Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»
Кафедра художественной и пластической обработки материалов

ДЕКОРАТИВНАЯ ОТДЕЛКА ХУДОЖЕСТВЕННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Методические рекомендации
по выполнению лабораторных работ
по учебному модулю «Материаловедение в дизайне»
для направления подготовки 54.03.01 –Дизайн (Профиль подготовки)

Составитель
Доцент кафедры
А.А. Тихонов

Великий Новгород, 2016

Оглавление

Введение 3
Работа 1. Нанесение покрытий методом электронатирания 3
1.1 Цель работы 3
1.2 Теоретическая часть 3
1.3 Аппаратура и методика эксперимента 4
1.4 Порядок выполнения работы 5
1.5 Обработка результатов эксперимента 6
1.6 Контрольные вопросы 6
Работа 2. Электроискровая обработка 7
2.1 Цель работы 7
2.2 Содержание работы 7
2.3 Основные теоретические положения 7
2.4 Методика нанесения электроискровых покрытий 10
2.5 Порядок выполнения работы 11
2.6 Контрольные вопросы 12
3.1 Цель работы 12
3.2 Содержание работы 12
3.3 Основные теоретические положения 12
3.4 Экспериментальная часть 15
3.5 Контрольные вопросы 15
Рекомендуемая литература 16
Приложение А 17

Введение

В настоящее время декоративные покрытия металлов получили широкое распространение. Основная задача этих покрытий заключается в придании повышенных декоративных свойств обрабатываемым поверхностям и в получении на поверхности твердой пленки из наносимого материала.

Как правило, декоративные покрытия так же выполняю функцию защитных (защищают металл от коррозии). Но в основном декоративные покрытия решают эстетическую задачу. Они придают повышенную привлекательность обработанным изделиям из металла.

Способы нанесения декоративных покрытий из металлов и их соединений (солей, оксидов и др.) в основном основаны на физической реакции осаждения частиц. Обязательным условием протекания таких реакций является наличие определенной среды (электролитов, вакуума, газов, плазмы или растворов). Протекание этих реакций становится возможным в результате разности электрических потенциалов у металлов, вступающих в реакцию, где в результате на более пассивный материал электро-химической пары происходит осаждение атомов более активного. Одним из наиболее распространенных способов декоративного покрытия металлов является гальванизация.

К подобным способам так же относится плакирование, йонно-плазменное (электродуговое) напыление. Для придания различных потребительских свойств изделиям этими способами наносятся: титан, цирконий, ниобий, тантал, хром, никель, серебро, золото, платина и др. материалы. А так же их соединения, например карбиды и оксиды.

Нанесение качественных декоративных металлических покрытий возможно лишь с применением специальной технологии и соблюдения условий нанесения. Некоторые установки для нанесения стационарны и не могут работать вне определенных условий. Например, без постоянной температуры и влажности в помещении, без подачи газа и др. Так же в целях придания большей привлекательности покрытиям после собственно нанесения материала на поверхность она может быть пассивирована (радужными, матовыми или цветными оттенками).

Работа 1. Нанесение покрытий методом электронатирания

1.1 Цель работы

Изучить технологию нанесения покрытий методом электронатирания.

1.2 Теоретическая часть

Электронатирание было создано для косметической обработки и устранения дефектов покрытий. Этот метод исторически применялся для нанесения покрытий на участки поверхности сложной формы, непрокрытые при электроосаждении в ваннах. Дефекты поверхности, обусловленные следами подвески, накоплением газа (например, в труднодоступных полостях) или недостаточной рассеивающей способностью электролита устранялись «натиранием». При этом кусок металла обматывался тканью, присоединялся к анодному токоподводу, обмакивался в электролит и приводился в контакт с дефектным участком покрытия. При этом не производилось никакого контроля процесса осаждения, т.к. это была чисто косметическая обработка. Эта процедура дала начало тому, что на сегодняшний день известно как «электроосаждение натиранием», «селективное осаждение», «электрохимическая металлизация» или «контактное осаждение».

Нанесение покрытий натиранием – это процесс электроосаждения, в котором используются все составные части классического электроосаждения:

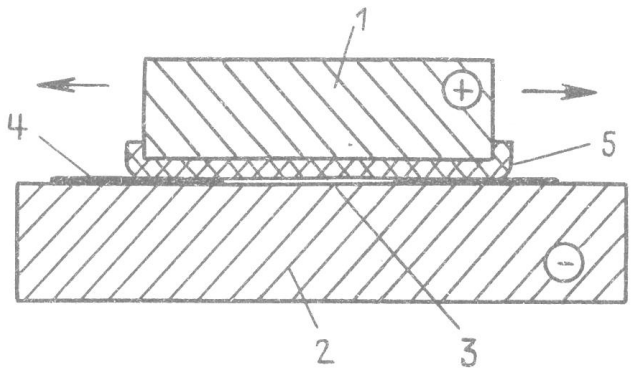
– анод, называемый при электронатирании рабочим инструментом. Для обновления раствора в пористом слое при электроосаждении анод, обёрнутый пористым материалом, окунается в ёмкость с электролитом и пористый материал пропитывается жидкостью. В другом варианте рабочий раствор может подаваться насосом в пористый материал с одновременный сбором и рециркуляцией вытекающего раствора;

– рабочий раствор (электролит), предназначенный специально для электроосаждения электронатиранием. Для обматывания рабочего инструмента (анода) применяются пористые материалы с различной степенью шероховатости.

– катод, являющийся частью поверхности покрываемой детали.

Принципиальным отличием процессов электроосаждения в ванне и электронатиранием состоит в отсутствии ванны в последнем случае.

Схема процесса электронатирания представлена на рисунке 1.1.



1 – анод, 2 – катод (изделие), 3 – зона электроосаждения,
4 – защитная маска, 5 – покрытие анода (пористый материал)

Рисунок 1.1 – Схема процесса электронатирания

Технологический процесс электронатирания включает в себя следующие операции: очистку поверхности деталей механически или химически; активацию; нанесение покрытия.

Покрытие наносятся следующим образом. Сначала необходимо подключить изделие к положительному полюсу, причём напряжение определяется материалом и формой наконечника. Затем, подключённый к отрицательному полюсу выпрямителя, наконечник (металлический стержень), который предварительно оборачивается специальным абсорбирующим материалом, погружают в ёмкость с электролитом и медленными возвратно-поступательными или круговыми движениями перемещают его по детали. Через каждые 25 секунд его увлажняют электролитом. Переход металла с электролита на покрываемую деталь осуществляется во время перемещения анода по поверхности. Быстрая смена электролита в прикатодном слое позволяет применять весьма большие плотности тока, и, следовательно, с большей скоростью производить нанесение покрытия. Материал, на который постоянно поступает электролит, служит как бы электролитической ванной, и при включенном токе начинается процесс электролиза. Положительно заряженные ионы металла, находящиеся в электролите, соприкасаясь с поверхностью отрицательно заряженной детали, восстанавливаются и отлагаются в виде атомов металла. Методом электронатирания наносят никелевые, родиевые, кадмиевые, цинковые, баббитовые, медные, серебряные, золотые и другие покрытия [1].

1.3 Аппаратура и методика эксперимента

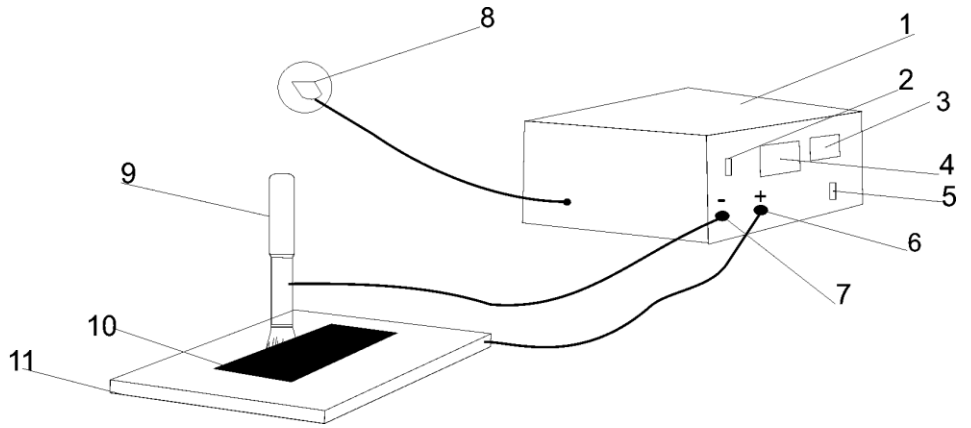
Покрытия следует наносить на пластины из латуни Л70 или на образцы из листовой стали 10 кп. Необходимо осуществить подготовку поверхности, Для этого необходимо

осуществить шлифование, полирование, обезжиривание венской известью и промывку дистиллированной водой. Для электронатирания покрытий следует использовать установку, изображённую на рисунке 1. В установке используется ВПТГ–3 - выпрямитель переменного тока конструкции Горелова с током от 0 до 3А и напряжением до 20 В, позволяющий изменять силу тока дискретно через 0,01А и стабильно её поддерживать. Были разработаны и изготовлены электрод-инструменты и гальваническая кисть. Можно использовать электрод-инструменты площадью 3,75 $см^2$ и 0,02 $см^2$, изготовленные из нержавеющей стали 12Х18Н10Т, обмотанные износостойкой химически стойкой кримпленовой тканью. Кримпленовая ткань изолирует электрод-инструмент (анод) от изделия (катода). Кроме этого ткань впитывает и удерживает электролит. Гальваническая кисть представляет собой стержень из нержавеющей стали, с внутренним диаметром 8 мм, длина стержня – 150 мм с пучком щетины 30 мм, из которых 20 мм заходят внутрь ручки, а 10 мм составляют свободный конец с площадью 0,5$см^2$. Ручку кисти, подсоединяли с помощью проводов к положительной клемме ВПТГ-3. Покрытия в каждом опыте следует наносить в течение двух минут. Скорость движения электродов при электронатирании в диапазоне 3,9 – 9,1 м/мин. Нанесение покрытий лучше всего выполнять круговыми движениями. Это позволяет уменьшить пригар, так как происходит лучшее перемешивание электролита, кроме того, при поступательном движении на краях происходит секундная фиксация, что увеличивает возможность образования пригара.

Обновлять электролит можно с помощью капельницы или методом окунания с периодичностью 1 раз в минуту для электродов-инструментов и 5 раз в минуту для гальванической кисти.

1.4 Порядок выполнения работы

1.4.1 Собрать установку (Рисунок 1.2). Правильность сборки проверяет преподователь.



1 – ВПТГ – 3; 2 – тумблер подачи тока; 3 – регулятор силы тока; 4 – цифровой миллиамперметр; 5 – тумблер включения в сеть; 6 – анодная клемма «+»; 7 – катодная клемма «-»; 8 – розетка; 9 – электрод-инструмент (кисть); 10 – натираемый участок; 11 – изделие.

Рисунок 1.2 – Устройство с ВПТГ – 3 для электронатирания покрытий

1.4.2 Подготовить поверхность латунной или стальной пластины.

1.4.3 Используя электролиты, осуществить электронатирание серебряных, или медных покрытий в соответствии с заданием преподавателя. Составы этих электролитов

приведены в таблице 1.1. Некоторые из представленных электролитов могут использоваться для нанесения покрытий в стационарных гальванических ваннах [2].

1.4.4 Изучить влияние состава электролитов меднения или серебрения и режимов электронатирания на качество медных покрытий.

1.4.5 Составить отчёт.

Таблица 1.1 - Составы электролитов для электронатирания. Концентрация компонентов приведена в г/л

Компоненты электролитов в г/л	Номера электролитов		
	№1	№2	№3
Серебро азотнокислое	5÷10	-	-
Медь сернокислая	-	50÷250	20
Калия гексациано-II феррат	50	-	-
Калия пирофосфат		-	250
Калий роданистый	100	-	-
Калий углекислый	25	-	-
Серная кислота	-	0÷60	-

1.5 Обработка результатов эксперимента

Результаты экспериментов следует представить в виде таблицы 1.2.

Таблица 1.2 - Влияние состава электролитов и режимов электронатирания на качество покрытий

№ опыта	Состав электролита	Площадь электрода-инструмента	Сила тока	Катодная плотность тока	Скорость движения электрода	Качество покрытия

1.6 Контрольные вопросы

1) Какие операции включает технология нанесения покрытий методом электронатирания?
2) Какие компоненты входят в состав электролитов меднения и серебрения?
3) Какова их роль в процессе электронатирания?
4) Какие реакции протекают на катоде и аноде при серебрении или меднении?
5) Как влияет катодная плотность на качество покрытий?
6) Как влияет скорость движения электрод-инструмента на качество покрытий?
7) Какие виды брака могут возникнуть при электронатирании и как их можно устранить?
8) Какие достоинства и недостатки имеет процесс электронатирания?
9) Для каких целей можно использовать процесс электронатирания?

Работа 2. Электроискровая обработка

2.1 Цель работы

Изучить влияние состава электродов, металла основы и режимов электроискровой обработки на внешний вид и качество модифицированной поверхности.

2.2 Содержание работы

2.2.1 Ознакомиться с методикой проведения работы.
2.2.2 Выполнить нанесение электроискровых покрытий.
2.2.3 Изучить свойства и качество полученных покрытий.
2.2.4 Составить отчёт.

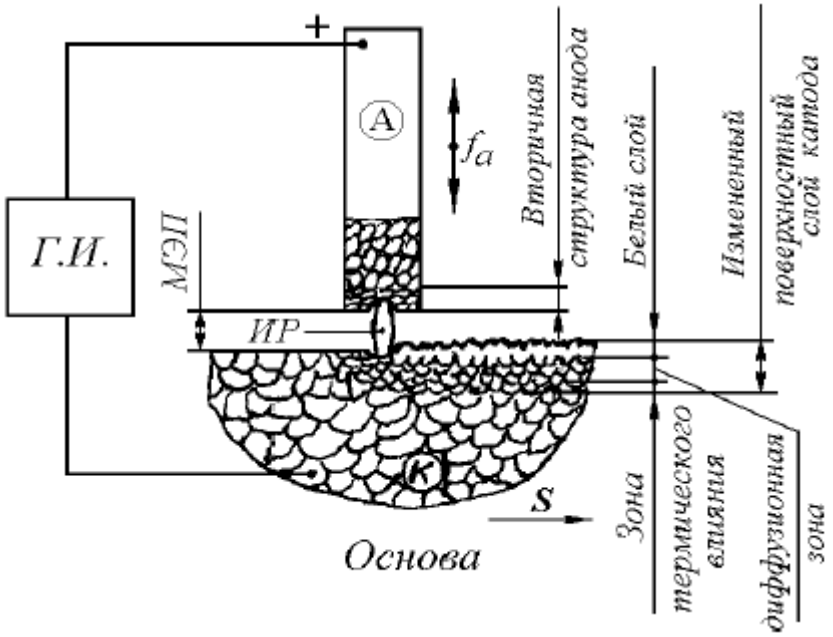
2.3 Основные теоретические положения

Электроискровую обработку поверхности можно применять для:

- декоративной отделка металлических изделий;
- повышения износостойкости и твердости поверхности деталей машин;
- повышения жаростойкости и коррозионной стойкости поверхности;
- повышения долговечности металлорежущего, деревообрабатывающего, слесарного и другого инструмента;
- создания шероховатости под последующее гальваническое покрытие;
- облегчения пайки обычным припоем труднопаяемых материалов (нанесение промежуточного слоя, например, меди).
- увеличения размеров изношенных деталей машин при ремонте.

Электроискровая обработка в основном заключается в легировании поверхностного слоя металла изделия (катода) материалом электрода (анода) при искровом разряде в воздушной среде. Способ электроискровой обработки металлов, разработанный Б.Р.Лазаренко и Н.И. Лазаренко, основан на явлении электрической эрозии материалов при искровом разряде в газовой среде (преимущественно на воздухе), полярного переноса продуктов эрозии на катод (деталь), на поверхности которого формируется слой измененной структуры и состава. В результате электрического пробоя межэлектродного промежутка возникает искровой разряд, в котором поток электронов приводит к локальному разогреву электрода (анода). На поверхности катода под действием значительных тепловых нагрузок происходят микрометаллургические и сопутствующие им процессы (термомеханические, гидродинамические, диффузионные), осуществляющие перемешивание материала катода и анода, при взаимодействии с компонентами газовой среды, что способствует образованию высокой адгезии между основой и формируемым слоем. Поэтому электроискровое легирование следует считать методом создания новых композиционных материалов. В первую очередь это относится к тугоплавким покрытиям, наиболее существенно и принципиально изменяющим свойства верхнего слоя материала. Величина этих изменений определяется составом, структурой, свойствами материалов электродов и технологическими параметрами процесса ЭИЛ [1].

На рисунке 2.1 приведена общая схема процесса ЭИЛ с вибрирующим анодом в виде компактного электрода и изображение образующегося верхнего слоя.

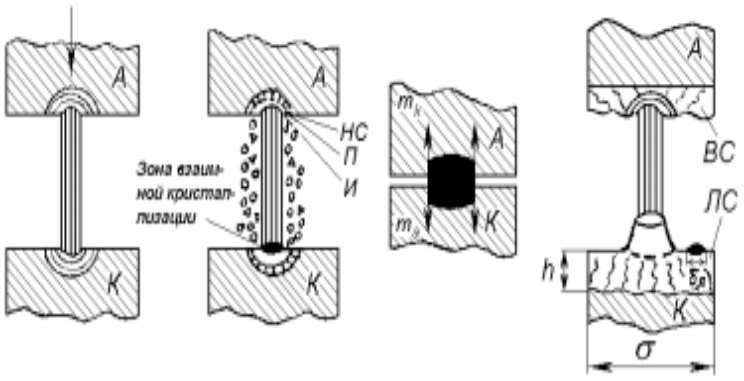


Г.И.- генератор импульсов; МЭП - межэлектродный промежуток; ИР- искровой разряд; А - анод (компактный электрод); К - катод (деталь); fa - частота вибрации анода; S - направление подачи детали.

Рисунок 2.1 - Общая схема процесса ЭИЛ и формируемая структура

В результате химических реакций легирующего металла с диссоциированным атомарным азотом и углеродом воздуха, а также с материалом детали в поверхностных слоях могут образовываться закалочные структуры и сложные химические соединения (высокодисперсные нитриды, карбонитриды и карбиды), и соответственно возникать диффузионный износостойкий упрочненный слой. Упрочненный слой может имеет высокую твердость и износостойкость. Твердость слоя, измеренная методом Виккерса на приборе ПМГ-3, в основном составляет HV 1000÷1400 и зависит от материала электрода, металла основы, режимов легирования. Общий слой электроискрового упрочнения состоит из верхнего белого нетравящегося слоя и нижнего переходного диффузионного слоя с переменной концентрацией легирующих примесей и карбида, с сильно измененной исходной структурой, постепенно переходящей в структуру основного металла. В большинстве случаев нижний слой по глубине несколько больше верхнего. В связи с наличием диффузионного слоя в структуре упрочненного металла возможно многослойное упрочнение, в том числе с образованием разнолегированных слоев.

Обобщённая модель процесса ЭИЛ А.Д.Верхотурова учитывает поверхностные явления на аноде и катоде, которые включают: разрушение электродов в жидкой, паровой и твёрдых фазах; схватывание их в момент контакта; изменение свойств рабочих поверхностей за счёт переноса материала и импульсных нагрузок; наличие на катоде в зоне действия искры микрованны, обеспечивающей перекристаллизацию материалов и их физико-химическое взаимодействие; ограничение толщины слоя за счёт внутренних напряжений и термоусталости. Анализ литературных данных и экспериментальных исследований электроискровых покрытий различными классами материалов в сочетании со спектральной диагностикой плазмы и её осциллографирование приводят автора к следующей обобщённой модели немеханизированного вибрационного легирования (Рисунок 2.2).



а) б) в) г)

а - пробой межэлектродного промежутка, б - образование эрозионных лунок на аноде и катоде с тремя зонами: (И) - испарения, (П) - плавления, (НС) - напряжённого состояния; в - момент контакта электродов, которому сопутствует схватывание и обратный перенос; г - формирование на аноде вторичной структуры (ВС) и легированного слоя на катоде.

Рисунок 2.2 - Обобщённая модель процесса ЭИЛ

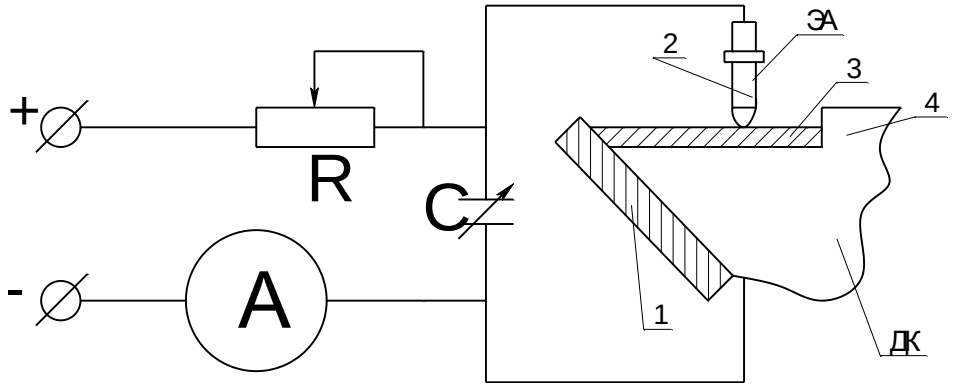
Искровой разряд оказывает на материал электродов импульсное тепловое и механическое воздействия. Поток электронов приводит к локальному разогреву электрода (анода), а поперечное магнитное создаёт высокое давление в плазменном шнуре разряда, в котором реализуется средняя электронная температура Те ~ (5…7)·1000 К. В результате этого воздействия на поверхности электродов появляются объёмные источники тепла приводящие к возникновению эрозионных лунок на аноде и катоде. В самой лунке можно выделить три зоны: испарения, плавления и напряжённого состояния (рисунок 2. -б). Размер зон плавления и испарения тем больше, чем меньше температура плавления ($T_{пл}$), кипения ($T_{кип}$) и коэффициент теплопроводности материала электрода (λ). Зона напряжённого состояния возникает за счёт волны термических и термомеханических напряжений в результате импульсного нагрева, реактивного воздействия плазменной струи и её расширение в момент спада тока в импульсе. Расчёт по формуле Б.Н.Золотых внутренних термических напряжений, возникающих в поверхностном слое молибдена и железа при действии импульсного источника тепла, показывает, что изменение напряжений носит волновой характер, причём, внутренние напряжения изменяются от растягивающих до сжимающих, затухая с увеличением расстояния от источника. Большие значения растягивающих напряжений на рабочей поверхности электрода являются основной причиной образования трещин и создания твёрдофазной эрозии, вклад которой в общий эрозионный эффект зависит от режимов обработки и гомеополярности межатомной связи в материале электрода. Многократное взаимодействие искровых разрядов приводит к ограничению толщины ЛС. Основными причинами, вызывающими ограничение ЛС, являются:

а) накопление внутренних напряжений, в том числе за счёт образования в покрытиях новых фаз с различными коэффициентами термического расширения;

б) термоусталость покрытия в условиях многократных циклов нагрева и охлаждения его микрообъёмов.

Таким образом, большое число факторов, влияющих на полярный перенос, затрудняет однозначную формулировку общего критерия полярного переноса при ЭИЛ. Можно выполнить предварительную оценку возможности переноса материала анода и образования покрытия на катоде. Главным достоинством обобщённой модели процесса ЭИЛ А.Д.Верхотурова является возможность управления эксплуатационными свойствами покрытия варьированием физико-химических и структурных характеристик электродных материалов. Однако эта модель не учитывает взаимосвязи: микротвёрдость электродного материала – микротвёрдость легированного слоя - износо-, жаростойкости полученого покрытия. Она также требует дополнений и уточнений [3].

Электроискровая обработка может осуществляться с помощью установок, имеющих электрическую схему, представленную на Рисунке 2.3.



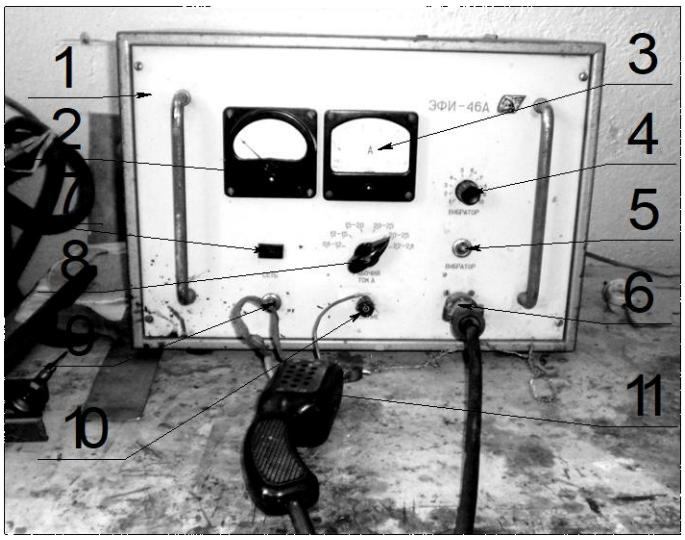
ЭА – электрод-анод; ДК – деталь-катод на контактной пластине; 1 – графитовая пластинка; 2 – электрод; 3 – обработанная поверхность; 4 – корпус инструмента

Рисунок 2.3 – Принципиальная электрическая схема устройства для электроискровой обработки

На рисунке 2.3 изображена графитовая пластина, она используется для предотвращения образования прижогов на острых кромках инструментов и изделиях.

2.4 Методика нанесения электроискровых покрытий

Электроискровое нанесение покрытий необходимо выполнить на установке ЭФИ-46А, изображённой на рисунке 2.4. В пистолет-инструмент установить и закрепить с помощью винта необходимый электрод. Образцы, детали, инструменты, подвергаемые электроискровой обработке, предварительно готовили. Это в частности связано с тем, что шероховатость и сплошность нанесенного покрытия зависят от степени шероховатости исходной поверхности; при этом, чем ниже шероховатость, тем выше качество поверхности с нанесенным покрытием. Параметр шероховатости обрабатываемой поверхности R_z не должен быть выше 80 мкм. Поэтому такую шероховатую поверхность необходимо шлифовать, а затем обезжиривать венской известью. Промыть водой и высушить. Перед началом работы вибратор и аппарат необходимо отрегулировать в соответствии с заданным режимом обработки. Чем более жёсткий режим с большей силой тока используется, тем более мощная вибрация должна использоваться для исключения залипания электрода-инструмента к обрабатываемой поверхности. После включения аппарата электроды вводят в соприкосновение друг с другом и затем перемещают электрод-инструмент относительно обрабатываемой поверхности, поддерживая постоянным давление на вибратор. Движение электрода по обрабатываемой поверхности выполняют круговыми движениями с одновременным продвижением в сторону, либо зигзагом с небольшой амплитудой и продвижением в сторону. Скорость перемещения электрода при ручной обработке не должна превышать 0,07—0,09 м/мин.



1- корпус; 2 – вольтметр; 3 – амперметр; 4 – переключатель виброрежимов; 5 – включатель виброрежима; 6 – разъём подключения инструмента (пистолета); 7 – индикатор питания сети; 8 – переключатель режимов тока; 9 – включатель питания сети; 10 – клемма подключения изделия; 11 – инструмент (пистолет с электродом)

Рисунок 2.4 - Общий вид установки ЭФИ-46А

При более высокой скорости качество покрытия снижается. Соблюдают перпендикулярность расположения электрода по отношению к упрочняемой поверхности. При выполнении операции электроискрового легирования не следует отрывать электрод и прерывать плавное его перемещение вдоль обрабатываемой поверхности. Отрыв электрода вызывает разряд конденсатора контура. Если упрочняющий электрод был отведен от упрочняемой поверхности на некоторое расстояние, а затем вновь приближен к ней, то первый разряд между вновь сближенными электродами возникает в ионизированном воздухе при разности потенциалов, близкой к напряжению источника питания зарядного контура. Такой разряд может вызвать значительную эрозию поверхности изделия или даже прижог на ней. Электроискровое нанесение покрытий можно проводить на мягких, средних и жестких режимах по току и напряжению на электродах. Мягкие режимы обеспечивают получение тонкого мелкодисперсного плотного слоя упрочняющего металла. Для образования необходимого слоя при работе на мягких режимах требуется больше времени, чем при использовании жестких режимов. Жесткие режимы позволяют получить более толстые слои упрочняющего металла, однако не всегда обеспечивают его однородность, плотность, мелкодисперсность, могут приводить к более значительной шероховатости поверхности. В связи с этим варьировались токовые режимы ЭИЛ до 2,8А, изучалось их влияние на внешний вид и качество покрытий.

2.5 Порядок выполнения работы

2.5.1 Ознакомиться с методикой проведения работы.

2.5.2 Выполнить нанесение электроискровых покрытий с помощью различных видов электродов (медных, бронзовых, оловянных и др.) при различных режимах на стальные, алюминиевые и титановые образцы. Сделать рисунки или фотографии полученных покрытий. Результаты занести в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 - Влияние режимов ЭИЛ и материалов электрода и образца на качество и внешний вид покрытия

Материал электрода	Материал образца	Режим ЭИЛ Сила тока	Внешний вид покрытия	Качество покрытия

2.5.3 Изучить свойства и качество полученных покрытий. Определить адгезию методом царапания, пористость метод наложения.

2.5.4 Составить отчёт.

2.6 Контрольные вопросы

1) Какие операции включает технология нанесения покрытий электроискровым методом?
2) Какие процессы протекают при электроискровой обработке?
3) Какая структура формируется при электроискровом легирование?
4) С какой целью наносятся электроискровые покрытия?
5) Какими свойствами обладает поверхность после электроискрового легирования?
6) Какие электроды используются для электроискрового легирования?
7) Как влияют режимы электроискровой обработки на качество покрытий и скорость нанесения покрытий?
8) Из каких элементов состоит электрическая схема приборов для электроискровой обработки?
9) Что входит в состав установки ЭФИ-46А?
10) Какие достоинства и недостатки имеет процесс электроискрового легирования?

Работа 3. Термическое окрашивание (тонирование) металлов и сплавов

3.1 Цель работы

Освоить технологию термического окрашивания металлов.

3.2 Содержание работы

3.2.1 Ознакомиться с методическими указаниями.

3.2.2 Выполнить термическое окрашивание в лабораторной муфельной печи СНОЛ. Построить градуировочную кривую для термопары. Установить цвета побежалости и соответствующие им температуры для железа, меди, титана и их сплавов.

3.2.3 Составить отчёт.

3.3 Основные теоретические положения

Методы термического окрашивания металлов нашли применение для декоративной и антикоррозионной отделки художественных изделий, прежде всего, выполненных ковкой, чеканкой, литьём, диффовкой (выколоткой) из железа, меди титана, алюминия, тиана, циркония, ниобия и их сплавов.

В процессе нагрева металлических изделий в среде, содержащей кислород (воздух, растворы и расплавы солей), происходит их окисление и образование или рост уже имеющейся оксидной плёнки на поверхности металла. Интенсивность, с которой происходит

окисление металлов и сплавов, зависит от состава среды (атмосферы печи, состава расплава и т.д.), температуры нагрева, природы металла или сплава. С повышением температуры или увеличением времени пребывания изделия в печи при постоянной температуре толщина оксидной плёнки увеличивается, и цвет её изменяется. В таблице 3.1 приведены цвета побежалости, получаемые на нелегированных сталях при термическом окрашивании.

Таблица 3.1 - Влияние температуры на цвета побежалости стали

Цвет побежалости	**Температура нагрева в ºС**
Светло-жёлтый	220
Жёлтый	230
Тёмно-жёлтый	240
Коричневый	255
Коричнево-красный	265
Фиолетовый	285
Тёмно-синий	300
Светло-синий	320
Серый	330

Качество термического окрашивания в значительной степени зависит от: природы металла, его однородности, чистоты поверхности металла, толщины образовавшейся оксидной плёнки, способа выполнения термического окрашивания и используемого оборудования. Наилучшие результаты термического окрашивания достигаются при окрашивании тугоплавких металлов, на поверхности которых оксидная плёнка имеет высокую адгезию (прочность сцепления) с металлом. Это характерно для титана, циркония, ниобия и их сплавов, а также для аустенитных нержавеющих сталей. Для других металлов и сплавов хороший результат достигается только при образовании относительно тонких оксидных плёнок, т.к. чем больше толщина плёнки, тем ниже её адгезия, а также при использовании специальных технологических приёмов. В первую очередь необходимо уделить особое внимание состоянию поверхности металла. Загрязнённые маслами, жирами, остатками полировальных паст и т.д. поверхности металлов очищают методами обезжиривания в органических растворителях (уайт-спирит, бензин, хлодон-113, трихлорэтилен), в щелочных моющих растворах и т.д. Если на поверхности металла имеется слой окислов неравномерных по цвету, толщине, плохо сцеплённых с основным металлом, то такую оксидную плёнку удаляют механическим, химическим или электрохимическим способом. Поверхность изделия перед термическим окрашиванием должна быть чистой, ровной и сухой. Нагрев металлических изделий может выполняться в печах, в горне, паяльной лампой, газовой или керосиновой горелкой и т.д. Наиболее равномерный нагрев происходит в печах, что и позволяет получать наиболее равномерную тонировку. При достижении, получение необходимого цвета изделие немедленно извлекают из печи. Однако художественные изделия могут иметь размеры, превышающие габариты рабочего пространства печи, тогда может использоваться, например, газовая горелка. Работа с ней требует большого опыта и аккуратности. Нагрев необходимо проводить очень осторожно и медленно, чтобы цвета побежалости изменялись как можно медленнее. От этого зависит качество и толщина окисленного слоя, чем он тоньше, тем прочнее отделка. После термической обработки художественное изделие, как правило, натирают воском. Для этого можно использовать раствор воска в бензине. Затем выполняют операцию полирования, чаще всего, щёткой. Такая обработка усиливает художественную выразительность металлического художественного изделия.

Одной из разновидностей термического окрашивания сплавов железа является воронение. Воронение – это получение термической или химической обработкой на

поверхности стальных или чугунных изделий декоративного (коричневого, чёрного, тёмно синего) или защитного слоя окислов железа толщиной 1 – 10мкм. В связи с этим воронение по своей сути является оксидированием. Термическое воронение выполняют погружением очищенных полированных стальных изделий в расплав натриевой селитры (азотнокислого натрия) при температуре 300 – 350ºС в течении 3-5 минут, на поверхности изделия образуется тонкая, но достаточно прочная красивая оксидная плёнка тёмно-синего цвета. Химическое воронение (оксидирование) выполняется в растворах следующего состава: едкий натрий 500-700г/л, нитрат натрия 50-150г/л, нитрит натрия 100-250г/л при температуре 135 – 155ºС в течение 10-90 минут. Концентрация компонентов, температура, время выдержки зависят от состава обрабатываемых сталей и чугунов. В ряде случаев для стальных изделий, чаще всего небольших размеров, применяют воронение с закаливанием. Для этого стальные предметы нагревают до красного каления, а затем опускают в машинное масло. Он сразу приобретает глубокий чёрный цвет.

Один из наиболее древних способов нанесения декоративно-защитных покрытий на металлы – это олифо-масляный обжиг, который используется для отделки стальных кузнечных изделий, отливок из чугуна и т.д. На художественные изделия, чаще всего, тампоном наносят тонкий слой натуральной олифы, льняного или другого растительного масла. Далее выполняется отжиг в печах, с помощью горелок и другими способами. Нагрев надо выполнять медленно, нельзя допускать горения масла (олифы). Эти вещества при повышении температуры начинают разлагаться и соединяться с окислами железа, создают коричневую, тёмно-коричневую или чёрную плёнку. Для получения очень глубокой тёмной насыщенной окраски операции олифо-масляного обжига повторяют. В заключение, изделия покрывают воском и полируют. Различные цвета покрытия можно получить прокаливая изделия из алюминия и его сплавов, покрытые слоем олифы или растительного масла. Алюминий, покрытый слоем растительного масла, после прокаливания приобретают золотисто-коричневый или оливковый цвет, покрытый натуральной олифой – красно-коричневый или чёрный. Когда поверхность металла приобретает нужный цвет, нагрев прекращают и дают изделию постепенно остыть. Плёнка на алюминии получается блестящей и способствует повышению стойкости к коррозии.

При проведении процессов термического окрашивания металлов важно контролировать и поддерживать необходимую температуру. При окрашивании сплавов железа методом закаливания в масло достаточно знать цвета каления, представленные в таблице 3.2. Этот метод не совершенен и позволяет определять температуру только приблизительно, тем не менее, он используется при выполнение художественной ковки.

Таблица 3.2 - Влияние температуры на цвета каления сталей

Цвет каления	**Температура ºК**
Тёмно-красный	923
Вишнёво-красный	973
Светло-красный	1073
Густо-оранжевый	1173
Оранжево-жёлтый	1273
Соломенно-жёлтый	1373
Светло-жёлтый	1423
Белый	1473÷1673

Значительно более точно контролируется температура с помощью термопар. Термопара изготавливается из двух разнородных проволок, два конца которых спаяны друг с другом (горячий спай). Горячий спай помещают в печь, а два других конца (холодный спай) присоединяют к соответствующему измерительному прибору (милливольтметру,

миллиамперметру, потенциометру и т.д.). При нагревании горячего спая термопары в ней возникает термоэлектродвижущая сила (ТЭДС), которая в основном зависит от температуры спая, природы проводников, из которых изготовлена термопара. Такие зависимости представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 - Значения ТЭДС различных термопар от температуры нагрева

Температура горячего спая ºС	ТЭДС термопар в мВ.		
	Платинородий-платина	Хромель-алюмель	Хромель-копель
0	0	0	0
100	0,64	4,095	6,88
200	1,42	8,37	14,59
300	2,31	12,207	22,68
400	3,24	16,395	31,49
500	4,21	20,64	40,28
600	5,22	24,902	49,11
700	6,25	29,128	57,85
800	7,32	33,277	66,47
900	8,43	37,325	-
1000	0,57	41,269	-
1100	10,74	45,108	-
1200	11,95	48,828	-

3.4 Экспериментальная часть

3.4.1 Получить образцы, выполнить ручное шлифование, обезжиривание, промывку, сушку.

3.4.2 Установить образцы в муфельную печь и выполнить их термическое окрашивание.

3.4.3 Результаты эксперимента занести в таблицу 3.4.

Таблица 3.4

Время термообработки	Показания милливольты	Т ºС	Цвет образцов				
			Сталь 45	Сталь 12Х13	Сталь ХВГС	Медь М1	Латунь Л59

3.4.4 Выполнить градуировку термопары, используя в качестве реперных следующие материалы: вода с температурой кипения 100ºС, олово с температурой плавления 232ºС, свинец с температурой плавления 327ºС, цинк с температурой плавления 419,5ºС, алюминий с температурой плавления 660ºС. По полученным результатам построить градуировочную кривую и в дальнейшем использовать её для определения температуры в печи.

3.4.5 Составить отчёт.

3.5 Контрольные вопросы

1) За счёт каких процессов происходит термическое окрашивание (тонирование) металлов и сплавов?
2) Что влияет на качество термического тонирования?

3) Какие основные цвета побежалости появляются при термическом окрашивании стали?

4) Перечислите основные способы контроля температуры в печи?

5) Что такое воронение? Как выполняют термическое воронение?

6) Что такое термопара?

7) Как осуществляют масляно-термическое окрашивание металлов и сплавов?

8) Какие операции выполняют перед термическим окрашиванием металлов и сплавов?

Рекомендуемая литература

Работа №1

1) 1 Московиц М. Селективное электроосаждение покрытий натиранием // Гальванотехника и обработка поверхности, 1993. - № 3. - С. 40 – 45.

2) 2 Буркат Г.К. Электроосаждение благородных металлов. – СПб.: Политехника, 2009. - 188с.

Работа №2

3) 1 Лазаренко Б.Р., Лазаренко Н.И. Электроискровая обработка токопроводящих материалов. - М.: Изд. АН МССР, 1959.

4) 2 Верхотуров А.Д. Обобщенная модель процесса электроискрового легирования. // Электрофизические и электрохимические методы обработки. 1983. - №1. - С. 3-6.

5) 3 Гитлевич А.Е., Михайлов В.В., Парканский Н.Я., Ревуцкий В.М. Электроискровое легирование металлических поверхностей. - Кишинев: Штиинца. 1985. - 195с.

6) 4 Химухин С.Н. Разработка научных основ формирования измененного поверхностного слоя на металлах и сплавах с заданными свойствами при низковольтной электроискровой обработке. Автореферат диссертации на соискание ученой степени д.т.н. - Комсомольск-на-Амуре, 2009. - 40с.

7) 5 Мулин Ю.И. Особенности формирования структуры и свойств покрытий, нанесённых методом электроискрового легирования на сталь// Физика и химия обработки материалов. - № 4. - 2006. – С. 60−66.

8) 6 Верхотуров А.Д. Мулин Ю.И., Астапова Е.С., Агапятов В.А., Щетинин М.И., Козырь А.В. Влияние режимов электроискрового легирования и электродных материалов на структуру и износостойкость покрытий. //Электронная обработка материалов. - № 3. - 2004. – С.17−21.

9) 7 Вячеславов П.М., Шмелева Н.М. Контроль электролитов и покрытий. – 2-е изд. – Л.: Машиностроение, 1985.– 96 с.

Работа №3

10) Одноралов Н.В. Декоративная отделка скульптуры и художественных изделий из металла. - М.: Изобраз. искусство, 1989 — 208 с.

11) Фетисов Г.П., Карпман М.Г, Матюнин В.М. и др. Материаловедение и технология металлов: Учеб.для вузов. ─ 6-е изд.,доп. ─ М.:Высшая школа, 2008. ─ 876с.

12) Флеров А.В. Материаловедение и технология художественной обработки металлов. - М.: Издательство В.Шевчук, 2001. – 288 с.

Приложение А
(справочное)

Пример оформления титульного листа отчета по лабораторной работе

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»

Политехнический институт
Кафедра художественной и пластической обработки материалов

ТЕМА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Лабораторная работа по учебному модулю «Материаловедение в дизайне»
по направлению подготовки 54.03.01 - Дизайн

Отчет

Преподаватель
_____А.А.Тихонов
«____ » _____ 201 г.

Студент группы №
_____И.О.Ф

«____ » _____ 201 г.