении и приборостроении. Л.: Машиностроение, 1978. 336 с.
21. Касимова Г. С., Кантерова Т. И., Сухарева Т. М. и др. Современные методы и составы для подготовки поверхности металлов перед окраской. М.: НИИТЭХИМ, 1983. 33 с.
22. Моисеев Ю. Б., Заиков Г. Е. Химическая стойкость полимерных материалов в агрессивных средах. М.: Химия, 1979. 288 с.
23. Зуев Ю. С. Разрушение полимеров под действием агрессивных сред. М.: Химия, 1972. 230 с.
24. Воробьев Г. Я. Химическая стойкость полимерных материалов. М.: Химия, 1981. 296 с.
25. Оржаховский М. А., Цингарели Е. П. // Лакокрасочные материалы и их применение. 1979. № 4. С. 20—22.
26. Простяков В. М., Река Б. А. // Лакокрасочные материалы и их применение. 1987. № 2. С. 37—38.
27. Ермилов П. М., Индейкин Е. А., Толмачев И. А. Пигменты и пигментированные лакокрасочные покрытия. Л.: Химия, 1987. 200 с.
28. Дринберг С. А., Ицко Э. Ф., Шрейнер С. А. / Лакокрасочные материалы и их применение. 1972. № 3. С. 84—86.
29. Калининская Т. В., Доброневская С. Г., Аврутина Э. А. Окрашивание полимерных материалов. Л.: Химия. 1985. 184 с.

30. Дринберг С. А., Ицко Э. Ф. Растворители для лакокрасочных материалов: Справочное пособие. Л.: Химия, 1986. 208 с.
31. Чалых А. Е. Диффузия в полимерных системах. М.: Химия, 1987. 312 с.
32. Ицко Э. Ф. Применение смывок для удаления лакокрасочных покрытий. Л.: ЛДНТП, 1985. 20 с.
33. Ицко Э. Ф., Короткова Н. В. // Прогрессивные способы подготовки поверхности под окраску. Л.: ЛДНТП, 1980. С. 78—87.
34. Ицко Э. Ф., Протасенко Л. В., Куцевалова Е. П. Новые составы для удаления лакокрасочных покрытий. Л.: ЛДНТП, 1976. 24 с.
35. Philpp K. // Mod. Paint and Coat. 1987. V. 77, N 4. P. 44, 46.
36. Слизень В. В., Шушканова Т. Г., Соколыч Н. А. и др. // ЖПХ. 1988. Т. 51. № 10. С. 2377—2379.
37. Зуев Ю. С. // Пластификаторы и защитные агенты из нефтяного сырья. М.: Химия, 1970. С. 122—130.
38. Farbe und Lack. 1988. Bd. 94. N 53. S. 353.
39. Ицко Э. Ф., Протасенко Л. В., Куцевалова Е. П., Короткова Н. В. // Лакокрасочные материалы и их применение. 1976. № 6. С. 31—33.
40. Рационализаторские предложения и изобретения: Научно-технический реферативный сборник. М.: НИИТЭХИМ, 1981. вып. 6. С. 4.
41. Защита от коррозии, старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений: Справочник. М.: Машиностроение, 1987. Т. 2. 784 с.
42. Смолин В. В. // Химическая промышленность, 1987. № 6. С. 46—47.
43. Марахтанова Э. Н. // Рационализаторские предложения, внедренные в химическую промышленность. М.: НИИТЭХИМ, 1981. № 7. С. 1.
44. Кминов И. Я. Коррозия химической аппаратуры и коррозионностойкие материалы. М.: Машгиз, 1960. 512 с.
45. Абрамзон А. А., Зайченко Л. П., Файнгольд С. М. Поверхностно-активные вещества. Л.: Химия, 1988. 200 с.
46. Joseph M. // Metal Finish. 1979. V. 77, N 8. P. 39—43.
47. Ковалиско Ю. М., Спрыса К. В., Герасимович О. Е. // Лакокрасочные материалы и их применение. 1976. № 6. С. 77—79.
48. Ефремов Л. Н., Лапин В. С., Реваа И. А., Серебрякова Е. Б. // Лакокрасочные материалы и их применение. 1974. № 3. С. 68—69.
49. Искра Е. В. Лакокрасочные материалы и покрытия в судостроении. Л.: Судостроение, 1984. 368 с.
50. Касьяненко Н. А., Стрелецкий В. З. // Технология автомобилестроения. 1980. № 12. С. 14—15.
51. Chem. Express. 1987. V. 2. N 4. P. 237—240.
52. Metal Finish. 1987. V. 85. N 1A. P. 544, 546—547.
53. Галушков П. А., Якубовский С. Ф., Красько Э. П., Троцкая Э. Х. // Лакокрасочные материалы и их применение. 1989. № 3. С. 94—96.
54. Войтович В. А. Краски для дома. М.: Химия, 1986. 144 с.
55. Лакокрасочные материалы. Технические требования и контроль качества: Справочное пособие. М.: Химия, 1984. 352 с.
56. Шуб Б. М., Коц А. В., Ротань В. Я. // Лакокрасочные материалы и их применение. 1984. № 6. С. 21—23.
57. Левашева С. А., Наугольный А. Г., Сабулькин Е. М. // Лакокрасочные материалы и их применение. 1983. № 2. С. 57—59.
58. Горловский И. А., Козулин Н. А. Оборудование заводов лакокрасочной промышленности. Л.: Химия, 1980. 376 с.
59. Колмыков Ю. А., Кожевников В. М., Точенов Л. А. // Теория и производство двигателей летательных аппаратов: Тезисы докладов, Куйбышев, 1977. С. 90.
60. Vodoz L. // Werniciatura Industriale. 1983. V. 16. N 3. P. 79—80.
61. Oberfläche + Jot. 1982. Bd. 22. N 4. S. 54, 57.
62. Anti-Corros. Meth. and Mater. 1984. V. 31. N 1. P. 21—22.
63. Industrie Lackierbetrieb. 1982. Bd. 50. N 9. S. 364.
64. Prod. Finish. 1982. V. 35. N 10. P. 12.
65. Polimers Paint Col. J. 1988. V. 178. N 4210. P. 196.
66. Трензенко О. Е. // Судоремонт. 1976. № 32. С. 39—40.
67. Романов В. В., Астахин А. В. // Научные труды Московского лесотехнического института. 1978. № 108. С. 117—118.
68. Чертов В. С., Баранов С. М., Мовсян Е. А. // Лакокрасочные материалы и их применение. 1987. № 3. С. 57.
69. Илимбетова Г. С., Козицына Г. П. // Лакокрасочные материалы и их применение. 1988. № 5. С. 55.
70. Kozłowska A. // Powiochr. 1979. V. 7. N 4—5. P. 36—42.
71. Шульчишина И. М. // Лакокрасочные материалы и их применение. 1987. № 1. С. 61.
72. Кантерова Т. И., Сухарева Т. М., Касимова Г. С., Дорошенко В. Г. // Прогрессивная технология подготовки поверхности под окраску: Обзорная информация. Сер. «Технология лакокрасочных покрытий». М.: НИИТЭХИМ, 1988. 36 с.
73. Vostřak S. // Povrch. upr. 1984. N 1—2. P. 17—18.
74. Masch und Werkzeug. 1983. Bd. 84. N 25. S. 16—17.
75. I. of Abstracts of the British Ship. Resear. Assoc. 1982. V. 37. N 2. P. 128.
76. Девяткина Т. С., Кропачева О. М., Полякова С. Е., Тельманова О. Н. // Лакокрасочные материалы и их применение. 1987. № 5. С. 69—70.
77. Double Liaison. 1986. V. 33. N 365—366. P. 13—16.
78. Барташевич А. Н. // Деревообрабатывающая промышленность. 1986. № 9. С. 16—17.
79. Mappe. 1985. Bd. 105. N 5. S. 9—14.
80. Зиньковский М. М. Техника безопасности и производственная санитария. М.: Металлургия, 1984. 232 с.
81. Беспамятнов Г. П., Кротов Ю. А. Предельно-допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде: Справочник. Л.: Химия, 1985. 528 с.
82. Benning H. // Tech. Rdsch. 1983. V. 75. N 42. P. 27—29.
83. Наркевич И. П. // Химическая промышленность. 1988. № 4. С. 51—54.
84. Шабельский В. А., Андреенок В. М., Евтюков Н. З. Защита окружающей среды при производстве лакокрасочных покрытий. Л.: Химия, 1985. 120 с.
85. Гудзюк В. Л., Шельгин Б. Л., Беляев Л. А., Бахирев В. И. // Лакокрасочные материалы и их применение. 1986. № 1. С. 65—66.
86. Щербаков В. Л., Елисаветский А. М., Карасева В. Д. Проблемы и перспективы создания замкнутой технологии обезжиривания при подготовке поверхности металла перед окрашиванием: Обзорная информация. Сер. «Технология лакокрасочных покрытий». М.: НИИТЭХИМ, 1986. 14 с.
87. Мембраны и мембранная техника: Каталог. Черкассы, 1988. 32 с.
88. Воронова Т. Б., Щербаков В. Л., Дорошенко В. Г. // Антикоррозионная защита металлов лакокрасочными покрытиями. М.: НИИТЭХИМ, 1979. С. 83—87.
89. Burte H. M., Lynch C. T. // Ind. and Eng. Chem. Prod. Res. and Develop. 1980. V. 19. N 2. P. 166—172.

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ИЗДАНИЕ

**Ицко Эдуард Федорович**

## **УДАЛЕНИЕ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ**

Редактор *А. Е. Пинчук*  
Обложка художника *В. Т. Левченко*  
Техн. редактор *Л. Ю. Линева*  
Корректор *Л. С. Лазоренко*

ИБ № 2582

Сдано в набор 21.05.90. Подписано в печать 1.02.91. Формат бумаги 60×90<sup>1/16</sup>. Бумага офсетная № 2. Литературная гарнитура. Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,0. Усл. кр.-отт. 6,25. Уч.-изд. л. 6,25. Тираж 13 000 экз. Зак. 800. Цена 1р.

Ордена «Знак Почета» издательство «Химия», Ленинградское отделение.  
191186, Ленинград, Д-186, Невский пр., 28.

ПО-3 Ленуприздата.  
191104, Ленинград, Литейный пр., 55.

667.6  
И96

---

**УДАЛЕНИЕ  
ЛАКОКРАСОЧНЫХ  
ПОКРЫТИЙ**

---

ЭФ. Ицко

**УДАЛЕНИЕ  
ЛАКОКРАСОЧНЫХ  
ПОКРЫТИЙ**

Химия