

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»

Н.М. Романченко

ЗАЩИТА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ОТ КОРРОЗИИ

Рекомендовано научно-методическим советом федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Красноярский государственный аграрный университет» для внутривузовского использования в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлению 35.03.06 «Агроинженерия» (профиль «Технические системы в агробизнесе»)

Красноярск 2016

ББК 40.72

Р 69

Рецензенты:

Н.В. Петровский, канд. техн. наук, доцент,
директор ФГБНУ «Красноярский НИИСХ»

Ф.М. Носков, канд. техн. наук, доц. каф. материаловедения
и технологий обработки материалов Политехнического института СФУ

Р 69 Романченко, Н.М.

Защита сельскохозяйственной техники от коррозии: учеб.
пособие / Н.М. Романченко; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск,
2016. – 188 с.

Учебное пособие содержит основные теоретические сведения, практические рекомендации и методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Защита сельскохозяйственной техники от коррозии».

Предназначено для студентов, обучающихся по программе бакалавриата по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия».

© Романченко Н.М., 2016

© ФГБОУ ВО «Красноярский государственный
аграрный университет», 2016

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Защита сельскохозяйственной техники от коррозии» включена в обзор изучаемых дисциплин, утвержденный советом Института управления инженерными системами, как дисциплина по выбору студента вариативной части профессионального цикла дисциплин подготовки студентов по направлению 35.03.06 «Агроинженерия» (профиль «Технические системы в агробизнесе»).

В результате изучения курса «Защита сельскохозяйственной техники от коррозии» студент должен приобрести знания, которые помогут ему решать многочисленные инженерные проблемы, возникающие при эксплуатации и ремонте сельскохозяйственной техники и технологического оборудования для производства и первичной переработки продукции растениеводства и животноводства.

Студенты **должны знать**: теорию коррозионных процессов, наиболее характерных для сельскохозяйственного производства; закономерности рационального выбора и применения существующих методов и средств противокоррозионной защиты сельскохозяйственной техники; состав, свойства, технологии нанесения различных защитных антикоррозионных покрытий.

Студенты **должны уметь**: оценивать и прогнозировать состояние материалов и причины отказов деталей под воздействием на них различных эксплуатационных факторов; выбирать на практике подходящее защитное покрытие в зависимости от многообразных условий эксплуатации и хранения сельскохозяйственной техники.

Реализация в дисциплине «Защита сельскохозяйственной техники от коррозии» требований ФГОС ВПО, ООП ВПО и учебного плана по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия» должна формировать следующие компетенции:

– ОПК-2 – способность к использованию основных законов естественно-научных дисциплин в профессиональной деятельности;

– ОПК-5 – способность обоснованно выбирать материал и способы его обработки для получения свойств, обеспечивающих высокую надежность детали.

В предлагаемом учебном пособии представлен основной теоретический материал и методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Защита сельскохозяйственной техники от коррозии».

Для проверки полученных знаний по каждой из тем предложены контрольные вопросы и образцы тестовых заданий.

Глава 1

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КОРРОЗИИ. КОРРОЗИОННОСТОЙКИЕ И ЖАРОСТОЙКИЕ МАТЕРИАЛЫ

В наши дни защита металлов от коррозии является одной из важнейших научно-технических и экономических проблем мирового народного хозяйства.

Цель курса «Защита сельскохозяйственной техники от коррозии» – более подробное изучение студентами вопросов, связанных как с теорией коррозионных процессов, наиболее характерных для сельскохозяйственного производства, так и с практикой рационального выбора и применения существующих методов и средств противокоррозионной защиты сельскохозяйственной техники.

Коррозией (от лат. *corrodere* – разъедать, разрушать) называют разрушение материалов под влиянием окружающей среды в результате ее химического или электрохимического воздействия.

Согласно международному стандарту ISO 8044, под коррозией понимают физико-химическое или химическое взаимодействие между металлом (сплавом) и средой, приводящее к ухудшению функциональных свойств металла (сплава), среды или включающей их технической системы.

Обычно рассматривают коррозию металлических материалов. Однако это явление характерно не только для металлов и сплавов, аналогичные процессы могут происходить и в неметаллических материалах – пластмассах, керамике.

Коррозия влияет на все аспекты жизни, наносит существенный материальный ущерб и угрожает нашей безопасности. Изделия и материалы, с которыми человек повседневно имеет дело, – автомобили, дороги, мосты, жилые здания, водопроводы подвергаются постоянным коррозионным атакам, и этот процесс нельзя оставить неконтролируемым.

Сегодня в мире существует лишь 30 % металлофонда, произведенного за всю историю человечества. Остальные миллиарды тонн исчезли, в основном по причине коррозии. Экономисты разных стран постоянно делают попытки оценить ущерб от коррозии для народного хозяйства.

Ущерб, причиняемый коррозией, может быть прямым и косвенным.

Прямой ущерб включает в себя стоимость замены подвергшихся коррозии частей машин, трубопроводов, устройств.

Косвенный ущерб от коррозии связан с простоем оборудования в результате аварий, ухудшением качества продукции, например, в результате ее загрязнения, увеличением расхода топлива, материалов, энергии. Так, при выходе из строя химической аппаратуры не выпускается продукция, отказ в работе двигателей приводит к простоем ценного оборудования, нарушение герметичности газо- и нефтепроводов делает возможным утечку ценного сырья. Если в результате коррозии водопроводной системы прекращается подача воды на завод, то ремонт водопровода будет стоить во много раз меньше, чем расходы, связанные с остановкой завода на несколько часов. В зависимости от страны и климатических условий суммарный ущерб, наносимый коррозией, достигает уровня 3...10 % валового продукта (в России – 2,1 %). Так, убыток, наносимый коррозией народному хозяйству США, оценивается в 300 млрд долл. в год, или 1200 долл. в год на душу населения.

Проникновение в окружающую среду газа, нефти и других продуктов в результате коррозии приводит не только к материальным потерям, но и к угрозе жизнеобеспечения человека и природы. Если ущерб замены и ремонта оборудования можно хотя бы рассчитать, то ущерб окружающей среде не поддается расчету.

Защита сельскохозяйственной техники от коррозии способствует безаварийности и долговечности ее работы.

Как уже было сказано, убытки, причиняемые коррозией парку машин, занятых в сельском хозяйстве, исчисляются многими миллионами рублей. Они включают в себя как прямые, так и косвенные расходы. К прямым относятся расходы на материалы для ремонта, к косвенным – потери от вынужденных простоев машин и снижение их эксплуатационных возможностей до их полного выхода из строя (например, на 25 % снижается мощность поршневых двигателей, у которых поражены коррозией зеркала цилиндров, расход масла увеличивается на 50...80 %, а сроки службы двигателей сокращаются вдвое).

Особенностью сельскохозяйственной техники является сезонность ее использования. В период длительного хранения (без консервации) под действием влаги, солнечных лучей, ветра, колебаний температуры и других факторов происходят разрушения и деформация ряда деталей и покрытий, возникают неисправности, которые иногда трудно обнаружить даже после разборки во время ремонта. Коррозия подшипников качения, прецизионных деталей топливной аппаратуры и гидросистемы, шлифовальных поверхностей валов, цилиндров и

других деталей обнаруживается только во время работы, вызывая длительные простои машин.

Многие исследователи считают, что 50 % простоев сельскохозяйственной техники в период сезонных работ (посева, уборки урожая) связано с коррозией деталей в период межсезонного хранения на открытых площадках. Особенно сильно разрушается тонколистовая сталь, удельная масса которой в конструкциях сельскохозяйственных машин очень велика, а также рабочие органы машин, резьбовые соединения, сварные швы, внутренние поверхности емкостей из-под ядохимикатов и удобрений. Так, усталостная прочность тонколистовых сталей марок Ст3 и 08 при коррозионных поражениях за один год может снижаться на 35...40 %, а износостойкость сопрягаемых деталей из сталей 45 и 20, чугуна СЧ18 и стали 20 при коррозии может снизиться в 1,5-4 раза.

На развитие коррозии оказывают влияние условия, в которых работают сельскохозяйственные машины. Наиболее агрессивно влияют черноземы и болотистые почвы, сточные воды, особенно с высоким содержанием навоза, соки трав и зерновых культур и т. д. В наиболее опасных условиях находятся машины для внесения удобрений, гербицидов и ядохимикатов. Частички этих веществ, растворенные в атмосферной влаге, образуют электролиты (кислоты и соли), вызывающие сильную коррозию. Поэтому так быстро выходят из строя туковысевающие аппараты, тукопроводы, емкости и аппаратура для внесения аммиачных удобрений и другие детали. Срок службы этих машин нередко в 3-4 раза меньше срока службы тракторов. Создание механизированных животноводческих ферм и комплексов расширило сферу применения различных видов металлических конструкций, стационарного и мобильного оборудования, электротехнических и других изделий, находящихся в жестких в коррозионном отношении условиях. Этому способствует насыщенность окружающего воздуха аммиаком, углекислым газом, сероводородом и высокая влажность в помещениях. На комбайны, плуги, сеялки, культиваторы также постоянно действуют атмосферные разрушающие факторы, так как эти машины эксплуатируются и хранятся в большинстве хозяйств под открытым небом.

В условиях эксплуатации, хранения и ремонта машин большое значение в сохранении сельскохозяйственной техники имеют правильный выбор и применение противокоррозионных средств, и прежде всего разного рода защитных покрытий, которые должны не

только надежно защищать от коррозии металлические рабочие поверхности, но и не требовать больших затрат при нанесении и обеспечивать минимальные трудозатраты при расконсервации. В последние годы предложен целый ряд эффективных противокоррозионных средств, к которым относятся новые атмосферостойкие грунты и эмали (МС-0141, 11Ф-042, ПФ-И26, ПФ-1127, КО-198, ВН-30 и др.), тонкопленочные ингибированные покрытия (ЛСП, ВАП-2, НГ-216 и др.), модификаторы ржавчины (МС-0152 и др.), восковые составы (автоконсервант, ПЭВ-74 и др.), рабочеконсервационные масла и т. д.

Одним из наиболее перспективных методов консервации сельскохозяйственной техники является применение летучих ингибиторов, которые позволяют снизить затраты на противокоррозионную защиту в 5–10 раз по сравнению с применявшимися ранее материалами при одновременном повышении длительности и эффективности защиты.

Большое внимание следует уделять подготовке поверхности перед нанесением защитных покрытий. Определено, что в 60...70 % случаев преждевременного выхода из строя покрытий причиной является плохая очистка металлической поверхности.

В последнее время для снижения затрат на защиту от коррозии и подготовку поверхности под лакокрасочные покрытия широко применяют различные виды модификаторов ржавчины. Используя некоторые из них, можно миновать стадию механической подготовки поверхности. Применение модификаторов ведет к значительному сокращению трудоемкости подготовки поверхности, улучшению качества ее обработки, адгезии ЛКП (лакокрасочного покрытия) к металлу, а главное – замедляет процесс коррозии.

От всех видов коррозии техника может быть защищена применением специальных материалов. Существуют два способа защиты техники от коррозии с применением материалов специального назначения, воздействующих *на окружающую среду* и *на металл*. Как правило, в сельскохозяйственном машиностроении не используют материалы специального назначения из-за их высокой стоимости. Поэтому *на среду* воздействуют следующим образом: герметизируют полости машин и тракторов (полностью или частично); осушают воздух (с применением силикагеля, активированного угля); создают искусственные среды (легколетучими нейтрализующими добавками, легколетучими ингибиторами, фунгицидами, деаэрацией водных и влажных сред, например, в системе водяного охлаждения двигателей

внутреннего сгорания). *Воздействие на металл* заключается в механической обработке металлоконструкций, очистке их с последующим нанесением защитных смазок, составов и покрытий.

§ 1.1. Типы коррозии

Классификация коррозионных процессов дает представление об их многообразии и позволяет выделить те из них, которые характерны для машин и механизмов, применяемых в сельском хозяйстве.

Коррозию различают:

- по механизму взаимодействия металла со средой (*типы коррозии*);
- по условиям ее протекания и характеру коррозионного разрушения (*виды коррозии*).

Таким образом, *по механизму процесса* различают *химическую и электрохимическую* коррозию (типы коррозии).

Химическая коррозия

Химическая коррозия – процесс взаимодействия металла со средой, не проводящей электрического тока. Это могут быть *газы* при высокой температуре или *жидкости*, являющиеся неэлектролитами.

При химической коррозии металлы и сплавы разрушаются без электрического тока, а продукты коррозии, как правило, остаются на поверхности протекшего металла и сплава.

Примером химической коррозии может служить взаимодействие металла с кислородом, особенно при высоких температурах, галогенами, сероводородом, сернистым газом и т. д. (окисление при высоких температурах металлической арматуры печей, клапанов двигателей внутреннего сгорания, поршней и колец двигателей, элементов электронагревателей). По химическому механизму протекает и коррозия металлов в жидкостях, не проводящих электрического тока, но способных химически взаимодействовать с металлом (спирте, бензине, мазуте и т. п.). Например, металлы могут разрушаться в полностью обезвоженной нефти и продуктах ее переработки, если в среде находятся соединения, химически взаимодействующие с данным металлом: сероводород, серосодержащие продукты и т. д.

В процессе химического разрушения на поверхности металла образуется пленка из продуктов коррозии, обычно окислов. В неко-

торых случаях эта пленка предохраняет лежащий под нею металл от дальнейшей коррозии, то есть делает его более пассивным по отношению к окружающей среде. Необходимым условием защиты металла от последующей химической коррозии является образование на поверхности металла сплошной и плотной пленки, которая защищает (пассивирует) металл от дальнейшего разрушения. Сравнительно плотные окисные пленки образуются на поверхности алюминия, свинца, олова, никеля и хрома. Рыхлые окисные пленки возникают в ходе окисления бария, кальция и магния.

На стальных изделиях при температурах 200...300 °С появляется видимая пленка окислов, которая растет с повышением температуры. До 600 °С скорость коррозии углеродистой стали очень мала, но при дальнейшем повышении температуры скорость окисления металла резко повышается, и защитное действие пленки прекращается. Легированные стали можно нагревать без заметного окисления до более высоких температур.

Алюминий при высоких температурах покрывается тонкой плотной пленкой, устойчивой до температуры плавления. Эти свойства алюминия используют и добавляют его в качестве легирующей добавки в другие сплавы. Медь окисляется на воздухе и образует пленку, которая предохраняет ее от дальнейшего окисления.

Сплавы на основе никеля хорошо сопротивляются газовой коррозии и обладают высокой жаропрочностью.

Электрохимическая коррозия

Электрохимическая коррозия металлических изделий происходит в различных водных растворах, проводящих электрический ток. Это наиболее распространенный тип коррозии. Она совершается в атмосферных условиях, на море, в земле, в грунтовых водах, в растворах кислот и щелочей, в почве.

Сущность процесса электрохимической коррозии заключается в том, что атомы, находящиеся в узлах кристаллической решетки металла, при контакте с раствором электролита переходят в раствор в форме ионов, оставляя эквивалентное количество электронов в металле. Переход атомов металла в ионы и растворение их в жидком электролите определяются величиной нормального электродного потенциала E_0 (В). Он характеризует то напряжение электрического тока, которое надо приложить к границе раздела твердого металла с

жидким электролитом, чтобы воспрепятствовать переходу иона металла в раствор. Чем отрицательнее нормальный электродный потенциал, тем более резко выражено стремление металла к растворению в электролитах. Так, свинец растворяется значительно медленнее, чем железо.

Значения электродного потенциала E_0 разных элементов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Значения электродного потенциала разных элементов

Элемент	E_0 (В)	Элемент	E_0 (В)
Mg	-2,37	Sn	-0,14
Al	-1,66	Pb	-0,13
Zn	-0,76	H	0
Cr	-0,74	Cu	0,34
Fe	-0,44	Hg	0,79
Co	-0,28	Ag	0,80
Ni	-0,25	Au	1,50

Разные фазовые составляющие, присутствующие в структуре сплава, находясь в электролите, приобретают разные по величине и знаку электродные потенциалы. Чем больше различие в электродных потенциалах отдельных фазовых составляющих, тем активнее будут протекать коррозионный процесс и коррозионное разрушение сплава. Электрохимическая гетерогенность поверхности металла является причиной коррозии. Более коррозионностойкими являются сплавы со структурой однородного твердого раствора.

Однако даже в случае однородной структуры коррозия может развиваться за счет образования анодных областей из-за наличия межкристаллитной пористости, остаточных напряжений в отдельных зернах и других факторов.

Особенно сильно электрохимическая коррозия развивается в случае контакта в конструкции разнородных материалов с разными потенциалами (например коррозия стальных деталей в контакте с медными или магниевых сплавов в контакте со сталью).

При электрическом контакте двух металлов, обладающих разными электродными (электрохимическими) потенциалами и сходящихся в электролите, образуется гальванический элемент. Поведение

металлов зависит от значения их электродного потенциала. Металл, имеющий более отрицательный электродный потенциал (анод), отдает положительно заряженные ионы в раствор и растворяется. Избыточные электроны перетекают по внешней цепи в металл, имеющий более высокий электродный потенциал (катод). Катод при этом не разрушается, а электроны из него удаляются во внешнюю среду. Чем ниже электродный потенциал металла по отношению к стандартному водородному потенциалу, принятому за нулевой уровень, тем легче металл отдает ионы в раствор, тем ниже его коррозионная стойкость.

Иллюстрацией могут служить две стальные пластинки, одна из которых покрыта оловом, а другая цинком (рис. 1).

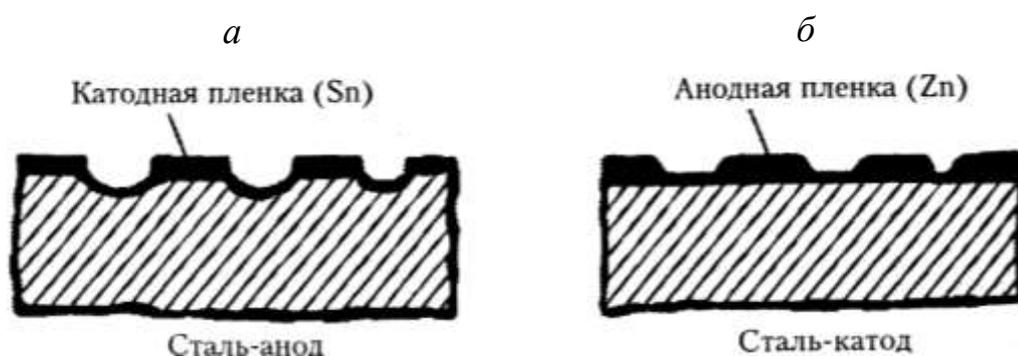


Рис. 1. Схема коррозии защитных покрытий:
а – катодного; б – анодного

Нарушение образующихся пленок приводит к тому, что из-за разности электродных потенциалов железо в пластинке с оловом становится анодом, а в пластинке с цинком, наоборот, катодом. Цинк, разрушаясь, защищает железо от коррозии. Этим объясняется долговечность строительной жести, домашних ведер, оцинкованных кузовных листов и др.

Контрольные вопросы

1. Что такое коррозия?
2. В каких конструкционных материалах могут протекать процессы коррозии?
3. В чем особенность эксплуатации сельскохозяйственной техники, вызывающая ее коррозионное разрушение?
4. Какие затраты входят в прямой ущерб, причиняемый коррозией?
5. Какие затраты входят в косвенный ущерб, причиняемый коррозией?

6. Какие детали и узлы сельскохозяйственной техники корродируют только во время работы?
7. Какие конструкционные материалы и детали сельскохозяйственной техники разрушаются прежде всего при хранении техники на открытых площадках?
8. Назовите агрессивные среды, влияющие на коррозию сельскохозяйственной техники.
9. Какие противокоррозионные средства применяются в сельскохозяйственном производстве?
10. Перечислите методы воздействия на коррозионную среду (с целью уменьшения скорости коррозионных процессов), применяемые в сельском хозяйстве.
11. Перечислите методы воздействия на металл (с целью уменьшения скорости коррозионных процессов), применяемые в сельском хозяйстве.
12. На какие типы разделяют коррозию по механизму процесса?
13. Что такое химическая коррозия?
14. В каких средах может протекать химическая коррозия?
15. Назовите примеры газов и жидкостей, в которых может протекать химическая коррозия.
16. Что из себя представляют продукты химической коррозии?
17. В каком случае происходит пассивация металла при химической коррозии?
18. На каких металлах при протекании химической коррозии образуются плотные окисные пленки?
19. Что такое углеродистая сталь?
20. Что такое легированная сталь?
21. Что такое жаропрочность?
22. Что такое жаростойкость?
23. Какие стали относят к жаропрочным?
24. Какие стали относят к жаростойким?
25. В каких средах протекает электрохимическая коррозия металлических изделий?
26. Что такое нормальный электродный потенциал E_0 ?
27. Какой металл растворяется в электролите быстрее – алюминий или железо и почему?
28. Какой металл растворяется в электролите быстрее – цинк или медь и почему?
29. Как влияет на коррозионную стойкость количество фаз в сплаве?

30. Почему особенно сильно электрохимическая коррозия развивается в случае контакта в конструкции разнородных материалов с разными потенциалами?

31. Чем объясняется долговечность оцинкованных стальных изделий?

§ 1.2. Виды коррозии

По условиям протекания процесса различают следующие виды коррозии: газовая и атмосферная.

Газовая коррозия

Газовая коррозия – коррозия металлов в газах при высоких температурах. Этот вид коррозии является частным случаем химической коррозии и возможен только в условиях, исключающих протекание электрохимических процессов. Характерная особенность газовой коррозии – отсутствие на поверхности металла влаги. Газовая коррозия металлов имеет место при работе многих металлических деталей и аппаратов (двигателей внутреннего сгорания, элементов электронагревателей, газогенераторов, при термической обработке металла и т. д.). На скорость газовой коррозии влияет целый ряд факторов, и прежде всего такие, как температура и состав газовой среды. При повышении температуры скорость коррозии заметно увеличивается. Особенно сильной коррозии подвергаются металлы и сплавы в условиях высоких температур в среде таких газов, как хлор, хлористый водород, сернистые соединения, окислы азота, окись углерода.

Атмосферная коррозия

Атмосферная коррозия – коррозия металлов в атмосфере воздуха, а также любого влажного газа. Этот самый распространенный вид коррозии сельскохозяйственной техники происходит при воздействии на металлы влажной атмосферы и усиливается при наличии в воздухе агрессивных паров, газов и пыли. Состав атмосферы играет основную роль в ускорении коррозионного процесса. При одной и той же степени увлажнения металла можно наблюдать различные скорости коррозии. Это зависит от вида и концентрации примесей воздуха. Примеси, растворяясь, превращают чистый конденсат в раствор сильных электролитов. Для большинства технических конструкционных сплавов наиболее ускоряющими коррозионный процесс являются приме-

си сернистого газа, сероводорода, хлора. Для медных сплавов, помимо этого, коррозионно-активной является также примесь аммиака. Коррозионную активность атмосферы повышают находящиеся в воздухе различные твердые частицы (соли, уголь, песок и др.), которые могут повысить электропроводность электролита, обеспечить адсорбцию различных газов и влаги из воздуха, увеличить конденсацию влаги.

Температура оказывает большое влияние на атмосферную коррозию металлов. При переходе от отрицательных к положительным значениям температуры коррозионная агрессивность повышается вследствие интенсивности протекания электрохимических процессов. В дальнейшем повышение температуры, как правило, тормозит коррозию, так как уменьшает относительную влажность, снижает растворимость газов в воде и способствует высыханию поверхности металла. Вместе с тем комбинированное воздействие повышенной температуры и высокой влажности может резко ускорить коррозионный процесс, который дополняется *биокоррозией*. Эти условия особенно характерны для тропической атмосферы. На скорость атмосферной коррозии влияет также географический фактор и связанные с ним климатические условия. Удаление от моря, количество солнечных и дождевых дней, изменение температуры и влажности, роза ветров и другое – все это влияет не только на состав коррозионной среды, но и на фактическую продолжительность увлажнения корродирующей поверхности.

Жидкостная коррозия

Жидкостная коррозия – коррозия металла в жидкой среде: в неэлектролите (органические растворители, жидкое топливо) и в электролите (кислотная, щелочная, солевая, морская, речная коррозия, коррозия в расплавленных солях и щелочах). В зависимости от условий взаимодействия металла с жидкой средой различают коррозию при неполном погружении (металл частично погружен в жидкую коррозионную среду), коррозию по ватерлинии (коррозия металла вблизи ватерлинии при неполном погружении его в жидкую коррозионную среду), коррозию при полном погружении (металл полностью погружен в жидкую коррозионную среду), подводную коррозию (металл полностью погружен в воду), коррозию при переменном погружении (коррозия металла при переменном погружении его целиком или частично в жидкую коррозионную среду).

Коррозия металлов в неэлектролитах (например в органических жидкостях, не обладающих электропроводностью) представляет собой разновидность химической коррозии. В данном случае коррозия сводится к химической реакции между металлом и коррозионно-активными компонентами вещества, в качестве которых могут выступать сера и сернистые соединения (например, в нефти и продуктах ее переработки). Различные сернистые соединения влияют на металлы по-разному. Сероводород образует сульфиды с железом, свинцом и сплавами свинца, медью и сплавами меди. Элементарная сера реагирует с медью, ртутью, серебром, также образуя сульфиды. Меркаптаны действуют на медь и сплавы меди, свинец и сплавы свинца, никель, серебро. При этом образуются металлические производные меркаптанов – меркаптиды.

Характерным примером коррозии этого типа является коррозия стальных деталей двигателей, работающих на бензине. При этом скорость коррозии прямо пропорциональна процентному содержанию серы в бензине. При сгорании топлива продукты, содержащие серу, превращаются в сернистый газ, который с парами воды превращается в сернистую, а при взаимодействии с кислородом воздуха – в серную кислоту, являющуюся сильным электролитом. Иногда коррозия в бензинах и других неэлектролитах связана с тем, что углеводороды под влиянием воздуха начинают окисляться, образуя органические кислоты, которые также действуют разрушающе на поверхность стальных изделий.

Для сельскохозяйственной техники, связанной с использованием химикатов, характерны коррозия в кислых электролитах (водные растворы хлорофоса, медного купороса и др.), щелочных электролитах (растворах трихлорацетата натрия, бордосской жидкости и др.) и нейтральных электролитах (плав, пропанид и др.).

Подземная коррозия

Подземная коррозия – коррозия металлов в почвах и грунтах. Ее подразделяют на *грунтовую*, обусловленную электрохимическим взаимодействием подземных металлических сооружений с коррозионно-активным грунтом, и на *коррозию блуждающими токами*, обусловленную наличием подземных металлических сооружений в зоне действия блуждающих токов. Скорость и характер грунтовой коррозии определяют такие факторы, как наличие влаги, воздухопроницаемость и электропроводимость грунтов, их неоднородность по струк-

туре, плотности, составу, влажности, кислотности и т. д., наличие микроорганизмов, температура грунта.

Различают высококоррозионные грунты, среднекоррозионные и грунты, практически инертные в коррозионном отношении. Грунтовая коррозия особенно велика в торфянистых, болотистых грунтах. Черноземы, содержащие в своем составе органические кислоты, относительно высоко агрессивны к стали, меди, цинку, свинцу. Одна из наиболее агрессивных почв – подзол. Скорость коррозии сталей в таких почвах в 5 раз выше, чем в других грунтах.

Блуждающий ток может быть постоянным и переменным. Наибольшая скорость коррозионного разрушения металла происходит от постоянного блуждающего тока. Наиболее мощными и распространенными источниками блуждающих токов являются линии электрифицированных железных дорог, линии электропередач постоянного тока (ЛЭП ПТ) и т. п.

Биокоррозия

Биокоррозия – коррозия металлов под влиянием жизнедеятельности микроорганизмов, выделяющих вещества, которые ускоряют процесс коррозии.

Известны случаи разрушения от биокоррозии бензиновых насосов, бензиновых и нефтяных резервуаров, подземных водопроводов. Наиболее опасными микроорганизмами являются бактерии, так как они быстро размножаются и легко приспосабливаются к условиям окружающей среды.

Интересно отметить особый вид бактерий, так называемые железобактерии, которые усваивают железо в виде ионов и перерабатывают их вместе с кислородом, что сопровождается выделением в качестве продуктов коррозии нерастворимой пленки гидроокиси железа (буро-красного цвета), трудно отделимой от поверхности металла. Таким образом, бактерии биологически используют железо для получения энергии, необходимой для их жизнедеятельности. Они неподвижны, но могут свободно перемещаться с водой и оседать на стенках.

Под влиянием микроорганизмов кроме железа могут корродировать также медь и свинец. Латунь оказывает токсическое влияние на микроорганизмы, цинк бактериями не разрушается.

Наиболее благоприятной средой для жизнедеятельности бактерий могут быть речная вода, сточные и грунтовые воды, почва, почвенные удобрения, торф, шлаки. На рост бактерий, а вместе с этим на интенсивность биокоррозии влияют такие факторы, как сезонные колебания влажности почвы и степень аэрации.

Плесень – одна из наиболее коррозионно-активных составляющих биологической среды. Благоприятными условиями для развития плесени является температура 25...35 °С и повышенная влажность воздуха, превышающая 75 %.

Грибковая плесень содержит 90...95 % влаги. Вследствие полярности волокон плесень впитывает влагу из окружающего воздуха и поддерживает увлажненную поверхность изделия, способствуя химическому разрушению материалов этих изделий. Развиваясь на поверхности металлов, грибковая плесень выделяет лимонную, щавелевую и другие органические кислоты, которые ускоряют протекание коррозии.

Биокоррозия особенно характерна для оборудования животноводческих помещений. Высокая влажность, присутствие в воздухе пыли органического и минерального происхождения, повышенная температура, отсутствие ультрафиолетовых лучей создают здесь необходимые условия для жизнедеятельности микроорганизмов. В отдельных случаях биокоррозия в животноводческих помещениях может иметь большее значение, чем другие виды коррозии.

Практика эксплуатации лакокрасочных покрытий в сильно увлажненных помещениях показывает, что органические покрытия также могут поражаться бактериями и плесневыми грибами.

Вследствие биокоррозии на металлических поверхностях могут быть дефекты: отдельные малозаметные углубления под шламом и тонкими отложениями ржавчины, разъедания в виде оспин, дырчатые углубления, сквозные повреждения.

Структурная коррозия

Структурная коррозия – коррозия, связанная со структурной неоднородностью металла (например, ускорение коррозии в растворах серной и соляной кислот катодными включениями: карбидами в стали, графитом в чугунах и др.).

Контактная коррозия

Контактная коррозия – электрохимическая коррозия, вызываемая контактом металлов, имеющих разные стационарные потенциалы в данном электролите. Два таких металла образуют в электролите гальванический элемент, работа которого влияет на скорость коррозии каждого из этих металлов. Коррозия более электроотрицательного металла обычно увеличивается, а коррозия более электроположительного металла ослабляется или иногда полностью прекращается. Таким образом, для основного металла при его коррозии в обычных условиях катодные контакты могут быть опасными, а анодные – защитными. Эффективность ускоряющего действия катодного контакта на коррозию основного металла зависит от природы металла и от величины поверхности контакта.

ГОСТ 9.005-72 установлены в зависимости от агрессивной среды и степени опасности возникновения контактной коррозии допустимые, ограниченно допустимые и недопустимые контакты металлов, а также даны примеры рационального контактирования разнородных металлов в конструкциях и изделиях.

Щелевая коррозия

Щелевая коррозия – усиление коррозии в щелях и зазорах между двумя металлами, а также в местах неплотного контакта металла с неметаллическим коррозионно-инертным материалом. Щелевая коррозия может быть и при погружении металла в электролит, и в атмосферных условиях. Наибольшей чувствительностью к щелевой коррозии обладают пассивирующиеся металлы (нержавеющие стали и алюминиевые сплавы).

Коррозия под напряжением

Коррозия под напряжением – коррозия металла при одновременном воздействии коррозионной среды и постоянных или переменных механических напряжений. При статических напряжениях возможно хрупкое разрушение металлов при напряжениях ниже предела текучести (коррозионное растрескивание). При циклических растягивающих напряжениях обычно снижается предел выносливо-

сти (коррозионная усталость), то есть происходит преждевременное разрушение металла. Этому виду коррозии подвержены рессоры автомобилей, канаты, штоки насосов и др.

Фретинг-коррозия

Фретинг-коррозия (коррозия при трении) – разрушение металла, вызываемое одновременным воздействием коррозионной среды и трения при незначительных взаимных перемещениях. Она может быть на втулках с прессовой посадкой, заклепочных и болтовых соединениях, шариковых и роликовых подшипниках, на клапанах и т. д.

Коррозионная кавитация

Коррозионная кавитация – разрушение металла, вызываемое одновременным коррозионным и ударным воздействием внешней среды (например разрушение автопоилок, запорных водяных клапанов).

Это процесс постепенного накопления повреждений материала под действием переменных напряжений и коррозионно-активных сред. Образование и развитие усталостных трещин сопровождается проникновением коррозионной среды в эти трещины и облегчает разрушение. Этому виду разрушения подвержены практически любые конструкционные материалы на основе железа, алюминия, титана, меди и других металлов. Особая опасность коррозионно-усталостного разрушения состоит в том, что оно может проходить практически в любых, в том числе таких слабых коррозионных средах, как влажный воздух, газы, влажные машинные масла и др. Поэтому коррозионная усталость металлов и сплавов наблюдается во всех отраслях техники.

При коррозионно-усталостном нагружении разрушение может произойти при напряжениях, значительно меньших обычного предела усталости (рис. 2).

Прогрессирующий рост трещин усталости обусловлен, с одной стороны, низким значением электродного потенциала в месте концентрации напряжений, а с другой – легким разрушением защитной оксидной пленки в устье трещины при переменном нагружении.

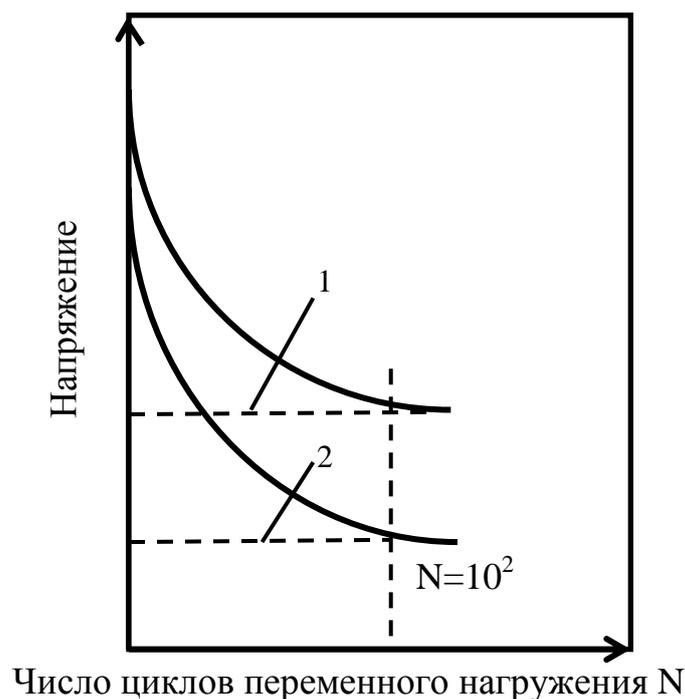


Рис. 2. Диаграмма усталости:

1 – предел усталости (истинный); 2 – предел коррозионной усталости

По характеру коррозионного разрушения различают следующие виды коррозии: сплошная и местная.

Сплошная коррозия (рис. 3, а, б, в) – охватывает всю поверхность металла. Она бывает:

а) равномерной (рис. 3, а), которая протекает с одинаковой скоростью по всей поверхности металла (например, коррозия труб на открытом воздухе);

б) неравномерной (рис. 3, б), когда скорость коррозии на отдельных участках поверхности неодинакова;

в) избирательной (рис. 3, в), при которой разрушается одна структурная составляющая или один компонент сплава.

Местная коррозия – коррозия, при которой на поверхности металла обнаруживаются поражения отдельных участков.

Она бывает:

а) пятнами (рис. 3, г) – в виде отдельных пятен (когда диаметр поражения больше глубины);

б) язвами (рис. 3, д) – коррозионное разрушение, имеющее вид раковины (когда диаметр поражения примерно равен глубине проникновения);

в) точечной (питтинг) (рис. 3, е) – в виде отдельных точечных поражений (когда диаметр поражения меньше глубины проникновения);

г) сквозной (рис. 3, ж), которая вызывает разрушение металла насквозь;

д) нитевидной (рис. 3, з), распространяющейся в виде нитей, преимущественно под неметаллическими защитными покрытиями;

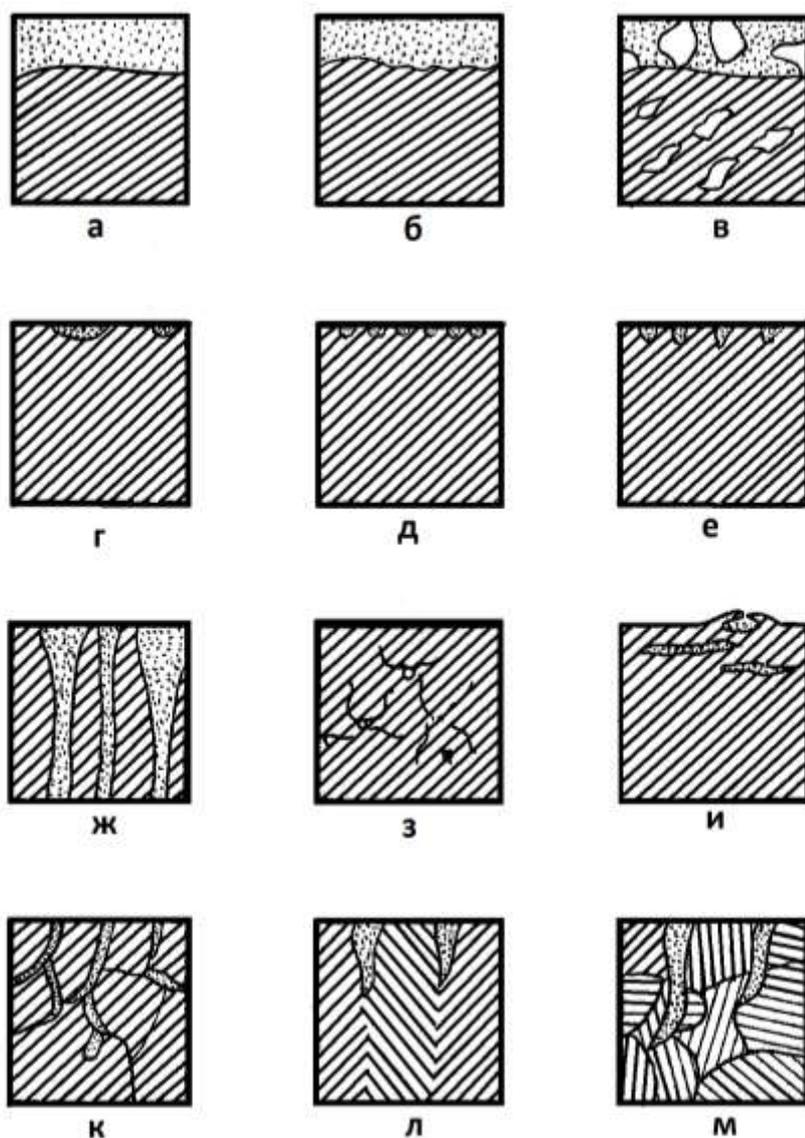
е) подповерхностной (расслаивающей) (рис. 3, и), начинающейся с поверхности, но преимущественно распространяющейся под поверхностью металла. Подповерхностная коррозия часто вызывает вспучивание и расслоение металла;

ж) межкристаллитной (МКК) (рис. 3, к), распространяющейся по границам кристаллитов (зерен) металла. Этому виду коррозии подвержены хромистые, хромоникелевые стали, никелевые и алюминиевые сплавы. Она почти незаметна с поверхности и распространяется вглубь металла по границам зерен. В результате межкристаллитной коррозии нарушается связь между зернами, при постукивании по металлу пропадает характерный металлический звук, и после приложения нагрузки металл легко разрушается;

з) ножевой (рис. 3, л), локализирующейся в зоне сплавления сварных соединений в сильноагрессивных средах;

и) коррозионным растрескиванием, проявляющимся при одновременном воздействии коррозионной среды и механических растягивающих напряжений с образованием транскристаллитных (рис. 3, м) или межкристаллитных трещин. Этот вид коррозии опасен для конструкций, несущих механические нагрузки (мосты, тросы, рессоры, двигатели внутреннего сгорания и т. д.);

к) коррозионной хрупкостью, то есть хрупкостью, приобретенной в результате коррозии (например водородное охрупчивание деталей из высокопрочных сталей).



*Рис. 3. Основные виды сплошной и местной коррозии
(основной металл заштрихован, продукты коррозии обозначены точками)*

Характеристика различных видов коррозии показывает, что каждый из них в определенных условиях может быть особенно нежелательным и опасным. Большую опасность представляет коррозия в виде язв, когда на отдельных участках металл прокорродировал довольно глубоко, а вся остальная поверхность не покрывается продуктами коррозии. Глубокая язвенная коррозия может привести к сквозным разрушениям тонкостенных участков деталей, обшивки и так далее со всеми вытекающими отсюда последствиями. В некоторых случаях не менее опасна точечная коррозия. Такого рода коррозия подобна острым надразам на наиболее ответственных участках той или иной детали и ведет к разрушению всей детали.

Очень опасна межкристаллитная коррозия, характерная для некоторых видов чугуна и нержавеющей стали. При межкристаллитной коррозии внешних признаков коррозионного разрушения не обнаруживается, хотя металл теряет допустимую прочность.

Для алюминиевых сплавов, применяемых на авиационной сельскохозяйственной технике, опасна подповерхностная коррозия, которая особенно трудно поддается.

Контрольные вопросы

1. На какие виды делят коррозию по условиям протекания процесса?
2. Какой вид коррозии является самым распространенным видом коррозии сельскохозяйственной техники?
3. Что такое газовая коррозия?
4. В каких газах активно протекает газовая коррозия?
5. Как влияет на скорость атмосферной коррозии степень загрязненности воздуха?
6. Какие примеси повышают коррозионную активность атмосферы?
7. Как влияет на скорость атмосферной коррозии температура воздуха?
8. Что такое жидкостная коррозия?
9. На какие виды подразделяют жидкостную коррозию в зависимости от условий взаимодействия металла с жидкой средой?
10. Как влияет на скорость коррозии стальных деталей двигателей содержание серы в бензине?
11. Что такое меркаптаны?
12. В каких средах протекает жидкостная коррозия сельскохозяйственной техники?
13. Что такое подземная коррозия?
14. На какие виды подразделяют подземную коррозию?
15. Какие факторы определяют скорость и характер грунтовой коррозии?
16. Какие виды почв обладают высокой коррозионной активностью?

17. Какой тип почв преобладает в пашне Красноярского края?
18. Что является источниками блуждающих токов, вызывающих подземную коррозию?
19. Что такое биокоррозия?
20. Какие металлы могут корродировать под влиянием микроорганизмов?
21. Назовите продукты жизнедеятельности железобактерий.
22. Чем опасна грибковая плесень для металлических конструкций?
23. В какой отрасли сельского хозяйства наиболее опасна биокоррозия?
24. Что влияет на высокую скорость протекания биокоррозии в животноводческих помещениях?
25. Что такое структурная коррозия?
26. Что такое контактная коррозия?
27. Что такое щелевая коррозия?
28. Что такое коррозия под напряжением?
29. Что такое коррозионное растрескивание?
30. Что такое коррозионная усталость?
31. Что такое фреттинг-коррозия?
32. На каких деталях машин возможно возникновение фреттинг-коррозии?
33. Что такое коррозионная кавитация?
34. Какие конструкционные материалы подвергаются коррозионной кавитации?
35. Что такое сплошная коррозия?
36. На какие виды подразделяется сплошная коррозия?
37. Что такое местная коррозия?
38. На какие виды подразделяется местная коррозия?
39. Что такое межкристаллитная коррозия?
40. Где может проявляться ножевая коррозия?
41. Для каких конструкций опасно коррозионное растрескивание?
42. Что такое коррозионная хрупкость материала?
43. Какой вид коррозии опасен для стали и чугуна?
44. Какой вид коррозии опасен для алюминиевых сплавов?

§ 1.3. Методы защиты от коррозии. Коррозионная стойкость металлов и сплавов

Методы защиты от коррозии

Современные методы предохранения от коррозии металлов и сплавов так же разнообразны, как и причины, ее вызывающие. Существующие методы можно разделить на следующие:

1. Легирование.
2. Применение многослойных материалов.
3. Обработка коррозионной среды.
4. Рациональное конструирование и эксплуатация металлических сооружений и деталей.
5. Неметаллические покрытия.
6. Металлические покрытия.
7. Электрохимическая защита.

Легирование стали. Введение в сталь некоторых легирующих элементов повышает ее антикоррозионные свойства. Эти элементы – Cr, Ni, Ti.

Двухслойные и многослойные металлы состоят из двух или нескольких различных металлов (сплавов), прочно соединенных между собой по всей плоскости соприкосновения и представляющих монолитное целое. Применение биметаллов оправдано в условиях работы в агрессивных средах. Основой биметаллов являются малоуглеродистые или низколегированные стали, а в качестве плакирующего слоя используются коррозионностойкие металлы.

Российские металлургические заводы освоили многие виды проката листа, ленты, проволоки с защитными покрытиями – луженые, хромированные, оцинкованные и др. Организовано производство труб, покрытых цинком, алюминием, кремнием. Изготовление биметаллов сталь-медь, сталь-латунь, сталь-бронза, сталь-никель и тому подобных дает значительную экономию цветных металлов.

Обработка коррозионной среды производится с целью уменьшения ее агрессивного воздействия на металл или сплав. Некоторые вещества сильно замедляют скорость коррозии и служат *замедлителями (ингибиторами)* коррозии. Условием использования ингибиторов является эксплуатация изделия в замкнутой среде постоянного состава.

Различают анодные и катодные ингибиторы. В качестве анодных ингибиторов коррозии используют различные вещества, образующие нерастворимые соединения на анодных участках. Одним из

таких пассиваторов является хромпик $K_2Cr_2O_7$, вводимый в количестве 2-3 г/л раствора охлаждающей жидкости.

Катодные ингибиторы тормозят катодный процесс. К их числу относятся различные травильные присадки, добавляемые в количестве 1-2 % в кислоты для снятия окалины без разрушения основного металла.

Такие летучие ингибиторы, как нитрат натрия ($NaNO_2$), применяют для пропитки бумаги, в которую заворачивают детали, подлежащие хранению или транспортировке. Испаряясь, они насыщают окружающее детали пространство и создают защитную газовую среду. Летучие ингибиторы характеризуются высокой эффективностью. Стальные изделия, завернутые в бумагу, обработанную $NaNO_2$, в условиях относительной влажности 85 % не ржавеют в течение 5 лет. Преимуществом летучих ингибиторов является отказ от применения защитных покрытий, удобство расконсервации и постоянная готовность деталей к немедленному использованию без дополнительной обработки.

Кроме того, коррозионную активность среды можно уменьшить, удаляя из нее некоторые составляющие, вызывающие коррозию.

При правильном конструировании необходимо выбирать такие формы изделий, при которых в пазах, углах, на стыках не удерживается агрессивная жидкость.

Существующая в настоящее время структура затрат на противокоррозионную защиту такова:

- лакокрасочные покрытия – 39,5 %;
- коррозионностойкие материалы – 20,5 %;
- металлические покрытия – 15,6 %;
- электрохимическая защита – 11,3 %;
- ингибиторы – 8,6 %;
- конструктивная приспособленность – 4,5 %.

Коррозионная стойкость металлов и сплавов

Не все металлы и сплавы в одинаковой степени разрушаются определенными коррозионными средами. Так, в атмосферных условиях особенно коррозионно нестойки стальные и чугунные детали. Причем интенсивность коррозии этих деталей значительно увеличивается в атмосфере, загрязненной различными газами. На коррозионную стойкость этих металлов в значительной мере влияют их состав и обработка. Так, шлифованные и полированные детали из черных металлов в начальный период эксплуатации или хранения лучше сопротивляются коррозии.

Ввиду низкой коррозионной стойкости черных металлов они в наибольшей степени требуют защитных мер как в условиях изготовления, так и в условиях хранения и эксплуатации.

Коррозионная стойкость алюминия и его сплавов в большей мере определяется прочностью окисных пленок, которые обладают хорошими защитными свойствами. В атмосфере, не содержащей загрязнений, эта пленка устойчива, а в присутствии промышленных газов (особенно сернистых) она легко разрушается. Нестойка окисная пленка и к действию щелочей и кислот. Алюминий и его сплавы нестойки и к контактной коррозии, в первую очередь с медью и медными сплавами.

Медь в атмосферных условиях сравнительно устойчива к коррозии, однако в присутствии сернистых соединений и аммиака она быстро корродирует с образованием на поверхности металла темных пятен или налета зеленого и рыже-черного цвета.

Из черных сплавов, используемых в сельскохозяйственной технике, наиболее устойчивы к коррозионно-активным средам нержавеющие стали (типа X18H9T, X18H10T и др.), а из цветных сплавов – титановые сплавы. Поэтому их применяют для изготовления деталей, непосредственно контактирующих со средами сельскохозяйственных химикатов.

Таким образом, большинство применяемых в сельскохозяйственной технике сплавов недостаточно стойки к коррозии, требуют противокоррозионной защиты, вид которой определяется техническими возможностями и экономической целесообразностью.

Оценка коррозионной стойкости

Для характеристики коррозионных свойств материалов обычно проводят их испытания на стойкость *против общей коррозии, межкристаллитной коррозии и коррозионного растрескивания.*

Испытания на общую коррозию. Испытания на общую коррозию проводят на образцах с большим отношением поверхности к объему. Коррозионную среду выбирают с учетом условий эксплуатации материала. Испытания проводят в жидкости при постоянном или многократно повторяемом переменном погружении образцов, в кипящем соляном растворе, в парах или окружающей атмосфере.

Скорость коррозии металлов и сплавов характеризуется глубинным показателем коррозии h_K , мм/год (табл. 2), или потерей массы g_K , г/(м²·ч) (табл. 3).

Пересчет обоих показателей проводят по формуле

$$h_K = 8,76 \cdot g_K / \rho,$$

где h_K – скорость коррозии, мм/год;

ρ – плотность, г/см³;

g_K – потеря массы образца, г/(м²·ч).

Характеристики h_K и g_K предполагают равномерную коррозию и обычно представляют усредненную по поверхности скорость коррозии. Вместе с тем известно, что локальные виды коррозии наиболее опасны. При сравнительно небольшой общей потере массы металла происходит сильное локальное разрушение конструкции, а это приводит к преждевременному выходу оборудования из строя.

Таблица 2

Десятибалльная шкала коррозионной стойкости металлов по глубине коррозии

Коррозионная стойкость, баллы	Скорость коррозии h_K , мм/год	Группа стойкости
1	$\leq 0,001$	Совершенно стойкие
2	(> 0,001)–0,005	Весьма стойкие
3	(> 0,005)–0,01	Весьма стойкие
4	(> 0,01)–0,05	Стойкие
5	(> 0,05)–0,1	Стойкие
6	(> 0,1)–0,5	Понижено стойкие
7	(> 0,5)–1,0	Понижено стойкие
8	(> 1,0)–5,0	Малостойкие
9	(> 5,0)–10,0	Малостойкие
0	> 10,0	Нестойкие

Десятибалльная шкала коррозионной стойкости по скорости коррозии образца

Коррозионная стойкость, баллы	Группа стойкости	Потеря массы $g_k, \text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$					
		Черные металлы	Медь и сплавы	Никель и сплавы	Свинец и сплавы	Алюминий и сплавы	Магний и сплавы
1	Совершенно стойкие	< 0,0009	< 0,001	< 0,001	< 0,0012	< 0,0003	< 0,0002
2	Весьма стойкие	0,0009–0,0045	0,001–0,0051	0,001–0,005	0,0012–0,0065	0,0003–0,0015	0,0002–0,001
3	Весьма стойкие	(> 0,0045)–0,009	(> 0,0051)–0,01	(> 0,005)–0,01	(> 0,0065)–0,012	(> 0,0015)–0,003	(> 0,001)–0,002
4	Стойкие	0,009–0,045	0,01–0,051	0,01–0,05	0,012–0,065	0,003–0,015	0,002–0,01
5	Стойкие	(> 0,045)–0,09	(> 0,051)–0,1	(> 0,05)–0,1	(> 0,065)–0,12	(> 0,015)–0,03	(> 0,01)–0,02
6	Понижено стойкие	(> 0,09)–0,45	(> 0,1)–0,5	(> 0,1)–0,5	(> 0,12)–0,65	(> 0,03)–0,15	(> 0,02)–0,1
7	Понижено стойкие	(> 0,45)–0,9	(> 0,5)–1,02	(> 0,5)–1,0	(> 0,65)–1,2	(> 0,15)–0,31	(> 0,1)–0,2
8	Малостойкие	(> 0,9)–4,5	(> 1,02)–5,1	(> 1,0)–5,0	(> 1,2)–6,5	(> 0,31)–1,54	(> 0,2)–1,0
9	Малостойкие	(> 4,5)–9,1	(> 5,1)–10,2	(> 5,0)–10,0	(> 6,5)–12,0	(> 1,54)–3,1	(> 1,0)–2,0
10	Нестойкие	> 9,1	> 10,2	> 10,0	> 12,0	> 3,1	> 2,0

Поэтому необходима проверка коррозионной стойкости материалов в конкретных условиях эксплуатации, особенно в тех случаях, когда присутствует опасность локальной коррозии.

Испытания на межкристаллитную коррозию (ГОСТ 6032-84). Основной причиной межкристаллитной коррозии коррозионностойких материалов является нагрев при обработке давлением или сварке, приводящий к электрохимической гетерогенности между приграничными участками и объемом зерен.

Температурно-временная область выделения по границам зерен коррозионностойких сталей карбидов хрома приведена на рисунке 4. Внутри нее находится область сенсбилизации – повышенной чувствительности к межкристаллитной коррозии. Склонность к межкристаллитной коррозии проявляется в температурном интервале T_{\max} – T_{\min} за минимальное время τ_{\min} , в течение которого происходит сенсбилизация.

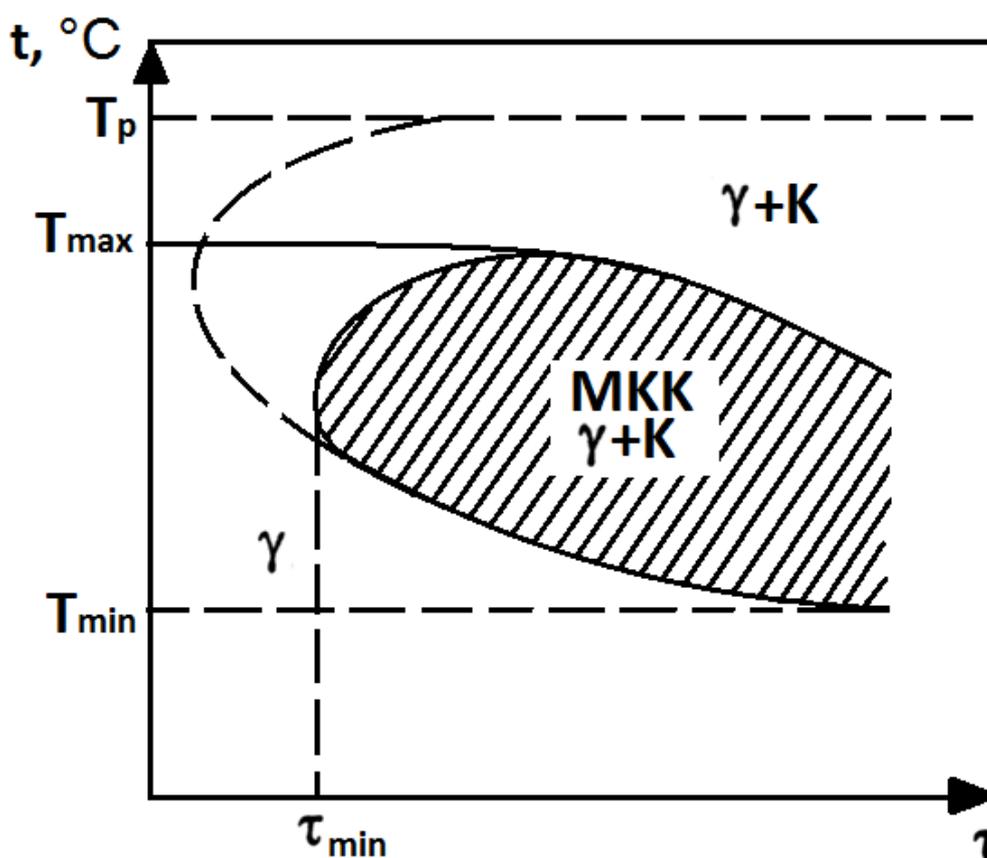


Рис. 4. Температурно-временная область склонности коррозионностойкой аустенитной стали к межкристаллитной коррозии (МКК), связанной с обеднением границ зерен по хрому: T_p – температура растворения карбидов; γ – аустенит; K – карбиды

При испытаниях на МКК хромистые стали подвергают провоцирующему нагреву при температуре 1100 °С в течение 30 ч, а хромоникелевые аустенитные – при температуре около 700 °С в течение 60 ч. После нагрева образцы выдерживают в течение длительного времени в кипящем водном растворе серной или азотной кислоты. Выбор длительности выдержки и вида коррозионной среды зависит от конкретной марки стали и ее назначения. Для контроля склонности к МКК образцы либо изгибают на оправке на угол 90°, либо подвергают травлению специальными реактивами и металлографическому исследованию. Отсутствие трещин на поверхности образца свидетельствует о его стойкости к МКК.

На рисунке 5 приведены микроструктуры стали 08X18H10 после испытаний на межкристаллитную коррозию в разных средах.

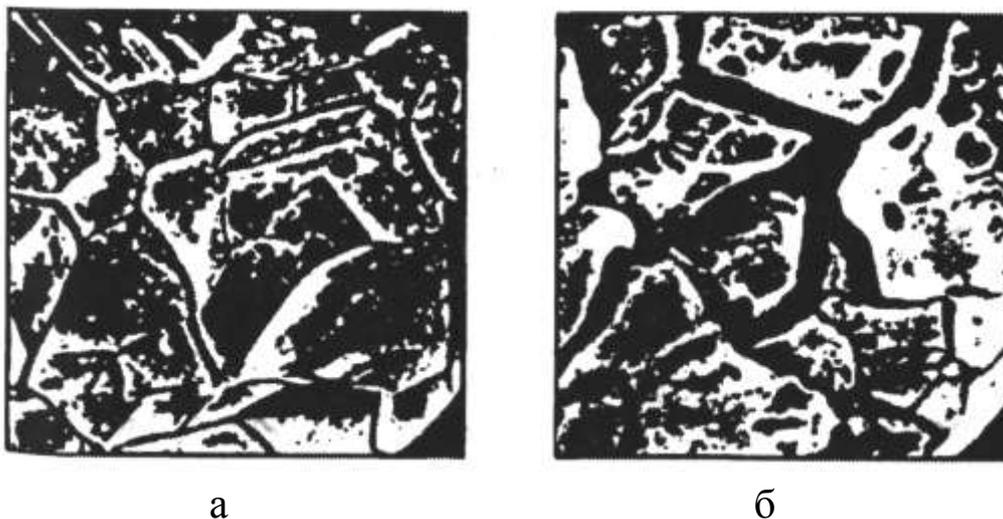


Рис. 5. Микроструктура стали 08X18H10 после закалки с 1050 °С в воде и отпуска при 700 °С: а – межкристаллитная коррозия при испытании в растворе 25 %-й HNO_3 + 40 г/л Cr^{6+} , продолжительность 200 ч; б – то же в растворе кипящей 65 %-й HNO_3 + Cr^{6+} , × 500

Испытания на коррозионное растрескивание. Этот вид испытаний проводят при нагружении образца в коррозионной среде, соответствующей служебным условиям эксплуатации детали. Среда не должна вызывать общей коррозии и оказывать воздействие на ненагруженные образцы металла. Для аустенитных хромоникелевых сталей примером такой среды может служить кипящий раствор смеси солей $MgCl_2$, $NaCl$ и $NaNO$. Агрессивность сред должна быть не меньше той, в которой должны служить испытываемые материалы.

Испытания на коррозионное растрескивание могут проводиться либо в условиях, вызывающих разрушение материалов (испытания на растяжение, на вязкость разрушения и усталость), либо путем опре-

деления времени появления первой трещины. Последний вид испытаний состоит в фиксации нагруженных образцов в специальных приспособлениях или с помощью создания напряжений клином в разрезанных кольцах. Время до появления трещин характеризует стойкость материалов против коррозионного растрескивания.

Контрольные вопросы

1. Перечислите методы защиты металлов и сплавов от коррозии.
2. Чем определяется выбор метода защиты от коррозии?
3. Что такое легирование стали?
4. Что такое биметаллы?
5. Каким методом изготавливают биметаллы?
6. Что такое ингибиторы коррозии?
7. Каков механизм защиты металлов и сплавов от коррозии с помощью анодных ингибиторов?
8. Каков механизм защиты металлов и сплавов от коррозии с помощью катодных ингибиторов?
9. Каковы преимущества использования летучих ингибиторов?
10. Какая форма изделий является предпочтительной для замедления процессов коррозии?
11. Как влияет на скорость коррозии чистота обработки деталей?
12. Чем объясняется высокая коррозионная стойкость алюминия и его сплавов?
13. Назовите наиболее коррозионностойкие черные сплавы.
14. Назовите наиболее коррозионностойкие цветные сплавы.
15. Чем определяется выбор вида коррозионной защиты?
16. Какие виды коррозии исследуют при проведении испытаний на коррозионную стойкость?
17. В какой коррозионной среде проводят испытания на общую коррозию?
18. Какими показателями характеризуется скорость коррозии металлов и сплавов?
19. Какова размерность глубинного показателя коррозии?
20. Какова размерность потери массы образца при коррозии?
21. Какой скоростью коррозии характеризуются материалы, относящиеся к совершенно стойким?
22. Какой скоростью коррозии характеризуются материалы, относящиеся к весьма стойким?
23. Какой скоростью коррозии характеризуются материалы, относящиеся к стойким?

24. Какой скоростью коррозии характеризуются материалы, относящиеся к малостойким?
25. Какой скоростью коррозии характеризуются материалы, относящиеся к нестойким?
26. Какова потеря массы образца черного сплава, имеющего балл коррозионной стойкости 3?
27. Какова потеря массы образца медного сплава, имеющего балл коррозионной стойкости 7?
28. Какова потеря массы образца никелевого сплава, имеющего балл коррозионной стойкости 4?
29. Какова потеря массы образца свинцового сплава, имеющего балл коррозионной стойкости 5?
30. Какова потеря массы образца алюминиевого сплава, имеющего балл коррозионной стойкости 9?
31. Какова потеря массы образца магниевое сплава, имеющего балл коррозионной стойкости 10?
32. Что является основной причиной межкристаллитной коррозии?
33. Расшифруйте марку сплава 08X18H10.
34. В какой коррозионной среде проводят испытания на коррозионное растрескивание?
35. Как проводятся испытания на коррозионное растрескивание?

§ 1.4. Коррозионностойкие и жаростойкие материалы

Коррозионностойкие стали

Для защиты от коррозии широко применяется явление пассивации. Пассивность – это состояние повышенной коррозионной устойчивости металлов и сплавов, вызванное преимущественным торможением анодных процессов. Пассивное состояние возникает при образовании тонких прочных и непрерывных оксидных пленок, равномерно покрывающих поверхность материала.

Переход от активного состояния к пассивному связан с ростом электродного потенциала.

Устойчивость против коррозии повышается при введении в состав стали хрома, алюминия, кремния. Эти элементы образуют непрерывную прочную оксидную пленку и повышают электродный потенциал, т. е. увеличивают электроположительность стали. Алюминий и кремний повышают хрупкость стали и применяются реже хрома.

Г. Тамман предположил, что содержание хрома в стали должно составлять $1/8$ моля (грамм-молекулы) или быть кратным этой величине. Для хрома в сплавах с железом $1/8$ моля равна 11,7 % (по массе). На поверхности образуется защитная плотная пленка оксида Cr_2O_3 .

Сталь, содержащая 12...14 % Cr, устойчива против коррозии в атмосфере, морской воде, ряде кислот, щелочей и солей. Кроме хрома в состав коррозионностойких сталей вводят также другие элементы – чаще никель. При увеличении содержания хрома коррозионная стойкость стали возрастает.

Коррозионностойкие стали обычно делят на *хромистые ферритные*, содержащие 12...25 % Cr и 0,07...0,2 % C, и *хромистые мартенситные*, содержащие 12...18 % Cr и 0,15...1,2 % C, а также *аустенитные*, содержащие 12...18 % Cr, 8...30 % Ni и 0,02...0,25 % C.

В *хромистых сталях* (08X13, 12X13, 15X25T, 30X13 и др.) коррозионная стойкость повышается в результате растворения хрома в железе и образования на поверхности защитной пленки оксида Cr_2O_3 (при содержании хрома более 12,5 %). Углерод в этих сталях способствует получению двухфазной структуры и обедняет твердый раствор хромом, понижая коррозионные свойства.

Хромистые стали подвергают закалке с 1000...1100 °C и отпуску. Для сталей ферритного класса (08X13, 12X13) отпуск проводят при 700...750 °C. Они обладают повышенной пластичностью и используются для изготовления деталей, воспринимающих ударные нагрузки (турбинные лопатки, предметы домашнего обихода и т. д.). Для сталей мартенситного класса (30X13, 40X13) отпуск проводят при 200...250 °C. Их используют для изготовления изделий, от которых требуется высокая твердость и прочность (измерительный и медицинский инструмент и т. д.).

Хромоникелевые стали (12X18H9T, 17X18H9, 04X18H10 и др.) относятся к нержавеющей сталям аустенитного класса. Структура

аустенита получается после закалки при 1050 °С в воде. Эти стали хорошо поддаются обработке давлением, сварке. Возможно упрочнение хромоникелевых сталей холодной пластической деформацией. Из них изготавливают детали для химической, нефтяной и пищевой промышленности.

В таблицах 4–7 представлены сведения о составе, свойствах, режимах термической обработки коррозионностойких сталей всех структурных классов.

Коррозионностойкие сплавы цветных металлов

Различают две группы коррозионностойких цветных металлов:

- непассивирующиеся металлы с высоким электродным потенциалом (Au, Pt, Ag, Cu и сплавы на их основе);
- пассивирующиеся металлы, образующие на поверхности плотные защитные пленки оксидов (Ti, Al, Cr).

Золото, платина, серебро коррозионностойки практически в любых средах, кроме некоторых концентрированных кислот. Медь сохраняет коррозионную стойкость во влажной атмосфере, морской воде и многих органических кислотах. Для подавления склонности латуней к коррозионному растрескиванию во влажной атмосфере проводят отжиг для снятия внутренних напряжений.

Пассивирующиеся металлы характеризуются высокой коррозионной стойкостью в сухой и влажной воздушных средах, в органических и неорганических кислотах.

Титан по сопротивлению коррозии уступает только золоту и платине. Высокая коррозионная стойкость титана объясняется образованием на поверхности стойкой пассивирующей пленки оксида TiO_2 . Он сохраняет коррозионную стойкость даже при нагреве во влажной атмосфере. Титановые сплавы обладают высокой стойкостью против кавитационной коррозии в морской воде.

Алюминий и алюминиевые сплавы образуют на поверхности защитную оксидную пленку Al_2O_3 , что обеспечивает их коррозионную стойкость во влажной атмосфере и кислотной среде. Пленка устойчива в нейтральных средах, но легко растворяется в щелочах. Поэтому в щелочных средах алюминий и его сплавы легко разрушаются. В морской воде алюминиевые сплавы подвержены коррозионному растрескиванию.

Такие легирующие элементы, как медь и железо, имеющие более высокий электродный потенциал, ухудшают коррозионную стойкость алюминиевых сплавов. Дуралюмины, легированные медью, по коррозионной стойкости существенно уступают чистому алюминию. Легирование электроотрицательными элементами кремнием и магнием не ухудшает пассивность, а марганец оказывает даже положительное влияние за счет образования соединения $(MnFe)Al_6$, что позволяет удалить железо из твердого раствора и устранить его отрицательное воздействие на коррозионную стойкость. Благодаря этому сплавы типа АМц сопротивляются коррозии даже лучше, чем технический алюминий.

Для защиты алюминиевых сплавов от коррозии применяют плакирование чистым алюминием и используют методы, основанные на искусственном утолщении защитной оксидной пленки путем анодной обработки и химического оксидирования.

Жаростойкие стали

Жаростойкие стали сопротивляются газовой коррозии при высоких температурах длительное время. Для этой цели сталь легируют хромом, алюминием, кремнием, которые образуют на поверхности изделия плотные окислы Cr_2O_3 , Al_2O_3 . Все нержавеющие стали и некоторые жаропрочные являются жаростойкими.

Состав коррозионностойких сталей, %

Марка стали	C	Mn	Cr	Ni	Ti (Nb)	Mo	Другие
08X13	< 0,08	0,60...0,80	12...14	–	–	–	–
12X13	0,09...0,15	0,60...0,80	12...14	–	–	–	–
20X13	0,16...0,25	0,60...0,80	12...14	–	–	–	–
30X13	0,26...0,35	0,60...0,80	12...14	–	–	–	–
40X13	0,36...0,45	0,60...0,80	12...14	–	–	–	–
12X17	≤ 0,12	0,60...0,80	16...18	–	–	–	–
08X17T	≤ 0,08	0,60...0,80	16...18	–	< 0,90	–	–
15X25T	≤ 0,15	0,60...0,80	24...27	–	< 0,90	–	–
15X28T	≤ 0,15	0,60...0,80	27...30	–	< 0,90	–	–
12X18H8	0,12	1,00...2,00	17...19	8...10	–	–	–
17X18H9	0,13...0,21	1,00...2,00	17...19	8...10	–	–	–
12X18H9T	0,12	1,00...2,00	17...19	8...9,5	< 0,8	–	–
04X18H10	0,04	1,00...2,00	17...19	9...11	–	–	–
08X18H10	0,08	1,00...2,00	17...19	9...11	–	–	–
12X18H10T	0,12	1,00...2,00	17...19	9...11	< 0,8	–	–
10X14Г14НТ	0,10	13...15	13...15	2,8...4,5	< 0,6	–	–
12X17Г9АН4	0,12	8...10,5	16...18	3,5...4,5	–	–	0,15...0,25 N
15X17АГ14	0,15	13,5...15,5	16...18	0,6	–	–	0,25...0,37 N
08X15Н8Ю	0,08	0,8	14...16	8,0...10,0	–	–	0,7...1,3 Al
09X17Н7Ю	0,8	16...17,5	7,0...8,0	–	–	0,5...0,8 Al	–
10X17Н13М2Т	1,0...2,0	16...18	12...14	< 0,8	2,0...3,0	–	–

Примечание: во всех сталях S < 0,025 %, P < 0,030 %.

**Режимы термической обработки и механические свойства
хромистых коррозионностойких сталей**

Сталь	Термическая обработка			HRC	σ_b	$\sigma_{0,2}$	δ	ψ
	Закалка	Отпуск	Отжиг		МПа		%	
<i>Стали мартенситного класса</i>								
40X13	1000...1050, м.	200...300, вз.	–	50	–	–	–	50
30X13	950...1020, м.	200...300, вз.	–	40	–	–	–	48
20X13	1000...1050, вз.	600...770, м.	–	–	660	450	16	55
<i>Стали мартенситно-ферритного класса</i>								
12X13	1000...1050, м.	700...790, м.	850...900, п.	–	600	420	20	60
<i>Стали ферритного класса</i>								
08X13	1000...1050, м.	700...800, м.	–	–	600	420	20	60
12X17	1000...1050, м.	700...800, м.	760...780, вз.	–	400	250	20	50
08X17T	1000...1050, м.	700...800, м.	760...780, вз.	–	500	300	20	45
15X25T	1000...1050, м.	700...800, м.	680...770, вз.	–	450	300	20	45
15X28T	1000...1050, м.	700...800, м.	680...770, вз.	–	450	300	20	45

Примечание: м. – масло, вз. – воздух, п. – печь.

Таблица 6

Механические свойства коррозионностойких аустенитных сталей в закаленном состоянии

Сталь	σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	ψ , %	Сталь	σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	ψ , %
04X18H10	440	180	40	60	10X14Г14НЗТ	590	245	35	50
08X18H10	470	195	40	55	12X17Г9АН4	640	300	35	50
12X18H10	490	195	40	55	15X17АГ14	785	400	30	45
17X18H9	570	210	40	50					

Таблица 7

Режимы термической обработки и механические свойства коррозионностойких сталей аустенито-мартенситного класса

Сталь	Режим термической обработки, °С			σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	ψ , %
	Закалка	Обработка холодом	Отпуск (старение)				
08X15H8Ю	975	-70	–	880	245	30	65
		-70	500	1080	880	25	60
		–	–	1270	1080	20	50
09X17H7Ю	1050	–	550...750	900	700	10	40

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные коррозионностойкие и жаростойкие материалы, применяемые в сельскохозяйственном машиностроении.
2. Что такое пассивность материала?
3. Какие легирующие элементы повышают коррозионную стойкость сталей?
4. Как влияет увеличение содержания в стали хрома на повышение ее коррозионной стойкости?
5. Назовите основные марки коррозионностойких сталей.
6. Какой термической обработке подвергаются хромистые и хромоникелевые коррозионностойкие стали?
7. Назовите непассивирующиеся цветные коррозионностойкие металлы и сплавы.
8. Назовите пассивирующиеся цветные коррозионностойкие металлы и сплавы.
9. Какими методами защищают алюминиевые сплавы от коррозии?
10. Что такое плакирование?
11. Какие стали и сплавы называют жаростойкими?
12. Какие легирующие элементы добавляют в стали и сплавы для повышения их коррозионной устойчивости?

Лабораторная работа № 1

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ И МИКРОСТРУКТУРЫ ЖАРОСТОЙКИХ (ОКАЛИНОСТОЙКИХ) СТАЛЕЙ

Задачи работы: изучить микроструктуру, состав, свойства жаростойких сталей различных структурных классов; установить связь между их структурой, термообработкой и свойствами.

Оборудование, инструменты, материалы:

1. Металлографический микроскоп инвертированный агрегатный «ЛабoМет».
2. Набор микрошлифов легированных сталей.
3. Альбом микроструктур.

Теоретические сведения

Многие детали сельскохозяйственных машин работают в условиях высоких скоростей, больших давлений, повышенных температур, агрессивных сред (кислот, щелочей, разъедающих газов и т. п.). Такие условия работы требуют применения материалов высокой прочности и пластичности, износостойкости, жаропрочности, жаростойкости, коррозионностойкости. Этими свойствами обладают легированные стали, содержащие помимо постоянных примесей один или несколько так называемых легирующих элементов: никель, хром, вольфрам, молибден, ванадий, титан и др.

Поверхностное разрушение металла под воздействием внешней среды называется *коррозией*. При этом часто металлы покрываются продуктами коррозии (ржавеют). В результате механические свойства металлов резко ухудшаются, иногда даже при отсутствии видимого изменения внешнего вида поверхности.

Различают *химическую коррозию*, протекающую при воздействии на металл газов (газовая коррозия) и неэлектролитов (нефть и ее производные), и *электрохимическую коррозию*, вызываемую действием электролитов (кислот, щелочей и солей). К электрохимической коррозии относятся также *атмосферная и почвенная коррозия*.

Существует несколько видов электрохимической коррозии. Если металл однороден (например, однородный твердый раствор), то наблюдается *равномерная коррозия*, протекающая примерно с одинаковой скоростью по всей поверхности металла. В неоднородном металле, что является наиболее частым случаем, коррозия носит локальный характер и охватывает только некоторые участки поверхности. Эту местную, или локальную коррозию подразделяют на *точечную, пятнистую, с язвами* и др. Наиболее опасна так называемая *межкристаллитная коррозия (МКК)*, распространяющаяся по границам кристаллитов (зерен) металла вследствие более низкого их электрохимического потенциала. Коррозия без заметных внешних признаков быстро развивается по границам зерен, вглубь, резко снижая при этом механические свойства. Сталь, пораженная межкристаллитной коррозией, теряет металлический звук и при изгибе дает надрывы по границам зерен в местах коррозионного разрушения металла. Кроме то-

го, различают *коррозию под напряжением*, которая возникает при одновременном действии коррозионной среды и обычно напряжений растяжения. Разновидностью этой коррозии является *коррозионное растрескивание*, т. е. образование в металле тонкой сетки трещин при воздействии коррозионной среды и напряжений.

Сталь, устойчивую против газовой коррозии при высоких температурах (свыше 550 °С), называют *жаростойкой*. Стали, устойчивые против электрохимической коррозии, называют *коррозионно-стойкими*.

Жаростойкие стали

Жаростойкость (окалиностойкость) характеризует сопротивление металла окислению при высоких температурах.

Начальная стадия окисления стали – чисто химический процесс. Но дальнейшее течение окисления – уже сложный процесс, заключающийся не только в химическом соединении кислорода и металла, но и в диффузии атомов кислорода и металла через многофазный окисленный слой. При плотной оксидной пленке скорость нарастания окалины определяется скоростью диффузии атомов сквозь толщину окалины, что в свою очередь зависит от температуры и строения оксидной пленки.

С повышением температуры скорость окисления возрастает (рис. 6), особенно резко при 570 °С, когда вместо плотных оксидов типа Fe_2O_3 и Fe_3O_4 образуется рыхлый оксид FeO .

Повышение жаростойкости достигается введением в сталь главным образом хрома, а также алюминия или кремния, то есть элементов, находящихся в твердом растворе и образующих в процессе нагрева защитные пленки оксидов $(\text{Cr, Fe})_2\text{O}_3$, $(\text{Al, Fe})_2\text{O}_3$. Введение в сталь 5...8 % Cr повышает окалиностойкость до 700...750 °С; увеличение содержания Cr до 15...17 % делает сталь окалиностойкой до 950...1000 °С, а при введении 25 % Cr сталь остается окалиностойкой до 1100 °С. Легирование сталей с 25 % Cr алюминием в количестве 5 % повышает жаростойкость до 1300 °С.

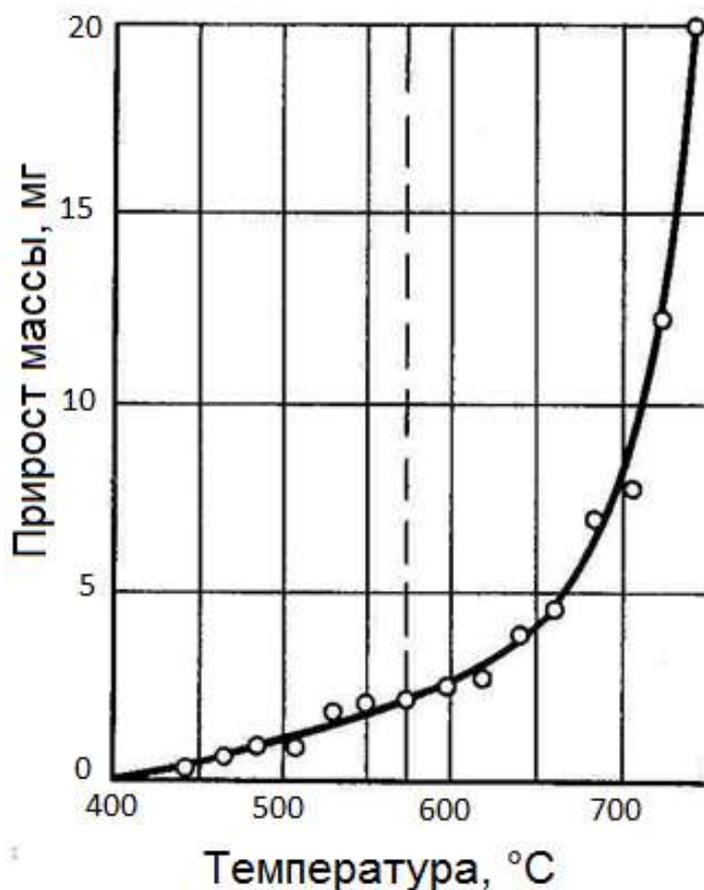


Рис. 6. Влияние температуры на скорость окисления железа

Важно, что окалиностойкость, столь существенно зависящая от состава стали или сплава, не зависит от его структуры, т. е. это свойство структурно нечувствительное. Так, окалиностойкость ферритных (чисто хромистых) и аустенитных (хромоникелевых) сталей, как видно из рисунка 7, практически одинакова.

В таблице 8 приведены составы сталей и сплавов, применяемых как жаростойкие. Предельная температура эксплуатации указана в данной таблице и показывает температуру, выше которой сплав не должен нагреваться при работе во избежание быстрого окисления. Поскольку повышение предельной температуры эксплуатации создается за счет дорогого легирования, то следует точно определять температуру условия работы металла и выбирать в соответствии с этой таблицей и другими справочными данными жаростойкий сплав.

В таблице 9 представлены механические свойства и режимы термообработки некоторых жаростойких сталей.

К жаростойким (окалиностойким) сталям относят все 13 %-е хромистые нержавеющие стали, сложнолегированные хромистые нержавеющие стали и др.

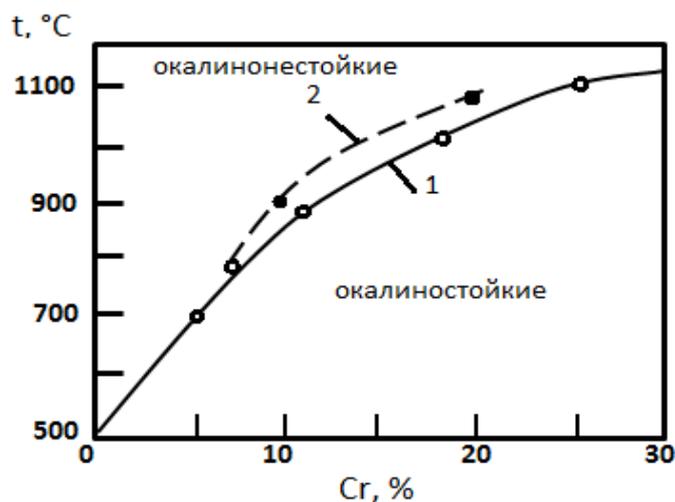


Рис. 7. Влияние хрома на окалиностойкость сталей:
1 – ферритных; 2 – аустенитных

Стали, легированные Cr и Si, называют сильхромами; Cr и Al – хромалями; Cr-Al-Si – сильхромалями. Среди сильхромов широкое применение получили жаростойкие (с температурой окалинообразования 850 °С) и одновременно жаропрочные (до 600 °С) стали мартенситного класса 40X9C2 и 40X10C2M. Стали подвергаются закалке в масле с 1000...1050 °С с последующим отпуском при 500...540 °С (охлаждение на воздухе; сталь 40X9C2) или при 720...780 °С (охлаждение в масле; сталь 40X10C2M). Ускоренное охлаждение после отпуска в масле или на воздухе необходимо для избежания охрупчивания сильхромов в интервале 450...600 °С. Сильхромы применяют для изготовления клапанов двигателей внутреннего сгорания и деталей печного отопления.

Сталь 10X13CЮ (сильхромаль) окалиностойка до 950 °С; она устойчива в серосодержащих средах. Однако высокое содержание алюминия и кремния в сталях вызывает их охрупчивание, в связи с чем эти элементы добавляют в небольших количествах.

Ферритная сталь 08X17T жаростойка до 900 °С и применяется в теплообменниках.

Аустенитные стали 12X18H9T и 36X18H25C2 обладают высокой технологичностью и достаточной прочностью при повышенных температурах. Они жаростойки соответственно до 800 и 1100 °С.

Сталь 36X18H25C2, благодаря добавке кремния, обладает высокой жаростойкостью в среде с повышенным содержанием серы; она применяется для изготовления сопловых аппаратов и жаровых труб в газотурбинных установках.

Составы и применение некоторых жаростойких сталей

Марка стали	Окалино-стойкость, °С	Содержание элементов, %						Применение
		С	Si	Mn	Cr	Ni	Прочие	
		Не более						
12X17	900	0,12	0,8	0,8	16,0...18,0	–	–	Лист, пруток
15X25	1050	0,15	1,0	0,8	24,0...27,0	–	Ti 0,5...0,9	Лист, пруток, трубы
12X18Н9	850	0,12	2,0	2,0	17,0...19,0	8,0...10,0	–	Лист, пруток, трубы
10X23Н18	1050	0,10	1,0	2,0	22,0...25,0	17,0...20,0	–	Лист, пруток
12X25Н16Г7АР	1100	0,12	1,0	7,0	23,0...26,0	15,0...18,0	Ni 0,30...0,45 В 0,010	Лист, пруток
ХН32Т	1100	0,05	0,7	0,7	19,0...22,0	30,0...34,0	Ti 0,25...0,60	Лист, пруток, трубы
ХН45Ю	1300	0,10	1,0	1,0	15,0...17,0	44,0...46,0	Al 2,9...3,9	Лист, пруток, трубы
ХН78Т	1150	0,12	0,8	0,7	19,0...22,0	Основа	Ti 0,15...0,35	Лист, пруток
15X25ТЛ	1050	0,15	0,5...1,2	0,5...0,8	24,0...27,0	–	Ti 0,4...0,8	Литые детали
30X24Н12СЛ	1050	0,4	1,5...1,5	0,3...0,8	22,0...26,0	11,0...13,0	–	Литые детали
15X25Н19СЛ2	1150	0,2	2,0...3,0	0,5...1,5	23,0...27,0	18,0...20,0	–	Литые детали

**Механические свойства и режимы термообработки
некоторых жаростойких сталей**

Марка стали	Термическая обработка при T, °С; охлаждающая среда		$\sigma_{0,2}$	σ_{ϵ}	δ_5	ψ	КСУ
	Закалка	Отпуск (старение)					
40X10C2M	1030 (вз., м.)	750 (м.)	735	930	10	35	0,20
10X13CЮ	отжиг 850 (вз., м.)	–	345	490	15	60	–
12X18H9T	1050 (в.)	–	280	620	41	63	2,50
36X18H25C2	1200 (в.)	800 (вз.)	550	855	17	18	0,50
45X14H14B2M	1100 (в.)	820 (вз.)	315	710	20	35	–

Примечание. Охлаждающая среда: в. – вода; вз. – воздух; м. – масло.

Жаропрочная и жаростойкая сталь аустенитного класса марки 45X14H14B2M работает в условиях высоких температур (до 1000 °С), сохраняет длительное время жаропрочность и жаростойкость без образования заметных остаточных деформаций. После закалки в воде от 1050...1100 °С сталь имеет структуру аустенита (рис. 8).



Рис. 8. Микроструктура стали марки 45X14H14B2M после закалки в воде от 1050...1100 °С, ×500

После закалки и старения при 750 °С структура стали состоит из аустенита и карбидов (рис. 9). Сталь применяется для изготовления клапанов мощных двигателей, трубопроводов и др.



Рис. 9. Микроструктура стали марки 45X14H14B2M после старения при 750 °С, ×500

Порядок выполнения работы

1. Изучить микроструктуры жаростойких сталей различных структурных классов.
2. Зарисовать их схемы, указав увеличение микроскопа.
3. Для каждой марки стали указать структурные составляющие, химический состав, термообработку, механические свойства и применение.

Содержание отчета

В отчет необходимо включить ответы на контрольные вопросы, схемы микроструктур жаростойких сталей, их состав, режимы термообработки, механические свойства, окислостойкость, применение изучаемых сталей. Варианты индивидуального задания представлены в таблице 10.

Таблица 10

Варианты индивидуального задания

Вариант	Марка стали
1	40X9C2
2	40X10C2M
3	12X18H9T
4	36X18H25C2
5	45X14H14B2M
6	08X18T1
7	15X25T
8	15X28
9	20X23H18
10	20X25H20C2
11	10X23H18
12	12X18H12T
13	15X28
14	08X18H10T
15	12X25H16Г7AP

Контрольные вопросы

1. Что такое коррозия?
2. Что такое химическая коррозия?
3. В каких средах может протекать химическая коррозия?
4. В каких средах протекает электрохимическая коррозия металлических изделий?
5. Перечислите виды электрохимической коррозии.
6. Что такое межкристаллитная коррозия?
7. Что такое коррозионное растрескивание?
8. Что такое жаростойкость?
9. Как влияет увеличение температуры на скорость окисления железа?
10. Какие легирующие элементы повышают жаростойкость и почему?
11. Как влияет на окалинстойкость стали содержание в ней хрома?
12. Как влияет на окалинстойкость стали ее структура?
13. Что такое жаропрочность?
14. Что такое сильхромы, хромали, сильхромали?

Лабораторная работа № 2

ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ И МИКРОСТРУКТУРЫ КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ

Задачи работы: изучить микроструктуру, состав, свойства коррозионностойких сталей различных структурных классов; установить связь между их структурой, термообработкой и свойствами.

Оборудование, инструменты, материалы:

1. Металлографический микроскоп инвертированный агрегатный «ЛабoМет».
2. Набор микрошлифов коррозионностойких сталей.
3. Альбом микроструктур.

Теоретические сведения

Поверхностное разрушение металла под воздействием внешней среды называется *коррозией*. Чистое железо и низколегированные стали неустойчивы против коррозии в атмосфере, в воде и во многих других средах, так как образующаяся пленка окислов недостаточно

плотна и не изолирует металл от химического воздействия среды. Некоторые элементы повышают устойчивость стали против коррозии, образуя на поверхности защитные пленки, прочно связанные с основным металлом и предупреждающие контакт между сталью и наружной агрессивной средой, а также повышающие электрохимический потенциал в разных агрессивных средах.

При введении таких элементов в сталь происходит не постепенное, а скачкообразное повышение коррозионной стойкости. Введение в сталь, например, хрома, в количестве более 12 % делает ее коррозионностойкой в атмосфере и во многих других промышленных средах. Сплавы, содержащие менее 12 % Cr, практически в столь же большой степени подвержены коррозии, как и железо. Сплавы, содержащие более 12...14 % Cr, ведут себя как благородные металлы: обладая положительным потенциалом (рис. 10), они не ржавеют и не окисляются на воздухе, в воде, в ряде кислот, солей и щелочей.

Кроме хрома в состав коррозионностойких сталей вводят также другие элементы – чаще никель. При увеличении содержания хрома коррозионная стойкость стали возрастает.

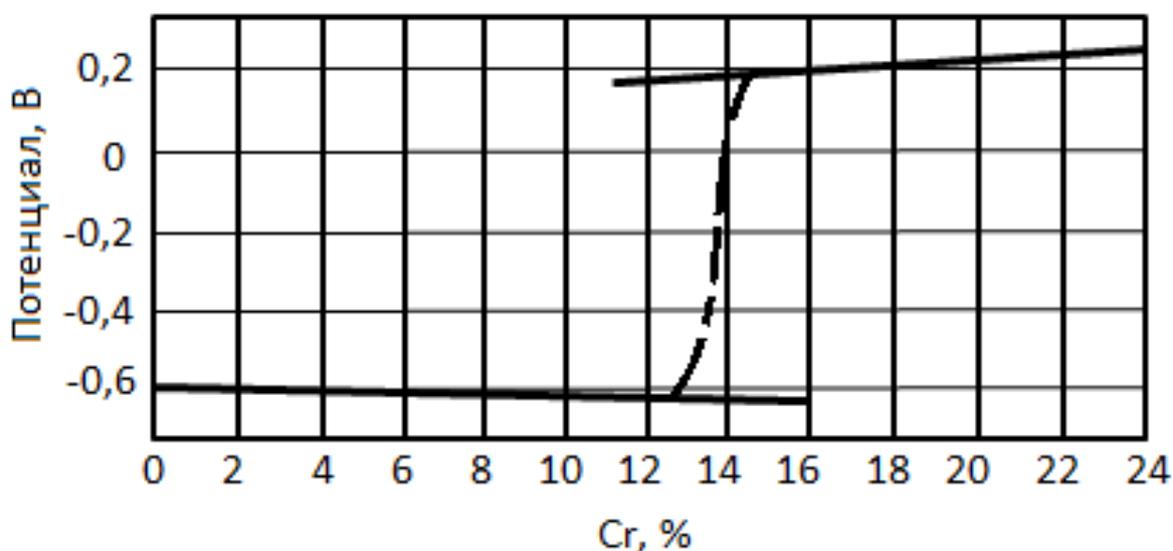


Рис. 10. Потенциал железоуглеродистых сплавов

Коррозионностойкие стали обычно делят на *хромистые ферритные*, содержащие 12...25 % Cr и 0,07...0,2 % C, и *хромистые мартенситные*, содержащие 12...18 % Cr и 0,15...1,2 % C, а также *аустенитные*, содержащие 12...18 % Cr, 8...30 % Ni и 0,02...0,25 % C.

Хромистые стали

Хромистые стали после охлаждения на воздухе имеют ферритную, мартенситно-ферритную (с содержанием феррита более 10 %) и мартенситную структуру. Они коррозионностойки при температуре до 30 °С в водопроводной воде, влажной атмосфере, растворах азотной кислоты и многих органических кислотах. В морской воде хромистые стали подвержены коррозионному растрескиванию. Марки, химический состав и свойства хромистых сталей приведены в таблице 11.

Хромистые стали при нагреве и охлаждении претерпевают фазовое превращение, что позволяет их упрочнять, не теряя коррозионной стойкости. Прочность после закалки возрастает с увеличением содержания углерода. Отпуск не приводит к существенному обеднению твердого раствора хромом, и коррозионная стойкость сохраняется на высоком уровне.

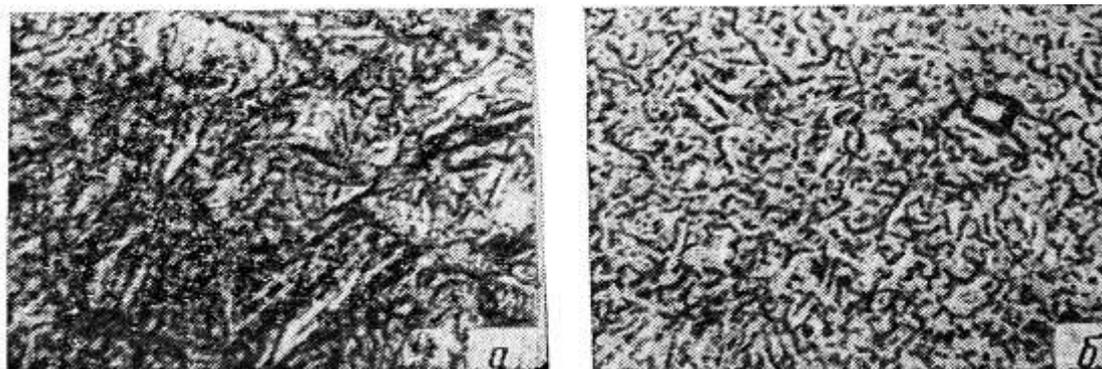
Термическая обработка *мартенситных* сталей, например 20Х13, 30Х13, состоит из закалки от температуры 1000 °С в масле и низкого отпуска при температурах 200...300 °С. После такой обработки стали имеют структуру отпущенного мартенсита. Из них изготавливают режущий, формовочный, измерительный инструмент, пружины, а также предметы домашнего обихода.

Таблица 11

Свойства хромистых коррозионностойких сталей

Марка стали	Класс	Содержание, %		Термическая обработка					
		С	Cr	Отжиг		Закалка и высокий отпуск		Закалка и низкий отпуск	
				σ_v , МПа	δ , %	σ_v , МПа	δ , %	σ_v , МПа	δ , %
08Х13	Ферритный	< 0,08	12...14	400	29	500	30	—	—
12Х13	Ферритно-мартенситный	0,09...0,15	12...14	400	20	600	20	—	—
20Х13	Мартенситный	0,16...0,25	12...14	500	20	660	16	—	—
30Х13	Мартенситный	0,26...0,35	12...14	500	15	700	13	1600	3
40Х13	Мартенситный	0,36...0,45	12...14	600	15	800	9	1680	3

Коррозионностойкая сталь мартенситного класса марки 30X13 (0,26...0,35 % С; 12..14 % Cr) работает в слабоагрессивных средах (водных растворах солей, азотной и некоторых органических кислот). Нагревается при закалке до 1050...1100 °С в масле и отпускается (в зависимости от эксплуатационных условий работы детали) при 200 °С на мартенсит (рис. 11, а) или при 700 °С на сорбит (рис. 11, б). В низкоотпущенном состоянии сталь применяется для изготовления игл карбюраторов, пружин и др., а в высокоотпущенном – валов, зубчатых колес, болтов и др.



*Рис. 11. Микроструктура стали марки 30X13:
а – после закалки и отпуска при 200 °С, × 500;
б – после закалки и отпуска при 700 °С, × 500*

Из стали 20X13 изготавливают крепеж, арматуру, клапаны, малонагруженные валы, сохраняющие жаростойкость до 700 °С. Сталь 30X13 применяют для деталей, подвергающихся сильному износу и действию слабоагрессивных сред.

Для изготовления подшипников, втулок, ножей и других деталей, работающих на износ в агрессивных средах, применяют сталь 95X18. После закалки с 1000...1050 °С в масле и отпуска при 200...300 °С сталь имеет высокую твердость – не менее 55 HRC.

Мартенситно-ферритные стали закалывают с температуры 1000 °С и подвергают высокому отпуску (600...700 °С) для получения сорбитной структуры. В отожженном состоянии эти стали пластичны, имеют повышенную ударную вязкость и могут подвергаться не только горячей, но и холодной обработке давлением. Они применяются для изготовления деталей с повышенной пластичностью, подвергающихся ударным нагрузкам, работающих в слабоагрессивных средах. К таким деталям относятся клапаны гидравлических прессов, мешалки, валы и шнеки для оборудования пищевой промышленности.

Ферритные стали подвергают отжигу при температуре 700...800 °С для получения однородного твердого раствора и увеличения коррозионной стойкости. Из сталей марок 08Х13, 12Х17, 15Х25Т, 15Х28 изготавливают оборудование и оснастку предприятий пищевой и легкой промышленности, трубы теплообменной аппаратуры, работающие в агрессивных средах. Сварке ферритные стали подвергают редко, поскольку она приводит к росту зерна и снижению коррозионной стойкости.

Аустенитные хромоникелевые стали

Аустенитные хромоникелевые стали впервые были разработаны в 1910 г. немецким инженером Штраусом на заводах фирмы «Крупп». Хромоникелевые коррозионностойкие стали после охлаждения на воздухе имеют аустенитную, аустенитно-мартенситную и аустенитно-ферритную (феррита более 10 %) структуру. Широко применяемые стали типа 12Х18Н9, 04Х18Н10, 03Х18Н12, 17Х18Н9 обычно содержат 18 % Cr и 9...12 % Ni. Они имеют более высокую коррозионную стойкость по сравнению с хромистыми сталями и в отличие от них сохраняют ее при нагреве. Содержание 18 % хрома обеспечивает способность сталей к пассивации. Благодаря этому они имеют высокую коррозионную стойкость в различных окислительных средах. Термообработка этих сталей заключается в закалке от температуры около 1100 °С в воде без отпуска. Высокая температура при закалке необходима для растворения карбидов и получения структуры однородного аустенита. После закалки стали имеют следующие основные свойства: чисто аустенитную структуру, низкую твердость, высокую пластичность; они немагнитны, хорошо деформируются и свариваются. Высокая технологичность сталей позволяет широко их использовать в качестве конструкционного материала.

При медленном охлаждении хромоникелевые стали приобретают многофазную структуру, в которой кроме аустенита присутствует небольшое количество феррита и карбидов. Такая структура отрицательно сказывается на коррозионной стойкости и пластичности. Закалка стали из однофазной аустенитной области от температуры 1050...1100 °С в воде фиксирует ту структуру, которая была при нагреве, при этом избыточные фазы не успевают выделиться.

Коррозионностойкая сталь аустенитного класса марки 12Х18Н9Т (0,12 % С; 17...19 % Cr; 8...10 % Ni и до 1 % Ti) работает в

средах повышенной агрессивности (муравьиная, уксусная, щавелевая и другие кислоты). Для предотвращения выпадения из твердого раствора стали карбидов хрома, сохранения в ней однофазной структуры и высокоантикоррозионных свойств эта сталь закаливается в воде от 1050...1100 °С. После закалки сталь имеет структуру аустенита с линиями сдвига (рис. 12). Эту сталь применяют для трубопроводов, обшивок, различных емкостей и др.

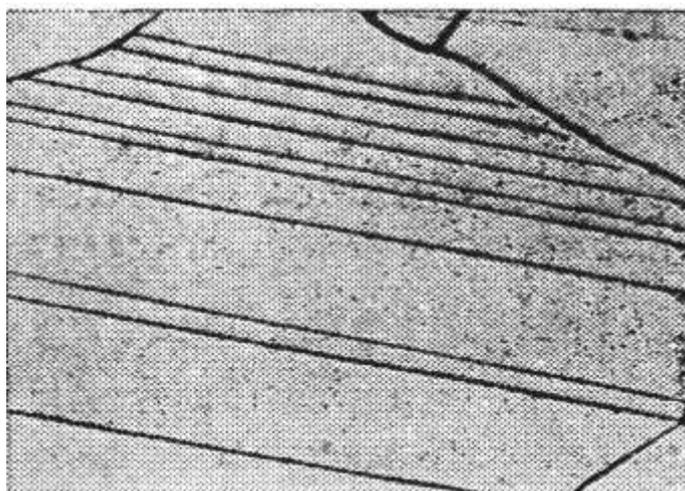


Рис. 12. Микроструктура стали марки 12X18H9 после закалки от 1100 °С, ×500

Состояние однофазного аустенита с сохранением всего хрома в твердом растворе обеспечивает сталям максимальную коррозионную стойкость. Пластичность на уровне 5...40 % позволяет подвергать их холодной пластической деформации с наклепом и повышением прочности при сохранении коррозионной стойкости почти на прежнем уровне.

Состав и свойства наиболее часто применяемых марок этих сталей приведены в таблице 12.

Учитывая невысокую прочность и высокую пластичность таких сталей, их подвергают холодной деформации с наклепом, после чего прочность повышается.

Содержание углерода в коррозионностойких аустенитных сталях ограничено. Желательно, чтобы оно было ниже предела растворимости углерода в легированном никелем аустените при 20 °С, составляющего 0,02...0,04 %. Присутствие в стали более высоких концентраций углерода может приводить к образованию карбидов хрома типа $Cr_{23}C_6$, вследствие чего твердый раствор обедняется хромом, и

создается двухфазная структура. При этом снижается коррозионная стойкость стали, что приводит к возникновению межкристаллитной коррозии (МКК). На рисунке 5 были приведены микроструктуры стали 08X18H10 после испытаний на межкристаллитную коррозию в разных средах.

Для предотвращения образования карбидов хрома, особенно при технологических нагревах, связанных с проведением операций сварки или пайки и опасностью возникновения *межкристаллитной коррозии*, в сталь дополнительно вводят *титан, ниобий или тантал*. Эти элементы связывают углерод в карбиды типа TiC, NbC, TaC, оставляя хром в твердом растворе.

Стали, не склонные к межкристаллитной коррозии, называются *стабилизированными*. Эффект стабилизации может быть достигнут, помимо введения сильных карбидообразующих элементов, уменьшением содержания углерода ниже 0,04 %.

Пассивации хромоникелевых аустенитных сталей способствует введение 0,5...1,5 % Mo. Добавка таких количеств молибдена в сталь 12X18H10T делает ее стойкой к точечной коррозии в морской воде.

Таблица 12

Состав и свойства закаленных коррозионностойких сталей аустенитного класса

Марка стали	Содержание, %						Механические свойства	
	C	Cr	Ni	Mn	Ti	Прочие	σ_s , МПа	δ , %
04X18H10	< 0,04	17...19	9...11	–	–	–	500	45
08X18H10	< 0,08	17...19	9...11	–	–	–	520	45
12X18H10T	< 0,12	17...19	9...11	–	0,7	–	520	40
17X18H9	0,13...0,21	17...19	8...10	–	–	–	600	35
10X17H13M2T	< 0,1	16...18	12...14	–	0,3...0,6	1,8...2,5 Mo	520	40
10X14Г14Н4Т	< 0,1	11...13	2,8...4,5	13...15	0,6	–	650	35
12X17Г9АН4	< 0,12	16...18	3,5...4,5	8...10,5	–	0,15...0,25 N	700	40

В холодильной и криогенной технике они используются для изготовления сосудов для хранения жидких газов, корпусов, адсорберов ацетиленов, деталей центробежных машин.

Хромоникелевые коррозионностойкие стали содержат дефицитный и дорогостоящий никель и поэтому имеют высокую стоимость. В ряде случаев применяют более дешевые стали, в которых часть или весь никель заменены марганцем. До температур $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ вместо стали 10X18H10T может быть использована сталь 10X14Г14Н4Т.

Также в целях экономии никеля промышленность выпускает двухслойные стали, в которых в основном слое использованы низколегированные или углеродистые стали, а в плакирующем слое – хромоникелевые коррозионностойкие стали и цветные металлы.

С помощью атомов внедрения (углерода и азота), располагающихся в междоузлиях решетки, можно существенно увеличить прочностные свойства аустенитных сталей. Учитывая отрицательное влияние углерода на коррозионную стойкость, увеличение его содержания нецелесообразно. В отожженном и закаленном состояниях концентрация азота в хромоникелевых аустенитных сталях может быть доведена до 0,4 %, а при выплавке стали под давлением – до 1,0 %. При этом предел текучести при комнатной температуре может возрасти до 500 МПа, а временное сопротивление – до 1000 МПа. Азот повышает стабильность аустенита, поэтому для увеличения коррозионной стойкости можно использовать более высокие концентрации хрома и молибдена, не увеличивая склонность стали к выделению интерметаллидных фаз. Примером может служить сталь 03X20H16AG6, используемая в криогенной технике.

Несмотря на высокую коррозионную стойкость нержавеющей сталей, для обеспечения долговечности оборудования, изготовленного из них, необходимо выполнять следующие требования:

- не допускать контакта разнородных металлов (а в случае конструктивной необходимости такого контакта разъединять металлы изолирующими прокладками);

- аппараты не должны иметь острых углов, щелей, труднодоступных углублений, способствующих оседанию твердых частиц и застойным сред, по этой же причине следует избегать нахлесточных сварных соединений;

- избегать контакта аппаратов, трубопроводов, запорной арматуры из нержавеющей сталей с асбестом, войлоком, бетоном, дере-

вом, а также другими пористыми материалами, имеющими свойство впитывать среды.

Порядок выполнения работы

1. Изучить микроструктуры коррозионностойких сталей различных структурных классов.
2. Зарисовать их схемы, указав увеличение микроскопа.
3. Для каждой марки стали указать структурные составляющие, химический состав, режимы термообработки, механические свойства и применение. Варианты индивидуального задания представлены в таблице 13.

Содержание отчета

В отчет необходимо включить ответы на контрольные вопросы, схемы микроструктур коррозионностойких сталей, их состав, режимы термообработки, применение изучаемых сталей.

Таблица 13

Варианты индивидуального задания

Вариант	Марка стали
1	08X13
2	20X13
3	30X13
4	40X13
5	10X14АГ15
6	12X17
7	95X18
8	12X13
9	04X18Н10
10	08X18Н10
11	12X18Н10Т
12	17X18Н9
13	10X17Н13М27
14	10X14Г14Н4Т
15	25X13Н2
16	08X17Н13М2Т
17	14X17Н2
18	08X18Г8Н2Т
19	08X22Н6Г

Контрольные вопросы

1. В чем причина повышения устойчивости стали против коррозии при легировании ее некоторыми легирующими элементами?
2. Какое минимальное содержание хрома, %, резко повышает коррозионную устойчивость сталей?
3. Назовите легирующие элементы, повышающие коррозионную устойчивость сталей?
4. Какую структуру после охлаждения на воздухе могут иметь коррозионностойкие стали?
5. Каков режим термической обработки ферритных хромистых коррозионностойких сталей?
6. Где применяются ферритные хромистые коррозионностойкие стали?
7. Каков режим термической обработки мартенситных хромистых коррозионностойких сталей?
8. Где применяются мартенситные хромистые коррозионностойкие стали?
9. Каков режим термической обработки мартенситно-ферритных хромистых коррозионностойких сталей?
10. Где применяются мартенситно-ферритные хромистые коррозионностойкие стали?
11. Какую структуру после охлаждения на воздухе могут иметь хромоникелевые коррозионностойкие стали?
12. Каков режим термической обработки хромоникелевых аустенитных коррозионностойких сталей?
13. Почему в хромоникелевых аустенитных коррозионностойких сталях ограничено количество углерода?
14. Какому виду коррозии подвержены коррозионностойкие стали?
15. Какие коррозионностойкие стали называют стабилизированными?
16. Как достигается эффект стабилизации коррозионностойких сталей?
17. Какой легирующий элемент вместо никеля добавляют в коррозионные стали для снижения их стоимости?
18. Где применяют хромоникелевые коррозионностойкие стали?
19. Какие технологические требования необходимо выполнять при эксплуатации оборудования из коррозионностойких сталей?

ТЕСТ САМОКОНТРОЛЯ К ГЛАВЕ 1

1. Разрушение материалов под влиянием окружающей среды в результате ее химического или электрохимического воздействия – это:

- a) диффузия;
- b) коррозия;
- c) окисление;
- d) пассивация.

2. Среда, в которой может протекать химическая коррозия, это:

- a) атмосферная среда;
- b) газы при высокой температуре;
- c) почва;
- d) растворы кислот.

3. Среда, в которой может протекать электрохимическая коррозия, это:

- a) бензин;
- b) газы при высокой температуре;
- c) мазут;
- d) растворы кислот.

4. Катодная защита от коррозии – это:

- a) легирование;
- b) использование протектора;
- c) нанесение лакокрасочных покрытий;
- d) плакирование.

5. Метод изготовления коррозионностойких биметаллов – это:

- a) азотирование;
- b) добавка легирующих элементов;
- c) прокатка;
- d) электроосаждение.

6. Сталь, относящаяся к классу коррозионностойких, это:

- a) p18;
- b) 45хн;
- c) шх15;
- d) 12х13.

7. Сопротивление металла коррозии при высоких температурах – это:

- a) жаростойкость;
- b) жаропрочность;
- c) коррозионностойкость;
- d) красностойкость.

8. Единица измерения окалиностойкости – это:

- a) кг;
- b) °С;
- c) МПа;
- d) сек.

9. Марка коррозионностойкой мартенситной стали – это:

- a) 40X13;
- b) Ст.3 кп.;
- c) У12А;
- d) 45Х.

10. Марка коррозионностойкой ферритной стали – это:

- a) 08X17Т;
- b) ВСт.5 сп;
- c) 45Х;
- d) 20ХГСА.

11. Марка коррозионностойкой аустенитной стали – это:

- a) X18Н10Т;
- b) 55С2;
- c) 25ХГСА;
- d) У8А.

12. Вид коррозии, продуктом которой является окалина, это:

- a) биокоррозия;
- b) газовая;
- c) жидкостная;
- d) кавитационная.

13. Вид коррозии, которая вызывает вспучивание и расслоение металла – это:

- a) межкристаллитная;
- b) подповерхностная;

- c) точечная;
- d) щелевая.

14. Вид коррозии, при которой происходит образование ржавчины резьбовых соединений, – это:

- a) жидкостная;
- b) контактная;
- c) подземная;
- d) щелевая.

15. Вид чугунов, обладающих наибольшей коррозионной стойкостью, это:

- a) белые;
- b) высокопрочные;
- c) ковкие;
- d) серые.

16. Легированная сталь, содержащая не менее 13 % хрома, это:

- a) быстрорежущая;
- b) износостойкая;
- c) жаропонижающая;
- d) нержавеющая.

17. Марка коррозионностойкой стали аустенитного класса, содержащей 0,08 % углерода, 22 % хрома, 6 % никеля, 0,65 % титана – это:

- a) 08X22H6T;
- b) 08X20H14C2;
- c) 12X25H16Г7AP;
- d) 10X14AG15.

18. Инициаторы и стимуляторы биологического процесса коррозии – это:

- a) бактерии;
- b) грибы;
- c) влажность;
- d) температура.

Глава 2

ПОКРЫТИЯ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

§ 2.1. Виды защитных покрытий

Самыми распространенными средствами предохранения сельскохозяйственной техники от коррозии являются различного рода защитные покрытия. Наряду с ними все более широко применяются и такие перспективные средства, как ингибиторы (замедлители) коррозии, модификаторы ржавчины, усовершенствованные упаковочные материалы, специальные средства защиты от биоповреждений и пр.

Защитные покрытия различают по материалу, способу получения, назначению и механизму защиты.

По материалу из защитных покрытий наиболее распространены покрытия на органической основе, а из них – лакокрасочные. Они выгодно отличаются от других видов защитных покрытий своей дешевизной, простотой нанесения и надежностью. В настоящее время более 80 % всех металлических изделий защищают от коррозии лакокрасочными покрытиями.

В последние годы распространяются покрытия на основе полимерных материалов (полиэтилена, поливинилхлорида, полиамида, нейлона, капрона и др.). Полимерные покрытия имеют ряд преимуществ перед лакокрасочными: они более долговечны, обладают механической и химической стойкостью, дают возможность обойтись без применения органических растворителей и позволяют сократить технологический цикл окрашивания заменой многослойных покрытий однослойными необходимой толщины. Но они значительно дороже последних, поэтому пока имеют ограниченное применение.

Расширяется номенклатура полимерных материалов, применяемых при консервации металлических изделий. Здесь наряду с традиционными средствами (маслами и смазками) все шире применяют различные ингибированные пленочные полимерные покрытия (снимаемые, смываемые, неснимаемые), битумные и восковые составы. Покрытия указанных типов в ряде случаев могут использоваться и в условиях эксплуатации.

Металлопокрытия отличаются своим многообразием как по виду используемого металла, так и по способам их получения. Для сельскохозяйственной техники чаще других применяют цинкование.

Оно более экономично и обеспечивает надежную защиту во многих средах. Цинковые покрытия можно наносить различными методами: горячим способом, распылением и гальваническим способом.

По механизму защиты металлические покрытия подразделяются на анодные (имеющие в данной среде электродный потенциал более отрицательный, чем у основного металла) и катодные (имеющие в данной среде электродный потенциал более положительный, чем у основного металла).

Неметаллические неорганические покрытия – это покрытия, состоящие из неорганических соединений металлов. Примерами их являются: окисное, окисно-фосфатное, фосфатное, фторидное, окисно-фторидное и др. Как правило, защитные свойства неметаллических неорганических покрытий невысокие, поэтому как самостоятельные покрытия они могут быть использованы только для защиты металлических изделий от коррозии в легких условиях эксплуатации. Наиболее целесообразно применять неметаллические покрытия (особенно окисные и фосфатные) как основу для нанесения лакокрасочных покрытий.

Комбинированные покрытия – это системы покрывных пленок (металлических и неметаллических), включающих один и более слоев, компонентов или фаз. Существует классификация комбинированных покрытий в зависимости от количества фаз, составляющих покрытие (однофазные, двухфазные, трехфазные), количества компонентов (однокомпонентные, многокомпонентные) и т. д. Среди комбинированных покрытий большой интерес представляют так называемые многокомпонентные композиционные покрытия, совмещающие в себе свойства металлов и неметаллов. К ним относят металлические покрытия, содержащие соосажденные неметаллические частицы. Примерами композиционных покрытий могут служить: медь с графитом, никель с карбидами, хром с боридами и др. Отличительной особенностью такого рода покрытий является их повышенная по сравнению с чисто металлическими покрытиями стойкость против изнашивания, коррозии и температурных воздействий.

Комбинированные покрытия позволяют сочетать различные принципы защиты изделий. Они долговечны в обычных условиях эксплуатации, эффективны в агрессивных средах и при повышенных температурах. Технология получения комбинированных покрытий не требует коренной перестройки производства.

По способу получения из защитных покрытий наиболее применяемыми в сельскохозяйственной технике являются *горячие, химические, электрохимические и металлизационные*. Из всех способов получения цинковых покрытий на горячее цинкование приходится 95...98 %. Этот способ нанесения цинка имеет то преимущество, что связь его с основным защищаемым металлом более прочная из-за диффузии наносимого металла в глубину основы, а постепенное изменение концентрации металла по глубине покрытия обуславливает лучшие условия эксплуатации деталей.

Химические покрытия – это металлические или неметаллические неорганические покрытия, получаемые в растворах без электрического тока от внешнего источника. Примерами процессов получения покрытий химическим способом являются: для металлических покрытий, полученных восстановлением, – никелирование, меднение и др.; для неметаллических неорганических покрытий, полученных окислением, – оксидирование, фосфатирование, хроматирование и др.

Электрохимические покрытия – это металлические или неметаллические неорганические покрытия, получаемые в электролитах под действием электрического тока от внешнего источника. Электрохимическое покрытие, получаемое катодным восстановлением металла, называется гальваническим, а покрытие, получаемое анодным окислением металла, – анодно-окисным. Примером гальванических покрытий могут служить катодно-осажденные хромовые, никелевые, цинковые, кадмиевые и другие металлические покрытия, а к анодно-окисным покрытиям относятся защитные пленки, полученные анодным окислением, например, алюминиевых сплавов.

Металлизационные покрытия – это металлические покрытия (цинковые, кадмиевые, алюминиевые, свинцовые, медные и др.), нанесенные на защищаемую поверхность в расплавленном состоянии струей сжатого воздуха. Обычно их наносят на крупные металлоконструкции. Для усиления коррозионной стойкости металлических и неметаллических неорганических покрытий их дополнительно обрабатывают различными способами: гидрофобизированием, наполнением в воде, наполнением в растворе бихромата калия или натрия, покрытием бесцветным лаком, оксидированием с наполнением в растворе красителя, оплавлением, пассивированием, пропиткой лаком, клеем, эмульсией, промасливанием, фосфатированием, хроматированием и т. д.

Основные требования к выбору и применению покрытий

Сельскохозяйственная техника отличается сезонностью использования. Например, зерноуборочные комбайны работают от 10 до 60 дней в году, остальное время они находятся на хранении. Постановка их на хранение во многих районах совпадает с наступлением похолодания и частыми выпадениями атмосферных осадков, осложняющих технологию подготовки к противокоррозионным работам.

Нужно учитывать, что скорость коррозии металлических деталей сельскохозяйственных машин, находящихся на открытых площадках, значительно изменяется посезонно. Например, в условиях Сибири в зимние месяцы незащищенная сталь и чугун практически не корродируют, весной скорость коррозии увеличивается, в летне-осенние месяцы она достигает максимума.

Большая часть сельскохозяйственной техники и оборудования эксплуатируется в условиях воздействия агрессивных сред. Это прежде всего относится к металлоконструкциям, машинам и механизмам, используемым в животноводческих помещениях, к технике, связанной с транспортировкой, хранением и использованием минеральных удобрений, гербицидов и ядохимикатов. Так, интенсивность коррозии металла в условиях животноводческих помещений в 10...15 раз выше, чем на открытом воздухе. Срок службы туковысевающих аппаратов, тукопроводов, емкостей и аппаратуры для внесения аммиачных удобрений из-за коррозии нередко в 3-4 раза меньше срока службы тракторов.

Таким образом, защитные покрытия должны противостоять дождю, снегу, ветру, солнечной радиации, суточным и сезонным колебаниям температуры, воздействию различных агрессивных сред.

Многообразие условий эксплуатации и хранения сельскохозяйственной техники определяет возможность применения различных видов защитных покрытий.

Известно, что не существует покрытий, обеспечивающих универсальную защиту, поэтому выбор того или иного вида противокоррозионного покрытия в каждом конкретном случае решается с учетом вида и конструктивных особенностей технического средства, условий его эксплуатации (хранения), физико-механических, химических и технологических свойств покрытий, экономической целесообразности и т. д.

О химических свойствах покрытия судят сопоставлением физико-механических показателей покрытия до и после воздействия на него внешних сред в течение различного времени и при различных температурах и по влиянию его на окружающую среду.

Технологические свойства покрытий зависят от метода нанесения материалов покрытия, количества наносимых слоев, нормы расхода, жизнеспособности и токсичности используемых материалов покрытия, температуры и продолжительности высыхания отдельных слоев и системы покрытия в целом и т. д.

По технологическим свойствам покрытий судят о возможности их применения для противокоррозионной защиты того или иного технического средства и стоимости противокоррозионной защиты.

Одним из самых распространенных видов покрытий являются лакокрасочные. Покрытия лаками и красками имеют ряд преимуществ, например, перед металлическими. Они легко наносятся на изделия любых размеров, хорошо закрывают все поры, находящиеся на их поверхности. Окраска не изменяет свойств металла, является дешевым и в то же время достаточно надежным средством защиты от атмосферной коррозии. Существует широкая номенклатура лакокрасочных покрытий, предназначенных для различных условий эксплуатации: стойкие внутри помещений, атмосферостойкие, химически стойкие, водостойкие, маслобензостойкие и др. ГОСТ 9825-73 определил группы лакокрасочных покрытий в зависимости от условий эксплуатации защищаемых изделий. Практически не всегда легко выбрать оптимальную систему лакокрасочных покрытий, особенно если это касается высокоагрессивных сред. Например, для строительных конструкций животноводческих помещений при выборе защитных лакокрасочных систем покрытий нужно учитывать следующие основные требования: покрытие должно быть нетоксичным, обладать хорошей адгезией (сцеплением) с защищаемым материалом, высокой коррозионной стойкостью в агрессивных средах, гидрофобностью, паропроницаемостью и атмосферостойкостью для наружных сторон и должно быть дешевым.

Рассматривая экономическую сторону выбираемого покрытия, следует помнить, что в ряде случаев сама работа по окраске – трудоемкий и дорогостоящий процесс. Поэтому зачастую значительно выгоднее использовать материалы более дорогие, но обладающие высокой стойкостью к агрессивным средам и длительным сроком службы, чем материалы более дешевые, но менее стойкие. Если требуется

обеспечить противокоррозионную защиту техники на непродолжительный срок, выбирают более дешевые материалы: битумные, восковые составы, масла, смазки и пр.

Если позволяют производственные условия (наличие соответствующего оборудования, условия для выполнения всего технологического цикла и пр.), в ряде случаев эффективно применение полимерных покрытий. В отличие от лакокрасочных материалов, при использовании порошкообразных полимеров не применяются дорогие, дефицитные токсичные и пожароопасные органические растворители, покрытия получаются более качественными и долговечными.

Широкому применению полимерных покрытий способствует также сокращение производственного цикла их получения в 10...30 раз по сравнению с лакокрасочными, гальваническими, силикатными покрытиями, снижение трудозатрат в 2...3 раза по сравнению с лакокрасочными и в 3...6 раз – с гальваническими. Производственные площади, необходимые для нанесения полимерных покрытий, меньше в 1,5...2 раза, чем для лакокрасочных.

Иногда необходимо не только защитить изделие от влияния внешней среды, но и придать ему декоративный вид. В этом случае используют металлические покрытия хромом и никелем. При работе деталей в воде или во влажной атмосфере широко используют цинкование. Иногда один и тот же вид покрытий применяют для различных целей. Так, никелевые и хромовые покрытия можно применять как защитно-декоративные покрытия и для придания поверхностной твердости деталям, работающим в условиях трения. Кадмиевые покрытия используют не только для защиты стальных изделий от коррозии, но и для специальных целей, например для придания притирочных свойств поверхности сопрягаемых деталей при плотной сборке.

Гальванические и химические покрытия для защиты от коррозии конструкций со сварными соединениями применяют только при условии непрерывности шва по всему периметру, исключаящем затекание электролита в шов.

В качестве защитных покрытий для стальных изделий с непрерывными сварными соединениями применяют, как правило, цинковые или кадмиевые покрытия, а для алюминиевых – анодно-окисные покрытия.

Что касается металлических покрытий, кроме специальных к ним предъявляются общие требования: должны быть хорошее сцепление с основой, мелкокристаллическая структура, минимальная по-

ристость. Определяющими качествами для них являются вид покрытия и толщина слоя, которые выбирают в зависимости от назначения и материала деталей, условий эксплуатации покрытий и экономической целесообразности.

Лучшими защитными свойствами обладают анодные покрытия, имеющие более электроотрицательный потенциал по отношению к основному металлу изделия, благодаря чему обеспечивается электрохимическая защита его поверхности от коррозии. Защитные свойства таких покрытий в меньшей степени зависят от их пористости.

Катодные покрытия должны полностью изолировать металл изделия от воздействия окружающей среды, что может быть обеспечено только при отсутствии пор в осадках. Выполнение этого требования в значительной степени удовлетворяется при надежной подготовке поверхности основного металла, правильном выборе типа электролита (раствора) и оптимальной концентрации компонентов, входящих в его состав, электрического и температурного режимов.

Детали, на которые наносятся гальванические и химические покрытия, должны быть простыми по конструкции, без узких и глубоких отверстий, пазов, острых углов. Детали не должны иметь зазоров, из которых трудно удалить остатки электролитов.

Поверхность детали в глухих или узких отверстиях и т. п., где гальваническое покрытие будет полностью или частично отсутствовать, следует защищать в зависимости от назначения детали неметаллическими неорганическими покрытиями, нанесенными химическим способом, консистентными смазками или лакокрасочными покрытиями.

Лакокрасочные материалы и покрытия

Лакокрасочные материалы предназначены для создания защитных и декоративных покрытий на металлических, деревянных, бетонных и других поверхностях. Как правило, покрытия делают многослойные. Лакокрасочные материалы в зависимости от состава и назначения классифицируют на *основные* (лаки, краски, грунтовки и шпатлевки) и *вспомогательные* (растворители, разбавители или разжижители, смывки, составы для подготовки поверхностей к окрашиванию и др.).

Классификация и обозначение лакокрасочных материалов

Современное обозначение основных лакокрасочных материалов состоит из пяти групп знаков:

1-я группа – название материала полным словом (эмаль, грунт и т. п.);

2-я группа – условное обозначение типа пленкообразователя;

3-я группа – основное назначение материала;

4-я группа – порядковый номер, присвоенный данному материалу, из одной, двух или трех цифр;

5-я группа – цвет материала.

Условные обозначения пленкообразователей следующие: глифта-левых – ГФ; пентафталевых – ПФ; меламинных – МЛ; мочевиных – МЧ; фенольных – ФЛ; фенолалкидных – ФА; эпоксидных – ЭП; эпоксиэфирных – ЭФ; алкидно- и масляно-стирольных – МС; полиэфирных – ПЭ; полиуретановых – УР; акриловых – АК; сополимерно-акриловых – АС; нитроцеллюлозных – НЦ; этилцеллюлозных – ЭЦ; перхлорвиниловых – ХВ; сополимерно-винилхлоридных – ХС; кремнийорганических – КО; дифинилацетиленовых – ВН; каучуковых – КЧ; полиамидных – АД; фторопластовых – ФП; поливинилацетальных – ВЛ; битумных – БТ; канифольных – КФ; масляных – МА.

Внутри перечисленных групп лакокрасочные материалы классифицируют по преимущественному назначению материала.

Условные обозначения лакокрасочных материалов следующие: атмосферостойких – 1; ограниченно атмосферостойких – 2; водостойких – 4; специальных – 5; маслобензостойких – 6; химически стойких – 7; термостойких – 8; электроизоляционных – 9; грунтовок – 0; шпатлевок – 00.

В результате марка лакокрасочного материала (ГОСТ 9825-73) указывает химическую природу пленкообразователя этого материала и его назначение. Например, эмаль КО-198 – эмаль кремнийорганическая, атмосферостойкая с регистрационным номером 98; ЭП-0026 – эпоксидная шпатлевка с регистрационным номером 26.

В зависимости от назначения лакокрасочные материалы подразделяют на краски, эмали, лаки, грунтовки и шпатлевки (табл. 14).

**Деление по виду основных лакокрасочных материалов
(ГОСТ 9825-73)**

Вид лакокрасочного материала	Определение
Лак	Раствор пленкообразующих веществ в органических растворителях или в воде, образующий после высыхания твердую прозрачную однородную пленку
Краска	Суспензия пигмента или смеси пигментов с наполнителями в олифе, масле, эмульсии, латексе, образующая после высыхания непрозрачную однородную пленку
Порошковая краска	Сухая композиция пленкообразующего вещества с пигментами и наполнителями, образующая после сплавления, охлаждения и отверждения твердую непрозрачную пленку
Эмаль	Суспензия пигмента или смеси пигментов с наполнителями в лаке, образующая после высыхания непрозрачную твердую пленку с различным блеском и фактурой поверхности
Грунтовка	Суспензия пигмента или смеси пигментов с наполнителями в связующем веществе, образующая после высыхания непрозрачную однородную пленку с хорошей адгезией к подложке и покрывным слоям
Шпатлевка	Густая, вязкая масса, состоящая из смеси пигментов с наполнителями в связующем веществе, предназначенная для заполнения неровностей и сглаживания окрашиваемой поверхности

Системой лакокрасочного покрытия называют сочетание слоев материалов, последовательно нанесенных на защищаемую поверхность (рис. 13).

Толщина покрытия зависит от типа и свойства наносимого лакокрасочного материала, его вязкости, процесса нанесения, степени агрессивности среды и других условий эксплуатации, свойств металла и сложности его поверхности, возможности нанесения определенным способом и назначения.

Обычно толщина однослойной пленки правильно нанесенной эмали при температуре 18...22 °С составляет 25...30 мкм, нагретой до 40...60 °С – 15...20 мкм.

Для жестких условий эксплуатации значение минимальной общей толщины эпоксидного и винилового покрытий принимается равной 250...300 мкм, алкидного и полиуретанового – 200...250 мкм, кремнийорганического – 80...120 мкм. Для мягких условий толщина может быть уменьшена на 10...12 %.

Лакокрасочным материалам присущи определенные физические (плотность, теплопроводность, атмосферостойкость и др.), механические (прочность, твердость, эластичность, истираемость и др.), химические (кислото-щелочестойкость, токсичность и др.) свойства.

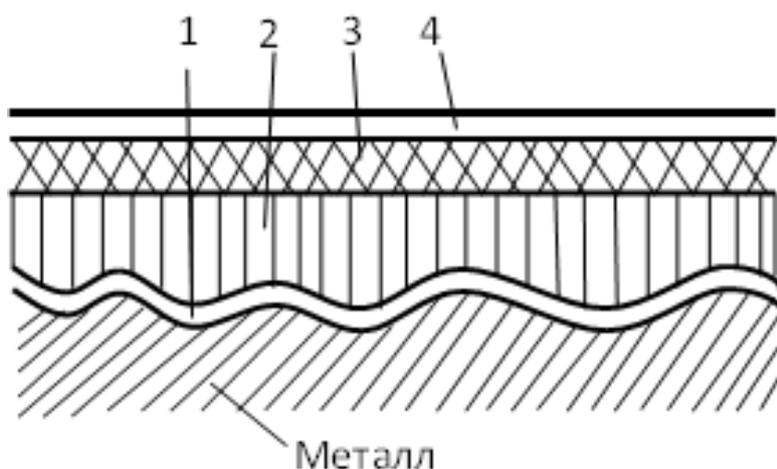


Рис. 13. Схема системы лакокрасочного покрытия:
1 – грунт; 2 – шпатлевка; 3 – эмаль; 4 – покрывной лак

Полимерные покрытия

Полимерные покрытия применительно к защите сельскохозяйственной техники от коррозии еще не нашли достаточно широкого распространения и относятся в основном к категории перспективных.

Наиболее вероятное применение полимерных покрытий – защита металлических деталей и узлов машин, находящихся при эксплуатации в контакте с высокоагрессивными средами, например машин для химической защиты растений, зернотуковых ящиков сеялок, туковывсевающих аппаратов, трубопроводов арматуры на животноводческих фермах, клеточных батарей на птицефабриках и т. д.

В качестве противокоррозионной защиты используют полимерные составы в виде пластизолей, аэрозолей и порошкообразных композиций. Последние получили наибольшее применение.

Отечественная промышленность выпускает разнообразные полимеры, но в производстве покрытий используют лишь небольшое их количество при очень ограниченном ассортименте марок. Из порошкообразных полимеров применяют полиэтилен, поливинилбутираль, поливинилхлорид, полистирол, полиамиды, эпоксидные смолы. Для улучшения технологических и эксплуатационных свойств полимеры совмещают с другими ингредиентами (пластификаторами, стабилизаторами, отвердителями, пигментами, наполнителями и т. д.). Получаемые в результате порошковые смеси или композиции, учитывая их аналогию по составу и назначению с жидкими лакокрасочными материалами, можно назвать порошковыми или сухими красками.

Выбор состава композиций зависит от многих факторов, и прежде всего от природы полимера, способа нанесения композиций и назначения покрытий.

Пластификация порошковых полимеров облегчает условия пленкообразования и позволяет в широких пределах регулировать физико-механические и другие свойства покрытий.

Наполнители вводятся для придания необходимого цвета, улучшения механических свойств, повышения защитных качеств, снижения стоимости покрытия.

Пигменты вводят в состав композиций для получения окрашенных покрытий. Применяют органические красящие вещества (пигменты, лаки, жирорастворимые красители) и неорганические пигменты.

Стабилизаторы повышают устойчивость полимерных покрытий от теплового и светового старения.

В зависимости от поведения полимеров при нагревании различают *термопластичные* полимеры (термопласты) и *терморективные* полимеры (реактопласты).

К термопластичным материалам, которые многократно могут размягчаться при нагревании и затвердевать при охлаждении, относятся полиэтилен, полиамиды и др.; к терморективным материалам, которые при нагревании размягчаются, а затем необратимо переходят в твердое состояние, – фенопласты, аминопласты и др.

Краткие характеристики и назначения основных полимерных покрытий описаны в лабораторной работе № 4.

Металлические и неметаллические неорганические покрытия

Из *металлических покрытий* для защиты сельскохозяйственной техники от коррозии нашли применение прежде всего цинковые покрытия и в некоторой степени хромовые, алюминидные, кадмиевые, никелевые, медные и комбинированные (медь+никель+хром; никель+хром; никель+никель и др.) (табл. 15).

К *неметаллическим неорганическим покрытиям* относятся оксидные, фосфатные, оксидно-фосфатные, эмалевые, цементные и др.

Оксидируют обычно изделия из железа, алюминия и его сплавов. При этом *оксидные* покрытия могут быть получены термическим, химическим и электрохимическим способами. Наиболее распространен химический способ, позволяющий получать, например, на стали пленки толщиной до 3 мкм, черного или темно-синего цвета. Пленки эти пористы и пригодны для защитных покрытий только в легких коррозионных условиях (например для защиты мелких деталей, работающих в помещении).

Алюминий покрывают оксидной пленкой путем анодной обработки его в серноокислотных или кислых хроматных ваннах. Кроме электрохимического анодного оксидирования алюминидные поверхности покрывают оксидным слоем путем химической обработки их в щелочных хроматных ваннах.

Анодно-окисные покрытия обладают значительно большей толщиной, твердостью и защитной способностью по сравнению с покрытиями, полученными химическим оксидированием.

На оксидные пленки алюминия хорошо наносятся лакокрасочные материалы, благодаря чему общая противокоррозионная защита алюминидных сплавов значительно улучшается.

Фосфатные покрытия представляют собой кристаллическую пленку, состоящую из нерастворимых в воде фосфатов железа и марганца или цинка и железа. Они устойчивы в атмосферных условиях, смазочных маслах и органических растворителях, но разрушаются в кислотах и щелочах. Фосфатные покрытия служат не только для защиты металла от коррозии в легких условиях эксплуатации, но и для последующей окраски, так как фосфатированный слой способствует повышению сцепления лакокрасочных покрытий с металлом.

**Основные виды металлических и неметаллических неорганических покрытий,
применяемых на деталях сельскохозяйственной техники**

Вид покрытия	Характеристика покрытий	Защищаемые детали
1	2	3
<p>Цинковое (полученное погружением изделия в ванну с расплавленным металлом)</p>	<p>Состоит из ряда слоев, представляющих сплав цинка с основным металлом. Отличается высокой скоростью образования (примерно 80 мкм за минуту). Минимальная толщина покрытия – 47...86 мкм при толщине покрываемой стали 1...7 мм. Для повышения коррозионной стойкости вводится 0,003...0,030 % магния или покрытие комбинируется с последующей окраской. Недостатки: многофазная структура, снижающая коррозионную стойкость и механические свойства оцинкованных конструкций; неравномерность по толщине, непригодность для изделий сложной конфигурации</p>	<p>Детали оборудования животноводческих ферм, проволока, трубы, болты, гайки</p>
<p>Цинковое (полученное металлизацией – расплавлением тонкой струи расплавленного цинка под действием сжатого воздуха)</p>	<p>Структура покрытия отличается значительной пористостью и наличием окислов в слое металла. Для обеспечения хорошего сцепления с основным металлом требует его пескоструйной или дробеструйной обработки. Недостаток: большой непроизводительный расход металла при распылении (до 25 % и выше). Применяемые толщины покрытия – до 200 мкм</p>	<p>Изделия любой формы и габаритов, бензоцистерны, трубы, емкости для хранения сернистых нефтепродуктов, металлические баки и пр.</p>
<p>Алюминиевое (полученное металлизацией)</p>	<p>Хорошо защищает сталь от коррозии в промышленной атмосфере и в атмосфере, содержащей сернистые газы, а также в мягкой и горячей пресной воде. Защитные свойства повышаются при пропитке покрытий растворами полимерных смол и при комбинировании с лакокрасочными покрытиями. Хорошими защитными свойствами обладают покрытия из сплава цинка с алюминием в соотношении 1:1. Применяемые толщины покрытия – до 500 мкм</p>	<p>Ответственные стальные конструкции и сооружения, эксплуатирующиеся в атмосферных условиях, а также в агрессивных парах и газах</p>

1	2	3
Цинковое (гальваническое)	Отличается чистотой, равномерностью распределения по поверхности деталей и хорошим декоративным видом. Скорость разрушения составляет примерно 1,0...1,5 мкм в год в атмосфере с наличием значительных количеств сернистого и углекислого газов. Применяется с обязательной обработкой в хроматных растворах. Стальные детали наводораживаются, что приводит к снижению механической прочности. Это явление устраняется обезводораживанием – прогревом деталей при определенной температуре в течение 1,5..2,0 ч. Коррозионная стойкость может быть повышена созданием на его поверхности фосфатных пленок	Разнообразные детали машин, крепеж, стальные листы, проволока, бензопроводы, бензиновые и керосиновые резервуары, трубы
Кадмиевое (гальваническое)	Лучше защищает, чем цинковое покрытие, в условиях воздействия атмосферы, насыщенной морскими испарениями и соевыми брызгами. Толщина покрытия в зависимости от условий эксплуатации составляет 9...15 мкм для средних условий эксплуатации и 18...24 мкм – для жестких условий. Для деталей, подвергающихся воздействию морской или горячей воды, толщина покрытия увеличивается до 45 мкм. Как и цинковые покрытия, кадмиевые подвергают пассивированию. Кадмиевые покрытия значительно дороже цинковых и более дефицитны	Детали, работающие в условиях горячей воды (болты, гайки, пружины)
Хромовое (гальваническое)	Имеет высокие твердость, износостойкость и стойкость при нагреве. Надежно защищает поверхности деталей двигателей, работающих в условиях истирания и коррозионного воздействия факторов атмосферы и газов, выделяющихся при сгорании топлива и пр. Применяется как в качестве самостоятельного покрытия, так и в комбинации с другими металлопокрытиями (медью, никелем). Защитная способность блестящих хромовых покрытий повышается после их пропитки уплотнительными составами: смазками АМС-3, К-17, льняным маслом, гидрофобным кремнием – органической жидкостью ГКЖ-94 и др.	Валики водяных насосов автомобильных двигателей. Поршневые кольца автотракторных двигателей
Никелевое (химическое)	Отличается равномерностью распределения по толщине на любых участках изделий сложного профиля. Содержит около 15 % фосфора и по своим свойствам отличается от электроосажденного никеля. Обладает высокой коррозионной стойкостью и твердостью. Рекомендуемые толщины покрытия – 9...24 мкм	Ответственные малоизнашиваемые детали: топливные насосы, поршневые кольца и др.

1	2	3
Медное (гальваническое)	Легкополируемое пластичное покрытие. Широко применяется в многослойных защитно-декоративных покрытиях. Как самостоятельное может применяться для улучшения пайки (толщина – 3 мкм), придания притирочных свойств (толщина – 9 мкм), защиты от цементации (толщина – 18...48 мкм), увеличения электропроводности (толщина 24 мкм)	Мелкие резьбовые и крепежные детали
Никелевое (гальваническое)	Может применяться: в виде однослойного (блестящего или матового) или комбинированного двухслойного (би-никель), трехслойного (три-никель) и двухслойного с наполнителем (сил-никель)	Детали, на которые наносятся защитно-декоративные покрытия

Контрольные вопросы

1. По каким признакам различают защитные покрытия?
2. В чем причины широкого распространения лакокрасочных покрытий?
3. Какие полимерные материалы используются для нанесения полимерных покрытий?
4. Какими преимуществами обладают полимерные покрытия?
5. Как подразделяются металлические покрытия по механизму защиты?
6. Назовите примеры неметаллических неорганических покрытий.
7. Где целесообразно применять неметаллические неорганические покрытия?
8. Назовите примеры композиционных комбинированных покрытий.
9. В чем преимущества комбинированных покрытий?
10. На какие виды делят защитные покрытия по способу получения?
11. Как получают химические защитные покрытия? Назовите их примеры.
12. Как получают электрохимические защитные покрытия?
13. Приведите примеры гальванических и анодно-окисных защитных покрытий.
14. Как получают металлизационные покрытия?
15. Из каких металлов получают металлизационные защитные покрытия?
16. Какие факторы необходимо учитывать при выборе вида защитного покрытия?

§ 2.2. Подготовка поверхностей к нанесению защитных покрытий

Антикоррозионное покрытие взаимодействует с поверхностным слоем материала основы.

Поэтому в получении качественного покрытия важную роль играет обработка поверхности. Например, при нанесении покрытий на детали из низкоуглеродистой стали удаляются дефектные поверхностные слои, образовавшиеся при изготовлении: окалина, ржавчина, тонкодисперсное железо и оксид железа, расщепленные и нерасщеп-

ленные органические остатки. Сказанное справедливо для всех материалов и методов обработки поверхностей.

Для предварительной обработки поверхности используют механические и химические методы очистки: дробеструйную обработку (рис. 14), обезжиривание, травление и др.

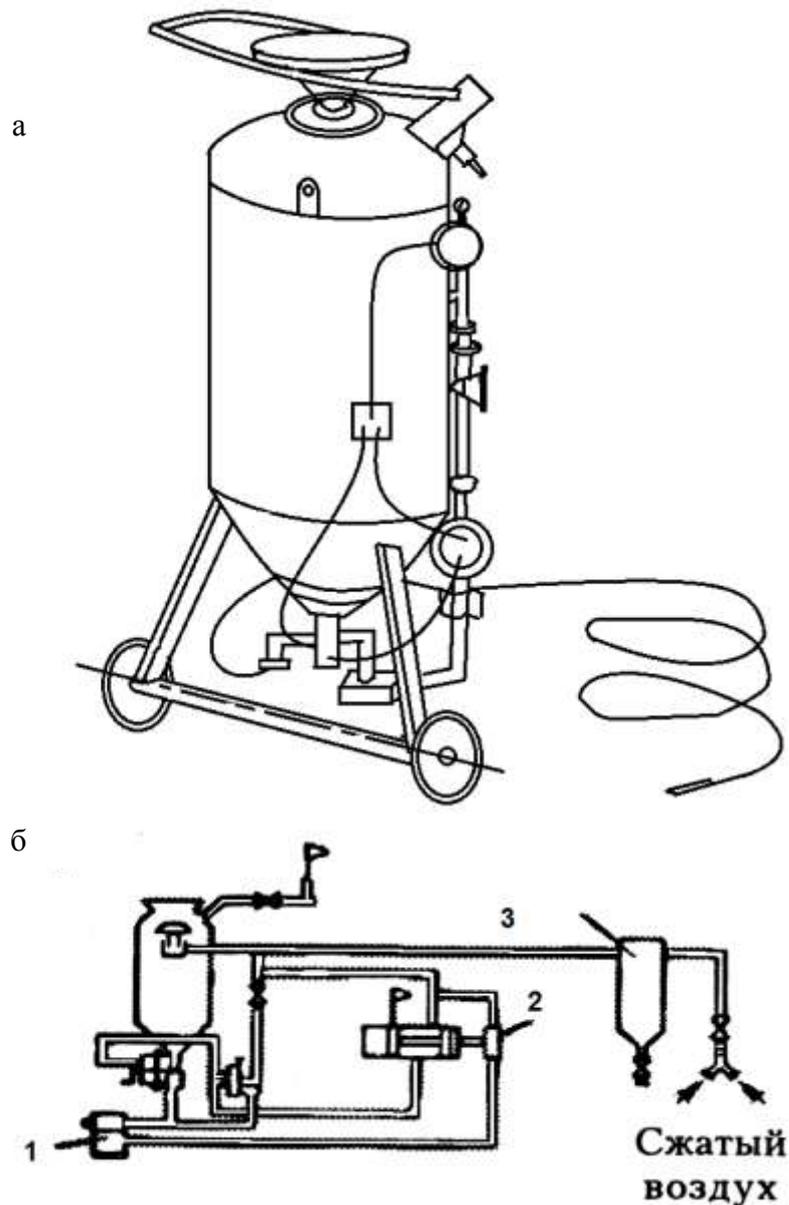


Рис. 14. Дробеструйный аппарат с дистанционным управлением:
а – общий вид; б – пневматическая схема; 1 – запорный клапан для дистанционного управления; 2 – жиклер; 3 – фильтр-влагодетель

Загрязнения сельскохозяйственной техники, которые необходимо удалять при противокоррозионных работах, условно разделяют на следующие виды: пылегрязевые, маслянисто-грязевые, отложения ядохи-

микатов, остатки лакокрасочных покрытий, старые консервационные покрытия, углеродистые отложения, продукты коррозии и накипь.

Пылегрязевые отложения, если они не содержат цементирующих прочно склеивающих веществ (цемента, алебаstra, гашеной извести и др.), могут быть сравнительно легко удалены струей воды. С помощью пароводоструйных установок можно очищать машины и детали от масла и смазок, консервационных покрытий. Остальные виды загрязнений без применения специальных приемов и средств очистки, как правило, не удаляют.

Различают следующие *способы очистки*: механические, очистку в галтовочных барабанах, очистку в вибрирующих контейнерах, водоструйную, гидроабразивную, термическую, очистку в расплавленных щелочах, очистку растворами и специальными моющими составами, очистку с применением ультразвука и др.

Механические способы очистки

Механические способы очистки используются для удаления с деталей твердых, сильно пригоревших углеродистых отложений, старого лакокрасочного покрытия, окисных пленок, продуктов коррозии, окалины и пр. При этом применяют ручной и механизированный инструмент, галтовочные барабаны, вибрирующие контейнеры, различные абразивные материалы, несущей средой для которых используют воздух и воду.

При небольшом объеме работ, а также при удалении загрязнений, для которых другие способы очистки оказываются неэффективными, применяют ручную очистку металлическими щетками, скребками, наждачными шкурками, молотками, зубилами и т. д.

В остальных случаях очистку стремятся механизировать более производительным инструментом – пневматическими или электрическими щетками, шарошками, машинками с наждачными или карборундовыми камнями либо шкурками.

Для привода щеток применяются различные приспособления.

Эффективна обработка иглофрезами. В отличие от обычных металлических щеток, применение иглофрез позволяет обеспечить съём плотной окалины и устранение других дефектов на значительную глубину (до 3 мм за один проход). Особенно удобно применять иглофрезирование при очистке крупногабаритных деталей со сложным профилем поверхности, карманами и прочими углублениями.

Очистка в галтовочных барабанах осуществляется в условиях абразивного воздействия на деталь различных частиц (песка, стальной сечки, пемзы, корунда, фарфоровой крошки, битого стекла, боя абразивных кругов и т. д.) при вращении барабанов. От загрязнений детали очищаются благодаря взаимному трению их между собой и об абразивную среду.

Галтовка может быть сухой или мокрой (влажной). При мокрой галтовке к абразивным материалам добавляется 2...3 %-й раствор каустической соды, или тринатрийфосфата для одновременного обезжиривания, или 2...3 %-й раствор серной кислоты для одновременного травления.

Более прогрессивной разновидностью галтовки является «подводная галтовка», при которой барабан с перфорированными гранями погружают в ванну, заполненную щелочным раствором. Барабан при этом работает бесшумно; отпадает необходимость и в устройстве вентиляции. Чаще всего галтовку в барабанах применяют для удаления заусениц, окалины, плотных слоев продуктов коррозии перед нанесением гальванопокрытий.

Очистка в вибрирующих контейнерах является более производительной по сравнению с галтовкой в барабанах, так как в этом случае происходит более интенсивное перемещение деталей. Во вращающихся же барабанах абразивное действие осуществляется лишь в зоне скольжения.

Галтовка и виброабразивный способ применяют при очистке мелких деталей простой и средней сложности (клапанов, клапанных пружин, коллекторов и т. п.), имеющих плотные слои коррозии.

Водоструйная очистка применяется для удаления с наружных поверхностей машин пыли, грязи и маслянисто-грязевых отложений при содержании в последних не более 35 % масла. Учитывая, что при наружной очистке машин необходимо удалять загрязнения нежирового происхождения и маслянисто-грязевые, в большинстве установок в качестве моющей жидкости применяют холодную или горячую воду.

Моют водой в специальных струйных машинах или из шлангов. Производительность водоструйной очистки во многом зависит от диаметра сопла и скорости истечения воды из него, т. е. от напора струи. Тракторы, автомобили и сельскохозяйственные машины моют снаружи при помощи установок, развивающих напор до 1,8 МПа. В небольших ремонтных мастерских для этих целей применяют мало-

габаритные шланговые насосы моделей М-1100, М-1110, М-1112, мочные установки М-107, ОМ-830 и др.

Недостатком мойки водой является большой ее расход. Так, в среднем при давлении воды 1,5 МПа расход на один грузовой автомобиль составляет около 250 л. При низком давлении расход воды может увеличиваться на 200...300 %.

Мойка водой не обеспечивает очистку агрегатов и деталей машин, а лишь создает условия для разборки машин на агрегаты и последующей мойки агрегатов специальными моющими составами.

Гидроабразивная очистка отличается от водоструйного способа тем, что в струю воды вводят специальные абразивные частицы (кварцевый песок, окись алюминия, карбид бора и кремния). Гидроабразивная обработка может быть применена для очистки поверхностей деталей от нагара, плотных слоев продуктов коррозии, лаков и других трудноудаляемых загрязнений.

При гидроабразивной обработке деталей из черных металлов, чтобы не появилась вторичная коррозия, вводят в суспензию песка одну из пассивирующих добавок: нитрит натрия (5...10 г/л), хромовый ангидрид (5...10), бихромат калия (3...5), таннин (20...50 г/л). После обработки поверхность деталей промывают и сушат.

Состав пульпы для очистки изделий из черных металлов: 30 % песка и 70 % воды; для очистки изделий из цветных металлов: 20 % песка и 80 % воды.

Установка для гидроабразивной обработки по конструкции не сложна. Она состоит из стального котла для пульпы, снабженного мешалкой или центробежным насосом. Требуемый напор осуществляется сжатым воздухом. Пескоструйная камера для гидроабразивной обработки имеет решетчатый стол для укладки деталей и нижний сборник с насосом для подачи пульпы снова в котел.

Очистка сухим абразивом заключается в обработке поверхности абразивным материалом (песком, металлической дробью, косточковой крошкой и др.), подаваемым с большой скоростью специальными установками. При пескоструйной обработке в качестве абразивного материала используют чугунный песок, а при дробеструйной – чугунную или стальную дробь или рубленую стальную проволоку (соотношение диаметра к длине 1:1,2). В нашей стране кварцевый песок в качестве абразивного материала запрещен вследствие его интенсивного пылевыведения и вредного влияния на здоровье рабочих.

Пескоструйную и дробеструйную обработку кроме очистки от коррозии применяют при обдувке деталей для придания им необходимой шероховатости. Это особенно необходимо перед металлизацией.

Термическая (газопламенная очистка)

Термическая очистка основана на удалении загрязнений нагревом их до температуры, при которой они либо сгорают, либо теряют механическую прочность и отделяются от основного металла.

Газопламенной очисткой удаляют нагар, старую краску и другие загрязнения. Для этого используют специальные ацетиленокислородные горелки или паяльные лампы. После газопламенной очистки поверхность дополнительно обрабатывают металлическими щетками для удаления пыли и остатков окалины.

Химико-термическая очистка

Химико-термическая очистка заключается в обработке деталей в расплавах солей и щелочей. Ее применяют для удаления нагара, накипи и продуктов коррозии.

Наиболее широко распространены ванны с расплавленной каустической содой или составы на ее основе. Один из применяемых рецептов следующий, % по массе: каустическая сода – 65; натриевая селитра – 30; поваренная соль – 5.

Температуру расплава поддерживают в пределах 420 ± 10 °С. Перед погружением в ванну деталь выдерживают 2...3 мин для подогрева над поверхностью расплава. Продолжительность выдержки изделий в расплаве – 5...15 мин, в зависимости от количества загрязнений и температуры расплава.

Очистка и мойка растворами и специальными моющими составами

Этот вид мойки является основным при очистке деталей и агрегатов сельскохозяйственной техники. В последние годы водные растворы специальных моющих средств все шире используют при наружной мойке машин и механизмов в сборе или после разборки.

Применение моющих средств позволяет уменьшить расход воды в 2-3 раза и значительно улучшить качество мойки техники.

До недавнего времени основными моющими средствами для удаления почти всех видов загрязнений из стали и чугуна были водные растворы на основе каустической соды или композиций на ее основе.

Однако щелочные растворы вредно действуют на кожу человека и разрушают детали из алюминия и его сплавов. Кроме того, они имеют низкую производительность и вызывают коррозию обрабатываемых деталей. Поэтому растворы на основе каустической соды повсеместно вытесняются новыми растворами синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ), которые способны обезжиривать обмываемые поверхности и растворять органические вещества, содержащиеся в загрязнениях.

В настоящее время налажен промышленный выпуск различных марок технических моющих средств (ТМС) на основе поверхностно-активных веществ, которые могут быть эффективно применены при очистке сельскохозяйственной техники от разного рода загрязнений: «Лабомид-101» (ТУ 38-10738-73), «Лабомид-102» (ТУ 38-40740-74), «Лабомид-203» (ТУ 38-10738-73), ТМС-31 (ТУ 38-40740-74); «Синвал» (ТУ 10-1-532-75), «Импульс» (ТУ 38-40745-74), «Комплекс» (ТУ 38-40730-73), «Темп-100», «Темп-100А» (ТУ 38-30762-76), ДИАС (ТУ 38-1-07-2-70), «Аэрол» (ТУ 38-7-4-66), АМ-15 (МРТУ 18/263-69), МЛ-51 (ТУ 84-228-71); МЛ-52 (ТУ 3-249-67), МС-6 (ТУ 46-806-72), МС-8 (ТУ 426-806-72), МС-15, МС-16, МС-18, МС-6, МС-8, «Деталин», «Темп-31-1А» (ТУ 38-4766-76); «Прогресс» и др.

Наиболее эффективными средствами применения технических моющих средств являются специальные моечные установки.

Очистка в растворах с применением ультразвука является перспективным способом обработки загрязненных деталей. В настоящее время ультразвуковой способ применяют главным образом для очистки мелких деталей сложной конфигурации.

Удаление некачественных покрытий

При проведении противокоррозионных работ может возникнуть необходимость в удалении некачественных защитных покрытий (лакокрасочных, металлических, оксидных и пр.).

Старое лакокрасочное покрытие (ЛКП) удаляют главным образом механическим или химическим способом. У толстостенных изделий старую краску можно удалить термическим способом, используя

ацетилено-кислородное пламя или пламя паяльной лампы. Выжженную поверхность зачищают шпателем или скребками.

При химическом способе детали обрабатывают щелочными растворами или органическими растворителями. Этот способ наиболее эффективен как по качеству, так и по производительности.

В щелочных растворах покрытия удаляют за счет деструкции лакокрасочной пленки, поэтому процесс протекает медленно. Детали варят в течение примерно 1 ч в ваннах, закрытых крышками и оборудованных вентиляцией. Затем детали вынимают и промывают раствором нитрата натрия с концентрацией 5 г/л в течение 3...5 мин при температуре 50...60 °С. Пассивируют в растворе двуххромовокислого калия (натрия) с концентрацией 5 г/л. Время промывки деталей в этом растворе – 2...3 мин при температуре 70...80 °С. После пассивации детали вынимают из ванны и держат над ней 1...2 мин, чтобы стек пассивирующий раствор, затем обдувают сжатым воздухом.

Нейтральность поверхности проверяют фенолфталеином или лакмусовой бумажкой. Если синяя лакмусовая бумажка покраснеет или фенолфталеин приобретет малиновую окраску, то детали промывают в пассивирующем растворе вторично.

Для удаления старых масляных покрытий можно также применять щелочные составы. Составы наносят на обрабатываемую поверхность ватным тампоном или капроновой кистью.

Смывки на основе органических растворителей делятся на три группы: взрыво- и пожароопасные, относительно пожароопасные, взрыво- и пожаробезопасные.

К первой группе относятся смывки АФТ-1 (ТУ 6-10-1202-76), СД специальная (ТУ 6-10-1088-76), СД обыкновенная (ТУ МХП 906-42); ко второй – СП-6 (ТУ 6-10-641-74), СП-7 (ТУ 6-10-923-76), СНБ-9, СПС-2; к третьей – смывки СЭУ-1, СЭУ-2, СПС-1 (ТУ 6-10-1461-74), «Автосмывка старой краски» (ТУ 6-15-732-72).

Разрушающее действие смывки АФТ-1 повышается при добавлении в нее 15 г ортофосфорной кислоты на 1 л смывки.

Смывки АФТ-1, СП-6, СП-7, СНБ-9, СЭУ-2 наносят на поверхность кистью или распылителем. После размягчения, набухания и вспучивания ЛКП удаляют щеткой или шпателем. После удаления ЛКП смывками АФТ-1, СНБ-9 и СД поверхность промывают разбавителем или смывкой СД.

После удаления ЛКП смывками СП-6, СП-7, СЭУ-2 поверхность изделия промывают водой с последующей сушкой или протиркой на-

сухо ветошью. Смывки СД (СП), СЭУ-1 применяются при обработке методом окунания. После удаления ЛКП смывкой СЭУ-1 детали промывают водой, затем сушат или протирают насухо. При обработке ЛКП смывками эмульсионного типа (СЭУ-1, СЭУ-2) набухшее ЛКП может быть удалено струей горячей воды, что создает хорошие предпосылки для механизации и автоматизации очистки.

Стальные детали могут обрабатываться любой из вышеназванных смывок, в том числе и на щелочной основе. Детали и узлы, изготовленные из цветных металлов, обрабатывают смывками СД, СД_{спец}, СЭУ-1, СЭУ-2, СНБ-9, АФТ-1. Смывку СП-7 используют для удаления эпоксидных и полиуретановых покрытий.

Высокой эффективностью отличается «Автосмывка старой краски». С ее помощью можно в течение 6...40 мин удалить с поверхности лакокрасочные покрытия на основе меламиноалкидных, эпоксидных, перхлорвиниловых, нитроцеллюлозных, пентафталевых, глифталевых, масляных и других пленкообразующих. Смывку наносят на поверхность кистью или шпателем, она хорошо удерживается на вертикальных поверхностях и не вызывает коррозии обработанной металлической подложки.

Время удаления ЛКП смывками определяется системой покрытия, ее толщиной, условиями эксплуатации и длительностью срока службы покрытия перед ремонтом.

Некачественные металлические покрытия (цинковые, хромовые, никелевые, медные), фосфатные и окисные пленки удаляют химическим и электрохимическим способом в специальных растворах.

Обезжиривание

Обезжириванием называется процесс удаления жировых загрязнений с поверхности деталей. Обезжиривание производится непосредственно перед нанесением противокоррозионных покрытий.

По своей природе жировые загрязнения делятся на две группы:

- 1) жиры животного и растительного происхождения (омыляемые), представляющие собой сложные эфиры глицерина и высших жирных кислот (стеариновой, пальметиновой);
- 2) минеральные (нефтяные) масла (неомыляемые), состоящие из смеси углеводов (вазелин, парафин, различные смазочные масла).

Многообразие жировых загрязнений, различная их природа требуют применения разных средств и методов их удаления. Жиры могут быть удалены *химическими и электрохимическими методами*.

Химическое обезжиривание проводят органическими растворителями, щелочными растворами и водными растворами синтетических моющих средств. Выбор обезжиривающего средства и способа его применения зависит от вида загрязнений, природы металла, конструктивных особенностей, требуемой степени очистки, стоимости и т. п.

Органические растворители хорошо растворяют загрязнения как органического, так и минерального происхождения, легко удаляют толстые слои консервационных смазок, полировальные пасты. Ими удобно обезжиривать узлы сложной конфигурации, имеющие зазоры, каналы и щели, в которых может задерживаться вода в случае обезжиривания водными растворами. Такими растворителями обезжиривают всевозможные пары трения, а также детали из черных металлов с фосфатными и оксидными пленками и оборудование, изготовленное из металлов, не стойких к щелочам (олово, свинец, цинк, алюминий и их сплавы).

Перед нанесением гальванических покрытий органические растворители применяют чаще всего для предварительного обезжиривания перед щелочным химическим или электрохимическим обезжириванием. Это связано с тем, что после обезжиривания в органических растворителях все же остается очень тонкая пленка жиров, которая препятствует прочному сцеплению покрытия с основным металлом. Если на поверхности деталей нет нефтяных масел, то можно ограничиться обезжириванием в щелочных растворах.

В качестве органических растворителей применяют бензин, керосин, уайт-спирит. Поверхность деталей протирают смоченными в растворителях волосяными щетками или тряпками или последовательно промывают в двух-трех баках, содержащих растворитель разной степени чистоты.

Рабочие участки, где проводится обезжиривание, должны быть оборудованы местными вентиляционными отсосами со скоростью отсоса воздуха 0,2...3 м/с.

Главным недостатком бензина, керосина и уайт-спирита является их пожароопасность, поэтому им на смену приходят хлорированные углеводороды, такие как трихлорэтилен, тетрахлорэтилен, метилхлороформ, Хладон-113 (Фреон-113), Хладон-30 (Фреон-30) и др.

Недостатком хлорированных углеводородов является токсичность, что требует особого подхода к разработке технологических процессов обезжиривания и разработки конструкций используемого оборудования. Такие растворители, как трихлорэтилен и Хладон-113 (в особенности в паровой фазе), можно использовать только в специальных герметичных установках.

При наличии оборудования для нейтрализации и обезжиривания отработанных растворов могут применяться эмульсионные обезжиривающие растворы.

В настоящее время все более широко применяют для обезжиривания щелочные моющие композиции, содержащие в своем составе поверхностно-активные вещества (синтанол ДС-10, ДС-РАС натриевый, синтаמיד-5, сульфанол НП-1, сульфанол НП-3 и др.) и электролиты (каустическая сода, кальцинированная сода, силикаты натрия, соли фосфорной кислоты, соли борной кислоты и др.). Готовые моечные композиции отличаются высокой обезжиривающей способностью, нетоксичностью, неогнеопасностью и достаточной технологичностью. Метод обезжиривания и параметры обработки определяют индивидуально в зависимости от степени за жиренности, материала деталей и их конфигурации, типа моющего препарата, наличия необходимого оборудования.

Обработка распылением в моечных машинах – наиболее эффективный метод обезжиривания. В этом случае рекомендуется уменьшать концентрацию раствора и рабочую температуру.

Обезжиривание в растворах, содержащих поверхностно-активные вещества, ведут при температуре 60...70 °С; при отсутствии их – 80...90 °С.

Если при обезжиривании образуется большое количество пены (особенно при перемешивании растворов), рекомендуется добавить в ванну 0,1...0,2 г/л пеногасителя КЭ-10-12 или сиккатива 64Б.

Детали с повышенной степенью за жиренности перед обезжириванием щелочными растворами промывают горячей водой, или погружают в ванну с горячим веретенным маслом при температуре 100...110 °С, или нагревают в специальных камерах до температуры стекания смазок.

В отдельных случаях обезжиривание деталей, особенно крупногабаритных, может проводиться загущенными растворами и пастами.

К загущенным растворам относится, например, специально приготовляемая смесь венской извести с водой кашицеобразной конси-

стенции. При обезжиривании смесь волосяными щетками наносят на поверхность на 2...3 мин. Затем детали протирают кашицей с помощью ветоши в течение 3...5 мин, промывают горячей и холодной водой. С этой же целью по аналогичной технологии может быть применена гашеная известь и магнезия. Обезжиривание известью и магнезией рекомендуется применять для крупных латунных медных и бронзовых деталей.

Электрохимическое обезжиривание является одним из наиболее эффективных способов очистки поверхности деталей от жировых и механических загрязнений и применяется, как правило, для окончательной очистки металла при нанесении гальванических покрытий. Электрохимическое обезжиривание деталей осуществляют в ваннах с электролитом на катоде или на аноде. Катодное обезжиривание более эффективно, но при нем возможно значительное наводороживание обрабатываемых деталей, которое может привести к нежелательной потере их механической прочности. Поэтому в практике электрохимического обезжиривания применяют последовательное переключение полярности (катод-анод), причем анодную обработку проводят кратковременно.

Для стальных пружин и тонкостенных деталей (до 1 мм) следует применять только анодное обезжиривание.

В качестве катодов-анодов используют стальные, никелированные или никелевые пластины. Электролитами служат щелочные растворы с добавкой ПАВ или без них.

Качество обезжиривания как химического, так и электрохимического определяют по степени смачивания поверхности деталей водой. При отсутствии жира и загрязнений вода покрывает металл сплошной пленкой, а при наличии жира собирается каплями.

Травление

Травлением называется процесс удаления продуктов коррозии и окалина с поверхности изделия с помощью водных растворов кислот, кислых солей или щелочей. Обычно травлению предшествует обезжиривание, которое обеспечивает необходимую смачиваемость растворами и в связи с этим равномерное травление. Различают химическое и электрохимическое травление.

Химическое травление применяют при подготовке деталей перед нанесением ЛКП, гальванических покрытий и консервацией.

Обычно травление проводят в растворах серной и соляной кислот, а также фосфорной кислоты и реже в растворе азотной кислоты.

Составы на основе серной и соляной кислот применяют во всех случаях при нанесении самых разнообразных видов покрытий. Составы на основе фосфорной кислоты применяют преимущественно для травления стальных изделий перед нанесением на них лакокрасочных покрытий.

Большой растворяющей способностью обладает соляная кислота. Повышение концентрации и температуры ускоряет растворение как в серной, так и в соляной и фосфорной кислотах. Причем для серной кислоты повышение температуры дает больший эффект, чем повышение концентрации, а для соляной кислоты, наоборот, эффективность резко возрастает с ростом концентрации. Учитывая это, а также летучесть соляной кислоты, травление в солянокислых растворах ведут при комнатной температуре. При травлении в серной и соляной кислотах может иметь место перетравливание металла и его наводороживание. Во избежание этого в травильные растворы вводят ингибиторы коррозии, которые замедляют растворение очищенных участков металла и не оказывают влияния на скорость удаления продуктов коррозии.

Отечественная промышленность выпускает ряд ингибиторов, представляющих собой продукты конденсации органических соединений. Эффективность их изменяется с температурой и составом травильного раствора. Для соляной кислоты рекомендуются катапин, КИ-1, ПБ-5, ПБ-6, ПБ-7, Уникол БА-6, И-1-А, И-1-В, И-1-Е, КПП, уротропин, для серной – катапин, ЧМ, БА-6.

Травление можно проводить также в растворах фосфорной кислоты. В этом случае на стальной поверхности образуется слой (около 1 мкм) солей фосфатов железа, способствующий противокоррозионной защите.

При травлении в растворах фосфорной кислоты рекомендуется следующая последовательность технологических операций: травление в растворе фосфорной кислоты (150...200 г/л) при температуре до 80 °С; обработка 2 %-м раствором фосфорной кислоты.

В первой ванне удаляется окалина или ржавчина, после чего деталь без промывки переносится во вторую ванну, где в течение 2 мин образуется защитная пленка фосфата железа. После обработки 2 %-м раствором фосфорной кислоты поверхность можно окрашивать без предварительной промывки.

Применение фосфорной кислоты ограничивается из-за ее высокой стоимости, поэтому иногда детали травят в растворах серной или соляной кислоты, а после промывки в воде на 10...15 мин погружают в 2...3 %-й раствор фосфорной кислоты при температуре 75...85 °С.

Травят детали в стационарных ваннах (без циркуляции или с циркуляцией растворов) или же струйным способом (струйный облив деталей горячими растворами). Струйный способ более эффективен, так как сочетает химическое и механическое воздействие струи раствора на обрабатываемую поверхность. В этом случае снижаются трудовые затраты и стоимость обработки, увеличивается скорость травления и снижается расход кислоты.

Все более широкое применение находит метод одновременного обезжиривания и травления, заключающийся в том, что поверхность деталей обрабатывают растворами, содержащими как травящие, так и обезжиривающие реагенты. В этом случае используют растворы кислот совместно с поверхностно-активными моющими средствами. Эти вещества эмульгируют жировые загрязнения, находящиеся на поверхности металла. В раствор также могут вводиться противопенные добавки.

Детали обрабатывают погружением их в ванну в корзинах или на подвесках. Более эффективна струйная обработка, при которой скорость обезжиривания и травления возрастет в несколько раз.

После травления в соляной и серной кислотах должна следовать тщательная промывка обрабатываемой поверхности от кислоты и травильного шлама. Наиболее эффективна струйная промывка горячей и холодной (проточной) водой, смывающей основную часть кислоты. Затем следует нейтрализующая промывка 3 %-м раствором кальцинированной соды и горячая промывка при температуре 65...75 °С.

Пасты наносят на поверхность шпателем, штукатурными лопатками или пастопультом. Толщина наносимых слоев и время выдержки зависят от степени поражения обрабатываемой поверхности коррозией, температуры среды. Например, время выдержки пасты при 20 °С может составлять от 30 до 40 мин, а при более низкой температуре – до 6 ч.

Наиболее простым способом удаления коррозии являются пропитка предварительно обработанной щетками поверхности 10 %-м раствором ортофосфорной-кислоты, выдержка в течение 24 ч и удаление раствора ветошью или промывкой.

Электрохимическое травление по сравнению с химическим – процесс более производительный и экономичный в отношении расхода кислоты. Его применяют обычно при нанесении гальванических покрытий. Травление коррозионностойкой стали и деталей с точными размерами можно проводить только электрохимическим методом.

В основном применяют анодное травление, при котором исключается наводороживание металлов. Для электрохимического травления стальных деталей, например, перед меднением, применяют раствор состава, г/л: серная кислота (плотность – 1,84 г/см³) – 900...1300; сернокислый магний – 3,6...5.

Процесс удаления с поверхности деталей тончайшего слоя окислов, которые образуются в промежутках между технологическими операциями, называют *активацией*. При активации происходит мелкое протравливание верхнего слоя металла, способствующее лучшему сцеплению поверхности основного металла с гальваническими покрытиями. Активацию производят непосредственно перед нанесением гальванического покрытия.

Фосфатирование

Фосфатирование – химический процесс образования на поверхности металла пленки нерастворимых в воде фосфатов, которая увеличивает срок службы лакокрасочных покрытий, улучшает сцепление с металлом и замедляет развитие коррозии в местах нарушения лакокрасочной пленки.

Чаще всего фосфатируют стальные поверхности. Иногда фосфатные пленки применяют как дополнительное защитное покрытие цинковых и кадмиевых осадков, заменяющее или сопутствующее пассивным пленкам. Фосфатирование производят в растворе на основе солей цинка или солей железа. Фосфатирующие растворы получают двумя способами: из готовых солей и из специальных концентратов.

Порядок их приготовления следующий: соответствующую соль или смесь солей растворяют в воде, раствор нагревают до рабочей температуры, перемешивают, затем выдерживают для отстаивания (осветления). Приготовление фосфатирующих растворов из концентратов КФ-1 имеет ряд преимуществ: отпадает необходимость в специальных отделениях для приготовления растворов и хранения реактивов; уменьшается расход реактивов; упрощается корректировка

ванн в процессе эксплуатации; обеспечивается стабильность качества обработки. Качество фосфатной пленки зависит от характера подготовки поверхности и технологии ее нанесения. Лучшими для фосфатирования являются механические способы подготовки поверхности, способствующие образованию мелкокристаллических фосфатных покрытий. Подготовка поверхности с применением химического травления приводит к образованию грубокристаллических осадков, имеющих повышенную пористость и пониженную адгезию.

Для улучшения фосфатного покрытия при травлении в кислотах проводят дополнительно нитритную обработку травлением поверхности (в 0,3...0,5 %-м растворе нитрита натрия при температуре 60 °С в течение 1...2 мин) или вводом в обезжиривающий раствор или промывную воду специального титансодержащего активатора.

К образованию крупнокристаллических осадков может также привести обезжиривание в сильнощелочных растворах и органических растворителях. В этом случае для улучшения качества получаемой фосфатной пленки необходима дополнительная обработка в щелочных растворах слабой концентрации с поверхностно-активными веществами.

Фосфатируют методами окунания и распыления (давление раствора – 0,08...0,15 МПа), растворы корректируют по кислотности.

Характерная особенность всех ванн фосфатирования – шламообразование, влияющее на качество осадка. Это вызывает необходимость периодического отстаивания, декантации (слива) и смены растворов.

Пассивирование

После фосфатирования проводится промывка деталей водой при 15... 18 °С и затем пассивирование поверхности. Обработка деталей в пассивирующем растворе приводит к образованию слоя, препятствующего развитию коррозии и способствующего продлению срока службы лакокрасочного покрытия.

В состав пассивирующего раствора для стали входят хромовый ангидрид, нитрит натрия, моноэтаноламин, двуххромовокислый калий; для чугуна – хромовый ангидрид и двуххромовокислый калий (натрий). Пассивирование проводят либо окунанием в раствор, либо распылением.

Обработка модификаторами-преобразователями ржавчины

В тех случаях, когда невозможно очистить поверхность металлических конструкций, подлежащих противокоррозионной защите лакокрасочными покрытиями, от ржавчины и окалина механическим способом, поверхность обрабатывают *модификаторами ржавчины*. Необходимыми условиями для применения модификаторов ржавчины являются следующие: отсутствие окалина, пластовой и рыхлой ржавчины, а также жировых загрязнений и пыли. Если невозможна полная очистка металлических поверхностей, покрытых сплошным слоем окалина или окалина с ржавчиной, допускается применение грунтовок-преобразователей ржавчины по тонкому слою окалина, прочно связанному с поверхностью металла.

Модификаторы ржавчины, поставляемые промышленностью в готовом виде, представляют собой, как правило, двухкомпонентные системы. Компоненты смешивают непосредственно перед окраской. Наносить преобразователи ржавчины и грунтовки-преобразователи на поверхность прокорродировавшего металла можно кистью или пневматическим распылением. В зависимости от толщины слоя ржавчины расход преобразователей составляет 100...180 г/м². Процесс преобразования ржавчины требует определенного времени и зависит от типа модификатора, температурных режимов и физико-механических свойств ржавчины (толщина, пластичность, наличие окалина и т. д.). В большинстве случаев преобразованный слой ржавчины высыхает в течение 24 ч (при температуре 18...23 °С). Чтобы ускорить время высыхания, допускается сушка покрытия при температуре до 80 °С. Для полного преобразования продуктов коррозии рекомендуется последующая выдержка в течение 5...7 суток. Затем на преобразованную поверхность наносят лакокрасочные материалы.

Увлажнение преобразователей обычно повышает их эффективность, так как способствует вымыванию кислых соединений, не вступающих в реакцию с продуктами коррозии.

Контрольные вопросы

1. Перечислите методы предварительной обработки поверхности перед нанесением защитных покрытий.
2. Какие виды загрязнений сельскохозяйственной техники необходимо удалять перед нанесением защитных покрытий?
3. Какие инструменты и оборудование используют при механических способах очистки?

4. Какой вид очистки поверхностей может быть назван *основным* при проведении антикоррозионной обработки сельскохозяйственной техники?

5. Перечислите основные моющие средства, применяемые для очистки поверхностей сельскохозяйственной техники.

6. Какие методы *обезжиривания* поверхности применяются перед нанесением антикоррозионных покрытий?

7. Перечислите средства, которые применяются при химическом способе обезжиривания поверхности.

8. В каких реагентах проводят химическое травление очищаемых поверхностей?

9. В каких случаях рекомендуют применять электрохимическое травление?

10. Что такое *фосфатирование* поверхности?

11. В каких целях проводится *пассивирование* поверхностей?

12. Каким образом должна быть обработана защищаемая поверхность перед нанесением на нее модификаторов-преобразователей ржавчины?

§ 2.3. Способы нанесения покрытий

Способы нанесения лакокрасочных покрытий

Технологический процесс окраски включает следующие операции: подготовку поверхности под окраску, грунтование, шпатлевание, шлифование, окраску, сушку, контроль качества покрытия.

Для деталей тракторов и комбайнов, испытывающих в процессе эксплуатации сильные вибрации, шпатлевание не применяют, так как шпатлевочные слои разрушаются и отслаиваются.

Грунтование – одна из наиболее ответственных операций, которая создает прочное сцепление между окрашиваемой поверхностью и последующими лакокрасочными слоями, а также обеспечивает защитную способность покрытия. Грунтуют поверхность сразу же после ее подготовки. Грунтовку наносят кистью, краскораспылителем или другими способами. При окраске оборудования, эксплуатируемого в условиях повышенной влажности или в атмосферных условиях, грунтование рекомендуется производить кистью для удаления пленки воды (если она имеется на поверхности) в процессе растушевывания краски. Грунт наносят ровным слоем толщиной 15...20 мкм. При глянцевой поверхности грунт нужно слегка зачистить мелкой наждачной бумагой (шкуркой).

При выборе грунтовок учитывают их назначение, физико-малярные характеристики, совместимость грунтовок с защищаемой поверхностью, шпатлевкой и эмалями.

Шпатлевание применяется для выравнивания загрунтованной поверхности. Шпатлевку следует наносить слоем не более 0,5 мм, в противном случае толстые слои шпатлевки теряют эластичность и при эксплуатации могут растрескиваться, в результате понижаются защитные свойства покрытия. Общая толщина слоя шпатлевки может быть 1...1,5 мм. На загрунтованную поверхность наносят вначале местную шпатлевку, а затем сплошную. Каждый слой шпатлевки хорошо высушивают. Число слоев не должно быть больше трех. В случае применения большего количества слоев между ними наносят слой грунтовки.

Шлифование. Шероховатую зашпатлеванную поверхность после высыхания шлифуют, чтобы сгладить неровности. При шлифовании под воздействием абразивных зерен обрабатываемая поверхность становится матовой. Шлифование может быть сухим и с применением охлаждающей жидкости. При шлифовании покрытий на основе масляно-лаковых и алкидных лакокрасочных материалов в качестве охлаждающей жидкости применяется вода; на основе перхлорвиниловых, эпоксидных и нитроцеллюлозных материалов – вода или уайт-спирит.

Для шлифования покрытия применяется шкурка на бумажной или тканевой основе, зернистость которой в зависимости от вида обрабатываемого покрытия приведена в таблице 16.

Таблица 16

Зернистость шкурок для шлифования покрытий

Покрытия	Номер шкурки
Шпатлевки масляно-лаковые, алкидные, эпоксидные	16–12
Шпатлевки нитроцеллюлозные, перхлорвиниловые	8–6
Шпатлевки для выправки масляно-лаковые, алкидные, нитроцеллюлозные, перхлорвиниловые	6–4
Шпатлевка клеевая (левпас)	12–10
Грунт масляный, алкидный, фенольный	8–6
Слои покрытий эмалевых, масляно-лаковых, алкидных, эпоксидных: первые последние	6–4 3, М-40, М-28, М-20
Слои покрытий эмалевых, нитроцеллюлозных, перхлорвиниловых: первые последние	8–6 6–4, М-10

Окраска. На загрунтованную и отшлифованную поверхность наносят один или два слоя эмали. Окрашенная поверхность должна быть ровной и блестящей. Не допускается просвечивание грунтовки или шпатлевки, подтеков, сорности и повреждений слоя.

Окраску машин делят на капитальную, ремонтную и профилактическую.

Ремонтную и профилактическую окраску проводят без разборки. Профилактическую окраску выполняют при мелких повреждениях перед постановкой на хранение, ремонтную – при повреждениях лакокрасочного материала до 50 % от общей поверхности; капитальную – при разрушении более 50 % защищаемой поверхности. При капитальном ремонте машины разбирают на узлы и детали. При выборе лакокрасочных материалов для окраски руководствуются требованиями ГОСТ 5282-75.

Сушка. Для получения твердой пленки лакокрасочное покрытие должно хорошо просохнуть. В процессе сушки вначале интенсивно испаряется растворитель или разбавитель, а затем формируется пленка с образованием сложных молекул.

Повышенная температура сушки сокращает длительность процесса и повышает качество покрытия. Температура сушки определяется свойствами лакокрасочных материалов. Применяют естественную, конвективную, терморadiационную сушку лакокрасочных материалов.

Продолжительность естественной сушки – 24...48 ч, при этом не все лакокрасочные материалы переходят в необратимое твердое состояние. Конвективная сушка наиболее распространена, но недостаточно эффективна. Терморadiационная сушка (облучение инфракрасными лучами) наиболее совершенна, отличается сокращением продолжительности процесса, простотой и легкостью регулировки.

Контролируют качество покрытия визуально при нормальном дневном или искусственном освещении.

Внешний вид лакокрасочных покрытий комбайнов для уборки зерновых колосовых культур должен соответствовать III классу, остальных сельскохозяйственных машин – IV классу.

Цвет покрытий сравнивают с утвержденными цветовыми эталонами или с эталонными образцами.

Толщину покрытий определяют при помощи толщиномеров ИТП-1 на поверхности изделий или образцах-свидетелях. Для этой

цели применяют также микрометры КИ-025, приборы типа 636 (от 10 до 1000 мкм), приборы ТПН-IV, ТЛКП и др.

Толщину пленки можно определить по расходу лакокрасочного материала (МРТУ 6-10-699-67, МИ-1). Этот способ применяется в тех случаях, когда невозможно измерить толщину пленки другими методами.

Адгезию пленки определяют по ГОСТ 15140-78 методом отслаивания (количественный метод), а также путем решетчатых и параллельных надрезов (качественный метод).

При правильном выполнении технологических операций восстановления лакокрасочных покрытий долговечность их должна соответствовать сроку службы машин до капитального ремонта при условии соблюдения ГОСТ 7751-85 «Техника, используемая в сельском хозяйстве. Правила хранения» и инструкции по эксплуатации машин.

Лакокрасочные материалы в условиях ремонтного производства можно наносить пневматическим и безвоздушным распылением в электрическом поле высокого напряжения, кистью, ручными валиками и т. д.

Пневматическое распыление. Методом пневматического распыления можно наносить практически все выпускаемые промышленностью эмали, краски, лаки, грунтовки, в том числе быстросохнущие и с малым сроком годности на изделия простой и сложной конфигурации, различных габаритных размеров и назначения.

Основные *преимущества* метода пневматического распыления:

- 1) простота и надежность в обслуживании окрасочных установок;
- 2) получение покрытий хорошего качества на деталях сложной конфигурации различных размеров;
- 3) применение этого метода в различных производственных условиях при наличии источника сжатого воздуха с давлением 0,2... 0,6 МПа и системы вытяжной вентиляции.

К *недостаткам* метода относятся:

- 1) большие потери лакокрасочного материала, составляющие от 25 до 50 %;
- 2) неудовлетворительные санитарно-гигиенические условия труда;
- 3) необходимость мощной системы вытяжной вентиляции и очистных устройств;
- 4) большой расход растворителей для разведения лакокрасочных материалов до рабочей вязкости.

Метод позволяет наносить быстросохнувшие лакокрасочные материалы (нитролаки, нитроэмали). При безвоздушном распылении краска распыляется в струе сжатого воздуха, образуя туман, который переносится на окрашиваемую поверхность. Производительность – 30...40 м²/ч.

Безвоздушное распыление. Сущность метода – распыление лакокрасочного материала под воздействием высокого гидравлического давления, создаваемого насосом, по внутренней полости распыляющего устройства и вытеснение лакокрасочного материала через отверстие сопла. При этом легколетучая часть растворителя интенсивно испаряется, что сопровождается увеличением объема краски и ее дополнительным диспергированием. В основе метода лежит известное в гидравлике явление дробления жидкости при истечении через отверстие со скоростью, превышающей критическую, ниже которой не происходит дробление. Необходимая критическая скорость истечения при безвоздушном распылении достигается подачей лакокрасочного материала к соплу распылителя под высоким давлением (4...10 МПа). Одной из главных особенностей этого метода является окрасочный факел с четкими границами, практически одинаковой плотности, равномерный по всему сечению с незначительным туманообразованием.

Преимущества безвоздушного распыления перед пневматическим:

- 1) экономия до 20 % лакокрасочных материалов;
- 2) экономия растворителей в результате применения более вязких лакокрасочных материалов;
- 3) уменьшение трудоемкости работ в связи с получением утолщенных слоев покрытия;
- 4) снижение затрат на эксплуатацию распылительных камер в результате их более легкой очистки и возможности использовать менее мощную вентиляцию;
- 5) улучшение условий труда.

К **недостаткам** метода относятся:

- 1) трудность применения метода для окраски деталей сложной конфигурации;
- 2) метод нельзя применять для лакокрасочных материалов, которые нельзя нагревать, которые содержат легко выпадающие в осадок пигменты и наполнители; при окраске изделий минимальным факелом и при получении высокодекоративных покрытий.

Электростатическое распыление. Сущность метода заключается в том, что частицы краски, попадая в зону электрического поля, приобретают заряд и осаждаются на заземленной поверхности, имеющей противоположный заряд. Чтобы обеспечить подвижность заряженных частиц краски, требуется высокое напряжение электрополя (70...120 кВ), которое создается между отрицательным заряженным коронирующим электродом и заземленным конвейером с окрашиваемыми деталями. В качестве коронирующего электрода используют медную сетку или приспособления для подачи краски.

Метод имеет следующие *преимущества*:

- 1) сокращение расхода лакокрасочных материалов на 30...70 % по сравнению с пневматическим распылением;
- 2) сокращение затрат на оборудование вентиляционных устройств;
- 3) возможность комплексной механизации и автоматизации процесса;
- 4) повышение культуры производства и улучшение санитарно-гигиенических условий труда.

К *недостаткам* метода относятся:

- 1) неполное прокрашивание изделий сложной конфигурации, имеющих глубокие впадины, сочетания сложных сопряжений и внутренних поверхностей;
- 2) лакокрасочный материал должен иметь удельное объемное электрическое сопротивление от 10^8 до 10^9 Ом · м;
- 3) необходимость высококвалифицированного обслуживания оборудования.

Способы нанесения полимерных покрытий

Полимерные покрытия можно наносить различными способами. Выбор способа зависит от размеров деталей и изделий, их конструктивных и технических особенностей, агрегатного состояния полимерного материала и требований к покрытиям. Применительно к сельскохозяйственной технике наиболее пригодно и доступно газопламенное, вихревое, вибрационное и вибровихревое напыление, а также нанесение полимеров в электростатическом поле.

Газопламенный способ обычно применяют для покрытия больших поверхностей. Сущность способа заключается в том, что струя воздуха со взвешенными в ней частицами порошкообразного поли-

мера проходит через факел ацетилено-воздушного пламени. При температуре 650...700 °С и выше порошкообразный полимер размягчается и при ударе о подготовленную и нагретую до температуры плавления полимера поверхность детали сцепляется с ней, образуя сплошное полимерное покрытие.

Газопламенное напыление целесообразно применять для двоякой цели: для защиты от коррозии и устранения дефектов (выравнивание поверхности) облицовок различных сельскохозяйственных машин: зерновых жаток, комбайнов и культиваторов; капота, крыльев и кабин. Для газопламенного нанесения полимерных покрытий используют специальные установки типа УПН (рис. 15).

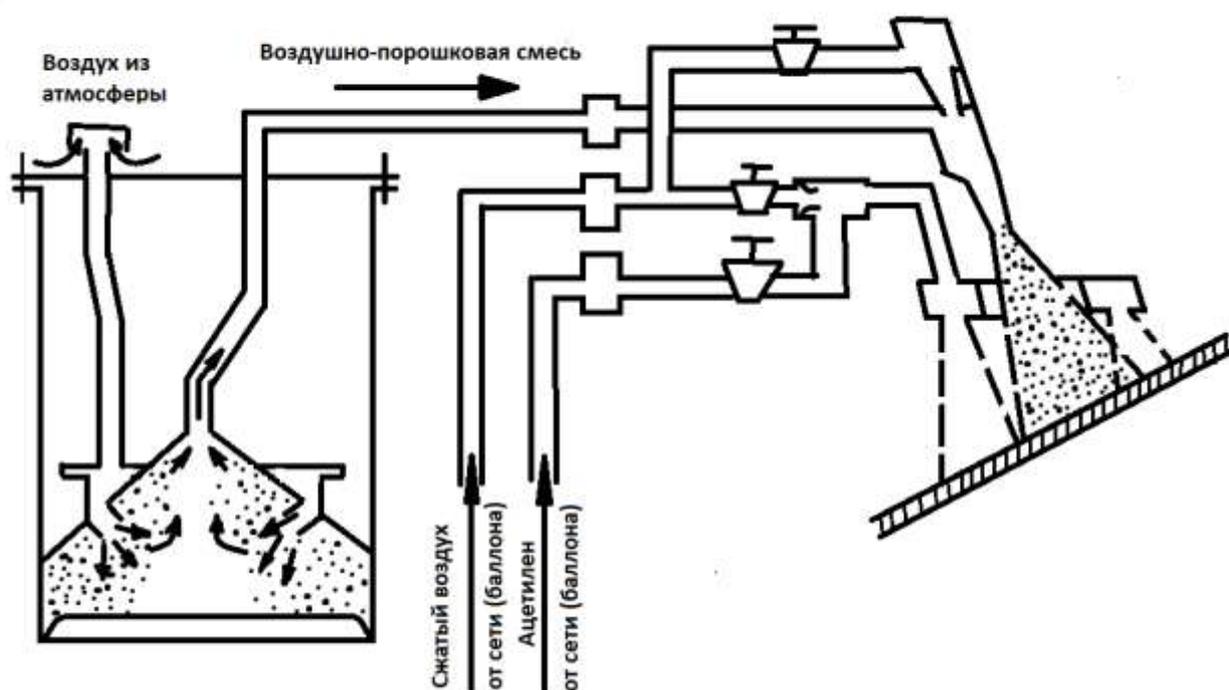


Рис. 15. Схема установки УПН-6-63 газопламенного напыления полимеров

Вихревой способ. При вихревом напылении металлическая деталь, нагретая до температуры, превышающей температуру плавления полимерного материала, опускается в ванну, где находящийся во взвешенном состоянии, благодаря потоку воздуха или инертного газа, полимерный порошок соприкасается с ней, плавится и образует защитную пленку. Для окончательного оплавления и выравнивания слоя изделия снова помещают в электропечь.

Схема установки для вихревого напыления показана на рисунке 16. Две камеры 3 и 6 разделены пористой перегородкой 4 и фильтром 5. Воздух или инертный газ по трубопроводу под давлением 0,15...

0,25 МПа поступает в нижнюю камеру 6, где поддерживается давление, создающее в верхней камере 3 взвихренный слой, вследствие чего полимерный порошок, лежащий в ней на пористом основании, распыляется.

Подачу воздуха и отсос через кольцевой карман над верхней камерой регулируют так, чтобы высота взвихренного слоя была в 1,35...1,8 раза больше первоначального слоя порошка. Нагретую деталь (например, до 280...300 °С при нанесении поликапроамида) погружают во взвихренный слой и выдерживают там в течение определенного времени (3...20 с), необходимого для получения слоя заданной толщины. Обычно в течение 2...5 с удается получить слой толщиной 0,15...0,2 мм, если нагретая деталь обладает достаточной теплоемкостью.

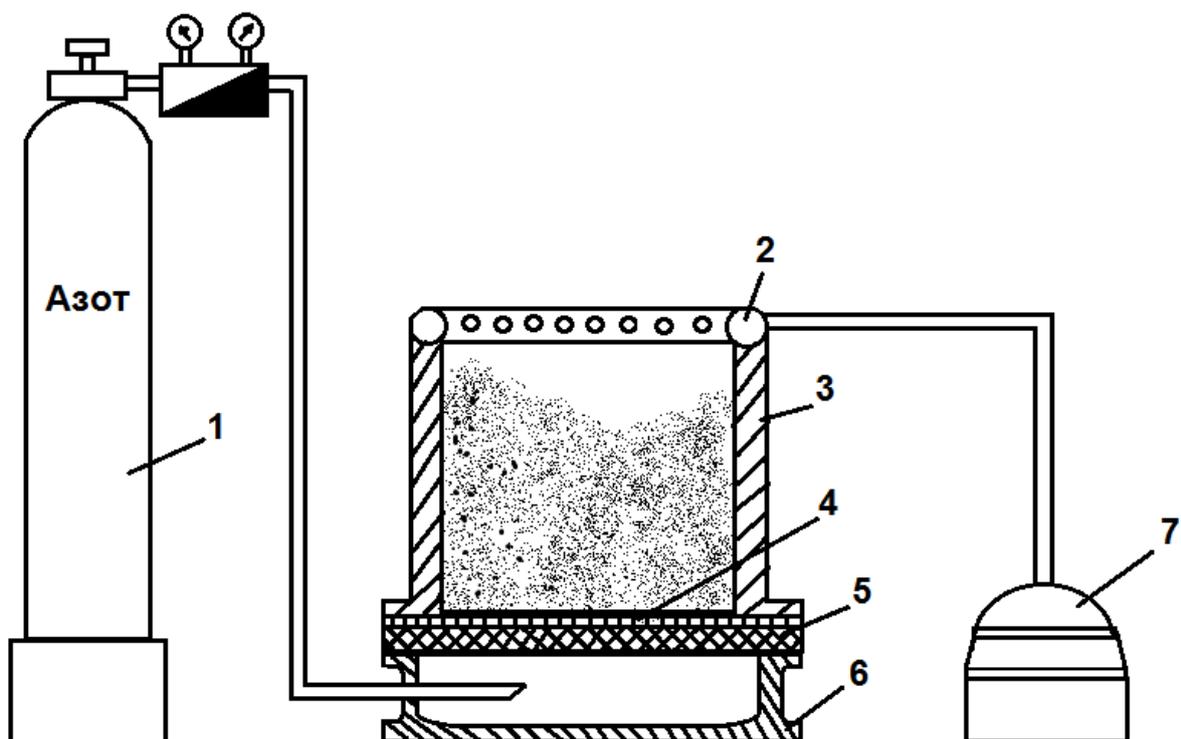


Рис. 16. Схема установки для вихревого напыления:
1 – баллон; 2 – зонтик; 3 – камера верхняя; 4 – перегородка пористая; 5 – фильтр; 6 – камера нижняя; 7 – пылесос

Вихревой способ имеет ряд *преимуществ* перед газопламенным:

1) простоту аппаратного оформления и легкость обслуживания аппарата;

2) высокую производительность и пригодность для покрытия изделий сложной конфигурации;

3) используя для создания взвешенного слоя инертные газы (азот и др.), можно почти полностью устранить окисление полимеров и получать светлые покрытия высокого качества.

К недостаткам этого метода относятся:

1) трудность покрытия узлов изделий, имеющих в разных сечениях неодинаковую толщину;

2) громоздкость аппаратуры для покрытия крупногабаритных изделий;

3) наблюдаются также заниженная толщина пленки на кромках деталей по сравнению с остальной частью поверхности и неравномерное покрытие острых кромок и узлов между элементами узлов изделий, образование в этих местах дефектов в виде пор, утонений и даже разрывов.

Вибрационный способ. При вибрационном способе полимерный порошок поддерживается во взвешенном состоянии прямолинейными колебаниями в вертикальном направлении.

В отличие от вихревого способа, вибрационный не требует применения сжатого воздуха или инертного газа и устройства для подогрева смеси. Он основан на способности сыпучих материалов течь при вибрировании, т. е. приобретать некоторые свойства вязкой жидкости.

Установки для вибрационного напыления отличаются простотой конструкции и доступностью изготовления в любой ремонтной мастерской. На рисунке 17 показана схема установки для вибрационного напыления.

Установка состоит из корпуса и вибратора электролобзика ЭЛ-2, стального диска 11, цилиндра 7, эластичного резинового дна 6, стального кольца 5 и крышки 9. Диск 11 устанавливается на вибратор и закрепляется винтом. Цилиндр 7, изготовленный из гильзы двигателя, крепится на корпусе электролобзика болтами 3. Внизу цилиндра с помощью стального кольца 5 крепится эластичное дно. Крышка 9 служит для создания подпора воздуха, необходимого для лучшего кипения порошка. Она имеет отверстие для пропуска подвески детали.

Перед напылением, как и при вихревом способе, детали очищают от ржавчины, грязи и обезжиривают. Не подлежащие напылению поверхности изолируют фольгой, асбестом, стеклотканью или другими защитными материалами. Для получения прочного сцепления покрытия с металлом желательно напыляемые детали обработать на дробеструйной установке или драчевым напильником. Затем детали нагревают в печах или других устройствах, имеющих автоматические терморегуляторы. Температура нагрева их для нанесения порошков капрона П-46,

ПФН-12 и ТПФ-37 – 250...260 °С, поливинилбутираля – 300...310 °С, полиэтилена – 260...270 °С и пентапласта – 260...280 °С.

Обычно толщина напыленного слоя достигает 0,2...0,3 мм. Она зависит от продолжительности пребывания детали в псевдооживленной среде порошка. При увеличении температуры нагрева детали может быть получена толщина до 1 мм.

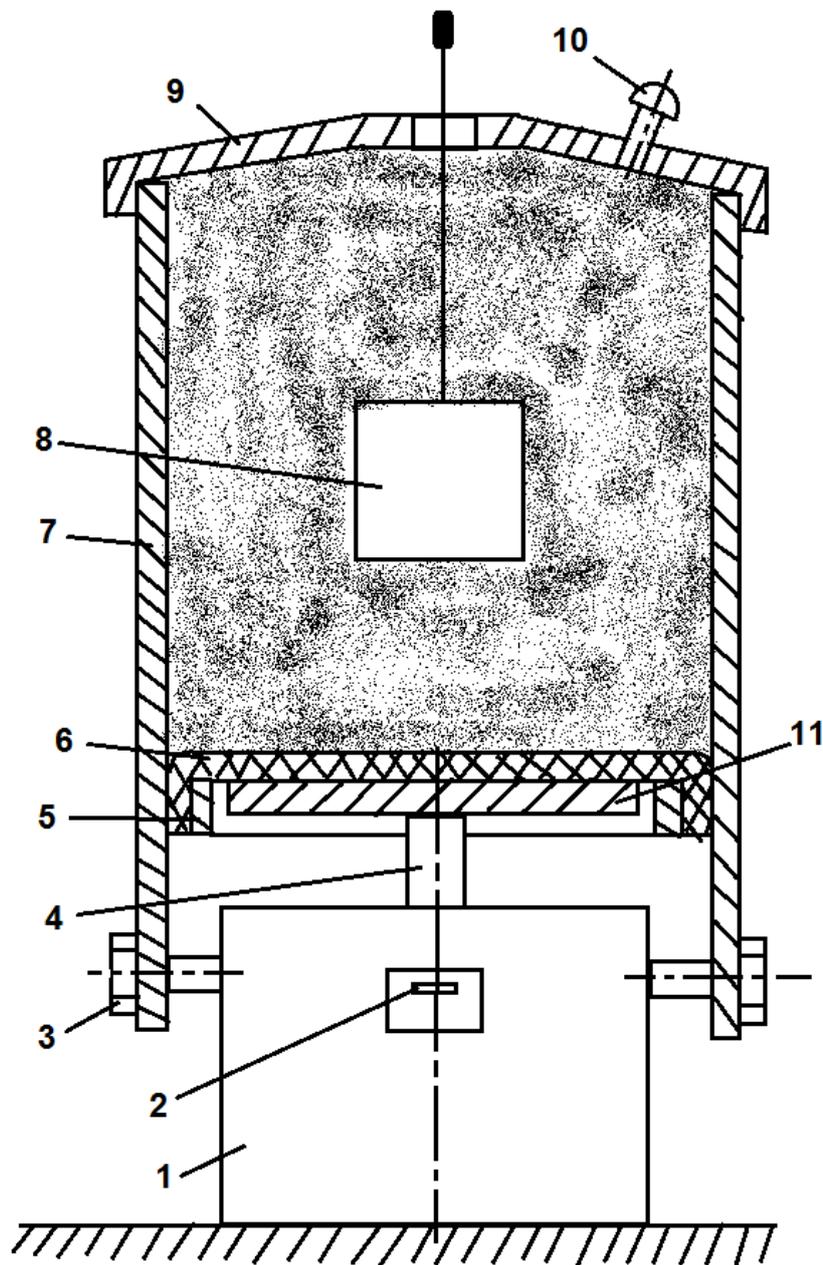


Рис. 17. Схема установки для вибрационного напыления: 1 – корпус вибратора; 2 – выключатель; 3 – болт; 4 – вибратор; 5 – кольцо стальное; 6 – дно резиновое; 7 – цилиндр; 8 – обрабатываемая деталь; 9 – крышка; 10 – рукоятка; 11 – стальной диск

Для повышения прочности и износостойкости покрытия, снятия усадочных напряжений и предохранения слоя от окисления после напыления детали закаливают погружением в масляную ванну, нагретую до 160...170 °С, и выдерживают их в течение 30 мин с последующим медленным охлаждением вместе с маслом.

Стоимость вибрационного способа покрытия деталей полимерами в 1,5 раза дешевле вихревого за счет снижения затрат, связанных с подогревом и расходом инертного газа.

К недостаткам вибрационного способа относятся:

- 1) малый коэффициент объема;
- 2) неравномерность взвешенного слоя, приводящая к неравномерности толщины покрытия. При использовании этого метода предъявляют повышенные требования к дисперсности полимера и тщательности подбора компонентов по массе и размерам частиц, чтобы не происходило расслоения смеси по фракциям.

Вибровихревой способ. При этом способе псевдосжижение полимерного порошка при подаче газа через пористое дно установки совмещено с вибрацией дна или всего аппарата. Стабильность псевдосжиженного слоя порошкообразного полимера на вибровихревых установках в меньшей степени, чем в других установках, зависит от размеров аппарата, влажности и дисперсности порошка, высоты слоя полимера. В этих аппаратах можно проводить ожижение порошков, которые обычными методами с трудом переводятся во взвешенное состояние, например полистирола.

Нанесение покрытия в электростатическом поле. Этим способом можно напылять как растворы, так и сухие холодные порошки. Принцип способа такой же, как и при получении покрытий в электростатическом поле на основе лакокрасочных материалов. Отличие состоит в том, что изделие с напыленным материалом нагревают для оплавления порошка и формирования покрытия. Это наиболее удобный и дешевый способ нанесения равномерных покрытий на изделия любой формы, позволяющий применять как ручные, так и автоматические установки. Для напыления успешно используют полиэтилен, поливинилхлорид, фторопласты, нейлон и другие полимерные материалы.

В качестве источника высокого напряжения могут использоваться любые электростатические генераторы или выпрямительные устройства с напряжением на выходе до 50...150 кВ.

Способы нанесения покрытий из жидких полимерных композиций

Жидкие композиции наносят кистью и пульверизатором или методом окунания. Например, технология нанесения покрытий на основе фураново-эпоксидных композиций состоит в следующем: на 100 частей (по массе) смолы добавляют 10...15 частей (по массе) отвердителя – полиэтиленполиамина (ПЭПА), который хорошо смешивается со смолой с помощью механической мешалки в течение 10...15 мин. В подготовленную композицию окунают изделие или покрытие наносят на поверхность кистью. Если необходимо получить покрытие толщиной 100...200 мкм, то композицию наносят на поверхность сразу после приготовления, а для получения более толстого слоя (300...400 мкм) – через 4...5 ч после приготовления. Для ускорения отверждения нанесенной композиции изделие подвергают термической обработке при 120 °С в течение 1 ч. При холодном отверждении (комнатная температура) она происходит медленно – 4...5 суток.

Наполнители и другие ингредиенты вводят в композицию после тщательного перемешивания пластификатора и отвердителя со смолой.

Нанесение полимеров из растворов. Для получения тонкослойных полимерных покрытий на поверхности рабочих деталей машин и приборов наряду с порошкообразными полимерами также могут применяться растворы полимеров.

Растворы можно наносить кистью, распылением, погружением детали в ванну с раствором или наливом его на поверхность детали. Процесс образования покрытий начинается с удаления растворителя или реакцией полимеризации полимера. При этом в первом случае требуется термическая обработка, во втором – отверждение происходит при комнатной температуре. Для каждого конкретного раствора имеется своя оптимальная скорость испарения растворителя. При большой скорости испарения растворителя получается неравномерное по толщине покрытие, а при малой – полимерная пленка окисляется, повышается ее хрупкость и величина адгезии уменьшается.

Нанесение полимеров из суспензий и эмульсий. Суспензии и эмульсии готовят из таких полимеров, которые не растворяются в обычных растворителях, или из труднонапыляемых порошкообразных полимеров. В практике применяют суспензии и эмульсии, приготовленные из фторопластов и пентапластов, поливинилхлоридных смол, синтетических каучуков и полиэтилена.

Технология нанесения, например, суспензии фторопласта состоит в следующем: на очищенную поверхность детали наносят суспензию кистью, распылением, окунанием или наливом на поверхность. Затем деталь выдерживают вначале при комнатной температуре в течение 20... 30 мин, а далее при 70...80 °С в течение 15...20 мин с последующим оплавлением полимера. Толщина одного слоя покрытия получается в пределах 8...12 мкм. Чтобы снизить хрупкость получаемого покрытия, после спекания последнего слоя покрытие мгновенно охлаждают водой.

При нанесении пентапластовых покрытий после сушки каждого слоя производят оплавление при температуре 195...205 °С в течение 10...30 мин с момента прогрева изделия до заданной температуры. Последний слой оплавляют в течение 1 ч, затем покрытие резко охлаждают (закачивают) в холодной воде при температуре не выше –20 °С. Закаленное покрытие подвергают медленной кристаллизации при 20...25 °С в течение 10...20 ч, при этом оно из мягкого легкодеформируемого становится жестким, твердым, готовым к эксплуатации. Закалка и последующая кристаллизация повышают глянец покрытия, обеспечивают релаксацию внутренних напряжений, повышают адгезию пленки к основному материалу.

Нанесение гуммировочного состава. Перед покрытием поверхность изделия очищают песком, дробью или наждачной бумагой, обезжиривают и затем наносят хлорнаиритовый грунт – два слоя, на который последовательно в несколько слоев распыляют (или наносят кистью, окунанием) гуммировочный состав. Расход гуммировочного состава зависит от толщины покрытия. Например, при толщине покрытия 0,5 мм на гуммирование 1 м² поверхности требуется 1,25...1,5 кг гуммировочного состава и 0,25 кг хлорнаиритового грунта.

Для придания изделию хорошего внешнего вида на последний слой гуммировочного состава целесообразно наносить слой хлорнаиритового грунта.

Способы нанесения металлических, оксидных, оксидно-фосфатных и анодно-окисных покрытий

Горячее цинкование. Процесс заключается в выполнении подготовительных операций (обезжиривание, травление, промывка), флюсовании и цинковании.

Во время подготовительных операций нужно иметь в виду, что на качество цинкования большое влияние оказывает тщательность удаления окалины, ржавчины. С этой целью обычно применяют травление в серной или соляной кислотах с последующей промывкой в горячей и холодной воде.

Флюсование предназначено для удаления продуктов реакции железа с травильными растворами, окислов, а также для улучшения смачиваемости поверхности расплавленным цинком. Различают два способа флюсования и цинкования – мокрое и сухое. При мокром – операции цинкования и флюсования совмещаются в одной ванне таким образом, что изделие при погружении его в ванну с расплавленным цинком проходит через слой флюса, находящегося на поверхности цинка. Флюсом служит смесь расплава солей хлористого цинка (44,6 части по массе) и хлористого аммония (55,4 части), в которую добавляют различные органические и неорганические вещества: древесные опилки, отруби, глицерин и др., поддерживающие активность флюса.

При сухом цинковании флюс находится в отдельной ванне. В этом случае в качестве флюса используют один хлористый цинк, иногда с небольшой добавкой хлористого аммония. После обработки в указанном составе изделия перед цинкованием предварительно высушивают при температуре 150...200 °С в специальных шкафах (камерах) до полного испарения влаги.

Применение того или другого метода флюсования зависит от конкретных условий производства и требований к получаемому покрытию. При этом нужно иметь в виду, что цинкование по мокрому способу имеет следующие *преимущества* по сравнению с сухим:

- 1) меньшую потребность в площадях;
- 2) низкие капиталовложения;
- 3) ограниченное образование цинковой золы;
- 4) высокое травящее действие флюса, позволяющее исправлять дефекты обезжиривания и травления.

К *недостаткам* относятся:

- 1) уменьшенная полезная площадь зеркала ванны из-за необходимости установки в ней флюсовой коробки;
- 2) повышенное выпадение гарт-цинка;
- 3) пониженное содержание алюминия в цинковом расплаве, способствующее образованию твердых, малопластичных цинковых покрытий.

При сухом способе цинкования уменьшается расход цинка на 30...50 % по сравнению с мокрым цинкованием, могут быть получены более пластичные покрытия, уменьшается количество дефектов по флюсовым включениям. В то же время для получения качественных покрытий потребуются более тщательная подготовка поверхности стали (обезжиривание и травление), постоянный контроль содержания алюминия в расплаве цинка, необходимость частых анализов и корректировок состава флюса.

Перед погружением изделий в цинковый расплав поверхность расплава должна быть очищена от золы, нагара, окислов и других загрязнений. Время погружения должно быть минимальным. Во время цинкования детали необходимо перемещать до полного удаления воздуха, остатков флюса и обеспечения контакта жидкого цинка по всей площади деталей.

Продолжительность выдержки в расплаве включает время, необходимое для нагрева изделия до температуры расплава и для выкипания флюса. Детали извлекают из расплава по прекращении бурления цинка.

Толщина и равномерность цинкового покрытия во многом зависят от условий выгрузки изделий. При быстрой выгрузке могут образоваться толстые неравномерные слои покрытия. После цинкования изделия охлаждают в воде при 80...90 °С.

Ванны горячего цинкования изготавливают из стальных листов толщиной 25...50 мм с минимальным содержанием углерода и кремния. Емкость ванн зависит от размеров цинкуемых изделий.

Металлизация распылением. Процесс металлизации распылением заключается в нанесении металлических покрытий (цинка, алюминия и др.) специальным аппаратом – металлизатором на поверхность изделий любой формы путем распыления расплавленного металла струей сжатого воздуха.

В зависимости от способа расплавления распыляемого металла металлизация бывает *электрической и газопламенной*. В первом случае металлическая проволока, подаваемая в металлизатор, плавится под действием электрической дуги, возникающей между проволочными электродами. Во втором случае проволока плавится газовым пламенем.

Прочность сцепления напыляемого слоя с основным металлом детали в большой степени зависит от качества подготовки поверхности. Поверхность должна быть тщательно очищена от пыли, жиров, влаги,

окислов, ржавчины и иметь достаточную шероховатость. Высокая степень шероховатости деталей достигается обдувкой крошкой из окиси алюминия или стальной крошкой с размерами зерен 0,8...1,2 мм.

Поверхности, не подлежащие металлизации, изолируют специальной пастой, бумагой, картоном или листовым железом. Отверстия и пазы закрывают деревянными или резиновыми пробками.

Разрыв во времени между подготовкой и самим процессом металлизации должен быть минимальным. Детали с появившейся на поверхности ржавчиной направляют на повторную очистку.

Проволока, применяемая для металлизации, должна быть гладкой, без перегибов, узлов и вмятин, затрудняющих равномерность подачи ее в аппарат; возможно более мягкой, очищенной от масла и продуктов коррозии.

Чтобы обеспечить равномерность по толщине, покрытия наносят за несколько проходов металлизатора. При этом каждый последующий слой наносят в направлении, перпендикулярном к предыдущему направлению. Особое внимание уделяют покрытию кромок, торцов, углублений и мест сварки.

Режим металлизации зависит от типа и конструкции пистолетов-металлизаторов, но во всех случаях рекомендуется держать сопло металлизатора от покрываемой поверхности на расстоянии в пределах от 50 до 150 мм во избежание излишних потерь металла.

При выборе способа металлизации нужно иметь в виду, что электрическая металлизация проста по технологии, сравнительно экономична и позволяет достигать высокой производительности процесса. Ее недостатком являются: большие потери металла при напылении, значительное выгорание химических элементов и окисление наращиваемого металла.

Для питания электродуговых металлизаторов используют постоянный или переменный ток. Электродуговые металлизаторы на постоянном токе имеют большую производительность и дают более качественное покрытие. При работе на переменном токе применяют понижающий трансформатор типа СТЭ-43-2с или же сварочные трансформаторы типа СТ-2, СТЭ-32, СТЭ-34-9 и др.

Для каждого электрометаллизатора устанавливают распределительный щит, на котором монтируют рубильник или магнитный пускатель, предохранители, переключатель напряжения, вольтметр и амперметр. Для обеспечения нормальной работы электрометаллизаторов при-

меняемые компрессоры должны обеспечить давление 0,6... 0,7 МПа при расходе сжатого воздуха не менее 1,2 м³/мин.

Газопламенная металлизация позволяет получать покрытия более высокого качества, но она дорогостоящая и связана с необходимостью применения сложных установок, которые включают в себя источники питания горючими газами, кислородом, сжатым воздухом с устройством для его очистки и газовые металлизационные аппараты.

Электролитическое цинкование. Для получения цинковых покрытий электролитическим методом могут быть использованы различные электролиты: кислые или щелочные. По степени токсичности они подразделяются на цианистые (ядовитые) и нецианистые (неядовитые). Цианистые электролиты состоят из следующих компонентов: окись цинка, цианистый натрий, едкий натр, сернистый натрий, глицерин и другие добавки. Состав нецианистых электролитов: сернокислый цинк, окись цинка, сернокислый натрий, сернокислый алюминий, хлористый аммоний, уксуснокислый аммоний, хлористый цинк и другие добавки.

Наиболее качественные покрытия получают из цианистых электролитов. Их высокая рассеивающая способность позволяет цинковать детали любой конфигурации. Основные недостатки электролитов этого типа – высокая токсичность и повышенное наводороживание, следствием которого является появление хрупкости деталей.

Если по условиям производства использование цианистых электролитов невозможно, могут быть применены нецианистые электролиты.

Пассивирование и фосфатирование цинковых покрытий. Для усиления защитных свойств цинковых покрытий применяют пассивирование, т. е. обработку деталей в растворах хромовой кислоты или ее солей.

Электролитическое меднение. Различают два основных типа электролитов меднения: кислые и щелочные. Известны цианистые и нецианистые электролиты.

Из нецианистых электролитов чаще применяют пирофосфатные электролиты, в которых можно непосредственно меднить стальные детали и детали из цинкового сплава. У этих электролитов меньшая рассеивающая способность, чем у цианистых, но они нетоксичны, дают плотные светлые мелкокристаллические осадки, устойчивы в эксплуатации.

Непосредственно на стальные детали и детали, изготовленные из цинкового сплава, медь наносят из цианистых или пирофосфатных электролитов, дальнейшее наращивание более толстых слоев меди производят в сернокислых электролитах.

Электролитическое никелирование. Известно большое количество различных электролитов никелирования. При получении покрытий в защитно-декоративных целях целесообразно применять ванны блестящего никелирования.

Общий порядок приготовления приведенных электролитов следующий. Рабочую ванну наполняют на 2/3 объема водой, нагревают до 78...80 °С, после чего при интенсивном перемешивании последовательно вводят сернокислый никель, хлористый никель и борную кислоту и перемешивают до полного их растворения. Затем электролит подвергают селективной очистке. Для этого доводят рН электролита до 5...5,5, подогревая электролит до 45...50 °С, и вводят в него марганцовокислый калий до 2 г/л или до 2 мл/л 3 %-го раствора перекиси водорода. Затем в электролит вводят активированный уголь марки БАУ (ГОСТ 6217-74) или марки КАД в количестве 1-2 г/л и перемешивают сжатым воздухом в течение 3...4 ч. После этого дают отстояться в течение не менее 12 ч и фильтруют.

Электролитическое хромирование. Для проведения электролитического хромирования используют следующие электролиты:

- стандартный;
- сверхсульфатный;
- саморегулирующийся с добавкой алюминия;
- тетрахроматный.

Тетрахроматный рекомендуется применять для защитно-декоративного хромирования, а остальные – для различных целей как износостойкого, так и защитно-декоративного хромирования. Причем защитные свойства получаемых хромовых покрытий в значительной степени определяются режимами электролиза. Чтобы получить из одной ванны хромовые покрытия, обладающие «универсальными» свойствами, т. е. защищающие как от коррозии, так и от износа, применяют комбинированные режимы. Сначала наносят молочный хром толщиной около 20 мкм, затем слой блестящего хрома толщиной 20...30 мкм.

Приготовление стандартного электролита. Расчетное количество хромового ангидрида, исходя из рабочей емкости ванны, растворяют в воде при комнатной температуре, постепенно добавляя хро-

мовый ангидрид из барабана при непрерывном перемешивании раствора деревянной мешалкой. После растворения ангидрида в ванну вводят необходимое количество серной кислоты с учетом ее содержания в хромовом ангидриде. Электролит перемешивают. Ванну доливают водой до нужного уровня и прорабатывают током для накопления трехвалентного хрома 6...8 ч при 45...60 °С сначала при низкой плотности тока 4...6 А/дм², а затем при номинальной. Осадки хрома должны быть блестящими и иметь прочное сцепление с металлом.

Приготовление сверхсульфатного электролита. Хромовый ангидрид растворяют в воде из расчета 270 г/л. После его полного растворения для создания необходимой концентрации трехвалентного хрома в раствор вводят перекись водорода (30 %) или сахар. Для получения в электролите 20 г/л трехвалентного хрома добавляют 80...100 мл/л перекиси водорода или 7 г/л сахара. При этом происходит бурная реакция, поэтому во избежание выброса электролита восстановитель вводят небольшими порциями. После его введения ванну выдерживают 10...12 ч до полной реакции восстановления и вливают расчетное количество серной кислоты. Электролит не требует проработки током.

Приготовление саморегулирующегося электролита с добавкой алюминия. В водопроводной воде растворяют хромовый ангидрид до концентрации 600...800 г/л. После его полного растворения берут пробу и определяют содержание хромового ангидрида и сульфата. Затем в раствор осторожно вводят малыми порциями по 16,3 г углекислого стронция на каждый грамм сульфат-иона для нейтрализации последнего. Раствор тщательно перемешивают и добавляют указанное в рецепте количество сернокислого стронция и кремнефтористого калия. Электролит нагревают до 50...60 °С и выдерживают при этой температуре 16...20 ч при периодическом взмучивании мешалкой осадка через каждые 40...50 мин. При отсутствии кремнефтористого калия и сернокислого стронция их можно приготовить непосредственно в цехе из кремнефтористого натрия, двуххромового и углекислого калия, углекислого стронция, серной кислоты и кремнефтористой кислоты. Добавке 0,85 г кремнефтористого натрия и 1,33 г двуххромового и углекислого калия соответствует 1 г кремнефтористого калия; добавке 1 г сернокислого стронция – 0,8 г углекислого стронция и 0,53 г серной кислоты.

Приготовление тетрахроматного электролита. В воде растворяют расчетное количество хромового ангидрида, затем добавляют

предварительно растворенный в воде едкий натр. Во избежание выброса электролита раствор хромового ангидрида охлаждают по мере добавления едкого натра. В электролит вводят серную кислоту с учетом содержания сульфатов в хромовом ангидриде, а также сахар или глюкозу для образования трехвалентного хрома. Электролит не требует проработки током.

Оксидирование черных металлов. Оксидирование стальных изделий проводят в концентрированных растворах щелочей в присутствии окислителей при температуре кипения, которая повышается вместе с концентрацией раствора щелочи. В качестве окислителей к растворам едкой щелочи добавляют азотнокислый и азотистокислый натрий. Стальные изделия после оксидирования окрашиваются в глубокий черный цвет, а полированные чугуны – в коричневый.

Более толстые и стойкие против коррозии оксидные покрытия получают в более концентрированных щелочных растворах. Вместе с тем с увеличением концентрации в растворе щелочи образуется на поверхности рыхлый налет гидроокиси железа. Для уменьшения его выделения в раствор добавляют хлористый натрий.

Для получения качественных толстых оксидных пленок применяют двухстадийную обработку, заключающуюся в том, что сначала оксидирование проводят в растворе с меньшей концентрацией щелочи в течение 20...30 мин, затем в более концентрированном растворе в течение 30...40 мин. Перед погружением деталей во вторую ванну их промывают водой.

Оксидирование алюминия и его сплавов. Оксидная пленка на алюминии может быть получена химическим или электрохимическим методами. Химическое оксидирование имеет ограниченное применение и производится только для тех деталей, которые невозможно полностью обработать электрохимическим методом (например длинные трубопроводы).

В отличие от химического оксидирования защитные пленки, полученные электрохимическим способом, обладают достаточной стойкостью, механической прочностью и эффективнее затрудняют протекание процессов коррозии. При электрохимическом способе оксидирования детали обрабатывают в специальных электролитах на аноде.

Для повышения коррозионной стойкости получаемых оксидных пленок их уплотняют путем обработки горячей водой или растворами

хроматов. Воду берут конденсатную или дистиллированную при рН 5,5...6,5. Если рН ниже 4, то на пленке могут образовываться беловатые пятна.

Хроматную обработку ведут в растворе, содержащем 80...100 г/л хромовокислого калия, натрия при 80...90³ °С в течение 20...30 мин. При этом оксидная пленка приобретет лимонно-желтый цвет. Для повышения защитной способности оксидных пленок без изменения их внешнего вида может быть применено пропитывание 8...10 %-м раствором гидрофобизирующей жидкости ГКЖ-94 в бензине с последующей сушкой.

Контрольные вопросы

1. Перечислите операции технологического процесса нанесения лакокрасочных покрытий.
2. Какова должна быть долговечность лакокрасочных покрытий сельскохозяйственной техники?
3. В каких случаях проводят профилактическую окраску машин, в каких – ремонтную, в каких – капитальную?
4. Перечислите преимущества и недостатки метода пневматического распыления лакокрасочных материалов.
5. В чем заключается сущность безвоздушного распыления лакокрасочных материалов?
6. В чем заключается сущность электростатического распыления лакокрасочных материалов?
7. Перечислите способы нанесения полимерных покрытий, которые применяют в сельскохозяйственном производстве.
8. В каких целях применяют газопламенное напыление полимерных материалов?
9. Какие полимерные материалы используются для нанесения их в электростатическом поле?
10. Какие операции выполняются в процессе горячего цинкования?
11. Что такое *металлизация распылением*?
12. Назовите виды металлизации распылением.
13. Какие электролиты используются при электролитическом цинковании?

Лабораторная работа № 3

ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА, СВОЙСТВ И ПРИМЕНЕНИЯ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ

Задачи работы: изучить состав, свойства, применение, принципы маркировки основных лакокрасочных материалов и покрытий, применяемых для защиты сельскохозяйственной техники от коррозии.

Оборудование, инструменты, материалы:

- 1) коллекция лакокрасочных материалов;
- 2) коллекция антикоррозионных покрытий.

Лакокрасочные материалы предназначаются для создания защитных и декоративных покрытий на металлических, деревянных, бетонных и других поверхностях. Как правило, покрытия делают многослойные. Лакокрасочные материалы в зависимости от состава и назначения классифицируют на *основные* (лаки, краски, грунтовки и шпатлевки) и *вспомогательные* (растворители, разбавители или разжижители, смывки, составы для подготовки поверхностей к окрашиванию и др.).

Краткие характеристики и назначение основных лакокрасочных материалов

Характеристика и назначение грунтовок

Глифталевые

1. **ГФ-0119** (ГОСТ 23343-78) – предназначена для металлической и деревянной поверхности. Имеет хорошую совместимость с эмалями ПФ-113, ЭТ-199, АС-182, ПФ-188. Не образует труднорастворимого осадка при хранении. Легко наносится на поверхность. Образует ровное покрытие и обладает хорошей адгезией к металлу и высокой коррозионной стойкостью.

Трехслойное покрытие: один слой ГФ-0119 и два слоя эмали ПФ-115 обеспечивают защиту от коррозии в течение 2,5 лет в условиях атмосферных воздействий.

Грунтовка может быть рекомендована под различные эмали, а также в виде самостоятельного покрытия для защиты металлоконст-

рукций и оборудования на период монтажа. Однослойное покрытие обеспечивает временную защиту в течение 6 месяцев.

2. **ГФ-032** гс, бывшая 138 (ТУ 6-10-698-79) – предназначена для металлических поверхностей. Перед нанесением грунтовку тщательно перемешивают, разбавляют сольвентом и профильтровывают через сетку № 056к (ГОСТ 3884-73). Перед сушкой грунтовку выдерживают в течение 5 мин при температуре 18...22 °С.

3. **ГФ-089** (ТУ 6-10-883-74) – предназначена для окраски карданных валов и других деталей автомобиля.

Обладает высокой прочностью, адгезией к окрашиваемой поверхности, повышенной стойкостью к воздействию агрессивных сред. Может использоваться как самостоятельное защитно-декоративное, антикоррозионное покрытие.

Внешний вид пленки после высыхания – должна образовывать гладкую, однородную, полуматовую или полуглянцевую поверхность

Наносится на поверхность пневматическим распылением или распылением в электрополе. Полное высыхание однослойного покрытия при температуре 18...22 °С – 24 ч. Разбавляется ксилолом, РКБ-1.

Канифольные

4. **КФ-030** (ТУ 6-10-784-74) – грунтовка желтого цвета применяется для грунтования стали, алюминиевых и магниевых сплавов; серо-зеленого цвета – для стали.

5. **В-КФ-093** (ТУ 6-21-00204211-7-95) – для нанесения на кузова, кабины, детали и узлы автомобилей и сельскохозяйственной техники.

Грунтовка В-КФ-093 представляет собой суспензию пигментов в резидроле ВА-133.

Предназначается для однослойного покрытия деталей шасси и других комплектующих деталей автомобилей. Цвет – черный, серый.

Растворение – предварительно нейтрализованную грунтовку В-КФ-093 разбавляют дистиллированной или деминерализованной водой.

Наносится на поверхность металла методом электроосаждения по фосфатированной поверхности.

Внешний вид покрытия грунтовки – однородная, полуглянцевая, без морщин, пузырей, кратеров, посторонних включений.

Меламиноалкидные

6. **МЛ-029** (ГОСТ 6613-73) – бензостойкая для деревянных и металлических изделий, рекомендуется под эмаль МЛ-729. Применяют

для емкостей, предназначенных для хранения бензина, содержащего до 40 % ароматических углеводородов и эксплуатируемых при температуре от –50 до 150 °С. Перед употреблением к грунтовке добавляют при тщательном перемешивании 1,5 % сиккатива (ТУ 6-10-1351-73) и фильтруют через сито 0105.

Нитроцеллюлозные

7. **НЦ-097** (ТУ 6-10-1280-77) – предназначена для подгрунтования небольших (до 10 см²) площадей по металлу при подкрашивании шлифованных мест. Изготавливается на основе нитроцеллюлозы и синтетических смол. Грунтовку перед употреблением тщательно перемешивают, разводят растворителем и фильтруют через сетку с количеством отверстий 150 на 1 см². Наносят краскораспылителем.

Масляно-фенольные

8. **ВМЛ-0143** (ГОСТ 24595-81) – изготавливается на основе масляно-фенольной смолы. Предназначена для окраски деталей автомашин. Покрытие устойчиво к воде, атмосферостойко и бензостойко. Наносится на фосфатированную поверхность струйным обливом, пневматическим или безвоздушным распылением или окунанием. Толщина слоя – до 25 мкм.

Пентафталевые

9. **ПФ-0142** (ТУ 6-10-11-56-28-75), **МС-0141** (ТУ 6-10-1568-76) – быстросохнущие грунтовки, обладают хорошими защитными свойствами. Не образуют трудноразмешиваемого осадка при хранении. Грунтовки ПФ-0142 и МС-0141 рекомендуются взамен ГФ-020, ГФ-017, ПФ-020, МС-067.

В грунтовку МС-0141 перед применением вводят сиккатив НФ-1 в количестве 3 % от массы неразбавленной грунтовки. Предназначена для черных металлов и для защиты металлов от коррозии при межоперационном хранении.

Грунтовки можно применять под покрытия различными эмалями, покрытия имеют высокие противокоррозионные свойства, соле- и влагостойки. Толщина высушенного двухслойного покрытия 30...40 мкм.

Полиакриловые

10. **ВД-АК-0119** (ТУ 2316-006-13938162-2004) – предназначена для окраски изделий из черных и цветных металлов, в т. ч. двигателей, кузовов автомобилей, грузовых вагонов, трубопроводов.

Представляет собой суспензию пигментов, наполнителей, специальных добавок в дисперсии акриловых сополимеров. Цвет: черный, серый, белый, красно-коричневый.

Рекомендации по применению:

С поверхности металла удалить механическим путем ржавчину, старое лакокрасочное покрытие. Масляно-жировые загрязнения удалить 1,5...2,5 %-м раствором водно-щелочного моющего средства с последующим удалением капель влаги или растворителем № 646, 647, ацетоном.

Грунтовку ВД-АК-0119 тщательно перемешать. При нанесении пневмо-, безвоздушным и комбинированным распылением вязкость ЛКМ должна составлять 35...60 с по ВЗ-246 (4) в зависимости от метода и применяемого оборудования; окунанием – 17...20 с. Разбавление водой не должно превышать 10 %.

Окрашивание проводят при температуре не ниже 10 °С. При температурах ниже 18 °С или высокой влажности длительность сушки грунтовки должна быть увеличена. Окрашивание проводят в два слоя с промежуточной сушкой не менее 1 ч при температуре не ниже 10 °С.

Поливинилацетатные

11. **ВЛ-02, ВЛ-023, ВЛ-08** (ГОСТ 12707-77) – фосфатирующие двухкомпонентные грунтовки, срок годности после введения разбавителя – 8 ч. Фосфатирующие грунтовки должны приготавливаться непосредственно перед применением смешением основы и кислотного разбавителя в соотношениях по массе: 4:1 – ВЛ-02, ВЛ-08 и 5:1 – ВЛ-023 для углеродистой стали; 8:1 – ВЛ-02, ВЛ-08 и 10:1 – ВЛ-023 для легированной стали, цветных металлов и их сплавов. После приготовления грунтовку выдерживают в течение 30 мин, разводят растворителем до рабочей вязкости и наносят на очищенную поверхность.

Полиуретановые

12. **УРФ-0110** (ТУ 6-10-1531-75) – быстросохнущая грунтовка холодной сушки предназначена для защиты от коррозии стали и цветных металлов, может применяться при проведении ремонтных работ – подкраске повреждений автомобилей и другой техники. Для ускорения отверждения в грунтовку вводят ускоритель № 25 в количестве 0,5...1 % от массы грунтовки. Основные преимущества грунтовки по сравнению с грунтовками ГФ-020 и ФЛ-ОЗк – более быстрое высыхание, лучшая дисперсность, повышенная адгезия к металлу и хорошие защитные свойства. Грунтовку холодной сушки можно применять при окраске деталей из алюминия и его сплавов и использовать вместо грунтовки ФЛ-ОЗк горячей сушки для защиты

от коррозии деталей, эксплуатируемых во влажной атмосфере при температурах до 180...200 °С.

Сополимеровинилхлоридные

13. **ХС-068** (ТУ 6-10-820-75) – грунтовка входит в состав комплексного многослойного покрытия, которое предназначается для защиты оборудования и металлических конструкций от воздействия минеральных кислот и щелочей при температурах до 60 °С. Грунтовку используют также при нанесении перхлорвиниловых химически стойких эмалей. Пленка бензостойка. Пленку наносят в четыре слоя: один слой грунтовки ХС-068, два слоя эмали ХС-710 и один слой лака ХС-76. Толщина комплексного покрытия – 80...100 мкм.

14. **ХС-010** (ТУ 6-21-51-90) – предназначена для оборудования и металлических конструкций, находящихся под воздействием кислот и щелочей.

Эпоксидные

15. **ЭП-057** (ТУ6-10-1117-85) – предназначена для защиты от коррозии стальных конструкций, эксплуатируемых в атмосферных условиях при повышенной влажности. Применяется в комплексном многослойном покрытии с кроющими эмалями. Представляет собой суспензию цинкового порошка в растворе эпоксидной смолы Э-41. Поставляют комплексно с отвердителем № 3 (ТУ 6-10-1091-71) и растворителем. В грунтовку ЭП-057 за 30 мин перед нанесением добавляют при тщательном перемешивании отвердитель № 3 (на 1 кг грунтовки – 70 г отвердителя), доводят до рабочей вязкости растворителем РП и фильтруют через два-три слоя марли. Пригодность грунтовки после смешения компонентов – не более 12 ч. Перед нанесением грунтовки поверхность очищают пескоструйной или дробеструйной обработкой, обезжиривают, высушивают и наносят не менее двух слоев грунтовки общей толщиной, равной или более 10 мкм. Интервал между нанесением слоев грунтовки составляет 1...2 ч воздушной сушки. В случае применения грунтовки для окраски металла, предназначенного под электросварку, толщина слоя в местах сварного шва не должна превышать 20 мкм. В процессе работы грунтовку периодически перемешивают, чтобы не оседал цинковый порошок. Наносят кистью, валиком, методом пневматического или безвоздушного распыления.

В качестве покрывных эмалей рекомендуются: ЭП-5116, ЭП-1155, ЭП-525, ЭП-567, ЭП-575, ЭП-711, ХВ-125, ХВ-110, ХС-119, ФП-545.

Эпоксифирные

16. **ЭФ-065** (ТУ 2312-071-05034239-95) – предназначена для окраски стальных поверхностей надводной части. Наносится на чистую металлическую поверхность или по грунтовке ВЛ-023. Защитные свойства ЭФ-065 выше, чем у грунтовки ФЛ-03К.

Система покрытий, состоящая из двух слоев грунтовок ЭФ-065 или ЭФ-066 и двух слоев эмали ЭФ-1144, обеспечивает длительный срок службы защищаемой поверхности.

Характеристика и назначение шпатлевок

Глифталевые

1. **ГФ-0075** – предназначена для нанесения на металлическую поверхность по грунтовкам ГФ-020 или ГФ-032ГС. Шпатлевку перед применением перемешивают, разбавляют до рабочей вязкости и фильтруют через сетку (ГОСТ 358473) с количеством отверстий 900...2400 на 1 см². Шпатлевку можно наносить двумя слоями с промежуточной сушкой при 18...22 °С в течение 15 мин. Через 5 мин после нанесения второго слоя сушат при температуре 100...110 °С. Шпатлевка хорошо шлифуется шкуркой № 3 и 4 с водой.

Нитроцеллюлозные

2. **НЦ-0043** (ТУ 6-10-1410-76) – предназначена для первичного выравнивания литых чугунных поверхностей. Хорошо шлифуется шкуркой № 25 с водой и всухую. При нанесении слоя в 1 мм шпатлевка не должна стекать с вертикальной поверхности. Шпатлевание возможно сплошное и местное.

Перхлорвиниловые

3. **ХВ-0060**, бывшая ХВ-006 (ТУ 6-10-1537-75) – предназначена для защиты от коррозии предварительно загрунтованных мест контактов и засоров.

4. **ХВ-004**, **ХВ-005** (ГОСТ 10277-62) – предназначена для шпатлевания загрунтованных металлических и деревянных поверхностей.

Полиэфирные

5. **ПЭ-0044** (ТУ 6-10-1580-76) – применяется по дереву и металлу. Наносится слоем толщиной 1,5...2 мм по загрунтованной и незагрунтованной поверхности под покрытия холодного отверждения или высыхания при температуре до 80 °С. После высыхания нет проседания. Шпатлевка поставляется в комплекте. Рабочая композиция гото-

вится в соотношении частей по массе при тщательном перемешивании: полуфабрикат ПЭ-0044-100, инициатор – 3.

Малярные свойства сохраняются 4...5 ч после введения инициатора. Рекомендуется взамен шпатлевок на пентафталевой, нитроцеллюлозной, алкидно-стирольной и эпоксидной основах. На шпатлевку можно наносить эмали нитроцеллюлозные, алкидные, перхлорвиниловые, а также шпатлевки НЦ-00-8, ХВ-00-5, ПФ-00-2. Адгезия хорошая. Нитрошпатлевки можно наносить по недосушенному слою ПЭ-00-44 через 5...6 ч при температуре 20...25 °С как при сплошном, так и местном шпатлевании. Устойчива к низким температурам, выдерживает перепад от +60 до –40 °С.

Эпоксидные

6. **ЭП-0020** (ГОСТ 28379-89) – предназначена для выравнивания и защиты поверхностей и для грунтования под эпоксидное покрытие. Представляет собой смесь пигментов, наполнителей, пластификаторов, раствора эпоксидной смолы в органических растворителях с добавлением отвердителя. Перед применением в шпатлевочную массу вводят отвердитель № 1 из расчета 8,5 части на 100 частей по массе неразбавленной шпатлевки с последующим тщательным перемешиванием до получения однородной массы. Пригодность шпатлевки при 18...22 °С при нанесении, шпателем – не менее 1,5 ч, при нанесении краскораспылителем – не менее 6 ч. Шпатлевку, смешанную с отвердителем, перед нанесением выдерживают в течение 15...20 мин. Шпатлевочный слой толщиной 0,5 мм после высыхания становится равным 0,35 мм. Перед горячей сушкой шпатлевочный слой выдерживают при 18...22 °С не менее 1 ч.

Характеристика и назначение эмалей, красок и лаков

Алкило-акриловые

1. **Эмаль АС-182** (ГОСТ 19024-79) – предназначена для окраски тракторов, сельскохозяйственных машин, оборудования и других металлических конструкций, эксплуатируемых в атмосферных условиях. Изготавливается на алкидно-акриловом лаке с добавлением сиккатива. Система покрытия, состоящая из двух слоев эмали АС-182, нанесенных на фосфатированную и загрунтованную поверхность, сохраняет защитные свойства в умеренном климате не менее 5 лет, в жестких условиях – не менее 2 лет. После высыхания образует гладкую, однородную, глянцевую, без морщин, потеков и посторонних

включений поверхность. Выпускается различных цветов по согласованию с заказчиком.

Битумные материалы

2. **Лак БТ-783**, бывший № 411 (ГОСТ 1347-77) – кислотостойкий, для покрытия поверхности аккумуляторов и их деталей для предохранения от действия серной кислоты.

3. **Лак БТ-577 (КУЗБАССЛАК)** (ГОСТ 5631-79) – предназначен для предохранения металлических изделий от коррозии при хранении и транспортировке. Наносят на поверхность кистью, краскораспылителем, наливом или окунанием. При необходимости лак разбавляют до рабочей вязкости уайт-спиритом, сольвентом, скипидаром или смесью указанных растворителей.

Кремнийорганические

4. **Эмаль КО-168** (ТУ 6-02-900-74). Покрытия на основе эмали КО-168 обладают хорошей адгезией к строительным материалам, высокой водо- и атмосферостойкостью. Эмаль предназначена для окраски наружных фасадов зданий и сооружений. Расход (при двухслойном покрытии) составляет по бетону 360 г/м^2 , по ячеистому бетону – $600...800 \text{ г/м}^2$.

5. **Эмаль КО-198** (ТУ-6-02-841-74). Покрытие характеризуется высокой атмосферо-, водо-, тропикостойкостью, стойкостью к воздействию минерализованных грунтовых вод, серной кислоты, хлора, сероводорода, сернистого ангидрида. Противокоррозионная стойкость покрытий на основе эмали КО-198 по металлу может быть повышена при окраске грунтованных поверхностей. При температуре эксплуатации до $100 \text{ }^\circ\text{C}$ для этих целей могут применяться грунтовки АК-070, ФЛ-ОЗК, ВЛ-08. Эмаль КО-198 допускается наносить по грунтовкам – преобразователям ржавчины. Эмаль предназначена для окраски металлоконструкций в сельскохозяйственных производственных зданиях, для окраски фундаментов и фундаментной части железобетонных опор контактной сети. Расход эмали при окраске металла – $170...200 \text{ г/м}^2$, бетона – $300...350 \text{ г/м}^2$. Эмаль термостойка до $300 \text{ }^\circ\text{C}$, морозостойка – до $60 \text{ }^\circ\text{C}$. Поверхность бетонных конструкций перед окраской должна быть очищена от загрязнений, а раковины бетона заделаны цементно-песчаным раствором. Влажность поверхностного слоя бетона или штукатурки на глубине $5...10 \text{ мм}$ не должна превышать $5...6 \%$. Эмаль может быть применена для окраски внутренних емкостей для питьевой воды.

6. **Эмаль КО-286** (ТУ 6-02-1029-75). Покрытия на основе эмали эластичны, обладают высокой атмосферо- и водостойкостью. Эмаль предназначена для окраски бетона, кирпичной кладки, асбоцемента, древесины. Расход эмали для двухслойного покрытия составляет 250 г/м².

7. **Эмаль КО-811К** (ТУ 6-10-12-10-76) – представляет собой дисперсию пигментов и наполнителей в кремнийорганическом лаке КО-08 с добавкой отвердителя МФСН-В (ТУ 6-02-862-74). Перед употреблением на 100 частей по массе эмали добавляют 6...7 частей отвердителя и 40...50 частей расжижителя Р-5. Пригодность с введенным отвердителем – не более 24 ч. Термостойкость получаемых покрытий – до 400°. Покрытия на основе эмали атмосферостойки, стойки к действию керосина, бензина, синтетических и минеральных масел. Эмаль предназначена для окраски стальных изделий.

Масляно и алкидно-стирольные

8. **Эмаль МС-17** (ТУ 6-10-1012-97) – предназначена для окраски узлов шасси и других деталей автомобилей, а также других металлических изделий. Представляет собой суспензию пигментов в растворе алкидно-стирольного лака в ксилоле с добавкой сиккатива и антиоксиданта. Желто-коричневая предназначена для покрытий изделий ходовой системы тракторов. Цвет: черный, светло-серый, желто-коричневый. Наносить пневматическим или безвоздушным распылением, окунанием, наливом. Растворитель: сольвент, ксилол.

Меламинные

9. **Эмаль МЛ-1121** (ТУ 6-10-1466-75) – предназначена для окраски кузовов легковых автомобилей. Покрытие эмалью МЛ-1121 обладает высоким гляncем (блеск 66...67 %) и розливом, твердостью, хорошими физико-механическими и защитными свойствами. Рекомендуется система покрытия для легковых автомобилей: грунт ФЛ-093 – один слой; грунт ЭФ-083 – два слоя («мокрый по мокрому») или эмаль ГФ-571 – два слоя («мокрый по мокрому»); эмаль МЛ-1121 – два слоя («мокрый по мокрому»).

10. **Эмаль МЛ-152** (ГОСТ 18099-78) – предназначена для окраски металлических поверхностей изделий, эксплуатируемых в атмосферных условиях, а также для исправления повреждений лакокрасочных покрытий автомобилей, мотоциклов. Наносят на поверхность, загрунтованную грунтовкой ГФ-021, методами распыления (пневматическим, безвоздушным и в электрическом поле). Допускается нанесение эмали методом окунания.

11. **Эмаль МЛ-165** (ГОСТ 12034-77) – представляет собой суспензию пигментов или пигментов с наполнителем в смеси растворов алкидных и меламиноформальдегидных смол или в алкидно-стирольном лаке с добавлением силиконового жира. Предназначается для окрашивания приборов и других металлических изделий, эксплуатируемых в атмосферных условиях различных климатических районов, внутри помещений и при воздействии температуры до 130 °С. Выпускается серебристого и серого цветов. Внешний вид пленки: после высыхания эмаль образует рисунчатую (молотковую) полуглянцевую пленку в пределах допусков утвержденных образцов цвета. Наносится на поверхность распылением. Перед применением разбавляется ксилолом. Расход на однослойное покрытие – 95...110 г/м². Допускается использование эмали по грунтовкам ВЛ-02, ГФ-021, АК-070, под слой из эмалей МЛ, ПФ, ГФ.

12. **Эмаль МЛ-12** (ГОСТ 9754-76) – предназначена для окраски поверхности кузова и других деталей автомобилей, а также для окраски предварительно подготовленных металлических поверхностей. Представляет собой суспензию пигментов в растворе алкидных и меламино-формальдегидных смол в органических растворителях с добавлением специальных добавок. Обладает прочностными, защитными, декоративными свойствами. Зарекомендовала себя на конвейерах ведущих российских автозаводов. Наносят методом распыления. Выпускается следующих цветов: белый, белый 202, белая ночь, желтый георгин RAL 1033, защитный, защитный 02, золотисто-желтый, Океан 449, оранжевый, песочный, светло-дымчатый, серо-голубой, синий RAL 505, черный, ярко-зеленый, светло-серый, красный 42, слоновая кость, морская волна.

Нитроцеллюлозные

13. **Эмаль НЦ-25** (ГОСТ 5406-84) – предназначена для окрашивания предварительно загрунтованных металлических и деревянных поверхностей изделий и оборудования, эксплуатируемых внутри помещений. Широко применяемый в строительстве и ремонте нитроцеллюлозный лакокрасочный материал. Представляет собой суспензию СВП (пигмент, развальцованный с нитроцеллюлозой, пластификатором и диспергатором) в растворе нитроцеллюлозы и других смол в смеси органических растворителей. Эмаль НЦ-25 наносится на поверхность изделий методом распыления. Допускается окрашивание небольших поверхностей кистью, валиком или наливом.

Эмаль перед применением тщательно перемешивают и в случае необходимости разбавляют растворителями марок 645 и 646 по ГОСТ 18188-72.

Производитель выпускает стандартно эмали НЦ-25: белого, черного, серо-голубого, желто-коричневого, золотисто-желтого, светло-голубого, кремового и красного цветов. При согласовании с потребителем возможно производство эмалей любых других цветов и оттенков.

14. **Эмаль НЦ-5123** (ГОСТ 7462-73) – предназначена для окраски необработанных поверхностей, соприкасающихся с маслом двигателей автомобилей и тракторов.

15. **Эмаль НЦ-170** (ТУ 6-10-1109-71) – предназначена для окраски кабин грузовых автомобилей.

16. **Лак НЦ-62** (ТУ 6-21-090502-2-90) – предназначен для покрытия поверхностей изделий из черных и цветных металлов, а также стекла, бумаги и т. п. Представляет собой раствор целлюлозы в летучих органических растворителях с добавлением пластификаторов и органических красителей. Цвет: бесцветный, красный, зеленый, синий, фиолетовый. Наносится на поверхность изделий пневматическим распылением, наливом или окунанием.

Пентафталевые

17. **Эмаль ПФ-1126** (ТУ 6-27-116-98) – предназначена для окраски металлических, деревянных и других поверхностей, подвергающихся атмосферным воздействиям. Перед применением в эмаль вводят сиккатив № 63 и 64, разбавляют до рабочей вязкости. Атмосферостойкое покрытие получают путем нанесения двух слоев эмали по загрунтованной поверхности (грунтовки ГФ-020, ФЛ-03к или ГФ-0119).

После нанесения первого слоя его выдерживают 2...3 мин. Последний слой эмали сушат при 18...22 °С в течение 1 ч. Толщина каждого слоя – 18...23 мкм, комплексного покрытия – 55...60 мкм.

Эмаль ПФ-1126 обладает следующими преимуществами по сравнению с эмалями ПФ-115 и ПФ-133: а) быстро высыхает, что позволяет сократить технологический цикл окраски; б) покрытия обладают повышенной твердостью, лучшими декоративными свойствами.

Рекомендуется система покрытия: грунт ФЛ-ОЗК или грунт ГФ-020 – один слой; эмаль ПФ-1126 – два слоя («мокрый по мокрому»).

18. **Эмаль ПФ-115** (ГОСТ 6465-76) – предназначена для окраски металлических, деревянных и других поверхностей, подвергающихся атмосферным воздействиям.

19. **Эмаль ПФ-133** (ГОСТ 926-82) – предназначена для окраски сельскохозяйственных машин и тракторов.

20. **Эмаль ПФ-188** (ТУ 6-10-1584-76) – предназначена для окраски сельскохозяйственных машин, тракторов и оборудования, городского транспорта и других изделий, эксплуатирующихся в различных климатических условиях, в том числе в условиях влажного и сухого тропического климата. Эмаль наносят двумя слоями на предварительно загрунтованные поверхности методом пневмораспыления, окунания, облива, кистью. Покрытие обладает повышенным блеском, хорошими физико-механическими свойствами, высокой атмосферостойкостью, адгезией, стойкостью к действию низких температур (до -60 °С).

Рекомендуемая система покрытий: грунт ГФ-020 или ФЛ-ОЗК – один слой; эмаль ПФ-188 – два слоя.

21. **Эмаль ПФ-1189** (ТУ 2312-041-05015319-2002) – быстросохнущая эмаль, обладающая свойствами эмали и грунтовки для защиты от коррозии металлоконструкций, эксплуатирующихся в неагрессивной и слабоагрессивной атмосфере. Поставляется и применяется в комплекте с сиккативом НФ-1 (5 частей по массе сиккатива на 100 частей эмали).

В эмаль серого цвета, кроме того, добавляют перед употреблением алюминиевую пудру (на 100 частей по массе эмали 3 части алюминиевой пудры).

Двухслойное покрытие эмалью ПФ-1189 по защитно-декоративным свойствам равноценно трехслойному: один слой грунтовки ГФ-020 и два слоя эмали ПФ-115. Схема применения эмали: I вариант – подготовка поверхности, нанесение первого слоя ПФ-1189, выдержка 5 мин, нанесение второго слоя ПФ-1189, сушка 4 ч при 18...22 °С, покраска дефектных мест; II вариант – подготовка поверхности, нанесение первого слоя ПФ-1189 (30 мкм), сушка 4 ч при 18...22 °С, подготовка поверхности, в том числе сварных швов, нанесение второго слоя ПФ-1189 (20 мкм).

Перхлорвиниловые и поливинилхлоридные

22. **Эмаль ХВ-785** (ГОСТ 7313-75). Покрытия перхлорвиниловые химически стойкие: грунт ХСГ-26, эмали ХСЭ-1, ХСЭ-3, ХСЭ-6, ХСЭ-14, ХСЭ-23, ХСЭ-26, лак ХСЛ. Грунт, эмали и лак предназначены для защиты в комплексном многослойном покрытии наружных поверхностей оборудования и металлических конструкций от воздействия га-

зов (SO_2 , CO_2 , Cl_2), кислот (серной, фосфорной и соляной) и слабых растворов солей и щелочей при температурах от -40 до $+60$ °С.

23. **Эмаль ХВ-113** (ГОСТ 18374-79) – предназначена для окраски сельскохозяйственных машин, эксплуатируемых в условиях тропического климата.

24. **Эмаль ХС-791** (ТУ 6-10-13-342-74) – кислотостойкая и водостойкая, обладает хорошими физико-механическими и противокоррозионными свойствами, высокой адгезией с загрунтованной поверхностью.

25. **Эмаль ХС-769П** (ТУ 6-27-175-2000) – предназначена для защиты от коррозии емкостей для питьевой воды. Применяется шестислойное покрытие для стальных поверхностей: пять слоев эмали ХС-769П и один слой грунтовки ВЛ-05; для алюминиевых поверхностей пять слоев эмали и один слой грунтовки ХС-0115. Эмаль можно наносить при температуре ниже 0 °С. Воду разрешено хранить в течение 90 суток.

Поливинилацетатные

26. **Эмаль ВЛ-515** (ТУ 6-10-1052-75) – обладает хорошей адгезией к черным металлам, алюминию и его сплавам, меди, латуни, стеклу, гетинаксу, бетону. Покрытия на основе эмали ВЛ-515 могут служить для защиты внутренней поверхности емкостей, подвергающихся периодическому воздействию горячей воды при температурах до 100 °С, горячего минерального масла при $80\text{...}90$ °С, бензина различных марок и дизельного топлива.

Эпоксидные

27. **Эмаль ЭП-46** (ТУ 2312-024-27524984-2001) – двухкомпонентная. Состоит из основы и отвердителя, который добавляют перед нанесением в количестве 10 % от массы смолы. Трехслойное покрытие эмалью обеспечивает противокоррозионную защиту металла в морской воде сроком до 4 лет.

28. **Эмаль ЭП-5301** (ТУ 6-27-97-97) – предназначена для защиты металлических поверхностей от эрозионно-коррозионных повреждений, для получения покрытий с высокими защитными и физико-механическими свойствами для окрашивания внешней и внутренней поверхностей авто- и железнодорожных нефтебензиновых цистерн, емкостей и резервуаров.

Эмаль ЭП-5301 серебристую применяют для окрашивания наружной поверхности авто- и железнодорожных нефтебензиновых цистерн и резервуаров для перевозки и хранения топлив, горюче-

смазочных материалов и нефтепродуктов, металлоконструкций на нефте- и газодобывающих станциях.

Эмаль ЭП-5301 применяют как в качестве самостоятельного покрытия, так и в комплексном покрытии, состоящем из грунтовки ЭП-0280 и эмали ЭП-5301.

Двухслойное покрытие эмалью (толщиной не менее 60 мкм) сохраняет защитные свойства в течение не менее 6 лет. Эмаль наносят методом безвоздушного распыления, пневматического распыления, кистью. Цвет покрытия эмали: бежевая, синяя, оранжевая, черная, бордо, белая, серебристая, слоновая кость RAL 1015 GL, серая RAL 7047 GL, красная RAL 3000 GL, красная RAL 3020 GL, бежевая RAL 1001 GL, зеленая RAL 6029 GL, оранжевая RAL 2010 GL.

Окрашиваемая поверхность должна быть сухой и чистой. Перед окраской проводят абразивоструйную обработку поверхности, очищая от ржавчины, окалины, грязи, обезжиривают разбавителем 656, пароструйным или другим методом, обеспечивающим чистоту поверхности.

Эмаль наносят методами безвоздушного распыления, пневматического распыления, кистью в один слой по грунтовочному слою или в два слоя в зависимости от условий использования.

29. **Эмаль ЭП-711** (ТУ 6-10-674-75) – предназначена для окраски изделий из нержавеющей и углеродистых сталей и алюминиевых сплавов. Пригодность эмали – не менее 3 ч. Успешно применяется для защиты стальных резервуаров от воздействия сточных вод. Эмаль представляет собой суспензию пигментов и наполнителей в лаке ЭП-710. Перед применением в эмаль вводится продукт 102Т.

Эпоксифирные

30. **Эмаль ЭФ-1144** (ТУ 2312-074-05034239-95) – обладает высокими физико-механическими и защитными свойствами к действию морской воды и нефтепродуктов.

Другие краски и мастики

31. **Краска В-ЖС-41** (ТУ 2312-430-0-05034239-94) – предназначена для защиты от коррозии внутренних поверхностей емкостей для питьевой воды. Срок службы покрытия — 2 года.

Краска состоит из основы, пигментной смеси и отвердителя. Пригодность краски после приготовления – не менее 10 ч. Компоненты смешивают в следующем соотношении (частей по массе): основа – 100; пигментная смесь – 93,2, цинковый порошок – 234,2. Смесь наносят на очищенную от ржавчины и загрязнений поверхность метал-

ла в три слоя и затем через 2 ч покрывают отвердителем с помощью кисти или распылителя. Расход краски – 200...230 г/м², отвердителя – 50...70 г/м². Краску до рабочей вязкости разбавляют дистиллированной водой или конденсатом. Краска пожаро- и взрывобезопасна.

32. **Краски масляные густотертые (ГОСТ 8292-75)** – применяют для наружной окраски изделий, подвергающихся атмосферным воздействиям.

33. **Мастика антикоррозионная «Изокор» (ТУ 2384-014-00149452–2000)** – предназначена для антикоррозионной защиты поверхностей металлоконструкций, трубопроводов, емкостей, бетона, древесины, кабельных изделий и т. д., эксплуатирующихся на открытом воздухе, во влажной, слабо- и средне-агрессивных средах, а также для восстановления антикоррозионного покрытия днища кузова автомобиля. Представляет собой смесь сланцевого битума, полимерной основы, пластификатора и функциональных добавок.

Порядок выполнения работы

1. Изучить литературу об основных требованиях к выбору и применению покрытий, о составе, свойствах и применению лакокрасочных материалов и покрытий.

2. Познакомиться с имеющимися на кафедре коллекциями лакокрасочных материалов и антикоррозионных покрытий.

3. Письменно ответить на контрольные вопросы к лабораторной работе.

4. Расшифровать обозначения указанных лакокрасочных материалов. Описать их состав, свойства и применение. Данные занести в таблицу 17.

- ГФ-0119
- ГФ-089
- МЛ-029
- ВМЛ-0143
- УРФ-0110
- В-КФ-093
- ГФ-0075
- ПЭ-0050
- ЭП-0020
- Эмаль МС-17

- Эмаль МЛ-12
- Эмаль МЛ-165
- Эмаль НЦ-25
- Лак БТ-577
- Эмаль МЛ-1121
- Эмаль НЦ-62
- Эмаль ПФ-188
- Эмаль КО-198

Таблица 17

Сведения об изученных лакокрасочных материалах и покрытиях

Вид	Материал защищаемой поверхности	Состав	Свойства	Применение	Способ нанесения
1	2	3	4	5	6

Содержание отчета

В отчет необходимо включить ответы на контрольные вопросы и заполненную таблицу 17.

Контрольные вопросы

1. По каким признакам различают защитные покрытия?
2. В чем причины широкого распространения лакокрасочных покрытий?
3. Какие полимерные материалы используются для нанесения полимерных покрытий?
4. Какими преимуществами обладают полимерные покрытия?
5. Как подразделяются металлические покрытия по механизму защиты?
6. Назовите примеры неметаллических неорганических покрытий.
7. Где целесообразно применять неметаллические неорганические покрытия?
8. Назовите примеры композиционных комбинированных покрытий.
9. В чем преимущества комбинированных покрытий?
10. На какие виды делят защитные покрытия по способу получения?

11. Как получают химические защитные покрытия? Назовите их примеры.
12. Как получают электрохимические защитные покрытия?
13. Приведите примеры гальванических и анодно-окисных защитных покрытий.
14. Как получают металлизационные покрытия?
15. Из каких металлов получают металлизационные защитные покрытия?
16. Какие факторы необходимо учитывать при выборе вида защитного покрытия?
17. На какие материалы наносят лакокрасочные покрытия?
18. На какие группы делят лакокрасочные материалы по составу и назначению?
19. Перечислите основные и вспомогательные лакокрасочные материалы.
20. Назовите пять групп знаков в обозначении лакокрасочных материалов.
21. Что такое лак?
22. Что такое краска?
23. Что такое эмаль?
24. Что такое грунтовка?
25. Что такое шпатлевка?
26. Опишите состав и применение масляного лака.
27. Опишите состав и применение нитролака.

Лабораторная работа № 4

ИЗУЧЕНИЕ СОСТАВА, СВОЙСТВ И ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ

Задачи работы: изучить состав, свойства, принципы маркировки основных полимерных материалов и покрытий, применяемых для защиты сельскохозяйственной техники от коррозии.

Оборудование, инструменты, материалы:

1. Коллекция компонентов, входящих в состав пластмасс (табл. 19).
2. Коллекция термопластов (табл. 20, 21).
3. Коллекция реактопластов (табл. 22).

Теоретические сведения

Самыми распространенными средствами предохранения сельскохозяйственной техники от коррозии являются различного рода защитные покрытия. Многообразие условий эксплуатации и хранения сельскохозяйственной техники определяет возможность применения различных видов защитных покрытий, в первую очередь, лакокрасочных, металлических и полимерных.

Если позволяют производственные условия (наличие соответствующего оборудования, условия для выполнения всего технологического цикла и пр.), в ряде случаев эффективно применение полимерных покрытий. В отличие от лакокрасочных материалов, при использовании порошкообразных полимеров не применяются дорогие, дефицитные токсичные и пожароопасные органические растворители, покрытия получаются более качественными и долговечными.

Широкому применению полимерных покрытий способствует также сокращение производственного цикла их получения в 10...30 раз по сравнению с лакокрасочными, гальваническими, силикатными покрытиями, снижение трудозатрат в 2...3 раза по сравнению с лакокрасочными и в 3...6 раз – с гальваническими. Производственные площади, необходимые для нанесения полимерных покрытий, меньше в 1,5...2 раза, чем для лакокрасочных.

Основой всех полимерных покрытий являются термопластичные и термореактивные пластмассы.

Пластмассами называют искусственные материалы на основе природных или синтетических полимеров, способные принимать заданную форму при нагревании под давлением и устойчиво сохранять ее после охлаждения.

Основным компонентом пластмасс, обеспечивающим работу всей композиции как единого целого, являются *связующие вещества* – *полимерные материалы*, или смолы, представляющие собой высокомолекулярные соединения, молекулы которых (макромолекулы) состоят из большого числа (нескольких тысяч) мономерных звеньев.

Полимеры получают в результате синтеза из низкомолекулярных соединений методами полимеризации или поликонденсации.

Наиболее многочисленную группу соединений составляют *органические* полимеры, например, полиолефины, фторопласты, полиамиды, полиимиды, фенолформальдегидные смолы, полисилоксаны, эпоксидные смолы.

Основу *неорганических* полимерных материалов составляют соединения SiO_2 , CaO , MgO , Al_2O_3 и др. Представителями таких полимеров являются силикатные стекла, керамика, асбест, слюда.

Свойства полимерных материалов определяются как их химическим составом, так и строением макромолекул.

Присутствие в основных молекулярных цепях атомов других, кроме углерода, элементов сообщает полимеру те или иные специфические свойства. Например, фосфор и хлор повышают огнестойкость, атомы серы увеличивают газонепроницаемость, кислород способствует повышению эластичности, фтор обеспечивает высокую химическую стойкость пластмасс.

Некоторые компоненты, входящие в состав пластмасс, представлены в коллекции (табл. 19).

По строению различают следующие основные типы макромолекул: линейные, разветвленные, ленточные, пространственные.

Полимерные материалы с ленточной или разветвленной структурой макромолекул высокоэластичны. Линейные полимеры представляют собой цепи, длина которых в сотни и тысячи раз превышает размеры поперечного сечения. Разветвленные полимеры имеют боковые ответвления. И линейные, и разветвленные полимеры обладают *термопластичностью*, т. е. способностью обратимо размягчаться при нагреве и затвердевать при охлаждении без участия химических реакций. Такие материалы называют *термопластами*. Процесс *размягчение – затвердевание* может протекать многократно.

Полимеры с пространственными макромолекулами имеют повышенную тепловую и химическую стойкость. Пространственные полимеры имеют химические связи между линейными цепями макромолекул. Образование подобной структуры и связанное с ним необратимое затвердевание материала протекает при участии химических реакций. Такие полимеры, а также пластмассы на их основе называют *терморективными (реактопласты)*. Перевести однажды затвердевшую терморективную смолу в вязкотекучее или высокоэластичное состояние нельзя. Пространственной (редкосетчатой) структурой обладают также резины – продукт вулканизации природного или синтетического полимера – каучука.

По составу пластмассы бывают простыми, если они состоят из чистых связующих смол, и сложными (композиционными), если в них, кроме связующего вещества, содержатся и другие компоненты:

наполнители, пластификаторы, смазывающие вещества, стабилизаторы, красители, катализаторы.

Термопластичные пластмассы

Широко применяются термопластичные пластмассы на основе полиэтилена, полипропилена, фторопластов, полистирола, поливинилхлорида, полиамидов и других полимеров (табл. 20, 21).

Полиэтилен имеет линейное строение макромолекул $[-CH_2-CH_2-]_n$ и является продуктом полимеризации этилена. По структуре относится к кристаллическим полимерам. Свойства полиэтилена зависят от условий полимеризации. В процессе полимеризации при температуре 200...300 °С и давлении $(1...3,5) \cdot 10^4$ МПа получают полиэтилен высокого давления, имеющий низкую плотность – 0,918...0,930 г/см³. Его называют *полиэтиленом высокого давления*, или *полиэтиленом низкой плотности*. При полимеризации полиэтилена при температуре около 80 °С и давлении ниже 200 МПа получают *полиэтилен низкого давления*, или *высокой плотности*, – 0,946...0,970 г/см³. Чем больше плотность и степень кристалличности полиэтилена, тем выше его прочность, модуль упругости и теплостойкость. Полиэтилен высокой плотности имеет степень кристалличности 75...95 %, а низкой плотности – 50...60 %. Температура плавления изменяется от 105 до 130 °С. Изделия из полиэтилена высокого давления могут использоваться до температуры 60 °С, а из полиэтилена низкого давления – до 100 °С. Полиэтилен обладает морозостойкостью до температуры – 60 °С.

Полиэтилен имеет высокие диэлектрические свойства. Он химически стоек к действию водных растворов кислот и щелочей. Полиэтилен устойчив при воздействии концентрированных серной, соляной и плавиковой кислот. Концентрированная азотная и другие сильные кислоты разрушают его. Полиэтилен нетоксичен, легко сваривается и паяется, технологичен. Изделия из него получают литьем под давлением, экструзией с последующим выдуванием, штамповкой, центробежным литьем. Полиэтилен недорог, сочетает высокую прочность с пластичностью. Его недостаток – склонность к старению под действием ультрафиолетовых лучей.

Полипропилен является продуктом полимеризации пропилена. Имеет следующую химическую формулу: $[-CH(CH_3)-CH_2-]_n$. Технологический процесс производства подобен получению полиэтилена низкого давления.

По сравнению с полиэтиленом имеет более высокие прочность, жесткость и ударную вязкость. Разрушающее напряжение полипропилена при растяжении составляет 25...40 МПа, максимальная температура эксплуатации без нагрузки – 150 °С. Его недостатком является невысокая морозостойкость до –20 °С.

Полипропилен перерабатывается штамповкой, литьем под давлением, пневматическим и вакуумным прессованием. Его можно сваривать, напылять на металл, ткань, картон. Он легко подвергается механической обработке на токарных, фрезерных, сверлильных станках. Отходы при производстве полипропилена и отработавшие изделия из него используют для повторной переработки. Полипропилен применяется для антикоррозионного покрытия резервуаров, труб и арматуры трубопроводов, электроизоляционных деталей, а также для изготовления деталей, используемых при работе в агрессивных средах.

Фторопласты являются модифицированными полимерами этиленового ряда. Они имеют прочность при растяжении 15...35 МПа, при изгибе – 10...15 МПа, относительное удлинение при разрыве 250...350 %. Наиболее широкое распространение получили фторопласт-3 и фторопласт-4.

Фторопласт-3, или полифторхлорэтилен, характеризуется высокими электроизоляционными свойствами, хорошей химической стойкостью и теплостойкостью, охрупчивается при температурах ниже – 120 °С. Его применяют в качестве оптического материала, для изготовления электроизоляционных деталей, работающих при высоких температурах, коррозионностойких труб, мембран и других изделий.

Фторопласт-4, или политетрафторэтилен, больше известен под названием *тефлон*. Характеризуется высокой плотностью 2,1...2,3 г/см³, низким коэффициентом трения, хорошими электроизоляционными и диэлектрическими свойствами, высокой коррозионной стойкостью, термо- и морозостойкостью. Рабочий интервал температур находится в интервале от –269 до 250 °С. Пленка из него не охрупчивается даже в среде жидкого гелия. По химической стойкости фторопласт-4 превосходит все известные материалы, включая золото и платину. Он стоек к воздействию всех минеральных и органических щелочей, кислот, органических растворителей, не набухает в воде, не смачивается жидкостями и вязкотекучими средами пищевых производств (тестом, патокой, вареньем и т. д.). При температуре до 260 °С невзрывоопасен, негорюч, при непосредственном контакте не оказывает влияния на организм человека. Разрушается только под действием расплав-

ленных щелочных металлов и элементарного фтора. Имея низкий коэффициент трения, используется для изготовления подшипников скольжения без смазки. Для уменьшения износа подшипников во фторопласт вводят 15...30 % наполнителя (графита, дисульфита молибдена, стеклянного волокна и др.). Недостатками фторопласта-4 являются низкая твердость, склонность к ползучести и отслоению его частиц при контактных напряжениях.

Фторопласты широко применяются для изготовления стойких покрытий, пленок, волокон, подшипников, кранов, мембран, насосов, коррозионностойких конструкций, тепло- и морозостойких деталей (штулки, пластины, диски, прокладки, сальники, клапаны), для облицовки внутренней поверхности различных низкотемпературных емкостей.

Полистирол относится к числу наиболее известных и широко применяемых пластмасс. Его макромолекула имеет следующую формулу: $[-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)-]$.

Это твердый, жесткий, бесцветный, прозрачный, аморфный полимер, легко окрашиваемый в различные цвета. Обладает высокой водостойкостью, хорошей химической стойкостью в растворах солей, кислот и щелочей. По сравнению с другими термопластами имеет более высокую стойкость к радиации. Недостатками полистирола являются повышенная хрупкость при ударных нагрузках, склонность к старению, невысокая тепло- и морозостойкость. Интервал рабочих температур от -40 до 65 °С.

Полистирол применяют для изготовления деталей радио- и электроаппаратуры, предметов домашнего обихода, детских игрушек, трубок для изоляции проводов, пленок для изоляции электрических кабелей и конденсаторов, открытых емкостей (лотки, тарелки и др.), прокладок, втулок. Из ударопрочного полистирола, который представляет собой механическую смесь полистирола с каучуком, изготавливают крупногабаритные детали холодильников.

Пластмассы на основе поливинилхлорида, имеющего формулу $[-\text{CH}_2-\text{CHCl}-]_n$, обладают хорошими электроизоляционными свойствами. Они устойчивы к воздействию химикатов, не поддерживают горения, атмосферо-, водо-, масло- и бензостойки.

Винилпласты – непластифицированные поливинилхлориды. Винилпласты имеют высокую механическую прочность и упругость, но сравнительно малую пластичность. Устойчивы к воздействию почти всех минеральных кислот, щелочей и растворов солей. Их недостат-

ками являются склонность к ползучести, низкая ударная вязкость, малая теплостойкость, резкая зависимость от температуры.

Винипласт выпускается в виде листов, прутков, труб. Хорошо обрабатывается на металло- и деревообрабатывающих станках. Он формуется, гнется, выдавливается и выдувается, поддается сварке и склеиванию. Пленочный винипласт при нагреве склеивается с металлом и бетоном. Его применяют для упаковки лекарств и пищевых продуктов, для изготовления обложек книг и папок, деталей машин и аппаратов, непосредственно контактирующих с пищевыми средами. Из винипласта изготавливают: трубы для транспортировки воды, холодного молока, агрессивных жидкостей и газов, тару для молока и молочных продуктов, коррозионностойкие емкости, детали вентиляционных воздухопроводов, теплообменников, шланги вакуум-проводов, вибропоглощающие материалы в машиностроении, водо-, бензо- и антифрикционные трубки, прокладки, соединительные муфты, клапаны и т. д.

Пластикат – это поливинилхлорид, пластифицированный различными веществами. Введение пластификаторов не только улучшает пластичность, но и повышает морозостойкость. В промышленности выпускают пленочный пластикат, в виде гранул, лент или трубок. Пластикат получают экструзией и вальцеванием. Он обладает хорошей стойкостью к старению. Пленочный пластикат эластичен, влагонепроницаем, негорюч, имеет хорошие диэлектрические свойства, стоек к действию бензина и различных масел. При температурах ниже $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ становится хрупким. Широко используется для изоляции кабелей, изготовления труб и других изделий.

Полиамиды включают в себя группу известных термопластичных пластмасс – нейлон, капрон и др. Макромолекула полиамида состоит из амидной $-\text{NH}-\text{CO}-$ и метиленовой $-\text{CH}_2-$ групп. Имеет общий вид $[-\text{NH}-\text{CO}-(\text{CH}_2)-]_n$, где число метиленовых групп повторяется от 2 до 100 раз. Ориентированные полиамиды характеризуются высокой прочностью на растяжение, составляющей более 400 МПа, ударопрочностью, способностью к поглощению вибрационных нагрузок. Подшипники и трущиеся детали из полиамидов способны работать с самосмазыванием, поэтому их можно использовать в пищевой промышленности в тех случаях, когда применение смазок вредно и нежелательно. Полиамиды используют для изготовления конструкционных и электроизоляционных изделий, работающих при температурах от -60 до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Это зубчатые передачи, уплотнительные устройства, втулки, муфты, подшипники скольжения, лопасти винтов, стойкие к действию щелочей, масел, жиров и углеводородов, технические изде-

лия и товары культурно-бытового назначения, антифрикционные покрытия металлов.

Полиуретаны являются ценными термопластичными полимерами. Они содержат уретановую группу $[-NH-COO-]_n$. Характеризуются высоким модулем упругости, износостойкостью, низким коэффициентом трения, стойкостью к вибрациям, масло-, бензо- и атмосферостойкостью. Изделия из полиуретана можно использовать при понижении температуры до $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Волокна из полиуретана малогигроскопичны и имеют высокую химическую стойкость. Их используют для изготовления изоляции, фильтровальных и парашютных тканей.

Стекло органическое (плексиглас) обычно состоит из полиметакрилата, имеющего структурную формулу $[-CH_2-C(CH_3)(COOCH_3)-]_n$. Оно обладает хорошими диэлектрическими свойствами и стойкостью к старению в естественных условиях. Органическое стекло оптически прозрачно. Его светопрозрачность составляет около 92 %. Оно пропускает до 92 % ультрафиолетовых лучей и большую часть инфракрасных лучей. Имеет низкую плотность, устойчиво к воздействию разбавленных кислот и щелочей, углеводородного топлива и смазок. Под действием внешних сил в органическом стекле образуются трещины. Для повышения его стойкости против растрескивания полимер подвергают растяжению в нагретом до $140\dots150\text{ }^{\circ}\text{C}$ состоянии в двух взаимно перпендикулярных направлениях, в результате чего ударная вязкость увеличивается в $7\dots10$ раз. Его недостаток – низкая поверхностная твердость.

Поликарбонат – полимер, выпускаемый под названием *дифлон*. Характеризуется низкой водопоглощаемостью и газопроницаемостью, хорошими диэлектрическими свойствами, высокой жесткостью, теплостойкостью и химической стойкостью, не имеет запаха и вкуса, физиологически безвреден, бесцветен, прозрачен, хорошо окрашивается. Устойчив к световому старению и действию окислителей даже при нагреве до $120\text{ }^{\circ}\text{C}$. Является одним из наиболее ударопрочных термопластов, что позволяет использовать его в качестве конструкционного материала, заменяющего металлы. Из поликарбоната изготавливают шестерни, подшипники, корпуса, крышки, клапаны и другие детали, сосуды и детали трубопроводов для транспортировки фруктовых соков, молока, вин; может использоваться в технике низких температур для работы в среде жидких газов.

Физико-механические свойства поликарбонатов улучшаются при введении в них армирующих волокон. Армированные поликарбонаты «Эстеран» применяются в производстве ответственных деталей машин, например подшипников качения, кулачков и т. д. Они со-

храняют свои свойства и эксплуатационную надежность в интервале температур от -200 до 110 °С, а также в вакууме.

Термореактивные пластмассы

Термореактивные пластмассы отличаются от термопластов повышенной теплостойкостью, практически полным отсутствием ползучести под нагрузкой при обычных температурах, постоянством физико-механических свойств в интервале температур их эксплуатации. Основу любого реактопласта составляет химически затвердевающая термореактивная смола, являющаяся связующим веществом. Кроме того, в состав реактопластов входят наполнители, пластификаторы, отвердители, ускорители или замедлители и растворители. Наполнителями могут быть порошковые, волокнистые и гибкие листовые материалы.

В качестве порошковых наполнителей используют молотый кварц, тальк, графит, древесную муку, целлюлозу. К пластмассам с порошковым наполнителем относятся *фенопласты* и *аминопласты*.

Фенопласты (бакелиты, фенолоформальдегидные смолы) являются термоупрочняемыми пластмассами. Неупрочненные смолы – новолаки и резола – получают при поликонденсации фенола с формальдегидом. *Новолачные смолы* получают в присутствии кислого катализатора, когда отношение фенола к формальдегиду меньше единицы. Эти смолы способны отверждаться при нагреве только в присутствии отвердителя. Технология производства таких смол более проста, чем резольных смол. Этим объясняется их наибольшее распространение.

Резольные смолы получают в присутствии щелочного катализатора при отношении фенола к формальдегиду, равном единице или большем ее. Эти смолы при нагревании отверждаются без введения в них отвердителя.

Упрочненные фенолоформальдегидные смолы чаще называются *бакелитами*. Эта пластмасса механически хорошо обрабатывается инструментами для обработки металла и может подвергаться полированию. Бакелит из новолака имеет большую термостойкость ($100...150$ °С), чем бакелит из резола, но худшие диэлектрические свойства.

Бакелит трудногорюч, а после извлечения из пламени сразу гаснет. Горящий бакелит дает желтый цвет пламени, коптящего в зависимости от вида наполнителя. Остаток, извлеченный из пламени, –

твердый, разбухший, потрескавшийся и обугленный. В процессе горения выделяются фенол и формальдегид с характерным запахом.

Бакелит стоек к воздействию разбавленных кислот и щелочей, а также большинства органических растворителей. Для склеивания треснувших бакелитовых изделий можно применять нитроцеллюлозные клеи или жидкие фенольные смолы.

Из бакелита изготавливают галантерейные изделия (пуговицы, пепельницы), электротехнические элементы (вилки, розетки), корпуса радио- и телефонных аппаратов, детали стиральных машин, защитные шлемы, корпуса аккумуляторов, плиты, лаки, клеи.

Аминопласты являются термоупрочняемыми пластмассами. При нагреве или в присутствии кислотных катализаторов они способны к упрочнению за счет образования пространственной сетчатой структуры.

Упрочненные аминопласты твердые и жесткие. Их можно полировать и механически обрабатывать металлорежущими инструментами. Они имеют хорошие электроизоляционные свойства, легко окрашиваются.

Теплостойкость упрочненных аминопластов – около 100...120 °С. Образец, внесенный в огонь, начинает гореть не ранее, чем через минуту. Извлеченный из пламени, он не гаснет, но горит медленно. В действительности горят наполнители, сама смола негорюча.

Упрочненные аминопласты стойки к воздействию воды, кислот (в том числе серной и азотной), щелочей и органических растворителей.

Реактопласты с *волокнистыми наполнителями* представляют собой композиции, состоящие из связующего (смолы) и волокнистого наполнителя в виде очесов хлопка (волокниты), асбеста (асбоволокниты), стекловолокна (стекловолокниты).

Прочность *волокнитов* при сжатии равна не менее 1200 МПа, ударная вязкость – 9 Дж/см², причем механические свойства зависят от длины волокна.

Волокниты применяют для изготовления деталей с повышенной устойчивостью к ударным нагрузкам, работающих на изгиб и кручение (втулок, шкивов, маховиков и др.). Хорошие антифрикционные свойства позволяют использовать волокниты для изготовления фланцев, кулачков, шестерен, направляющих втулок.

Асбоволокниты обладают хорошими фрикционными (тормозными) свойствами и теплостойкостью, но по водостойкости и диэлектрической проницаемости уступают пластмассам с порошковыми наполнителями.

Стекловолокниты негорючи, устойчивы к действию ультрафиолетовых лучей, химически стойки, имеют стабильные размеры. Стекловолокниты имеют высокие физико-механические характеристики и применяются для изготовления деталей высокого класса точности и сложной конфигурации. Стекловолокниты могут работать при температурах 60...200 °С, имеют прочность при разрыве до 500 МПа, а при сжатии – около 1300 МПа.

Стекловолокниты некоторых марок применяются для изготовления силовых электротехнических деталей в машиностроении, а также крупногабаритных изделий простых форм (кузовов автомашин, лодок, корпусов приборов и т. п.).

В качестве связующих смол волокнитов и стекловолокнитов применяются полиэфировые и эпоксидные смолы.

Полиэстры являются полимерами, полученными из ряда кислот и высокогидроксильных спиртов путем поликонденсации. Перед отверждением смола имеет вид густого сиропа золотистого цвета. Отверждение проводят в форме при комнатной температуре после добавления небольших количеств модификаторов. Механические свойства отвержденного продукта зависят от строения исходной смолы и способа ее отверждения. Изделие может быть гибким, эластичным или твердым и хрупким. Твердые изделия можно подвергать механической обработке, а также полировать.

Термическая стойкость под напряжением отвержденных смол колеблется в пределах 55...60 °С, а без нагрузки превышает 150 °С. Образец из полиэфировой смолы со стеклотканью, помещенный в пламя, горит очень плохо. После извлечения из пламени чаще всего гаснет. После сгорания остается обугленный скелет стекловолокна.

Отвержденные полиэстры нерастворимы в органических кислотах, в ацетоне легко растрескиваются.

Из полиэстров, упрочненных стекловолокном, изготавливают спасательные лодки, части автомобилей, мебель, корпуса планеров и вертолетов, гофрированные плиты для крыш, плафоны для ламп, мачты для антенн, лыжи и палки, удочки, защитные каски и т. п.

Неотвержденные *эпоксидные смолы* получают реакцией поликонденсации эпоксидов с гидроксидом фенола. Характерная черта эпоксидных смол – хорошая прилипаемость почти ко всем пластмассам, металлам. Они имеют высокие механические и электрические свойства.

Термостойкость под напряжением колеблется в зависимости от вида упрочнителя в пределах 55...120 °С, а без нагрузки превышает

150 °С. Упрочненная эпоксидная смола трудно загорается, после чего начинает коптить с сильным запахом во время горения.

Эпоксидные смолы служат для изготовления лаков, клеев, а также ламинатов.

Большую группу реактопластов составляют *слоистые пластмассы*, которые содержат листовые наполнители, уложенные слоями. В качестве наполнителей для слоистых пластиков используют материалы органического (бумага, хлопчатобумажные ткани, древесный шпон, ткани из синтетических волокон) и неорганического (асбестовая бумага, картон, ткань, стеклянная ткань, ткань из кварцевых или кремнеземных волокон) происхождения. В зависимости от вида наполнителя различают следующие слоистые пластики: гетинакс, текстолит, стеклотекстолит, древесно-слоистые пластики. Связующими при производстве слоистых пластиков служат фенолоформальдегидные, эпоксидные, кремнийорганические и некоторые другие смолы.

Свойства слоистых пластиков зависят от соотношения компонентов (наполнителя и связующего), характера подготовки наполнителя, режимов прессования и термообработки и других технологических факторов. Благодаря слоистому расположению армирующего наполнителя слоистые пластики обладают анизотропией механических, физических и диэлектрических свойств.

Механические свойства слоистых пластиков определяются прежде всего видом используемого наполнителя. Механическая прочность и другие физико-химические свойства слоистых пластиков зависят от способа ориентации и толщины листов-наполнителей, от их удельной прочности в различных направлениях, от типа и метода пропитки.

Наибольшей механической прочностью обладают слоистые пластики на основе стеклянной ткани или стеклянных жгутов. Эти материалы, а также слоистые пластики на основе асболоволоконистых наполнителей имеют более высокую теплостойкость по сравнению с теплостойкостью пластиков на основе органических наполнителей.

Физические и диэлектрические свойства слоистых пластиков зависят в основном от типа используемого полимерного связующего.

Пластик на основе бумаги – *гетинакс*. Гетинакс устойчив к воздействию жиров и минеральных масел, слабо реагирует с уксусной, соляной, фосфорной кислотами, но против действия сильных кислот и горячих щелочей – нестойк. Он имеет плотность 1,3...1,4 г/см³; разрушающее напряжение при растяжении – 80 МПа, при сжатии – 130...250 МПа; ударную вязкость (перпендикулярно слоям) – 8...15 Дж/см².

Гетинакс используют в качестве электроизоляционного материала, длительно работающего при температурах $-65...105\text{ }^{\circ}\text{C}$, а также как конструкционный и декоративный материал. Из него изготавливают панели, щитки, прокладки, крышки, шайбы, малонагруженные изделия и т. д.

Пластики на основе хлопчатобумажных тканей – *текстолиты*. Прочность текстолитов тем выше, чем тоньше ткань (при одном и том же содержании связующего). Для листов шифона прочность будет больше, чем для саржи или бязи. Водостойкость и химическая стойкость возрастают при повышении доли связующего полимера.

Текстолиты используют для изготовления различных конструкционных деталей, электроизоляционного материала, вкладышей подшипников, прокладок, герметизирующих фланцевые соединения, шестерен, прокладочных колец. Подшипники из текстолита не требуют специальной смазки. Для смазки можно использовать воду или водную эмульсию. Для снижения коэффициента истираемости подшипников и повышения теплопроводности в текстолит добавляют графит. Температура эксплуатации изделий из текстолита – от -60 до $60\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Текстолитовые детали могут работать не только в воздушной среде, но и в масле, керосине или бензине и т. д. Текстолит производят в виде листов, плит, стержней и трубок.

Стеклотекстолитами называют слоистые пластики на основе тканых стекловолоконистых материалов. Они характеризуются высокой тепло- и хладостойкостью, стойкостью к действию окислителей и других химически активных реагентов, высокими механическими свойствами.

Свойства стеклотекстолитов в значительной степени зависят от типа вязки стеклянной ткани (применяют три типа переплетения: гарнитуровое, сатиновое и саржевое). Более высокими свойствами обладают стеклотекстолиты на основе сатиновой стеклоткани. Такие стеклотекстолиты могут длительное время работать при температуре $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ и кратковременно при $300\text{ }^{\circ}\text{C}$. Плотность стеклотекстолитов $1,6...1,7\text{ г/см}^3$, разрушающее напряжение при растяжении – не менее 130 МПа . Стеклотекстолиты хорошо обрабатываются на станках, а также склеиваются.

Стеклотекстолиты применяют для изготовления крупногабаритных изделий, электроизоляционных деталей, длительно работающих при температуре $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ и кратковременно – при $250\text{ }^{\circ}\text{C}$. Стеклопластики являются конструкционными материалами, приме-

няемыми для изготовления ситовых изделий в различных отраслях техники.

В числе различных синтетических материалов широкое распространение получили так называемые *газонаполненные пластики*. Эти материалы разделяются на *пенопласты и поропласты*. У пенопластов микроскопические ячейки, наполненные газом, не сообщаются между собой и плотность таких материалов, как правило, менее 300 кг/м^3 . Ячейки у поропластов сообщаются между собой и их плотность более 300 кг/м^3 . Пенопласты и поропласты выпускают на основе полистиролов, поливинилхлорида и различных эфирных полимеров.

Сведения о некоторых свойствах и области применения пластмасс, представленных в коллекции, содержатся в таблице 18.

Полимеры в соответствии с международным стандартом (ISO) обозначают условными символами, которые облегчают маркировку торговых изделий. Ниже в алфавитном порядке представлен ряд международных обозначений важнейших полимеров, применяемых в технике:

ABS – сополимер акрилонитрил-бутадиен-стирол;

AP – аминопласты;

CA – ацетат целлюлозы;

CAB – ацетатобутират целлюлозы;

EP – эпоксидная смола;

FP – фенопласты (фенольные материалы);

PA – полиамиды;

PC – поликарбонаты;

PE – полиэтилен;

PTFE – политетрафторэтилен;

PI – полиимиды;

PMM – полиметилметакрилат;

POM – полиформальдегид, полиоксиметилен;

PP – полипропилен;

PPO – полиоксифенилен;

PS – полистирол;

PSO полисульфон;

PUR – полиуретан;

PVAC – полиацетат винила;

PCV – поливинилхлорид;

SAN – сополимер стирол – акрилонитрил;

SB – сополимер стирол – бутадиен;

SI – силиконы.

Характеристика и область применения пластмасс

Наименование пластмассы	Наполнитель	Характеристика материала	Метод переработки	Область применения
1	2	3	4	5
Полиэтилен	Без наполнителя	Бесцветный роговидный материал, жирный наощупь. Имеет высокие диэлектрические свойства. Стоек к воде, аммиаку, азотной, серной, соляной кислотам, этиловому спирту. Ограниченно устойчив к бензину. Неустойчив к бензолу, уксусной кислоте, нефти, эфирным маслам. Свойства: плотность $\rho = 920 \dots 960 \text{ кг/м}^3$; $\sigma_g = 11 \dots 13 \text{ МПа}$ (полиэтилен высокого давления), 25 МПа (полиэтилен низкого давления); относительное удлинение $\delta = 450 \%$ (полиэтилен высокого давления), 1000% (полиэтилен низкого давления); теплостойкость $50 \dots 60 \text{ }^\circ\text{C}$; морозостойкость $-65 \text{ }^\circ\text{C}$	Литье под давлением при $150 \dots 180 \text{ }^\circ\text{C}$, вальцевание	Арматура трубопроводов, футеровочный и прокладочный материал, пленки, крышки аккумуляторов, крыльчатки вентиляторов и др.
Поливинилхлорид (винипласт)	Без наполнителя	Обычно окрашен в светло-коричневые или темно-коричневые цвета. Получен бесцветный и прозрачный винипласт. Стоек против воздействия минеральных кислот, щелочей, растворов солей любой концентрации, бензина. Неустойчив к ацетону, азотной кислоте. Свойства: $\rho = 1380 \dots 1400 \text{ кг/м}^3$; $\sigma_g = 50 \dots 70 \text{ МПа}$; $\delta = 10 \dots 25 \%$; теплостойкость до $80 \text{ }^\circ\text{C}$; морозостойкость до $-50 \text{ }^\circ\text{C}$	Прессование при $160 \dots 170 \text{ }^\circ\text{C}$, вальцевание	Трубы, прокладки уплотнительные, вентили, краны, фитинги, электроизоляционный материал, баки аккумуляторов и др.

1	2	3	4	5
Винипласт-10	Пластифицированный, без наполнителя	Пластифицированный поливинилхлорид, набухает в бензине и маслах	Вальцевание	Антикоррозионный материал, заменитель кожи, приводные ремни, транспортерные ленты (армированные тканью), пленка, линолеум и др.
Полистирол	Без наполнителя	Бесцветный материал. Хорошо окрашивается в любые цвета, устойчив к действию минеральных кислот, щелочей, спиртов. Неустойчив к ацетону, азотной кислоте, хлорированным углеводородам. Свойства: $\rho = 1100 \text{ кг/м}^3$; $\sigma_{\text{с}} = 30 \dots 60 \text{ МПа}$; $\delta = 1 \dots 5 \%$; теплостойкость до $80 \text{ }^\circ\text{C}$; морозостойкость до $-40 \text{ }^\circ\text{C}$	Литье под давлением при $140 \text{ }^\circ\text{C}$, прессование, вальцевание	Плиты, пленки, рукоятки, диски, фланцы, изоляция кабелей, корпуса приемников, детали в радиотехнике, товары потребления и др.
Фторопласт 3, фторопласт 4	Без наполнителя	Рыхлый порошок, при прессовании превращается в плотные таблетки. При нагревании не плавится, а размягчается. При $360 \dots 380 \text{ }^\circ\text{C}$ спекается в плотную белую массу. Не растворяется ни в одном растворителе. Диэлектрик. Свойства: $\rho = 2100 \dots 2300 \text{ кг/м}^3$; $\sigma_{\text{с}} = 14 \dots 31 \text{ МПа}$; $\delta = 250 \dots 500 \%$; теплоустойчив до $130 \text{ }^\circ\text{C}$ при низкой нагрузке (до $60 \text{ }^\circ\text{C}$ при высокой); морозостойкость до $-80 \text{ }^\circ\text{C}$	Горячее прессование при $220 \text{ }^\circ\text{C}$, литье под давлением	Уплотнительные детали для высоких давлений, диафрагмы, седла клапанов мембраны, подшипники, втулки, детали молочного оборудования, радиотехнические детали

1	2	3	4	5
Акриловые пластики: органическое стекло	Без наполнителя	Прозрачный и бесцветный материал, пропускает ультрафиолетовые лучи. Торговое название – органическое стекло, плексиглас, акрилот. Хороший диэлектрик. Устойчив к воде, маслам, бензину, разбавленным кислотам, щелочам, растворам различных солей. Неустойчив к ароматическим и хлорированным углеводородам. Набухает в спиртах. Хорошо склеивается уксусной кислотой. Свойства: $\rho = 1100 \text{ кг/м}^3$; $\sigma_s = 78 \text{ Мпа}$; теплостойкость до $80 \text{ }^\circ\text{C}$; морозостойкость до $-50 \text{ }^\circ\text{C}$	Прессование при $120 \dots 150 \text{ }^\circ\text{C}$	Детали приборов, молокопроводы, листы органического стекла (авиационное светотехническое, товарное), стекла стоп-сигналов, подфарники и др.
Полиамидные смолы: капрон	Без наполнителя	Смола белого или светло-желтого цвета. Капрон исключительно стоек к маслам, щелочам, бензину, бензолу, спиртам. Ограниченно устойчив к ацетону, неустойчив к серной, соляной, уксусной кислотам. Вода придает капрону эластичность. Свойства: $\rho = 1130 \text{ кг/м}^3$; $\sigma_s = 65 \text{ Мпа}$; $\delta = 150 \dots 200 \%$; теплостойкость до $65 \text{ }^\circ\text{C}$; морозостойкость до $-50 \text{ }^\circ\text{C}$	Литье под давлением при $270 \text{ }^\circ\text{C}$	Ответственные детали машин: подшипники скольжения, шестерни, вкладыши подшипников, шкивы. Из волокон изготавливают ткани, веревки, фильтровальные ткани. Электроизоляционный материал и др.

1	2	3	4	5
Эпоксидная смола: ЭД-5, ЭД-6	Отвердители: гексаметилен, диамид, пиридин, малеиновый ангидрид. Пластификаторы: дибутилфталат, трикрезилфталат	Смола затвердевает при комнатной температуре. Процесс затвердевания сопровождается изменением свойств. Отвердевшая смола без наполнителя и пластификатора представляет собой хрупкий материал с высоким линейным расширением. Смолу применяют с наполнителем и пластификатором (компаунды). Эпоксидные компаунды в отвержденном состоянии обладают высокой механической прочностью, бензо- и водостойкостью. Ограниченно устойчивы к аммиаку. Неустойчивы к ацетону, бензолу. Свойства: $\rho = 1200 \text{ кг/м}^3$; $\sigma_s = 80 \text{ Мпа}$; теплостойкость $120 \text{ }^\circ\text{C}$; температура разложения $340 \text{ }^\circ\text{C}$	Отверждение с помощью отвердителя	Связующее для различных наполнителей, для ремонта деталей сельскохозяйственных машин, клей, элементы облицовки и др.
Фенопласты		Фенопласты представляют собой композицию, состоящую из фенолформальдегидной смолы и наполнителя. Отличаются стабильностью свойств. Устойчивы к органическим растворителям, слабым растворам кислот, бензину, бензолу, этиловому спирту. Ограниченно устойчивы к ацетону, аммиаку, уксусной кислоте, метиловому спирту. Высокие диэлектрические свойства. В зависимости от наполнителя различают пресс-порошки, волокит и слоистые пластики.		

1	2	3	4	5
а) пресс-порошки	Древесная мука, каолин и др.		Прессование при 140...180 °С	Корпусные детали, пробки, рукоятки, крышки, барашки
	Микроасбест	Жаростойкие пластмассы	Прессование при 165 °С	Детали, работающие в условиях повышенной температуры
б) волокнит	Асбесто-волокно	Высокие фрикционные свойства	Прессование при 185 °С	Тормозные колодки, диски и др.
в) слоистые пластмассы: гетинакс	Бумага	Свойства: $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$; $\sigma_g = 80...200 \text{ Мпа}$; теплостойкость 160 °С	Прессование заготовок пропитанного наполнителя при 150...160 °С	Прокладки, панели, электроизоляционный материал и др.
текстолит	Хлопчатобумажная ткань	Высокие антифрикционные свойства. Свойства: $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$; $\sigma_g = 60...160 \text{ Мпа}$; теплостойкость – до 150 °С	Прессование заготовок пропитанного наполнителя при 155...165 °С	Шестерни, втулки, кольца, подшипники скольжения, детали электрооборудования и др.
асботекстолит	Асбестовая ткань	Высокие фрикционные свойства	Горячее прессование	Детали тормозных устройств, прокладки

КРАТКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И НАЗНАЧЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ

Покрытия из полиолефинов

К полиолефинам относятся полиэтилен, полипропилен, полиизобутилен и другие полимеры, получаемые из непредельных углеводородов олефинового ряда. Из порошковых материалов полиолефинов отечественная промышленность выпускает марки ПЭВД, ПЭНД, ПЭСД, порошковый полипропилен, сополимеры этилена с пропиленом низкого давления.

Для получения покрытий лучше всего применять ПЭВД (полиэтилен высокого давления). Будучи самым низкомолекулярным и самым низкоплавким полиолефином, он легче других полимеров образует покрытия методом сплавления частиц. Кроме того, в ряду полиолефинов ПЭВД считается наиболее устойчивым к термоокислительной деструкции и светостарению.

Покрытия из поливинилбутираля

Отечественная промышленность выпускает в соответствии с ГОСТ 9439-73 ряд марок поливинилбутираля: пленочный шлицевой ПШ, пленочный поливочный ПП, клеевой КА и КБ, лаковый ЛА и ЛБ.

Поливинилбутираль образует твердые покрытия с хорошей адгезией. Вместе с тем покрытия отличаются низкой эластичностью, хрупкостью и пониженной теплостойкостью (не выше 70 °С).

При получении покрытий предпочтительнее пользоваться готовыми сухими поливинилбутиральными красками марок СВЛ-21 и СВЛ-21С.

Для газопламенного напыления наиболее пригоден специально разработанный состав ТПФ-37 (СТУ 12-10212-65).

Оптимальная толщина поливинилбутиральных покрытий, обладающих минимальной пористостью и хорошей противокоррозионной стойкостью, находится в пределах 120...250 мкм.

Поливинилбутиральные покрытия хорошо защищают изделия при эксплуатации внутри помещений. Покрытия длительно (более

полтора лет) выдерживали воздействие воды и водных соленых сред при комнатной температуре. С повышением температуры до 50...60 °С происходят быстрое водонабухание пленки, потеря глянца и снижение защитной способности.

Покрyтия из поливинилхлорида

Хорошие защитные свойства, доступность и дешевизна поливинилхлорида делают его одним из незаменимых полимеров в производстве защитных покрытий. Для получения покрытий применяются специальные композиции (например сухая краска СХВ-71). Поливинилхлоридные краски наносят на фосфатированную или предварительно загрунтованную поверхность металлов. В качестве грунтовок применяют жидкие или твердые (порошковые) составы на минеральной или органической (полимерной) основе.

Отечественной промышленностью освоен выпуск свыше 10 марок новых материалов на основе поливинилхлорида (ПВХ) – поливинилхлоридных пластизолей, которые могут быть с успехом использованы в качестве противокоррозионных покрытий по металлу (например пластизоли Д-14К и Д-15К). ПВХ-пластизоли характеризуются очень высоким содержанием сухого вещества, что дает возможность получать покрытия достаточной толщины без нанесения большого количества слоев. Так, покрытия толщиной 2 мм образуются однократным окунанием.

Без подслоя грунта адгезия пластизолей к металлу неудовлетворительная даже при нанесении по опескоструенной поверхности. Наилучшую адгезию обеспечивает акриловая грунтовка АК-091 (ТУ 6-10-945-70).

Поливинилхлоридные покрытия могут эксплуатироваться в атмосферных условиях любых районов.

Покрyтия полиамидные

Характеризуются высокой механической прочностью, хорошими антифрикционными свойствами, устойчивостью в таких средах, как жидкое топливо (бензин, керосин, мазут), минеральное масло, жиры, органические растворители, щелочи. Покрытия хорошо вы-

держивают воздействие воды и водных растворов солей при невысоких температурах. При повышенных температурах в атмосфере большой влажности и в кипящей воде полиамидные покрытия сильно набухают, теряют адгезию и отслаиваются.

Отечественной промышленностью освоен выпуск многих марок полиамидов: поликапроамид (капрон), П-68, ПАК-7, ПАК-80/20, П-6, П-54/21, П-548, капролон В и др. Поликапроамид и капролон являются наиболее дешевыми и наименее дефицитными полиамидами.

Полиамидные покрытия эффективны для защиты узлов трения и оборудования от химических сред, например для опорных колес гусеничных экскаваторов, деталей двигателей, тракторов и сельскохозяйственных машин, роторов вентиляторов и т. д.

Адгезия полиамидных покрытий к металлам недостаточно высока, поэтому покрываемую поверхность обязательно подвергать дробеструйной очистке и обезжириванию, а лучше грунтовать.

Покрyтия из пентапласта

Характеризуются высокими защитными свойствами в различных агрессивных средах и в широком диапазоне температур (от -60 °С до $4...120$ °С и выше). Однако применение этих покрытий сдерживается их высокой стоимостью.

Разработаны рецептуры композиций порошков и суспензий на основе пентапласта. Порошок пентапласта выпускается (по ТУ 6-05-1422-74) марок А-1 (для электростатического напыления) и А-2 (для вихревого и струйного напыления). Из суспензий пентапласта (ТУ-6-05-041-405-73) наносят тонкослойные противокоррозионные и электроизоляционные покрытия толщиной $50...300$ мкм.

Покрyтия из полистирола

Самостоятельно, как противокоррозионные, не применяются из-за недостаточной адгезии к металлическим поверхностям, низкой стойкости к ударным нагрузкам, а также склонности к растрескиванию. Для получения покрытий его совмещают с фенолоформальдегидными и алкидными смолами, а также применяют в виде латексов.

Покрyтия из фторопластов

Фторопластовые покрyтия отличаются низким коэффициентом трения, устойчивостью к удару и исключительной стойкостью практически во всех агрессивных средах. Они могут эксплуатироваться в пределах температур от -195 до $+150$ °С, в агрессивных средах от -120 до $+140$ °С. Из-за высокой стоимости фторопластов порошковые покрyтия из них применяются лишь в тех случаях, где они не могут быть заменены другими видами покрyтий.

Покрyтия на основе эпоксидных смол

Эпоксидные смолы, особенно смолы жидкой консистенции (ЭД-20, ЭД-16 и др.), широко применяются при различного рода противокоррозионных работах, в основном для защиты от коррозии емкостей, трубопроводов, цистерн, строительных конструкций.

Свои ценные физико-механические свойства эпоксидные смолы приобретают при взаимодействии с отвердителями. Для отверждения при нормальной температуре ($18...23$ °С) применяют полиэтиленполиамин, гексаметилендиамин, М-фенилендиамин; при повышенных температурах ($120...170$ °С) – дициандиамин, различные ангидриды, а также некоторые фенольные (резорциновые, полиамидные и др.) смолы.

Свойства покрyтий из эпоксидных смол могут быть улучшены различными методами: введением пластификаторов для повышения эластичности, модифицированием фенолоформальдегидных смол для повышения теплостойкости, а также введением различных наполнителей (диоксид титана, окись свинца, кварц, тальк, асбест и др.). Эпоксидные соединения могут применяться в виде:

а) пасты, в которой наряду с жидкой эпоксидной смолой содержатся пластификатор, наполнитель и отвердитель;

б) лакокрасочных материалов (грунтов, шпатлевок, эмалей), в которых содержатся эпоксидная смола, наполнитель, растворитель и отвердитель;

в) порошкообразных составов (компаундов) на основе высокомолекулярных эпоксидных смол. В состав компаундов наряду со смолой входят отвердители, наполнители и иногда красители. В качестве отвердителей используют фталевый ангидрид, адипиновую кислоту, дициандиамин и др.

Покрyтия на основе каучуков

Одним из распространенных противокоррозионных материалов является хлоропеновый каучук (наирит). В качестве покрытия могут применяться как высокомолекулярный наирит, так и специальные составы на основе наиритов с низким молекулярным весом (жидкие наириты).

Так, разработан и проверен на сельскохозяйственной технике гуммировочный состав, представляющий собой 50 %-й раствор резиновой смеси на основе кристаллизирующегося наирита НТ в смешанном органическом растворителе, который состоит из 76 %-го (массовых) сольвента, каменноугольного (19 %) скипидара очищенного и 5 %-го бутилового спирта. Состав пригоден как для получения вулканизированных, так и невулканизированных, т. е. отвержденных при комнатной температуре покрытий.

Гуммировочный состав можно эффективно применять для защиты от коррозии трубопроводов арматуры, вентиляторных устройств, отдельных узлов и деталей сельскохозяйственных машин, как предохранительное средство от влагосолеабразивной среды (нижняя часть кузова автомобиля, крылья автомобиля и трактора), средство от повреждения (гниения, разложения, набухания, разрушения) неметаллических материалов – кирпича, изделий из дерева, бумаги, ткани, войлока и пр.

Порядок выполнения работы

1. Изучить литературу об основных видах, составе, свойствах и применению полимерных материалов и покрытий.

2. Познакомиться с имеющимися на кафедре коллекциями компонентов, входящих в состав пластмасс (табл. 19), термопластов (табл. 20, 21), реактопластов (табл. 22).

3. Письменно ответить на контрольные вопросы к лабораторной работе.

4. По индивидуальному заданию преподавателя (табл. 23) описать образец пластмассы и покрытия из него (состав, свойства и применение). Данные занести в таблицу 24.

Коллекция компонентов, входящих в состав пластмасс

№ п/п	Компонент пластмассы
1	Смола гликолевая
2	Смола глифталевая
3	Смола эпоксидная ЭД-5
4	Смола меламиноформальдегидная №78
5	Смола фенолформальдегидная СФ-010
6	Смола крезольно-формальдегидная СФ-381
7	Мука древесная
8	Мука слюдяная
9	Мука кварцевая
10	Асбест
11	Стекловолокно
12	Линтер
13	Углерод
14	Кокс
15	Каолин
16	Сульфитная целлюлоза
17	Ткань хлопчатобумажная
18	Стеклоткань
19	Диметилфталат
20	Камфара
21	Олеиновая кислота
22	Стеарин
23	Стеарат кальция
24	Стеарат цинка
25	Уротропин
26	Известь гашеная
27	Известь негашеная
28	Жженая магнезия
29	Нигрозин
30	Охра
31	Краситель желтый светопроочный
32	Краситель зеленый светопроочный
33	Пигмент красный С
34	Редоксайд
35	Краситель жировой темно-красный Ж
36	Окись хрома

Коллекция термопластов – 1

№ п/п	Образец термопласта
1	Полиэтилен высокого давления ВД
2	Полиэтилен низкого давления ПД
3	Изделия из полиэтилена ВД и НД
4	Полипропилен порошкообразный
5	Полипропилен гранулированный
6	Изделия из полипропилена
7	Полистирол блочный
8	Полистирол ударопрочный
9	Полистирол эмульсионный
10	Изделия из полистирола
11	Нити и пленка полистирольные
12	Пенопласт ПС-1
13	Пенополистирол

Коллекция термопластов – 2

№ п/п	Образец термопласта
1	Поливинилхлорид суспензионный
2	Поливинилхлорид эмульсионный
3	Изделия из поливинилхлорида пластифицированного
4	Изделия из поливинилхлорида непластифицированного – винипласта
5	Пенопласт плиточный ПВХ-1
6	Поропласт
7	Капролактам
8	Смола полиамидная П-54
9	Смола капроновая
10	Полиамид 610 литьевой
11	Клей полиамидный ПК-5
12	Пленка полиамидная ПК-4
13	Волокно капроновое
14	Волокно анид
15	Изделие из полиамида
16	Фторопласт-4
17	Изделия из фторопластов
18	Пенополиуретан жесткий
19	Поропласт полиуретановый
20	Порошок полиметилметакрилатный
21	Изделие из полиметилкрилата
22	Сополимер стирола
23	Изделие из сополимера

Коллекция реактопластов

№ п/п	Образец реактопласта
1	Смола мочевиноформальдегидная
2	Аминопласт
3	Клей № 17
4	Декоративный бумажно-слоистый пластик
5	Изделие из аминопластов
6	Смола фенолформальдегидная СФ-010
7	Смола фенолформальдегидная СФ-340А
8	Смола фенолформальдегидная СФ-342А
9	Масса прессовочная фенольная 03-010-02
10	Масса прессовочная фенольная 03=340-65
11	Масса прессовочная фенольная СП1-342-02
12	Волокнит
13	Клей БФ-4
14	Изделие из фенопласта
15	Изделие из волокнита
16	Асботекстолит
17	Текстолит
18	Стеклотекстолит
19	Гетинакс
20	Изделие из фаолита
21	Фаолитовая масса
22	Смола эпоксидная ЭД-5
23	Клей из эпоксидной смолы
24	Стеклопластик

Варианты индивидуального задания

№ п/п	Наименование пластмассы
1	Полиэтилен
2	Полипропилен
3	Поливинилхлорид
4	Полиамид
5	Полистирол
6	Фторопласт
7	Эпоксидная смола
8	Пентапласт

Сведения об изученных полимерных материалах и покрытиях

Наименование пластмассы	Состав	Свойства	Свойства покрытия	Особенности нанесения и применения покрытия
1	2	3	4	5

Содержание отчета

В отчет необходимо включить ответы на контрольные вопросы и заполненную таблицу 24.

Контрольные вопросы

1. В чем преимущества применения полимерных покрытий по сравнению с другими?
2. Что такое пластмасса?
3. Перечислите основные компоненты, входящие в состав пластмасс.
4. Что такое термопластичность?
5. Какое строение имеют молекулы термопластичных пластмасс?
6. Какое строение имеют молекулы терморезистивных пластмасс?
7. Перечислите основные терморезистивные пластмассы.
8. Дайте обозначение в соответствии с международным стандартом (ISO) следующих пластмасс:
 - полиэтилен;
 - полипропилен;
 - поливинилхлорид;
 - полиамид;
 - полистирол;
 - фторопласт;
 - эпоксидная смола.

ТЕСТ САМОКОНТРОЛЯ К ГЛАВЕ 2

1. Раствор пленкообразующих веществ в органических растворителях или в воде, образующий после высыхания твердую прозрачную однородную пленку, – это:

- a) лак;
- b) краска;
- c) грунтовка;
- d) шпатлевка.

2. Суспензия пигмента или смеси пигментов с наполнителями в олифе, масле, эмульсии, латексе, образующая после высыхания непрозрачную однородную пленку, – это:

- a) лак;
- b) краска;
- c) грунтовка;
- d) шпатлевка.

3. Суспензия пигмента или смеси пигментов с наполнителями в связующем веществе, образующая после высыхания непрозрачную однородную пленку с хорошей адгезией к подложке и покрывным слоям, – это:

- a) лак;
- b) краска;
- c) грунтовка;
- d) шпатлевка.

4. Густая, вязкая масса, состоящая из смеси пигментов с наполнителями в связующем веществе, предназначенная для заполнения неровностей и сглаживания окрашиваемой поверхности, – это:

- a) лак;
- b) краска;
- c) грунтовка;
- d) шпатлевка.

5. Процесс удаления продуктов коррозии и окалина с поверхности изделия с помощью водных растворов кислот, кислых солей или щелочей – это:

- a) обезжиривание;
- b) травление;
- c) дробеструйная обработка;
- d) фосфатирование.

6. Химический процесс образования на поверхности металла пленки нерастворимых в воде фосфатов, которая увеличивает срок службы лакокрасочных покрытий, улучшает сцепление с металлом и замедляет развитие коррозии в местах нарушения лакокрасочной пленки, – это:

- a) обезжиривание;
- b) травление;
- c) дробеструйная обработка;
- d) фосфатирование.

7. Химическая обработка металла в сильных окислительных средах для создания на поверхности коррозионностойких окисных пленок – это:

- a) анодирование;
- b) легирование;
- c) оксидирование;
- d) фосфатирование.

8. Электрохимический процесс образования окисной пленки на поверхности изделия – это:

- a) анодирование;
- b) легирование;
- c) оксидирование;
- d) фосфатирование.

9. Причина запрета применения в пищевом оборудовании цинковых покрытий – это:

- a) высокая коррозионная стойкость;
- b) высокая стоимость;
- c) низкий срок эксплуатации;
- d) токсичность.

10. Вид покрытия, которое наносят на поверхность деталей осаждением металлов из водных растворов их солей под действием постоянного электрического тока, это:

- a) металлическое;
- b) окисное;
- c) резиновое;
- d) эмалевое.

11. Материал, который наносится на поверхность стальных изделий при электролитическом лужении, – это:

- a) алюминий;
- b) олово;
- c) резина;
- d) эмаль.

12. Причина высокой коррозионной стойкости стальных деталей с алюминиевым покрытием – это:

- a) образование на поверхности твердых растворов в аустените;
- b) образование на поверхности карбидов легирующих элементов;
- c) образование на поверхности слоя чистого алюминия;
- d) образование на поверхности пленки окисла Al_2O_3 .

13. Послойное соединение стали с одним или многими металлами с образованием комбинированного материала – это:

- a) азотирование;
- b) гуммирование;
- c) оксидирование;
- d) плакирование.

14. Метод нанесения полимерных порошковых покрытий – это:

- a) наплавление;
- b) напыление;
- c) окунание в расплав;
- d) плакирование.

15. Класс материалов, к которым относят пластмассы, это:

- a) диэлектрические материалы;
- b) полупроводниковые материалы;
- c) проводниковые материалы;
- d) магнитные материалы.

16. Материал, который относится к термореактивным полимерам, это:

- a) полистирол;
- b) поливинилхлорид;
- c) эпоксидная смола;
- d) полиэтилен.

17. Материал, который относится к термопластичным полимерам, это:

- a) латунь;
- b) эпоксидная смола;
- c) фенолоформальдегидная смола;
- d) полиэтилен.

18. Материал, изготавливаемый на основе полимеров, это:

- a) стекло;
- b) сталь;
- c) пластмасса;
- d) керамика.

19. Характерная особенность термопластичных полимерных материалов:

- a) обратимо затвердевают в результате охлаждения без участия химических реакций;
- b) имеют редкосетчатую структуру макромолекул;
- c) формуются при повышенных температурах;
- d) необратимо затвердевают в результате химических реакций.

20. Характерная особенность термореактивных полимерных материалов:

- a) в их состав включены наполнители, например, меняющие характер надмолекулярной структуры;
- b) обратимо затвердевают в результате охлаждения без участия химических реакций;
- c) имеют линейную или разветвленную структуру макромолекул;
- d) необратимо затвердевают в результате химических реакций.

21. Обозначение полиэтилена низкой плотности – это:

- a) ПЭВП;
- b) ПЭНП;
- c) ПП;
- d) ПС.

22. Обозначение полиэтилена высокой плотности – это:

- a) ПЭВП;
- b) ПЭНП;
- c) ПП;
- d) ПС.

23. Недостаток пластмассы как конструкционного материала – это:

- a) сложность изготовления изделий;
- b) высокая теплопроводность;
- c) склонность к ползучести и старению;
- d) низкая удельная прочность.

24. Материал, который можно использовать в качестве теплоизоляционного, – это:

- a) текстолит;
- b) полиметилметакрилат;
- c) поливинилхлорид;
- d) пенопласт.

25. Полимеры, обратимо затвердевающие в результате охлаждения без протекания химических реакций, – это:

- a) термопластичные;
- b) аморфные;
- c) терморезистивные;
- d) сшитые.

26. Назначение наполнителя в составе пластмасс – это:

- a) облегчение процесса производства изделий;
- b) повышение механических свойств, снижение стоимости или придание тех или иных специфических свойств;
- c) получение «сшитой структуры»;
- d) защита полимеров от старения.

27. Полимеры, необратимо затвердевающие в результате протекания химических реакций, это:

- a) термопластичные;
- b) аморфные;
- c) терморезистивные;
- d) сшитые.

Глава 3 ДРУГИЕ ПРОТИВОКОРРОЗИОННЫЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ

§ 3.1. Виды противокоррозионных средств защиты, применяемых в сельскохозяйственном производстве

Ингибиторы коррозии

Ингибиторы коррозии – это вещества, обладающие способностью замедлять коррозионный процесс при введении их в коррозионную среду и придавать защитную способность при введении в вещества или материалы.

В зависимости от условий эксплуатации металлических изделий ингибиторы подразделяются на ингибиторы атмосферной коррозии, ингибиторы коррозии водно-солевых систем, ингибиторы кислотной коррозии, ингибиторы сероводородной коррозии и др. Применительно к сельскохозяйственной технике наиболее перспективными являются ингибиторы атмосферной коррозии.

Сущность защиты металлов *ингибиторами атмосферной коррозии* заключается в химическом и физическом взаимодействии ингибиторов с влагой, кислородом и другими коррозионно-активными веществами, в результате которого образуются нейтральные в коррозионном отношении вещества, или происходит пассивация металлических поверхностей, или гидрофобизация, или то и другое вместе.

Ингибиторы атмосферной коррозии подразделяются на летучие и нелетучие. Последние делятся на контактные и ползучие.

Летучие ингибиторы защищают изделие в его объеме и требуют обязательного применения герметизирующей упаковки, которая предотвращает их улетучивание. В качестве упаковки могут быть применены различные барьерные материалы (упаковочная бумага, картон, полимерные пленки), обладающие малой влаго- и газопроницаемостью. Летучие ингибиторы могут применяться в виде порошка, ингибированной бумаги, растворов ингибитора, линопонов (летучих ингибиторов на поролоне), линасилей (летучих ингибиторов на силикагеле).

Контактные (водные растворы нитрата натрия и др.) ингибиторы представляют собой химические соединения, обеспечивающие

защиту от коррозии только при нанесении их на металлическую поверхность. В этом случае не требуется герметизация защищаемых изделий, а применяется только оберточная или парафинированная бумага для предотвращения механического удаления ингибитора. Недостатком контактных ингибиторов является их малая летучесть и поэтому неспособность проникать в щели и зазоры и действовать на расстоянии подобно летучим ингибиторам.

Ползучие ингибиторы также из-за малой летучести и ограниченности радиуса действия обеспечивают защиту от коррозии при непосредственном контакте с металлом.

В отличие от контактных ингибиторов, они обладают свойством растекаться по поверхности и заполнять щели, зазоры, карманы.

По принципу защитной способности к различным металлам ингибиторы подразделяются:

- а) на ингибиторы для защиты черных металлов;
- б) ингибиторы для преимущественной защиты цветных металлов;
- в) универсальные ингибиторы, защищающие как черные, так и цветные металлы.

Ингибиторы коррозии также делят на водорастворимые, водомаслорастворимые и маслорастворимые.

Водорастворимые ингибиторы (нитрит натрия, хроматы и бихроматы, фосфаты, НДА, Г-2, ХЦА, уротропин, КЦА, бензотриазол и его производные и др.) используют прежде всего для ингибирования смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ), пластичных смазок, тонкопленочных покрытий, охлаждающих тормозных и гидравлических жидкостей.

Водомаслорастворимые ингибиторы коррозии (И-1-А, И-1-В, БА-6, ПБ-5, ИКБ-2, КПИ-1, катапин АиК и др.) применяют в основном для систем «нефть – вода» или «нефтепродукт – вода». Некоторые из ингибиторов этой группы применяют в композициях с другими присадками в смазочных материалах.

Маслорастворимые ингибиторы (НГ-108, АКОР-1 АКОР-2, ИНГА-2, Прана, КП, МСДА и др.) применяют в качестве присадок к топливам, маслам, смазкам, продуктам для получения ингибированных тонкопленочных покрытий, в качестве защитных составов для внутренней консервации и т. д. Способность маслорастворимых ингибиторов коррозии вытеснять воду с поверхности металла используют при разработке грунтов и лакокрасочных покрытий для нанесения на влажные стальные поверхности.

Модификаторы ржавчины

Модификаторы ржавчины – это специально подобранные композиции веществ, которые вступают в химическое взаимодействие с ржавчиной и образуют с ней коррозионно-неактивные соединения. Образовавшиеся соединения формируют защитный слой, прочно сцепленный с металлической поверхностью. Для усиления защитных свойств модифицированного слоя ржавчины на него наносятся обычные лакокрасочные или полимерные материалы.

Модификаторы ржавчины подразделяют на *преобразователи ржавчины и грунтовки-преобразователи*. Вторые, в отличие от первых, содержат пленкообразующие вещества. Это позволяет использовать их в качестве самостоятельных грунтов. Недостаток грунтовок-преобразователей – их невысокая активность.

Промышленность выпускает ряд модификаторов ржавчины, которые могут успешно применяться для противокоррозионной защиты сельскохозяйственной техники.

Выбор типа модификатора ржавчины зависит от ряда исходных данных: толщины слоя ржавчины обрабатываемой поверхности, условий эксплуатации защищаемого от коррозии оборудования, наличия соответствующих лакокрасочных материалов и др.

К лакокрасочным материалам, наносимым на преобразованную поверхность, предъявляются следующие требования:

- 1) устойчивость к воздействию остатков кислот, водящих в состав преобразованной ржавчины, или способность связывания этих кислот;
- 2) высокая адгезия к преобразованным продуктам коррозии;
- 3) устойчивость и хорошая адгезия к последующим слоям лакокрасочного покрытия, состав которого выбирают в зависимости от условий эксплуатации.

Наиболее экономичны модификаторы ржавчины ЭВА-0112 и ВА-01 ГИСИ, так как они заменяют слой обычных противокоррозионных грунтовок. Их применяют для подготовки поверхности крупногабаритного оборудования, строительных сварных металлоконструкций, в том числе находящихся в подземных сооружениях, а также для временной защиты на период транспортировки различного оборудования, для ремонтной окраски крупногабаритных изделий, эксплуатирующихся в атмосферных условиях. Модификаторы ржавчины «Буванол» (П-1-Т), Э-1, ПРЛ-2, МС-0152 целесообразно использовать

в тех случаях, когда окрасочные работы необходимо выполнять при пониженных температурах воздуха, т. е. когда ЭВА-0112 и ВА-01 ГИСИ неприменимы. Для улучшения физико-механических свойств и технологических качеств преобразователя ПРЛ-2 в него рекомендуется вводить 50 % пластифицированной поливинилацетатной эмульсии (ПВА). Преимуществом грунтовок-преобразователей Э-1, а также ГСК-1 является то, что они обеспечивают получение водостойких покрытий, т. е. могут быть использованы для защиты покрытых ржавчиной поверхностей, которые эксплуатируются в воде. Грунтовка СПГ-1 может быть рекомендована как самостоятельное двухслойное покрытие для защиты прокорродировавших поверхностей, эксплуатирующихся в атмосферных условиях при воздействии минерального масла, а также для защиты их на период транспортировки даже в тропических условиях.

В последние годы начали также применяться так называемые ингибированные растворы холодного фосфатирования (ИРХФ) – № 336, 444, 611 и др. В отличие от обычных модификаторов ржавчины с пленкообразующими веществами, такие растворы проникают во все зазоры, пустоты и углы в металлоконструкциях, пропитывая ржавчину и останавливая процесс коррозии на границе раздела «металл-ржавчина». Преобразованный слой ржавчины обладает хорошей адгезией к поверхности металла. Раствор № 444, в отличие от других растворов холодного фосфатирования, включает в себя ингибиторы коррозии, усиливающие защитные свойства преобразованного слоя ржавчины. Раствор рекомендуется применять для защиты от коррозии стальных водонапорных башен, труб, технологического оборудования и строительных конструкций в животноводческих помещениях.

Ингибированные растворы холодного фосфатирования отличаются высокой эффективностью, экономичностью, нетоксичностью, способностью улучшать качество шва при сварке проржавевших поверхностей. Наибольший эффект ИРХФ дают при обработке поверхностей с толщиной слоя ржавчины до 50 мкм.

Помимо модификаторов ржавчины, выпускаемых промышленностью, могут быть рекомендованы для тех же целей рецептуры, которые можно приготавливать из отдельных компонентов на месте производства противокоррозионных работ.

К недостаткам известных модификаторов ржавчины относятся:

1) необходимость длительной (не менее 24 ч) выдержки обработанной модификаторами поверхности перед нанесением системы ЛКП;

- 2) снижение эффективности действия модификаторов при обработке толстых слоев ржавчины. Особенно заметно ухудшение адгезии и противокоррозионных свойств покрытий на поверхностях, покрытых ржавчиной толщиной более 100 мкм;
- 3) невозможность обработки поверхностей с окалиной;
- 4) их сравнительно высокая стоимость.

Битумные покрытия

Наряду с битумными лакокрасочными материалами, поставляемыми промышленностью в готовом виде для противокоррозионной защиты, могут быть использованы различные смеси на основе битумов.

Наибольшее распространение нашли *битумные смеси* для получения противокоррозионных покрытий различных строительных конструкций, в том числе используемых в сельском хозяйстве. В качестве вспомогательных противокоррозионных сред они могут применяться также при консервации сельскохозяйственной техники. Наиболее доступными и технологичными в приготовлении и использовании являются смеси, составленные из битума, бензина, олифы и краски. Недостатком этих составов являются их низкие защитные свойства. Под влиянием света, тепла и кислорода воздуха битумные покрытия быстро стареют, делаются хрупкими и требуют обновления через 3...4 месяца.

Высокими защитными свойствами обладают покрытия, получаемые из композиций на основе битума с добавкой различных полимерных наполнителей (латекса, наирита и др.).

Битумно-наиритовый состав получают смешением растворов: 55 % битума в толуоле или сольвенте (соотношение 1:1), 45 % наиритовой смеси. Необходимое количество битума марки III или IV расплавляют в котле при температуре 150...180 °С, затем с температурой 100...120 °С перекачивают в смеситель, куда порциями при непрерывном перемешивании добавляют соответствующее количество толуола (сольвента).

Наиритовая смесь в весовых частях готовится следующим образом: берут 100 частей хлорпренового каучука (наирит А, Б или их смесь 1:1); 1,5...2 части смягчителя (церезин, хлорпарафин или стеарин); 2,8...5,5 части вулканизирующих (окись магния и др.); 1,6...3,5 части стабилизирующих добавок (неозон Д). Соответствующее количество каучука перетирают и перемешивают на вальцах с остальными

компонентами до получения однородной массы. Готовую наиритовую смесь загружают в клеешалку или двухлопастной смеситель, где при постоянном перемешивании она растворяется в толуоле (сольвенте) при температуре 18...23 °С за 4...5 ч. Соотношение (по весу) наирита и растворителя 1:3 или 1:4. Наиритовая смесь смешивается с битумом в течение 15...20 мин до получения однородной массы. Затем ее сливают в герметически закрывающуюся емкость. Срок хранения битумно-наиритовой смеси – до 6 месяцев при температуре не выше 25 °С.

Микрокристаллические восковые составы

Микрокристаллические восковые составы представляют собой смеси церезина, парафина, пластификаторов и ингибиторов коррозии. Они обладают рядом положительных качеств и прежде всего хорошей водоотталкивающей способностью, малой газо-, паропроницаемостью, низкой стоимостью и др. Они стойки к атмосферным воздействиям, экономичны и легко наносятся на поверхность, пожаробезопасны и термостойки в широком интервале температур и не требуют применения дорогостоящих растворителей. Микрокристаллические воски могут применяться: для нанесения непосредственно на изделие; пропитки упаковочной бумаги, ткани, картона, готовых картонных коробок; напыления на плотный каркас из ткани, чтобы получить «кокон».

Для непосредственного нанесения на неокрашенные и окрашенные металлы могут быть использованы эмульсии микровосков на растворителе или на воде. Микровосковые составы могут заменять битумные составы, консистентные смазки и дефицитные жидкие консервационные составы при хранении сельскохозяйственной техники в безгаражных условиях. Их можно использовать с помощью имеющихся в хозяйствах технических средств: агрегата АКЭ-50 для разогрева и нанесения противокоррозионных покрытий, аппарата 03-9905 для нанесения противокоррозионных смазок в сочетании с агрегатами технического обслуживания (АТУ-4822, АТУ-1768 и др.), окрасочных агрегатов (О-30, 0-53 и др.), установки М-183 ГАРО и др.

Для сельскохозяйственной техники наиболее перспективны водновосковые эмульсии («Автоконсервант» и др.). «Автоконсервант» как водно-эмульсионный состав имеет ряд преимуществ перед ПЭВ-74: он негорюч и малотоксичен, так как содержит незначительное коли-

чество органических растворителей. После нанесения его на поверхность и последующего высыхания образуется сплошное пластически-твердое покрытие, имеющее хорошую адгезию. Эмульсии можно наносить на металлические и неметаллические материалы, а также на гальванические и лакокрасочные покрытия: дерево, кожу, резину, стекло, текстильные и синтетические материалы, пластмассу и т. д.

Пленки водно-восковых эмульсий устойчивы к атмосферным воздействиям, не разрушаются и не смываются дождем. При вводе законсервированной техники в эксплуатацию микровосковые составы, как правило, не удаляют. В случае необходимости удаления восковых покрытий вручную сначала смывают загрязнения с поверхности струей воды под давлением, после чего воск удаляют мягкой ветошью, смоченной неэтилированным бензином, гептаном или уайт-спиритом. Окончательно очищают поверхность хлопчатобумажной салфеткой.

Микровосковые составы на водной основе можно удалить с защищаемых поверхностей сельскохозяйственных машин щеткой и горячей водой (температура 60...70 °С) с возможной добавкой моющих средств или пароводоструйной очисткой машинами ОМ-3360, ОМ-4908, ОМ-4895 и др.

Упаковочные материалы

Упаковка подразделяется на барьерную (внутреннюю) и транспортную.

Барьерная упаковка предназначена для предотвращения или замедления доступа к изделию паров воды и агрессивных газов, для замедления диффузии паров ингибитора во внешнее пространство и для сохранения ингибитора, смазки или масла на поверхности изделия. В связи с этим к внутренней упаковке предъявляются следующие требования: она должна быть герметичной, обладать непроницаемостью для воды и пыли, стойкостью к солнечной радиации и повреждению микроорганизмами, насекомыми и грызунами, достаточной механической прочностью, удобством распаковки оборудования и доступной стоимостью материала, позволять многократное использование.

Транспортная упаковка (тара) предназначена для защиты изделий и внутренней упаковки от механических повреждений и воздействия климатических факторов. Транспортную тару выбирают с

учетом требований к защите изделий при транспортировании и хранении и используемого варианта защиты (ГОСТ 9.014-78).

Для упаковки изделий, деталей и агрегатов применяют такие материалы, как древесина и древесные пластики, бумага и картон, полимерные пленки, металлы и ткани. Из вспомогательных материалов – осушители, шпагат, металлическая лента, липкая лента, уплотнительные и фиксирующие материалы и т. д.

Древесина в основном используется для изготовления тары, в которую помещаются законсервированные изделия. При изготовлении тары необходимо руководствоваться ГОСТ 29910-76 «Ящики деревянные. Типы. Размеры деталей, общие технические требования».

Бумага нашла широкое применение при консервации изделий. Из картона делают ящики небольших размеров, в которые могут помещаться изделия массой до 30...35 кг. Картонные ящики обклеивают гуммированной бумажной лентой в два слоя по периметру ящика и стягивают в двух местах металлической лентой по поперечному периметру. Для придания картонной таре влагостойкости и парогазонепроницаемости на нее наносят восковые сплавы.

Для создания пленки на бумажной и картонной упаковке, защищающей от проникания к изделиям влаги и других коррозионно-активных агентов, применяют также герметизирующие покрытия (ГП).

Полимерные пленки применяют для изготовления герметичных чехлов, в которые помещают детали, агрегаты или изделия. Малая водо- и паропроницаемость, водостойкость и химическая стабильность – важные свойства упаковочных материалов этого вида.

При консервации сельскохозяйственной техники находят применение в основном полимерные пленки, изготовленные на основе полиэтилена и поливинилхлорида (полихлорвинила). Полиэтиленовые пленки прозрачны, эластичны, обладают высокими физико-механическими показателями, влаго- и газонепроницаемы, химически инертны, являются хорошими диэлектриками, легко свариваются, горят только при внесении в открытое пламя, нетоксичны, морозостойки. Существует несколько типов пленок, полученных на основе полиэтилена (обычные, металлизированные и пр.). Из полихлорвиниловых пленок наиболее широкое распространение для упаковки и консервации изделий получила упаковочная пленка марки В-118. Она представляет собой термопластический продукт, изготовленный из полихлорвинилового смолы, пластификатора (дибутил-фталата) и стабили-

затора. Пленка В-118 обладает высокой химической стойкостью и пластичностью. Недостатки пленки – ее низкие теплостойкость, светостойкость и морозостойкость ($-25\text{ }^{\circ}\text{C}$). Водостойкость полихлорвиниловой пленки удовлетворительная, однако ее паропроницаемость значительно возрастает с повышением температуры и относительной влажности воздуха.

Упаковка в чехол из полимерных пленок в сочетании с ингибированной бумагой может обеспечить надежную защиту от коррозии металлических изделий, их деталей и агрегатов на продолжительный срок (1...5 лет) в зависимости от типа ингибированной бумаги в самых жестких климатических условиях.

Герметичная упаковка в полимерный чехол позволяет сохранить при транспортировании и хранении изделия, для которых нельзя использовать средства временной защиты, а также дает возможность консервировать изделия с помощью универсальных летучих ингибиторов коррозии.

При изготовлении чехлов из полимерных пленок их можно сваривать или склеивать. Чаще применяется сварка, так как процесс склеивания более продолжителен, а склеенные швы, как правило, по прочности ниже сваренных швов.

Сварка пленок может производиться контактным, термоимпульсным методом и токами высокой частоты.

Склеивание пленок для получения соединительных швов рекомендуется только в том случае, когда по каким-либо причинам сварка невозможна. Для склеивания полиэтиленовых и полихлорвиниловых пленок можно применять полиэтиленовую ленту с липким слоем. Для склеивания полихлорвиниловых пленок можно также применять клей на основе перхлорвиниловой смолы. При этом склеиваемые поверхности должны быть обезжирены бензином.

Консервационные смазки

Консервационные смазки применяют главным образом для предотвращения атмосферной коррозии машин и деталей при их хранении в закрытых складах, под навесами и даже на открытых площадках. Нанесенные на металлическую поверхность консервационные смазки образуют на ней защитный слой, препятствующий проникновению атмосферной влаги и кислорода воздуха.

Хорошие защитные свойства консервационных смазок определяются их высокой водостойкостью, коллоидной стабильностью, сопротивлением к окислению и низкой испаряемостью. Смазками этого вида защищают от коррозии металлические изделия любой формы и размеров, изготовленные из различных металлов. В зависимости от условий хранения и вида используемой смазки продолжительность хранения может быть от 2 до 10 лет.

При использовании консервационных смазок следует учитывать их недостатки:

- 1) сложность нанесения на защищаемую поверхность;
- 2) малую стойкость при оптимальной толщине;
- 3) трудоемкую расконсервацию при вводе машин в эксплуатацию;
- 4) большой расход;
- 5) специальное оборудование для нагрева;
- 6) частую переконсервацию при длительном хранении в жестких и особо жестких условиях.

Защитные смазки в зависимости от технологии изготовления и свойств подразделяются на углеводородные, смазки общего назначения, мыльные, канатные и защитные смеси.

Углеводородные и мыльные смазки являются наиболее распространенными. Среди углеводородных смазок чаще применяют технические вазелины (консервация плугов, борон, оборудования и частей машин).

По сравнению с углеводородными мыльные защитные смазки отличаются высокой морозостойкостью и более широкими температурными пределами применения. Большинство мыльных смазок имеют хорошие защитные свойства, а также обладают антифрикционной способностью. Недостатком мыльных смазок по сравнению с углеводородными являются низкая коллоидная и химическая стабильность обычно тех смазок, которые не содержат в своем составе ингибиторов, а также высокая стоимость. При нагревании такие смазки расслаиваются и становятся непригодными для защиты металлов от коррозии.

Канатные смазки используют для защиты от коррозии и уменьшения трения между отдельными проволоками и прядями стальных канатов и тросов. Представителями этого вида смазок являются смазки НМЗ-3У (ТУ Гипро-нефтемаша), НМЗ-3 (ТУ 38-1-78-66), НМЗ-4 (ТУ МЗ 52-66), канатная 39У (ГОСТ 5570-69), канатная 33Т (МРТУ

12Н-31-63), торсиол-55 (ГОСТ 20458-75), ВНИИ НП-278 (ТУ 38-40178-74) и др. При отсутствии канатных смазок допускается использовать обычные антифрикционные и защитные смазки, в которые в этом случае добавляют 5...10 % графита.

Защитные смеси представляют собой смазки, составленные на основе отработанных трансмиссионных и автотракторных дизельных масел, загущенные молотым мелом. Защитные смеси отличаются дешевизной, простотой приготовления и нанесения, доступностью.

Средства защиты от биоповреждений

При эксплуатации техники, строительных сооружений, трубопроводов, аппаратуры и прочего в условиях повышенной влажности, контакта с почвой, ограниченного доступа воздуха и умеренной температуры возникают микробиологические повреждения материалов, которые включают в себя усиленную коррозию металлов, разрушение полимеров, биоповреждаемость нефтяных топлив.

Защита от микробиологических повреждений может осуществляться различными методами:

- 1) аэрацией;
- 2) нанесением спиртовых и водно-спиртовых растворов, содержащих фунгициды, на поверхность эксплуатирующейся техники;
- 3) введением в замкнутые воздушные пространства и в места с ограниченным доступом воздуха легколетучих веществ с фунгицидными свойствами;
- 4) применением защитных покрытий, стойких к микробиологическим повреждениям.

Так, наиболее дешевым и эффективным ингибитором сульфатредуцирующих бактерий является кислород или воздух. Усиление аэрации может использоваться для уменьшения коррозии закрытых систем. Дренаж болотистых и тяжелых глинистых почв улучшает аэрацию зарытых в землю труб. Эффективным мероприятием по защите железа и стали в среде, где могут развиваться сульфатредуцирующие бактерии, является поддержание умеренно щелочных условий, учитывая, что при $pH > 9$ их активность и рост полностью подавлены.

В процессе эксплуатации удаление появившихся микробиологических обрастаний проводят протиранием поролоновой губкой, пропитанной 0,1...1 %-м водным и спиртовым раствором одного из сле-

дующих химических соединений: полиэтиленimina, йодаллилуротропина, бензтриазола, ванилина, бензальдегида, салицилового альдегида, анисового альдегида.

Для удаления микробиологических обрастаний с одновременной очисткой поверхности от механических загрязнений, продуктов коррозии и дефектных ЛКП можно применять растворы состава, % по массе:

1. Щавелевая кислота – 3...7,5; бензтриазол – 0,5...2,5; йодаллилуротропин – 0,5...2,5; вода – 85...95; эмульгатор – 1...2,5 для металлических поверхностей.

2. Щавелевая кислота – 1...5; бензтриазол – 0,5...2,5; йодаллилуротропин – 0,5...2,5; этиловый спирт – 50...70; вода – 28...40 – для полимерных материалов.

Эффективно применение 7...10 %-х спиртовых и водно-спиртовых растворов ингибиторов-фунгицидов НДА, Г-2. Ингибиторы-фунгициды могут также применяться в виде порошков (НДА, Г-2) линопона (поролон-носителя), содержащего НДА или Г-2, в составе ингибированной бумаги (НДА, ХЦА, Г-2, диамин, БХИ), линасиля (силикагеля, пропитанного ИФХАН-1, ИФХАН-6).

Для защиты деревянной тары от термитов рекомендуется проводить антисептирование древесины, применяемой для изготовления ящиков и барабанов.

Для длительной защиты от биоповреждений древесины, находящейся в условиях вероятного увлажнения, широко применяются комбинированные антисептики, содержащие соединения фтора, хрома, мышьяка, меди, бора и других компонентов в различных соотношениях (боролит, вольманит, таналит, доналит, базилит и др.).

Эффективным средством против микробиологических повреждений являются специальные защитные покрытия.

Так, к грибостойким покрытиям относятся 25 %-й акрилатный лак АГС-4 (ТУ 40.01.72), хлоркаучуковая тиксотропная эмаль КЧТС-2 (ВТУ НИИ АБ-72), пентафталева эмаль ПФ-115 (ГОСТ 6465-63), фторопластовые покрытия, герметики типа ВИКСИНТ, ЭЗК-6, К-30-100, К-1, резина МБС, эпоксидные ЛКП и др.

Грибостойкость лакокрасочных покрытий можно повысить введением фунгицидных добавок на стадии их приготовления перед применением. Так, в грунт ВА-01ГИСИ вводят катапин в количестве 0,5 % (по массе) и препарат БАМ в количестве 1,0 % (по массе).

Латексы АГП-10 и АГП-40 хорошо совмещаются с промышленными поливинилацетатными и полиакрилатными водными дисперсиями и водно-дисперсионными красками на их основе и в количествах от 1 до 2 % (по массе) обеспечивают их защиту от повреждений микроорганизмами.

Препарат АГП-100 вводят в лакокрасочные и пленкообразующие материалы на основе органических растворителей (растворы, эмали, органодисперсии) в качестве биоцидной добавки. Он хорошо совмещается с хлорвиниловыми, перхлорвиниловыми, алкидно-стирольными, меламино-алкидными, алкидными, пентафталевыми, мочевиными, эпоксидными, масляными лаками, эмалями, олифами. Минимальная концентрация биоцида, обеспечивающая защиту основного материала, не превышает 1 %. Возможно введение АГП-100 в некоторые герметики, смазочные масла и др.

Для ряда бактерий питательной средой являются дизельное топливо, бензин, моторное масло, в особенности при высоком содержании серы, органические соединения, находящиеся в воде системы охлаждения. Для борьбы с бактериями в таких случаях могут применяться хлор, хлорамин, перхлорат натрия, перманганат калия, а также органические соединения: дихлорбензол, формальдегид, алкилтриметил аммонийхлорид.

Аналогичное воздействие оказывают сальварсан и пенициллин. Поэтому перед остановкой двигателя на длительное хранение рекомендуется добавлять эти вещества в масло, топливо, охлаждающую воду.

Для защиты пластмасс от поражения в их состав добавляют антисептические и иногда ароматические вещества.

Контрольные вопросы

1. Что такое ингибиторы коррозии?
2. В чем заключается сущность защиты металлов ингибиторами атмосферной коррозии?
3. В чем отличие контактных ингибиторов атмосферной коррозии от летучих?
4. Что такое преобразователи ржавчины?
5. Каковы недостатки существующих модификаторов ржавчины?
6. Из каких компонентов состоят противокоррозионные битумные смеси?

7. Из чего состоят противокоррозионные микрокристаллические восковые составы?
8. В чем преимущества применения микрокристаллических восковых составов?
9. Для чего предназначена барьерная (внутренняя) упаковка?
10. Для чего предназначена транспортная упаковка?
11. Какие материалы применяют для упаковки изделий, деталей и агрегатов?
12. Какие материалы предпочтительно применять для консервации сельскохозяйственной техники?
13. Какова цель применения консервационных смазок?
14. Перечислите виды защитных смазок.
15. Каковы виды защиты сельскохозяйственной техники от микробиологических повреждений?

§ 3.2. Техника безопасности и противопожарные мероприятия при нанесении покрытий и противокоррозионных средств защиты

Применяемые при противокоррозионных работах вещества и химикаты в большинстве случаев вредно действуют на организм человека, особенно в тех случаях, когда они попадают в желудок или вдыхаются в виде газов, паров и пыли, поэтому необходимо строго соблюдать правила техники безопасности.

К проведению противокоррозионных работ допускаются лица, прошедшие предварительный медицинский осмотр, инструктаж по технике безопасности и соответствующее обучение.

Категорически запрещается прием пищи и курение в местах производства противокоррозионных работ.

При работе с кислотами, щелочами, пассивирующими растворами, смывками, моющими составами, модификаторами ржавчины, маслорастворимыми присадками (АКОР-1, КП-1 и др.), хлорированными углеводородами должны приниматься меры, исключая попадание этих веществ в дыхательные органы, на открытые участки тела и слизистые оболочки. Лица, выполняющие противокоррозионные работы, должны быть обеспечены спецодеждой.

Помещения, где выполняют дробеструйную, пескоструйную и дробеметную очистку, обезжиривают органическими растворителя-

ми, проводят химическую и электрохимическую обработку, горячее цинкование, консервацию, лакокрасочные работы, работают на моечных участках, должны быть оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией, обеспечивающей удаление вредных примесей до концентраций, не превышающих предельно допустимые нормы.

Установки для гидроабразивной обработки, ванны горячего цинкования, а также гальванические ванны (хромирования, меднения, цинкования, анодирования, фосфатирования, щелочного оксидирования, травления) оборудуют местной вытяжной вентиляцией.

Очистку дробью и металлическим песком производят в помещениях и установках, изолированных от других производственных участков.

Все операции, связанные с противокоррозионным техническим обслуживанием и работами по устранению неисправностей, выполняют после полной остановки машин.

Во время работы моечных установок, установок для нанесения лакокрасочных и других противокоррозионных покрытий необходимо следить за показаниями манометров.

Для выполнения работ, связанных с применением электротока, необходимо иметь специальные защитные средства: шланги и дорожки, изолирующие подставки, коврики, инструмент с изолированными ручками, галоши.

Кожу рук от воздействия кислот органических растворителей, нефтепродуктов и лакокрасочных материалов рекомендуется предохранять защитными пастами и мазями. Перед нанесением защитных паст руки следует вымыть теплой водой с мылом и насухо вытереть. Затем небольшое количество пасты растирают между ладонями до разжижения, распределяя ее по всей поверхности кисти. По окончании работ руки моют с мылом.

При работе с цианистыми электролитами и солями вследствие их большой ядовитости соблюдают особые меры предосторожности:

1) к работе на ваннах допускаются лица, прошедшие дополнительный специальный инструктаж;

2) в местах хранения цианистых веществ не допускаются кислоты, а на участках цианистых ванн нежелательно устанавливать кислые ванны (меднения, цинкования и др.);

3) категорически воспрещается принимать пищу, воду и курить в помещении, где имеются цианистые ванны. Перед едой, курением и пользованием туалетом необходимо снять спецодежду, промыть руки раствором сернокислого железа и затем тщательно вымыть руки теплой водой с мылом;

4) спецодежду работающих с цианистыми ваннами хранить отдельно от общей спецодежды и личной одежды;

5) лица, имеющие повреждения кожи на руках, к работе не допускаются;

6) отработанные цианистые растворы и сточные воды, содержащие цианиды, должны обезвреживаться в специальных емкостях путем обработки сильными окислителями (гипохлоритами), после чего стоки могут направляться в общий нейтрализатор гальванического участка. При малых объемах сточных вод следует обезвреживать раствором сернокислого железа.

При работе с кислотами и щелочами необходимо:

1) готовить растворы при включенной вентиляции. Для защиты глаз от случайного попадания брызг кислоты пользоваться защитными очками;

2) надевать резиновый фартук при работе у ванн;

3) добавлять кислоту для приготовления растворов в холодную воду небольшими порциями при перемешивании;

4) немедленно смывать случайно пролитую кислоту водопроводной водой, а затем остатки ее нейтрализовать кальцинированной содой или известью. Пролитую щелочь достаточно смыть только водой;

5) периодически перемешивать раствор во время разогрева ванны щелочного оксидирования.

При работе на моечных машинах не превышать указанную в технических данных грузоподъемность. Составные части укладывают таким образом, чтобы в их углублениях и полостях не скапливалась моющая жидкость, а при вращении стола они не выпадали из установки. Техническое обслуживание и ремонт моечных машин и установок разрешается производить только после отключения всех электродвигателей от сети и вывешивания на пусковых устройствах предупредительных табличек. Двери моечной камеры разрешается от-

крывать не ранее чем через 2...3 мин после окончания мойки и включения вентиляции.

Спускать загрязненный раствор из баков и отстойников моечных машин следует только после охлаждения его до 40...50 °С.

При обработке металлических поверхностей модификаторами ржавчины, в состав которых входит ортофосфорная кислота, необходимо соблюдать те же меры безопасности, что и при работе со всеми кислотами.

При электрометаллизации оператор должен защищать глаза от действия света очками с цветными стеклами и уши противοшумными наушниками.

Категорически запрещается принимать внутрь ингибиторы и их растворы, применять ингибиторы или пропитанные ими носители не для консервации (заворачивать в ингибированную бумагу пищу и личные вещи, использовать линапоны как коврики и т. д.). После окончания работы с ингибиторами необходимо вымыть руки с мылом и прополоскать рот.

При консервации изделий разогретыми смазками следует: предупредить разлив и разбрызгивание их; разогревать смазки в специальных емкостях с паровыми или масляными рубашками; при консервации окунанием погружать изделия плавно, не допуская всплесков расплава, попадания воды в расплав; защищать руки от ожогов рукавицами.

Лакокрасочные материалы в процессе производства окрасочных работ перемешивают только деревянными веслами. На участке, где выполняют окрасочные работы, нельзя хранить лакокрасочные материалы в количестве, превышающем сменную потребность. При приготовлении лакокрасочных материалов на открытом воздухе необходимо находиться с наветренной стороны. Емкости с лакокрасочными материалами, растворителями и другими веществами, применяемыми при противокоррозионных работах, должны иметь отчетливые и точные надписи, а тара должна герметично закрываться.

На участках противокоррозионных работ должны быть аптечки с набором медикаментов и перевязочных средств для оказания первой (доврачебной) помощи при несчастных случаях. На видных местах должны быть вывешены плакаты о правилах оказания первой помощи.

Для предупреждения возникновения пожара необходимо:

1) в рабочих помещениях и помещениях для хранения пожароопасных веществ не допускать обращения с открытым огнем;

2) горючие и легковоспламеняемые жидкости (бензин, ацетон, краски, эмали, маслорастворимые присадки – АКОР-1 и др.) хранить в огнестойких помещениях. Помещения, в которых обрабатывают изделия с использованием пожароопасных веществ, должны быть обеспечены средствами пожаротушения (пенные и улекислотные огнетушители, ящики с песком, асбестовые одеяла и др.). Электропроводка, а также электросветильники должны быть выполнены с соблюдением взрывобезопасных правил. Все металлическое оборудование должно быть надежно заземлено;

3) на местах противокоррозионных работ, хранения машин, их агрегатов, узлов и деталей предусматривать пожарные резервуары, мотопомпы, ящики с песком, лопаты, багры, огнетушители, а также средства для подачи сигнала на случай пожара;

4) следить за техническим состоянием металлизационных аппаратов и герметичностью всех газоподводящих коммуникаций и соединений;

5) для отдельного хранения обтирочных материалов, чистых и использованных, устанавливать ящики с плотно закрывающимися крышками. Использованный обтирочный материал после окончания работ следует выносить из помещения и складывать в специально отведенном месте;

6) в помещении, где выполняют противокоррозионные работы с применением горючих материалов, на видных местах вывешивать инструкции по противопожарному режиму и с обязанностями работающих по обеспечению пожарной безопасности, включая и действия в случае возникновения пожара;

7) при тушении пожара соблюдать особые предосторожности, так как во время сгорания многие синтетические материалы могут выделять газы, способные вызвать отравление.

Запрещается открывать бочки с легковоспламеняющимися жидкостями стальными ключами или зубилом, выбивание искры при этом может вызвать вспышку или взрыв. Надо применять латунные ключи.

Для ликвидации пожара применяют различные вещества, которые выбрасывают на огонь специальными аппаратами и приборами. Иногда горящую поверхность засыпают песком, минеральными порошками или покрывают специальными асбестовыми одеялами. Наиболее распространенное и доступное средство тушения пожара – вода.

Для тушения небольших очагов пожара, легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, а также твердых горючих веществ и материалов применяют пенные и воздушно-пенные огнетушители. Пенные огнетушители нельзя применять для тушения электроустановок под напряжением, а также веществ, воспламеняющихся при соприкосновении с водой. Для тушения различных горючих веществ и материалов, в том числе и таких, которые нельзя тушить водой или пеной, а также электроустановок, находящихся под напряжением, применяют углекислотные огнетушители ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8, УП-1Е и УП-2м, углекислотные бромэтиловые огнетушители ОУБ-3 и ОУБ-7, порошковые огнетушители ОП-1, ОП-2 и др.

Контрольные вопросы

1. Какие меры предосторожности необходимо соблюдать при работе с цианистыми электролитами и солями?
2. Перечислите меры безопасной работы при работе с кислотами и щелочами?
3. Каковы основные правила техники безопасности при проведении лакокрасочных работ?
4. Какие меры необходимо соблюдать для предупреждения возникновения пожара?

ТЕСТ САМОКОНТРОЛЯ К ГЛАВЕ 3

1. Вещества, обладающие способностью замедлять коррозионный процесс при введении их в коррозионную среду и придавать защитную способность при введении в вещества или материалы – это:

- a) модификаторы ржавчины;
- b) ингибиторы коррозии;
- c) катализаторы;
- d) битумные покрытия.

2. Специально подобранные композиции веществ, которые вступают в химическое взаимодействие с ржавчиной и образуют с ней коррозионно-неактивные соединения – это:

- a) модификаторы ржавчины;
- b) ингибиторы коррозии;
- c) катализаторы;
- d) битумные покрытия.

3. Твердые или смолоподобные продукты, представляющие собой смесь углеводов и их азотистых, кислородистых, сернистых и металлосодержащих производных – это:

- a) битумы;
- b) пластмассы;
- c) модификаторы ржавчины;
- d) эмали.

4. Материал, который изготавливают из целлюлозы, – это:

- a) асбест;
- b) бумага;
- c) резина;
- d) стекло.

5. Процесс естественного проветривания, насыщения воздухом, кислородом (организованный естественный воздухообмен) – это:

- a) аэрация;
- b) пассивация;
- c) легирование;
- d) коррозия.

6. Область применения консервационных смазок – это:

- a) получение полимерных пленок;
- b) легирование стали;
- c) упаковка стальных деталей;
- d) предотвращение атмосферной коррозии машин и деталей при их хранении.

7. Область применения защитных микрокристаллических восковых составов – это:

- a) получение полимерных пленок;
- b) легирование стали;
- c) изготовление моделей деталей при литье;
- d) предохранение металлических изделий от коррозии.

8. Инициаторы и стимуляторы биокоррозии – это:

- a) бактерии;
- b) грибы;
- c) влажность;
- d) температура.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью изучения предлагаемого учебного пособия является приобретение и усвоение студентами, обучающимися по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия» (профиль «Технические системы в агробизнесе»), знаний о теории коррозионных процессов, наиболее характерных для сельскохозяйственного производства; о составе, свойствах, технологиях нанесения различных защитных антикоррозионных покрытий; о закономерностях рационального выбора и применения существующих методов и средств противокоррозионной защиты сельскохозяйственной техники.

В результате изучения предложенного материала и выполнения лабораторных работ студенты смогут самостоятельно оценивать и прогнозировать состояние материалов и причины отказов деталей под воздействием на них различных эксплуатационных факторов; выбирать на практике подходящее защитное покрытие в зависимости от многообразных условий эксплуатации и хранения сельскохозяйственной техники.

Пособие обобщает результаты многолетней методической работы сотрудников кафедры общинженерных дисциплин Красноярского государственного аграрного университета.

В работе сконцентрирован обширный материал различных учебных и справочных источников, систематизирован и акцентирован для студентов, обучающихся по программе бакалавриата вышеуказанного направления.

При написании пособия использованы результаты научных исследований сотрудников кафедры, в том числе и автора, посвященных изучению влияния промышленных выбросов в различных районах Красноярского края на скорость коррозии металлов и сплавов. Конкретные практические рекомендации и технологические приемы, приведенные в работе, позволят повысить уровень сохраняемости сельскохозяйственной техники.

Пособие содержит методические указания по выполнению лабораторных работ. Их проведению предшествует изучение теоретического материала, изложенного в лекционном курсе. При этом ставятся вопросы, требующие закрепления полученных знаний при прохождении студентами преддипломной практики. Каждый раздел содержит необходимые контрольные вопросы и тестовые задания для самопроверки знаний.

Использование студентами материалов, изложенных в учебном пособии, позволит им не только овладеть общими и профессиональными компетенциями, но и целенаправленно подготовиться к успешной сдаче зачета по дисциплине «Защита сельскохозяйственной техники от коррозии».

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуляев, А.П. Металловедение: учеб. для вузов / А.П. Гуляев. – М.: Металлургия, 1986. – 544 с.
2. Жуков, А.П. Основы металловедение и теории коррозии: учебник / А.П. Жуков, А.И. Малахов – М.: Высш. шк., 1991. – 168 с.
3. Игнатъев, Р.А. Защита техники от коррозии, старения и био-повреждений: справочник / Р.А. Игнатъев, А.А. Михайлова. – М.: Россельхозиздат, 1987. – 348 с.
4. Игнатъев, Р.А. Противокоррозионная защита сельскохозяйственной техники: справочник / Р.А. Игнатъев, А.А. Михайлова. – М.: Россельхозиздат, 1981. – 256 с.
5. Колесов, С.Н. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учеб. для вузов / С.Н. Колесов, И.С. Колесов. – М.: Высш. шк., 2007. – 533 с.
6. Материаловедение и технология металлов: учеб. для вузов / Г.П. Фетисов, М.Г. Карпман, В.М. Матюнин [и др.]; под ред. Г.П. Фетисова. – М.: Высш. шк., 2006. – 638 с.
7. Почекутов, С.И. Методические основы педагогического тестирования: учеб. пособие / С.И. Почекутов, Е.Е. Савченко. – Красноярск: Изд-во КГТУ, 2004. – 60 с.
8. Романченко, Н.М. Защита сельскохозяйственной техники от коррозии: учеб.-метод. комплекс / Н.М. Романченко, В.Ф. Беспалов. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2014. – 179 с.
9. Романченко, Н.М. Специальное материаловедение: учеб.-метод. комплекс / Н.М. Романченко. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2014. – 384 с.
10. Солнцев, Ю.П. Оборудование пищевых производств. Материаловедение: учеб. для вузов / Ю.П. Солнцев, В.Л. Жавнер, С.А. Вологжанина [и др.]. – СПб.: Профессия, 2003. – 526 с.
11. Фомин, Г.С. Коррозия и от коррозии: энциклопедия международных стандартов / Г.С. Фомин. – М.: Наука, 1999. – 746 с.
12. Чередниченко, В.С. Материаловедение. Технология конструкционных материалов: учеб. пособие / В.С. Чередниченко. – М.: Омега-Л, 2009. – 751 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Глава 1. Общие сведения о коррозии. Коррозионностойкие и жаростойкие материалы	5
§ 1.1. Типы коррозии.....	9
§ 1.2. Виды коррозии.....	14
§ 1.3. Методы защиты от коррозии. Коррозионная стойкость металлов и сплавов	26
§ 1.4. Коррозионностойкие и жаростойкие материалы	34
Лабораторная работа № 1. Изучение свойств и микроструктуры жаростойких (окалиностойких) сталей.....	41
Лабораторная работа № 2. Изучение свойств и микроструктуры коррозионностойких сталей.....	49
Тест самоконтроля к главе 1	59
Глава 2. Покрытия в сельскохозяйственном машиностроении	62
§ 2.1. Виды защитных покрытий	62
§ 2.2. Подготовка поверхностей к нанесению защитных покрытий.....	77
§ 2.3. Способы нанесения покрытий.....	94
Лабораторная работа № 3. Изучение состава, свойств и применения лакокрасочных материалов и покрытий.....	115
Лабораторная работа № 4. Изучение состава, свойств и применения полимерных материалов и покрытий.....	131
Тест самоконтроля к главе 2	159
Глава 3. Другие противокоррозионные средства защиты	164
§ 3.1. Виды противокоррозионных средств защиты, применяемых в сельскохозяйственном производстве	164
§ 3.2. Техника безопасности и противопожарные мероприятия при нанесении покрытий и противокоррозионных средств защиты.....	177
Тест самоконтроля к главе 3	183
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	185
ЛИТЕРАТУРА	187

ЗАЩИТА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ОТ КОРРОЗИИ

Учебное пособие

Романченко Наталья Митрофановна

Редактор О.Ю. Потапова

Санитарно-эпидемиологическое заключение № 24.49.04.953.П. 000381.09.03 от 25.09.2003 г.

Подписано в печать 5. 07. 2016. Формат 60x90/16. Бумага тип. № 1.

Печать – ризограф. Усл. печ. л. 11,75. Тираж 60 экз. Заказ № 207

Редакционно-издательский центр Красноярского государственного аграрного университета
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117