



# Основы коррозии и защиты металлов

Лихачев Владислав Александрович, к.х.н.,  
доцент



## Классификация методов защиты

1. Изменение **природы** конструкционного материала с целью повышения стойкости
2. **Изоляция** материала от коррозионной среды (использование всевозможных защитных покрытий)
3. **Обработка коррозионной среды** с целью понижения коррозионной агрессивности
  - удаление наиболее активных компонентов
  - введение замедлителей (ингибиторов)
4. **Изменение условий коррозии**
  - электрохимическая защита для металла (меняем потенциал – меняем условия коррозии)
  - рациональное конструирование (форма конструкции и ее материал)



## Изменение природы металла

1. Очистка металла (противокоррозионное **рафинирование**)
2. **Коррозионностойкое** легирование

Рафинирование. В любом металле очень много неорганических включений – НВ (шлаки, оксиды и т.д.). Любой способ удаления НВ повышает стойкость стали к локальным формам коррозии: питтинговой, язвенной, межкристаллитной коррозии:

- Продувка инертным газом (  $N_2$ , )
- Вакуумно – дуговой переплав, электродуговой, зонный, шлаковый
- Снижение концентрации углерода в легированных сталях, снижается склонность к локальной коррозии.

12X18H9T

08X18H9T

03X18H10T



Снижение содержания углерода

повышает стойкость к межкристаллитной и питтинговой коррозии.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Изменение природы металла

## Легирование

Легирование широко используется как для изменения **механических** свойств сталей, так и для улучшения их **коррозионных свойств**.

По концентрации вводимых компонентов легирование различается на:

- **низкое** – суммарное количество вводимых компонентов **до 5%**;
- **среднее** – **5 – 10%**;
- **высокое** – **свыше 10%**.

**Низкое легирование** используется в основном для улучшения **механических** свойств сталей **среднее и высокое** для изменения одновременно как **коррозионных** так и **механических** свойств.

Наиболее часто для низкого легирования используются компоненты Si, Mn, Cr, Cu, Ni, V и другие.

Однако, только два элемента при низком легировании несколько улучшают коррозионные характеристики стали. **Это хром и медь.**



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Влияние низкого легирования на коррозионную стойкость сталей

- Так изменение концентрации **хрома** от 0 до 3% может повысить коррозионную стойкость на 20-30%.

Пример: влияние концентрации хрома в стали на морскую коррозию:

% Cr	1	1,5	2	2,5
П мм\год	0,066	0,053	0,041	0,041

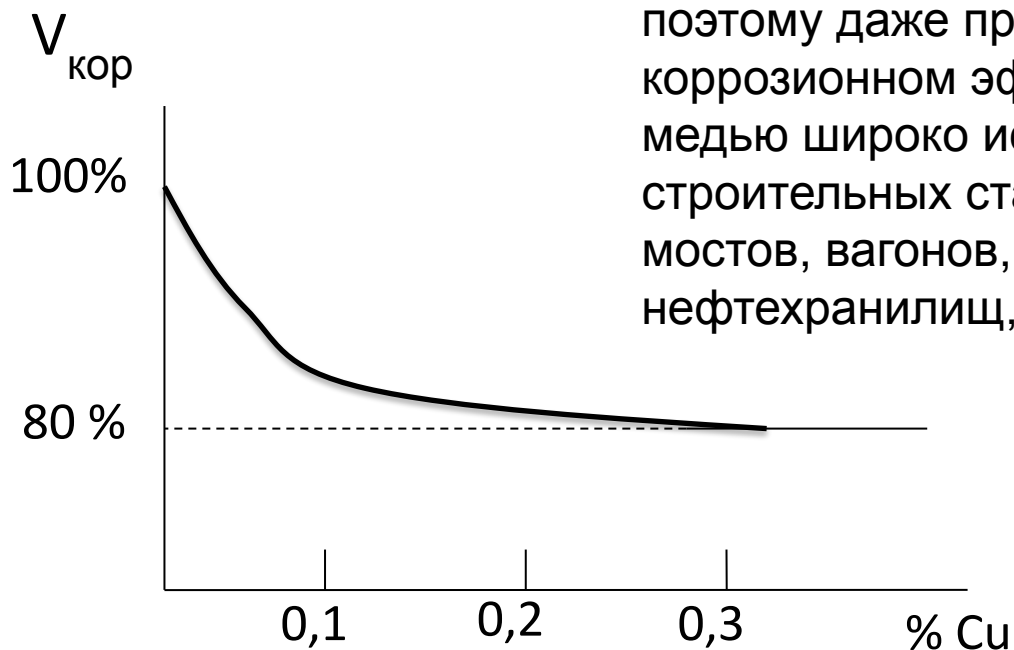
- **Медь** в очень небольшом количестве повышает стойкость низколегированных сталей к атмосферной коррозии в условиях открытой атмосферы. В такой атмосфере, содержащей  $SO_2$ , медь уплотняет ржавчину за счет появления в ее составе  $CuSO_4$ .



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Влияние концентрации меди на скорость коррозии сталей в условиях открытой атмосферы

Т.к. концентрация меди очень не высока, поэтому даже при небольшом коррозионном эффекте легирование медью широко используется в строительных сталях, а также сталях для мостов, вагонов, подъемных кранов, нефтехранилищ, судов.



Примеры сталей с медью: 10ХСНД, 10Г2С1Д, 10ХДНП, 09Г2Д, 18Г2АФ (Д)



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Легирование сталей

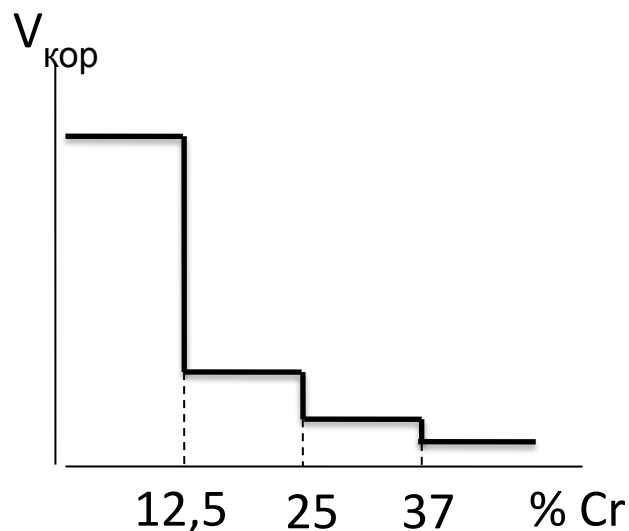
- Для существенного изменения коррозионных свойств используется **среднее и высокое** легирование.
- Существует два вида легирования, улучшающих коррозионные свойства сталей: **жаростойкое и коррозионностойкое**.
- **Жаростойкое** - повышает устойчивость сталей к химической газовой коррозии.
- **Коррозионностойкое** - повышает устойчивость сталей к электрохимической коррозии в электролитах.
- Основным элементом **коррозионностойкого** легирования является **хром**.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Коррозионностойкое легирование.

Главный элемент коррозионностойкого легирования – Cr  
Легирование осуществляется в соответствии с правилом Таммана



**Правило Таммана:**  
Коррозионная стойкость сплава с ростом содержания легирующего компонента меняется не плавно, а скачками. Скачки наблюдаются при достижении концентрации легирующего компонента равной  $n/8$  атомной доли ( $n=1, 2, 3, 4 \dots$ )

Концентрацию хрома берут  $\geq 13\%$ , т.к. часть хрома идет на карбидообразование.





ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Коррозионностойкие (нержавеющие) стали

10X13 и 20X13, 12X17T – **хромистые** стали.

Общая коррозия существенно снижается, но стали склонны к локальным формам коррозии (питтинговой, язвенной, межкристаллитной)

Второй по важности легирующий элемент - **Ni** (никель).

Позволяет существенно увеличить стойкость стали к **локальным формам** коррозии. Лучшее соотношение **Cr : Ni - 18 : 9** или

**18 : 10**. Такое соотношение обеспечивает наряду с высокой коррозионной стойкостью сталей хорошие технологические и механические характеристики.

**Хромникелевые** стали наиболее распространенный вид нержавеющих сталей. Стали аустенитные (не магнитятся).

Примеры: **08X18H9T, 12X18H9T, 07X21Г7АН5, 09X15H8Ю**



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Коррозионностойкие стали

- Следующий элемент коррозионностойкого легирования - **Мо (молибден)**
- Мо вводится в количестве 2-3%, и повышает стойкость стали в горячих растворах хлоридов и кислых средах.
- При введении Мо необходимо повышать содержание Ni для сохранения аустенитной структуры, из-за чего стали значительно дорожают.

Примеры сталей с молибденом:

10X17H13M3T      Ниобий (Б) и титан (Т) вводят  
08X17H15M3T      для уменьшения межкристаллитной  
03X21H21M4ГБ      коррозии.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Коррозионностойкие стали

Следующий элемент коррозионностойкого легирования – Си (медь)

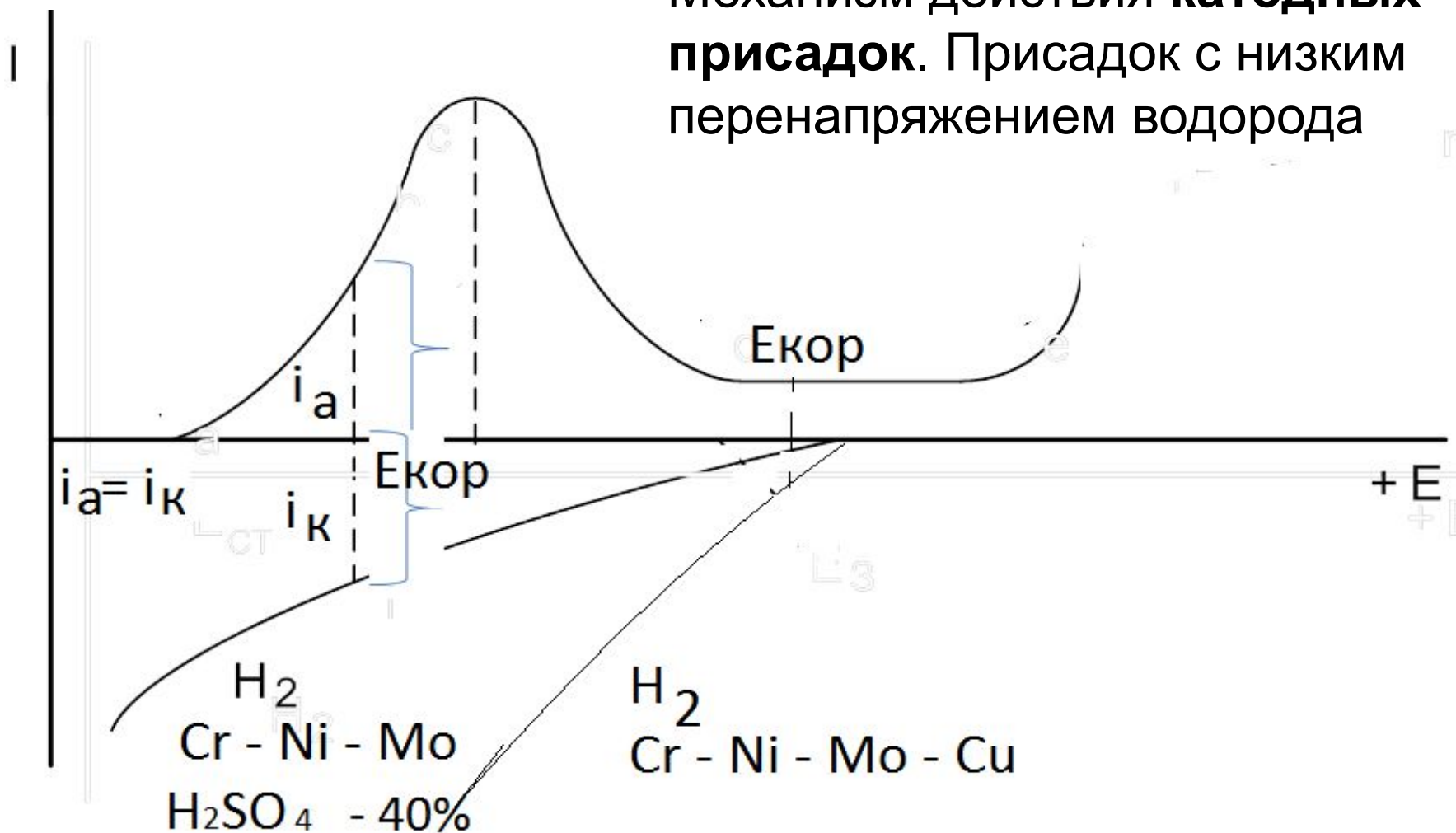
- Медь вводится в нержавеющие стали в количестве 2-3%.
- Медь повышает стойкость стали в кислотах и называется **катодной присадкой**.
- При введении меди для сохранения аустенитной структуры также требуется повышение содержания Ni и стали еще более дорожают.
- Суммарное содержание легирующих элементов в стали становится более 50% и стали обозначаются по другому, как сплавы.
- 08ХН28МДТ (08Х23Н28М3Д3Т) – сталь работает в горячих растворах кислот  $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$ , но в  $HCl$  стоит плохо.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Коррозионностойкие стали

Механизм действия **катодных присадок**. Присадок с низким перенапряжением водорода





## Защитные покрытия по металлу.

### Классификация.

- 1) Органические
- 2) Неорганические
- 3) Металлические
- 4) Покрытия соединениями защищаемого металла
- 5) Композиционные покрытия

#### Органические

- ЛКП
- Битумные
- Полимерные
- Комбинированные
- Консервационные масла и смазки



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Лакокрасочные покрытия

- **Лакокрасочные покрытия (ЛКП)**, как и любые другие покрытия (битумные, полимерные) – это **система слоев**, обеспечивающая надежную защиту металла от коррозии. ЛКП часто дополнительно имеют декоративное назначение.
- Лакокрасочные покрытия выполняются на основе **лакокрасочных материалов (ЛКМ)**



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Лакокрасочные материалы

Отечественная и зарубежная промышленность выпускает 6 видов лакокрасочных материалов

- 1) **Грунтовка** – специальный ЛКМ с хорошим сцеплением к основе и последующим слоям.
- 2) **Шпатлевка** – ЛКМ для выравнивания поверхности.
- 3) **Краска** – ЛКМ дающий после высыхания матовую поверхность.
- 4) **Эмаль** – ЛКМ, позволяющий получить после высыхания блестящую поверхность или поверхность с текстурой.
- 5) **Лак** – ЛКМ, позволяющий получать прозрачную бесцветную или окрашенную пленку, иногда черную блестящую.



## Лакокрасочные материалы

**ЛКМ** – это всегда **композиция**, которая в себя включает несколько компонентов, среди них **4** основные: **пленкообразователь** или **связующее**, **растворитель**, **пигмент**, **наполнители**.

- 1) **Пленкообразователь** (связующее) – обеспечивает основные свойства покрытий.
  - ПФ – пентафталевая смола
  - ГФ – глифталевая смола;
  - ЭП – эпоксидная смола
  - БТ – битум
  - МА – олифа (масло)
  - НЦ – нитроцеллюлоза
  - УР - полиуретан





ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Лакокрасочные материалы ЛКМ

- 2) Растворитель** – обеспечивает необходимую консистенцию ЛКМ, определяемую способом нанесения слоев ЛКП и определяет время его высыхания.
- Однокомпонентные (олифа, скипидар, уайт – спирт, вода).
  - Многокомпонентные ( Р-9, 648, 646).
- 3) Пигмент** - обеспечивает необходимый цвет ЛКМ (оксиды металлов) . Он может отсутствовать в лаке.
- 4) Наполнители** – определяют свойства краски, удешевляют ЛКМ (доломит, тальк, барит, кальцит,



## Механизмы защиты с помощью ЛКП

Лакокрасочное покрытие (ЛКП) защищает металл от коррозии за счет 2-х основных механизмов защиты:

- **Адгезионный механизм защиты**. Сущность в том, что ЛКП затрудняет образование **новой фазы** – продуктов коррозии – на границе раздела металл – покрытие. Механизм работает, если покрытие хорошо сцеплено с основой.
- **Барьерный механизм защиты**. Сущность – ЛКП изолирует металл от коррозионной среды. Механизм работает, если в покрытии нет никаких дефектов (в том числе микродефектов – микропор и микротрещин).



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Технология получения качественных ЛКП

Качество ЛКП определяется сроком его службы :

- До 5 лет – плохое;
- До 10 лет – хорошее;
- 15 лет и выше – отличное.

Чтобы получить качественное лакокрасочное покрытие, необходимо обеспечить **хорошую адгезию** его и **отсутствие** в нем **дефектов**.

Хорошая адгезия достигается:

1. Качественной подготовкой металла под покрытие. Наиболее высокое качество сцепления получается на чистом металле.
2. Применением в качестве первого слоя – слоя грунтовки.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Подготовка металла под покрытия

На **70%** качество ЛКП зависит от качества подготовки металла под покрытие

На металле всегда присутствует 2 вида загрязнений:

1. Жиры, пыль, грязь;
2. Продукты естественной коррозии (ржавчина, оксидные пленки).

Существуют два метода удаления, присутствующих на металле, загрязнений:

1. **Механический;**
2. **Химический;**



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Механический способ подготовки металла под покрытие

**Механический** способ подготовки металла под покрытие удаляет оба вида поверхностных загрязнений и считается более эффективным. В практике используется **3** основных вида механической обработки металла.

- 1) Шлифование** (обработка наждачными кругами, наждачной бумагой, напильником и т.д.)
- 2) Крацевание** (обработка металлическими щетками)
- 3) Обработка летящим абразивом** (пескоструй, гидropескоструй, дробеструй и т.д.)



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Химический способ подготовки металла под покрытие

Протекает в две стадии:

1. удаление жиров, пыли, грязи;
2. Удаление естественных продуктов коррозии.

Удаление жиров, пыли, грязи.

- Растворителями(бензин, керосин, уайт – спирт и т. д.)
- Применением моющих средств (на основе соды)

Удаление ржавчины:

- С помощью кислотных составов с ингибиторами коррозии.
- С помощью преобразователей ржавчины (ПР) или, модификаторов ржавчины (МР).



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Преобразование и модифицирование ржавчины

- ПР и МР в своем составе содержит фосфорную кислоту ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ), которая преобразуют оксиды в более плотные упорядоченные фосфаты.
- ПР и МР составы можно применять только для не застарелой или очень небольшой ржавчины или в комбинации с механической обработкой.

Считается, что качество подготовки при применении составов ПР и МР получается хуже, чем при полной очистке металла.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Многослойность ЛКП – обязательное условие его качества

**Барьерный механизм защиты** может быть реализован только в том случае если лакокрасочное покрытие будет **многослойным**.

- 1 слой - **грунтовка** является **решающим** слоем в системе ЛКП, работает на адгезионный и барьерный механизм защиты.
- 2 слой - эмаль или краска, снижается сквозная пористость.
- 3 слой – эмаль или краска, снижается сквозная пористость.

При получении ЛКП с длительным сроком службы (15-20 лет) количество слоев увеличивается до 4-5.





ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Выбор ЛКМ

Группа ЛКМ	Обозначение по ГОСТ 9.032-74	Обозначение по СНиП 2.03.11-85
1) Грунтовка	0	-
2) Шпатлевка	00	-
3) Атмосферостойкий ЛКМ вне помещений	1	а
4) Атмосферостойкий ЛКМ внутри помещений	2	п
5) Водостойкие	4	в
6) Маслобензостойкие	6	м
7) Химическистойкие	7	х
• в кислотах	7/2	хк
• в щелочах	7/3	хщ
8) Термостойкие	8	т



## Битумные (мастичные) покрытия

**Битумные** покрытия во многом напоминают ЛКП и с успехом их дополняют в условиях подземной и подводной коррозии. Для нанесения **качественного** битумного покрытия необходимы:

- Хорошая подготовка металла под покрытие
- Нанесение покрытия в несколько слоев.

По количеству наносимых слоев битумные покрытия делятся:

1. Нормальные;
2. Усиленные;
3. Весьма усиленные



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Нормальное битумное покрытие

**Нормальное** битумное покрытие наносится в 2 слоя:

1 слой – битумная грунтовка;

2 слой – битумная мастика.

Общая толщина нормального битумного покрытия до 3 мм.

При использовании холодной битумной мастики возможно нанесение 3-его слоя (покровный слой) из подручных материалов (оберточная бумага, битумная бумага, полиэтиленовая пленка) предотвращающего стекание холодной битумной мастики.

**Нормальное** битумное покрытие склонно к **растрескиванию**, поэтому более широко используются усиленное и весьма усиленное



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# 1 слой битумного покрытия

## Битумная грунтовка

Заводского  
изготовления  
(праймер) ГТП-821,  
ГТ-760 ИН и т.д.

Изготовление на  
строительной площадке  
**Раствор** битума в  
бензине в соотношении  
**1:3**



# Состав битумной мастики

## Битумная мастика

### Горячая

(Теплое время года)

Битум (80%)

Наполнители  
20 %

Порошковый (13-15%)  
Доломитовая мука,  
Известковая мука,  
Мелкий песок

Объемный (5-7%)  
Резиновая крошка,  
Асбест,  
Полимерная сечка

### Холодная

(Холодное время года)

Битум  
(75%)

Наполнители  
(20%)

Пластификатор  
(5-7%)

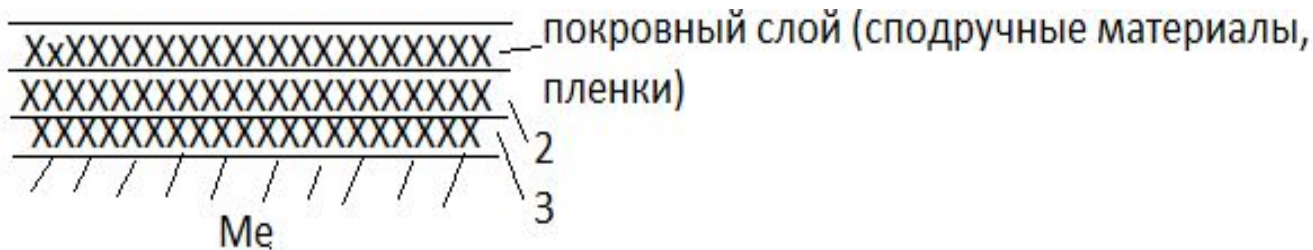
Любое масло  
(например зеленое),  
Отработка масел.



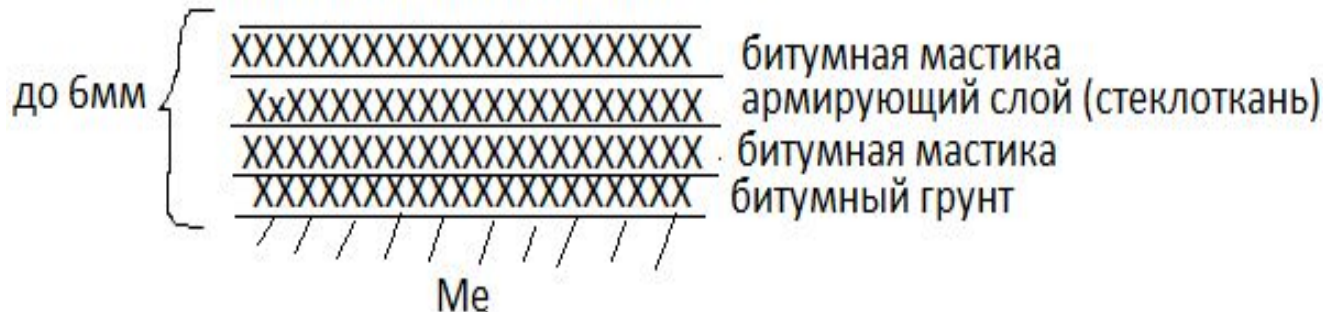
ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Конструкция битумных покрытий

### Нормальное битумное покрытие



### Усиленное битумное покрытие



Весьма усиленные отличаются дополнительным армирующим слоем и слоем битумной мастики и толщина такого покрытия может быть до 9мм.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Достоинства и недостатки битумных покрытий

**Достоинства:** Хорошее сцепление, не дорогие

**Недостатки:** нетехнологичны; недостаточная влагостойкость; не очень высокая биостойкость; склонны к продавливанию; со временем стареют.

Срок службы мастичных покрытий составляет 10 – 15 лет



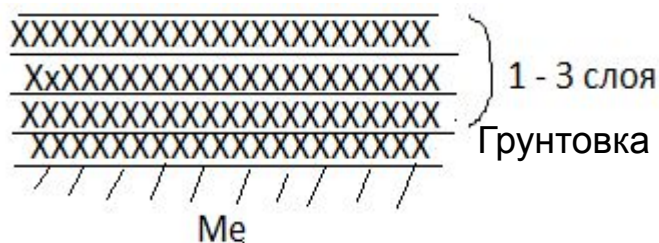
ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Полимерные покрытия

Бывают двух видов

- Трассовые
- Заводские

**Трассовые** покрытия выполняются на основе полимерных липких лент – это тонкие липкие ленты толщиной 40-60 мкм. В качестве полимеров может быть полиэтилен, поливинилхлорид, кремнеорганические соединения.



Два условия получения качественного покрытия

1. Хорошая адгезия : качественная подготовка металла, битумная грунтовка;
2. Надежный барьер. Многослойность покрытия грунтовка + полимерная липкая лента в 1 – 3 слоя (в зависимости от условий эксплуатации).





ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Трассовое полимерное покрытие

Полимерная липкая лента:

- 1 слой – **нормальное** покрытие;
- 2 слоя – **усиленное**;
- 3 слоя – **весьма усиленное**.

Толщина пленки выбирается исходя из того, какой способ нанесения пленки: ручная или автоматическая, соответственно 40 или 60мкм.

**Достоинства:** значительно более технологичны, более влагостойки, чем битумные.

**Недостатки:** недостаточное сцепление по липкому слою, на трубопроводе возникают вздутия или гофры, срок службы 10-15лет.



## Заводские полимерные покрытия по металлу

**Заводские покрытия** из различных полимеров наносятся на трубы на заводе в расплавленном виде экструзией, Качество получаемого покрытия значительно выше (сцепление, водостойкость).

На трассе необходимо дополнительно защищать места стыка (места сварки).

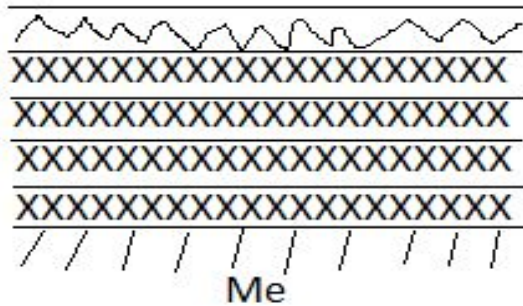
Место сварки крацуется, грунтуется, затем наносится **полимерная липкая лента в 3 слоя** или защита осуществляется с помощью **термоусадочных муфт** – это часть полимерной трубы, которую натягивают на место стыка и обрабатывают газовой горелкой.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

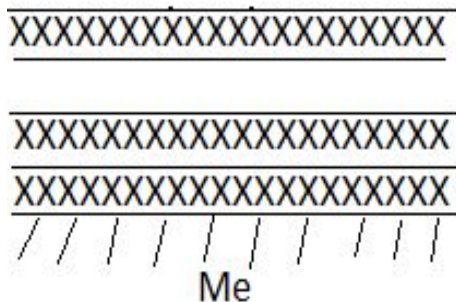
## Комбинированные покрытия (мастично – ленточные покрытия)

### Покрытие ПАЛТ



полимерная усаживающая лента,  
защищает битумные слои от высыхания  
битумная мастика  
армирующий слой  
битумная мастика  
битумный слой

### Пластобит



термоусаживающая полимерная пленка  
изоляция  
битумная мастика  
битумная грунтовка

Срок службы таких покрытий пока не определен.



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Применение асмола

Битумные мастики мастичных и комбинированных покрытий выполнялись на основе битума, а сейчас: вместо него применяется битумноподобный материал, который называется **асмол**. Он взаимодействует с металлом, образуя хемосорбционные связи, качество сцепления повышается. На основе асмола выполняются как грунтовки, так и мастики.



## Металлические покрытия по металлу

Классификация:

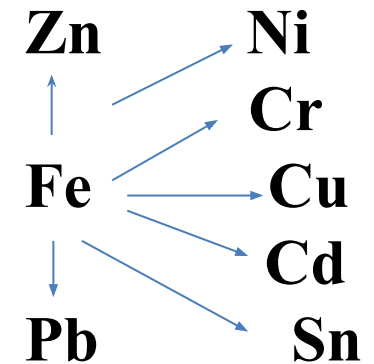
- Из одного металла
- В виде сплавов
- Многослойные
- Композиционные металлические покрытия

У металлических покрытий в сравнении с органическими более высокая механическая прочность, они более декоративны.

Часто применяются, как защитные - декоративные.

**Металлические покрытия из одного металла**

**делят на катодные и анодные.**





## Металлические покрытия

**Катодные** – это покрытия, у которых потенциал металла покрытия более положительный, чем металла основа. Катодные покрытия защищает металл только **механически**. Для **железа** к ним относятся Ni, Cr, Cu, Sn, Pb. Эффективность защитного действия катодного покрытия не высока и оно защищает металл основы только в том случае, если в нем нет пор.

**Анодные** – это покрытия металлом более отрицательным по потенциалу, чем металл основы. Они защищают основу не только **механически**, но и по принципу **протекторной защиты**: Zn на Fe, Cd на Fe в условиях морской коррозии, когда его потенциал смещается и становится отрицательнее Fe. Анодным покрытием является Sn на Fe, в органических кислотах в отсутствии кислорода.

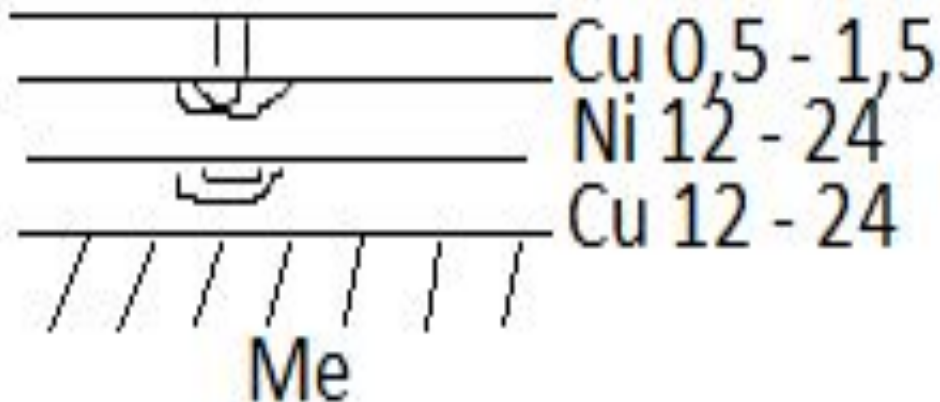


ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Многослойные покрытия

Для повышения защитных свойств катодных покрытий их часто делают **многослойными**. Такие покрытия применяются давно и самым распространенным многослойным покрытием является **Cu – Ni – Cr**. Это защитно-декоративное покрытие. Оно имеет хороший внешний вид и сохраняет его длительное время.

Рассмотрим как защищает железо такое покрытие: исходим из того, что из-за многослойности сквозной пористости в покрытии нет, однако в тонком слое хрома их много. Поэтому при попадании электролита на изделие начинает работать пара **Ni – Cr**, в которой более активным металлом является **Ni**.







ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Коррозия покрытия $\text{Cu} - \text{Ni} - \text{Cr}$

- Коррозионный очаг в никелевом слое распространяется по сфере под порой в слое **Cr**.
- Как только сфера доходит до слоя меди, начинает корродировать контактная тройка металлов **Cu – Ni – Cr**, в которой наиболее отрицательным металлом является **Cu**.
- Поэтому коррозионный очаг также по сфере начинает развиваться в слое **Cu**. Причем продукты коррозии и **Ni**, и **Cu** не объемные и внешне на детали коррозия не проявляется.
- Как только сфера доходит до Fe считается, что защитное действие покрытия закончилось, начинает корродировать железо с образованием объемных продуктов.
- Т.о. защитная способность покрытия **Cu – Ni – Cr** обеспечивается толщиной слоев **Ni** и **Cu**

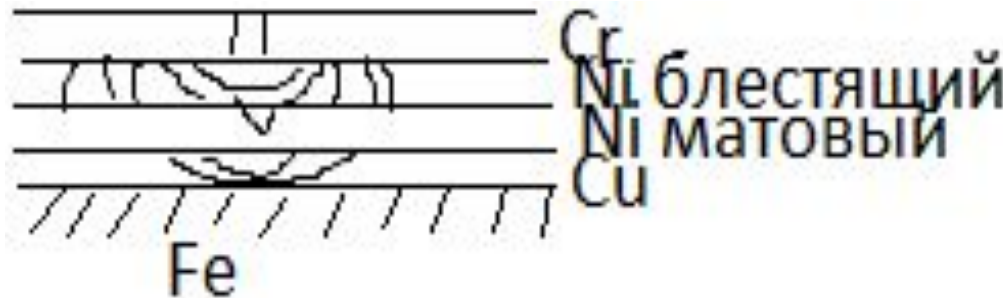




ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Коррозия многослойных покрытий

- В результате появились более сложные многослойные покрытия, обеспечивающие более длительную защиту Fe от коррозии при таком же расходе Cu, Ni, и Cr на покрытие, например покрытие **Би-никель**.

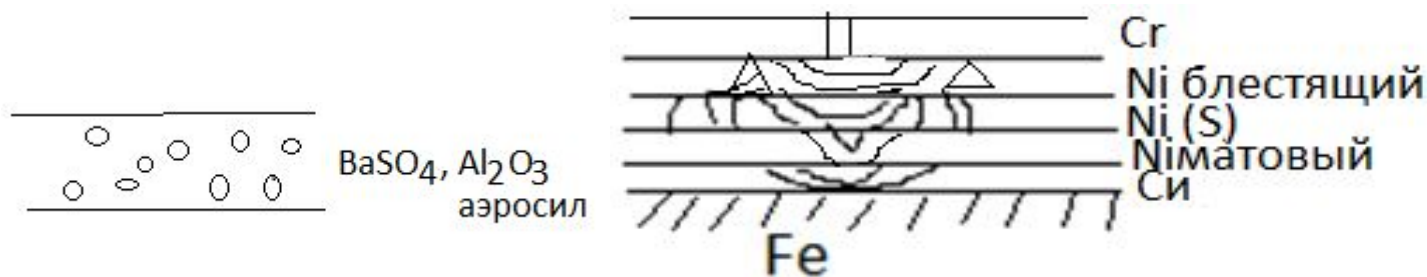


- Коррозия покрытия Би-никель тормозится на стадии коррозии никеля матового в связи с чем такое покрытие служит дольше.

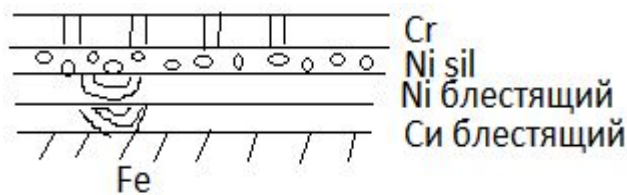


ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Защитная способность многослойных покрытий



### Биникель



Триникель (Ni(S) – самый активный слой)

Торможение коррозии идет на стадии Ni с высоким содержанием S и Ni блестящего.

Сил-никель – композиционные Ni покрытие, которое имеет матрицу Ni и дисперсную фазу: ( $BaSO_4$  или  $Al_2O_3$ ). При силникеле Cr получается с большим количеством пор, коррозия протекает по сферам без торможения во всех слоях покрытия, но в большом количестве пор плотность тока в каждой поре не велика и сферы растут медленно. При использовании сил-никеля процесс коррозии **делокализуется** по всей поверхности.



## Защита сплавами

Иногда сплавы защищают от коррозии лучше, чем покрытие из одного металла.

Это обеспечивается: 1) более **надежной пассивацией** сплавов в условиях атмосферной коррозии (например бронзы пассивируются лучше, чем медь,

2) **смещением потенциала покрытия** в положительную сторону.

**Zn – Cd**

**Zn – Pb**

**Zn – Ni**

**Zn – Sn**

легирующие элементы обеспечивают смещение потенциала в положительном направлении, анодный характер покрытия сохраняется, но контактная пара работает менее активно.

3) Второй элемент сплава работает как **катодная присадка**, способствуя пассивации основного металла покрытия (Ni-Pd)



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Покрyтия соединениями защищаемого металла (Конверсионные покpытия)

- Оксидные
- Фосфатные
- Хроматные

Привлекают своей простотой, наносятся химическим способом – окунанием в ванну. Используется эффект пассивации металла. К сожалению, из всех конверсионных покpытий идет удаление воды (дегидратация), в результате чего повышается их пористость. Поэтому такие покpытия часто используют в комбинации со смазками (маслами). Хроматные покpытия используются в комбинации с металлическими (хроматируется Zn, Cd), хроматной обработке подвергается анодированный Al)



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Композиционные покрытия

- Композиционные покрытия – это покрытия, содержащие в своем составе несколько фаз. Примером может служить покрытие «Изоллат», «Броня» Астратек»

Марка	Свойства	Область применения
Изоллат-01	Водо-, паро-изолирующий теплоизолятор	Трубопроводы с охлажденным теплоносителем
Изоллат-02	Паропроницаемый теплоизолятор	Покрытие промышленного, котельного оборудования, водонагревателей.
Изоллат-03	Теплоизолятор с антипиреновыми добавками	Для объектов, где важно использовать негорючий материал
Изоллат-04	Теплоизолятор с температурой применения до 500 °С, негорючий	Трубопроводы с остроперегретым паром, другое промышленное оборудование



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Обработка коррозионной среды

- ЭТО ВОЗДЕЙСТВИЕ НА КОРРОЗИОННУЮ СРЕДУ С ЦЕЛЮ УМЕНЬШЕНИЯ ЕЕ КОРРОЗИОННОЙ АКТИВНОСТИ.
- 1. Удаление наиболее активных компонентов коррозионной среды.
- 2. Введение ингибиторов коррозии (замедлителей).



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Удаление наиболее активного компонента

Наиболее активные компоненты  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ .

### Удаление $\text{H}_2\text{O}$

При атмосферной коррозии (превращение электрохимической коррозии в химическую.

- вентиляция естественная и принудительная;
- силикагель в замкнутом объеме;
- навесы при хранении техники в условиях открытой атмосферы);

При подземной коррозии

- дренаж (с помощью канав)



ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Удаление наиболее активных КОМПОНЕНТОВ

удаление  $O_2$

- системы оборотного водоснабжения

- продувка паром

- ✓  $H^+$  (в условиях подземной коррозии – нейтрализация кислых сточных вод)
- ✓  $Cl^-$  (замена засоленного грунта – инертный песок)
- ✓  $Cl^-$  (в условиях подводной коррозии – удаление с помощью ионообменной смолы)
- ✓  $SO_4^{2-}$
- ✓  $SO_2$
- ✓  $SO_3$  (вентиляция)
- ✓  $H_2S$





ВЯТСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

## Виды ингибиторов коррозии арматуры

Ингибитор	Попутное действие	Концентрация, %
ННХК (нитрит, нитрат и хлорид кальция)	Антиморозильная добавка, ускоритель твердения	До 5
ННК (нитрит и нитрат кальция)	Антиморозильная добавка, ускоритель твердения	До 5
Нитрит железа	Повышение плотности бетона	3 - 6
Сульфат натрия, хроматы натрия или калия или бихроматы натрия и калия	Ускоритель твердения, повышение плотности и сульфатостойкости бетона	До 5