


**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**УТВЕРЖДАЮ**

  
\_\_\_\_\_  
Руководитель ОПОП ВО  
профессор Е.И. Пряхин

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ  
ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ РАЗРАБОТКИ ПОКРЫТИЙ РАЗЛИЧНОГО  
НАЗНАЧЕНИЯ**

**Уровень высшего образования:** Подготовка кадров высшей квалификации  
**Направление подготовки:** 22.06.01 Технологии материалов  
**Направленность (профиль):** Материаловедение (машиностроение)  
**Форма обучения:** очная  
**Нормативный срок обучения:** 4 года  
**Составитель:** д.т.н., профессор Е.И.Пряхин

Санкт-Петербург

## ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ

Изучение данной дисциплины предполагает закрепление аспирантами углубленных профессиональных знаний о различных современных видах покрытий.

**Цель** - дать аспиранту знания по теоретическим физико-химическим основам формирования диффузионных металлических покрытий из среды легкоплавких металлических растворов; разработка материалов с заданными механическими и физическими характеристиками.

**Основные задачи** - усвоение основных теоретических основ жидкостного поверхностного легирования из среды легкоплавких металлов.

№ п/п	Темы практических задач	Количество задач
1.	Формирование мультипликативных покрытий на сталях из легкоплавких металлических расплавов	10
2.	Состав, строение и свойства покрытий	13

## РАЗДЕЛ 1

### **Формирование мультипликативных покрытий на сталях из легкоплавких металлических расплавов.**

*Задача №1.* В соответствии с правилом Пиллинга и Бедвордса определить расчетным путем, удовлетворяют ли условию сплошности пленки оксидов на алюминии и на титане

*Задача №2.* Определить расчетным путем, удовлетворяют ли условию сплошности пленки оксидов на магнии и на железе. Плотность магния составляет 1,74 г/см<sup>3</sup>, плотность MgO - 3,65 г/см<sup>3</sup>, плотность железа - 7,86 г/см<sup>3</sup> и плотность FeO - 5,7 г/см<sup>3</sup>

*Задача №3.* Описать условия, при которых образуется оксидная пленка с высокими защитными свойствами. Привести схему процесса образования такой пленки. Указать, какие из перечисленных металлов (железо, вольфрам, хром, цинк, алюминий, калий) образуют и какие не образуют оксидную пленку с высокими защитными свойствами и почему.

*Задача №4.* В соответствии с правилом Пиллинга и Бедвордса определить расчетным путем, удовлетворяют ли условию сплошности пленки оксидов на молибдене и на железе.

*Задача №5.* В соответствии с правилом Пиллинга и Бедвордса определить расчетным путем, удовлетворяют ли условию сплошности пленки оксидов на ниобии и на хrome.

*Задача №6.* Сплав железа с 8 % хрома предназначен для работы в условиях электрохимической коррозии. Указать, способствует ли хром в указанном количестве переходу железа в пассивное состояние. Привести зависимость коррозионной стойкости железа от содержания хрома. Указать, какому правилу подчиняется эта зависимость, в чем состоят его сущность и практическое значение.

*Задача №7.* Сплав железа с 14 % хрома предназначен для работы в условиях электрохимической коррозии. Указать, способствует ли хром в указанном количестве переходу железа в пассивное состояние. Привести зависимость коррозионной стойкости железа от содержания хрома. Указать, какому правилу

подчиняется эта зависимость, в чем состоят его сущность и практическое значение.

*Задача №8.* Сталь, содержащую 1 % углерода и 18 % хрома, предлагается применить для работы в условиях электрохимической коррозии (окислительная среда). Объяснить пригодность или непригодность этой стали для эксплуатаций в указанных условиях:

*Задача №9.* Детали, изготовленные из стали с 1,5 % углерода и 25, % хрома, предполагается применить для работы в условиях электрохимической коррозии (окислительные среды). Объяснить пригодность или непригодность этой стали для эксплуатации в указанных условиях.

*Задача №10.* Сплав железа с 10 % хрома предназначен для работы в условиях электро-химической коррозии. Указать, способствует ли хром в указанном количестве переходу железа в пассивное состояние. Привести зависимость коррозионной стойкости железа от содержания хрома. Указать, какому правилу подчиняется эта зависимость, в чем состоят его сущность и практическое значение.

## РАЗДЕЛ 2

### ***Состав, строение и свойства покрытий.***

*Задача №1.* Привести теоретические кривые равновесия атмосферы ( $\text{CO}+\text{CO}_2$ ) со сталью и по этим кривым определить состав атмосферы, устраняющей обезуглероживание сталей У12, У8 и 40 при температурах 800 и 900 °С. Указать, какой состав атмосферы обеспечить безокислительной нагрев стали 40 при температуре 800 °С.

*Задача №2.* Привести теоретические кривые равновесия атмосферы ( $\text{CO}+\text{CO}_2$ ) со сталью и по этим кривым определить состав атмосферы для безокислительного нагрева сталей 20,45, У8 и У12 при температурах 850 и 950 °С. Указать состав атмосферы, которая обеспечит отсутствие обезуглероживания стали У12 при температуре 850 °С.

*Задача №3.* Выбрать безокислительную или устраняющую обезуглероживание защитную атмосферу при термической

обработке и горячей обработке металлов давлением. Изложить методику подбора защитной атмосферы исходя из констант равновесия реакций, протекающих в системе металл-газ.

*Задача №4* Привести теоретические кривые равновесия атмосферы (CO+CO<sub>2</sub>) со сталью и по этим кривым определить состав атмосферы, устраняющей обезуглероживание сталей У12, У8 и 40 при температурах 875 и 1000 °С. Указать, какой состав атмосферы обеспечить безокислительной нагрев стали 40 при температуре 875 °С.

*Задача №5.* Две детали, изготовленные из стали 20, нагревают в течение 1 часа при температурах 1200...1250 °С, но одна деталь нагревается в печи с чисто воздушной атмосферой, а другая - в атмосфере воздуха с 16 % СО. Указать, какая из этих деталей и почему в большей степени подвергается газовой коррозии. Привести зависимость кинетики газовой коррозии стали 20 от содержания СО в атмосфере печи.

*Задача №1.* Железо окисляется на воздухе при температурах 700...900 °С. Описать сущность закона роста оксидной пленки в этих условиях и привести зависимость скорости роста оксидной пленки от времени. Предложить метод защиты от газовой коррозии в указанных условиях.

*Задача №2.* Детали, изготовленные из стали 20, предназначены для эксплуатации в растворе поваренной соли при комнатной температуре. Выбрать и описать наиболее целесообразный, метод защиты этих деталей от электрохимической коррозии в нейтральных средах.

*Задача №3.* Выбрать режим оксидирования поверхности цветных сплавов. Назначение, основные закономерности и технологические особенности оксидирования металлов. Свойства оксидных покрытий.

*Задача №4.* Выбрать режим оксидирования поверхности сталей. Назначение, основные закономерности и технологические особенности оксидирования металлов. Свойства оксидных покрытий.

*Задача №5.* Выбрать режим фосфатирования поверхностей сплавов. Назначение, основные закономерности, и технологические

особенности фосфатирования металлов. Свойства фосфатных покрытий.

*Задача №6.* Железо окисляется на воздухе при температурах 400...500 °С. Описать сущность закона роста оксидной пленки в этих условиях и привести зависимость скорости роста оксидной пленки от времени. Предложить метод защиты от газовой коррозии в указанных условиях.

*Задача №7.* Вольфрам окисляется на воздухе при температурах 1000...1500 °С. Описать сущность закона роста оксидной пленки в этих условиях и привести зависимость скорости роста оксидной пленки от времени. Предложить метод защиты от газовой коррозии в указанных условиях.

*Задача №8.* Детали, изготовленные из низкоуглеродистой стали, предназначены для работы на воздухе при температурах 900...1100 °С. Выбрать и описать наиболее целесообразный метод защиты этих деталей от окисления в указанных условиях.

*Задача №9.* Детали, изготовленные из низкоуглеродистой стали, предназначены для работы в условиях сухой атмосферной коррозии. Выбрать и описать наиболее целесообразный метод защиты деталей от этого вида коррозии.

*Задача №10.* Железо окисляется на воздухе при температурах 300...400 °С. Описать сущность закона роста оксидной пленки в этих условиях и привести зависимость скорости роста оксидной пленки от времени. Предложить метод защиты от газовой коррозии в указанных условиях.

Алюминий, который присутствует в покрытии в виде  $\beta$ -NiAl фазе, расходуется как на формирование оксидной пленки, так и диффундирует в основной металл. Это приводит к образованию двух обедненных алюминием зон, ширина которых увеличивается с ростом температуры и продолжительности выдержки.

*Задача №11.* Оценить влияние состава покрытия и температуры изотермической выдержки на кинетику роста оксидной пленки.

*Задача №12.* Определить толщину оксидной пленки.

*Задача №13.* Привести минимальное и максимальное значение средней толщины оксидной пленки.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Усов, С. В. и др. Повышение эксплуатационного ресурса деталей машин с помощью комбинированных физико-технических методов. Упрочняющие технологии и покрытия. 2020, т.16, №1, (181), с.19-22.
2. Усов, С. В. и др. Общие закономерности формирования поверхностного слоя деталей машин при обработке комбинированными электротехнологическими методами. В сб. Пром-инжиниринг труды 5 Всероссийской научно-технической конференции, 2019, с.171-173.
3. Федотов, А.В., Агабеков Ю.В. и др. Многофункциональные нанокompозитные покрытия // Наноиндустрия, 2008 №1, стр. 24-26.
4. Левашов, Е.А. Обеспечение единства измерений физико-механических и трибологических свойств наноструктурированных поверхностей // <http://www.nanometer.ru/2009/02/11/nanometrologia58090.html>
5. Усов, С. В. и др. Исследование поверхностного слоя детали после комбинированного механоэлектрохимического процесса упрочнения. Упрочняющие технологии и покрытия. 2019. т.15 (180), с.555-560.
6. Усов С.В., Точилин И.П., Жданов А.В., Вознесенская А.А. Разработка систем автоматизации и информационные технологии, сокращающие сроки создания и освоения новых медицинских изделий. Владимирский государственный университет.М.,2019.
7. Кононов, Д.М. и др. Изучение свойств наноструктурированных PVD-покрытий на основе углерода / Кононов Д.М., Жданов А.В., Королев А.Н. // Современные проблемы науки образования. – 2011. – № 6, стр. 130; URL: <http://www.science-education.ru/100-5252> ISSN1817-6321.
8. Симагина, Е.В. и др. Повышение работоспособности режущего инструмента с наноструктурными покрытиями / Симагина Е.В., Агабеков Ю.В. // Нижний Новгород: Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2010. №2 (81). С. 98 – 103.

9. Усов С.В и др. Нанотехнологические методы обработки деталей машин. Москва,2012,с. 67.

**Разработал:**

зав. кафедрой материаловедения и технологии  
художественных изделий, д.т.н. профессор  
Е.И. Прягин