



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

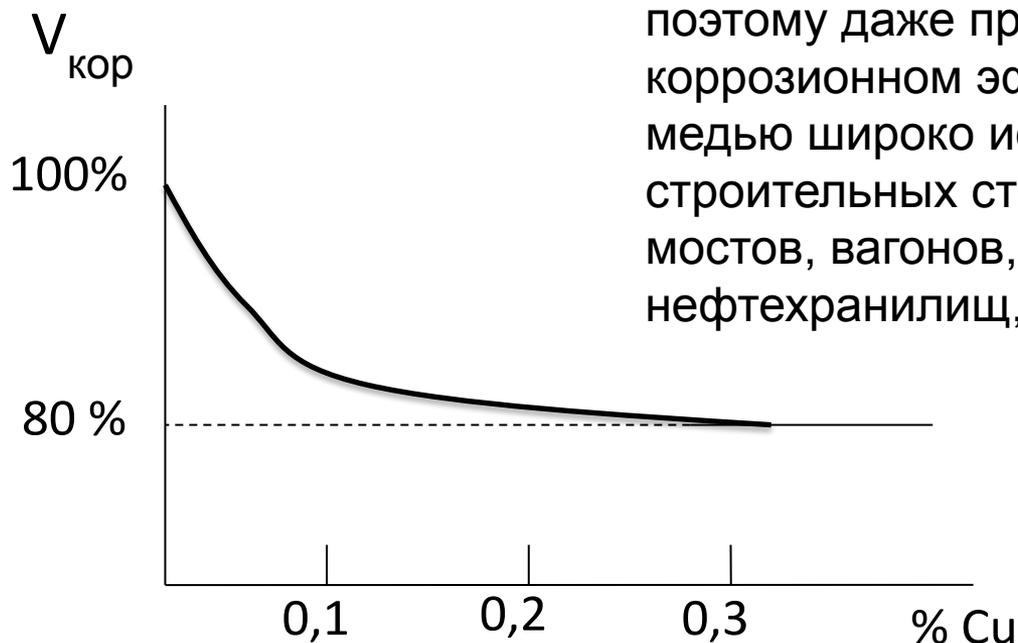
- **Медь** в очень небольшом количестве повышает стойкость низколегированных сталей к атмосферной коррозии в условиях открытой атмосферы. В такой атмосфере, содержащей SO_2 , медь уплотняет ржавчину за счет появления в ее составе $CuSO_4$.



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

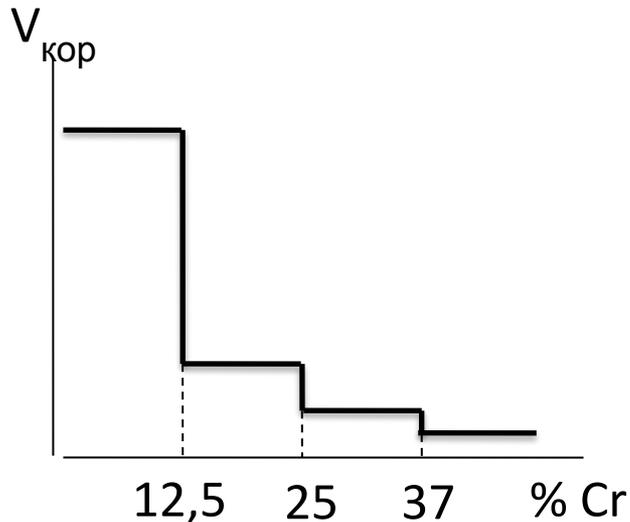
- Для существенного изменения коррозионных свойств используется **среднее и высокое** легирование.
- Существует два вида легирования, улучшающих коррозионные свойства сталей: **жаростойкое и коррозионностойкое**.
- **Жаростойкое** - повышает устойчивость сталей к химической газовой коррозии.
- **Коррозионностойкое** - 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 нержавеющей 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)

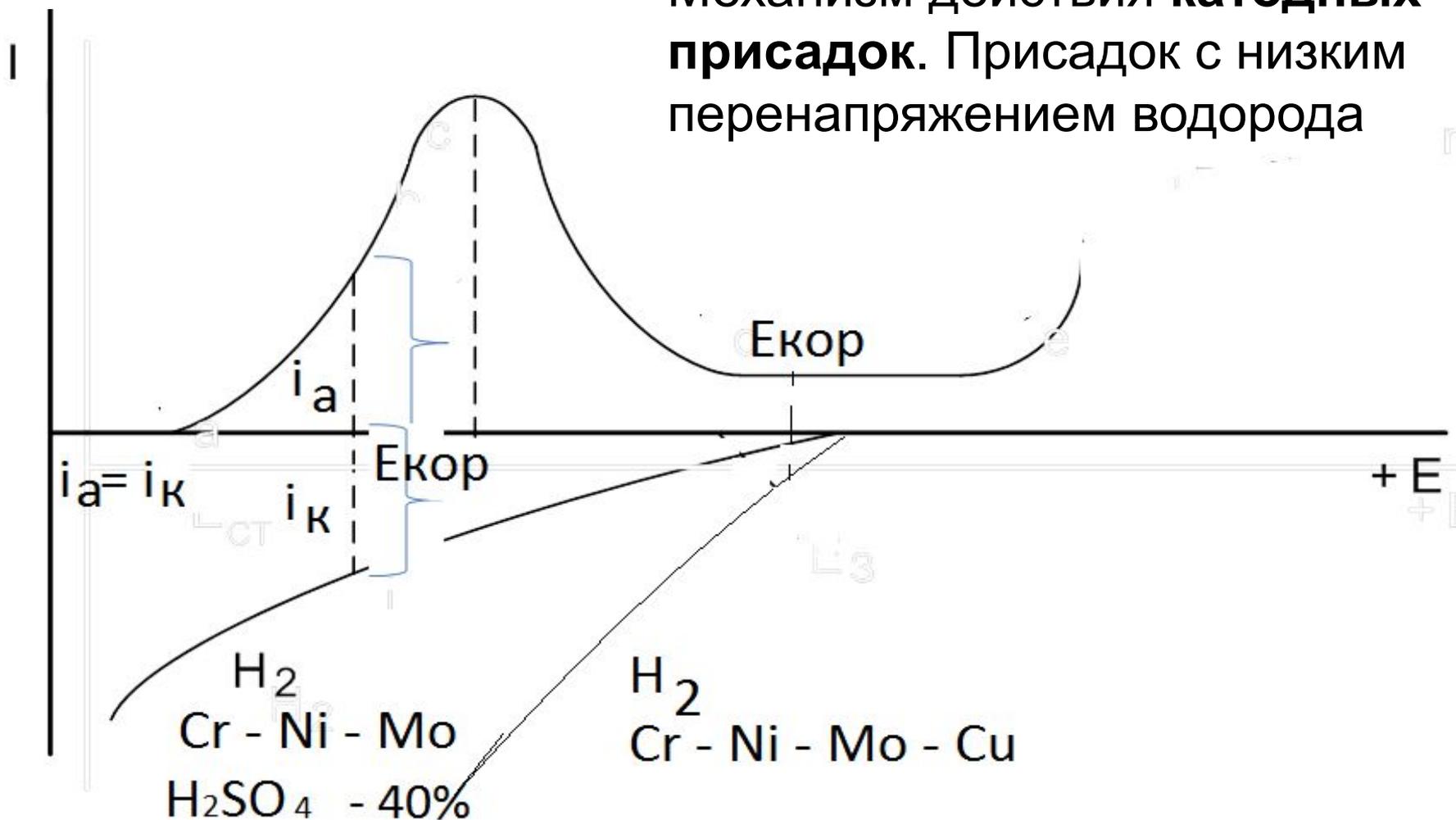
- Медь вводится в нержавеющие стали в количестве 2-3%.
- Медь повышает стойкость стали в кислотах и называется **катодной присадкой**.
- При введении меди для сохранения аустенитной структуры также требуется повышение содержания Ni и стали еще более дорожают.
- Суммарное содержание легирующих элементов 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 (H_3PO_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



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

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%)

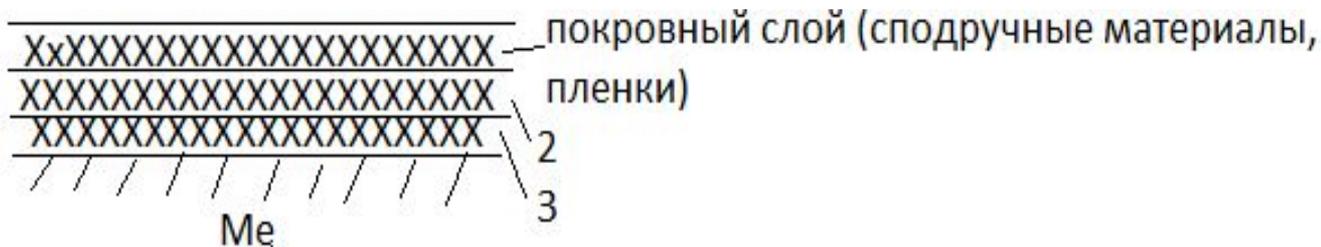
Любое масло
(например зеленое),
Отработка масел.



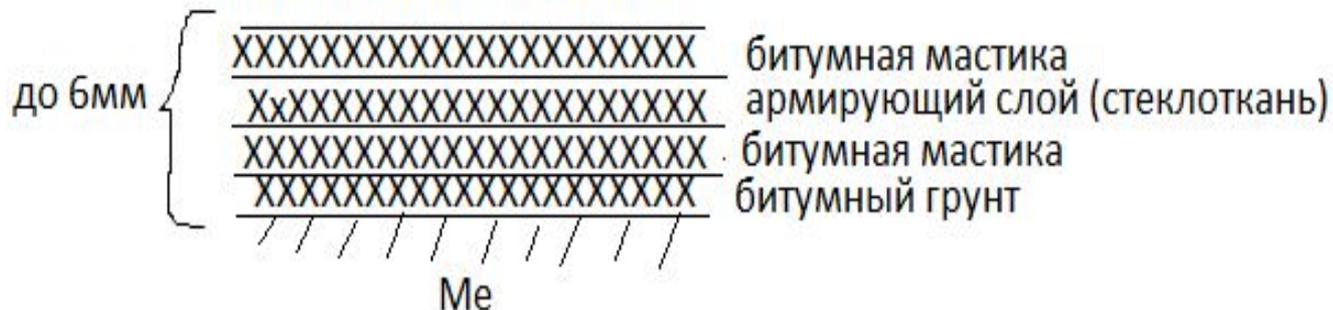
ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

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



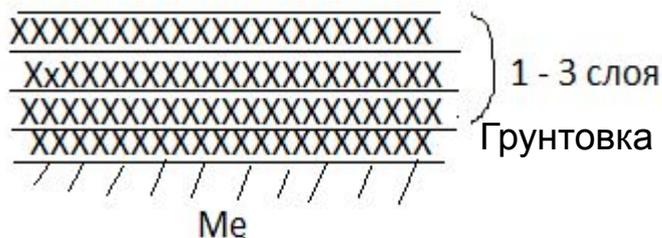
ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

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).

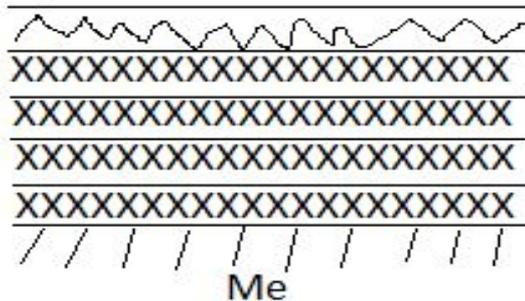
Место сварки крацуется, грунтуется, затем наносится **полимерная липкая лента в 3 слоя** или защита осуществляется с помощью **термоусадочных муфт** – это часть полимерной трубы, которую натягивают на место стыка и обрабатывают газовой горелкой.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

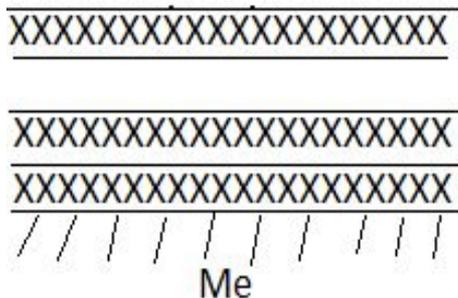
Комбинированные покрытия (мастично – ленточные покрытия)

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:

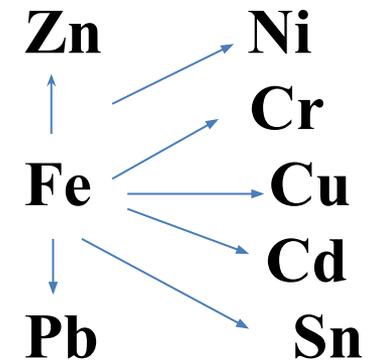
- Из одного металла
- В виде сплавов
- Многослойные
- Композиционные металлические покрытия

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.

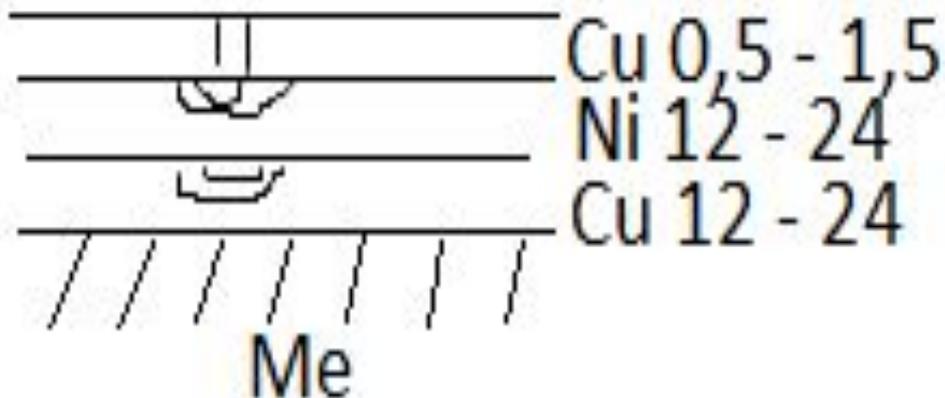


ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

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 $\text{Cu} - \text{Ni} - \text{Cr}$

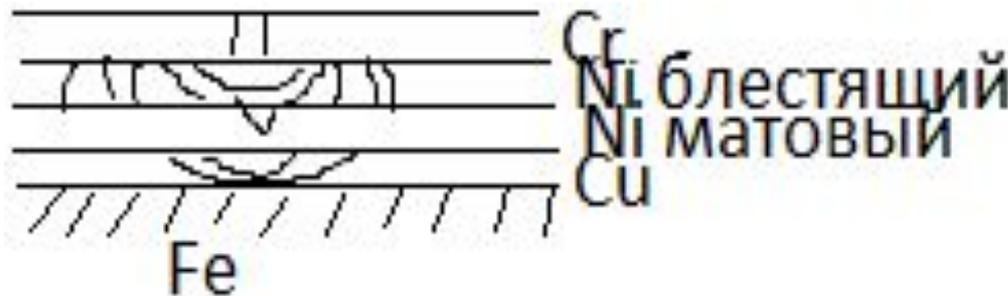
- Коррозионный очаг в никелевом слое распространяется по сфере под порой в слое Cr .
- Как только сфера доходит до слоя меди, начинает корродировать контактная тройка металлов $\text{Cu} - \text{Ni} - \text{Cr}$, в которой наиболее отрицательным металлом является Cu .
- Поэтому коррозионный очаг также 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 $\text{Cu} - \text{Ni} - \text{Cr}$ 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**.

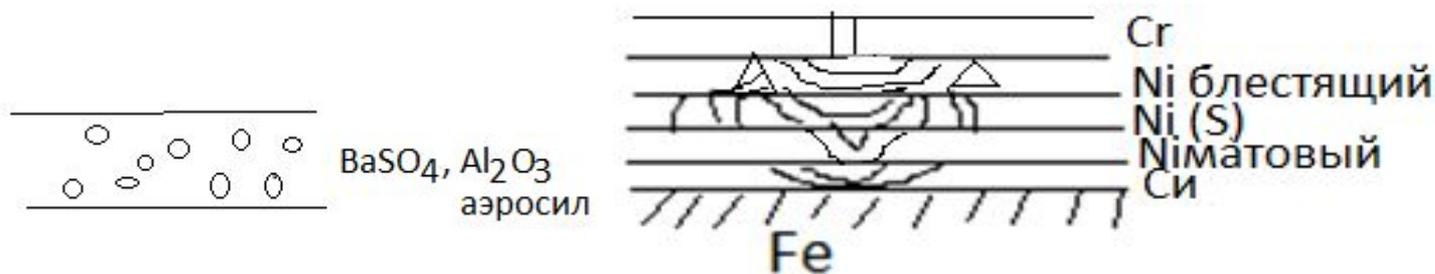


- Коррозия покрытия Би-никель тормозится на стадии коррозии никеля матового в связи с чем такое покрытие служит дольше.

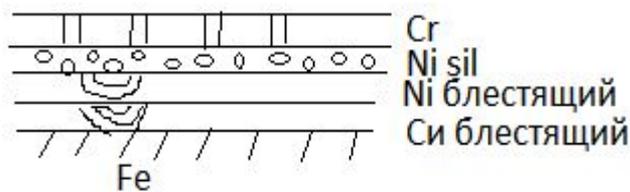


ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

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 покрyтия)

- Оксидные
- Фосфатные
- Хроматные

Привлекают своей простотой, наносятся химическим способом – окунанием в ванну. Используется эффект пассивации металла. К сожалению, из всех конверсионных покрyтий идет удаление воды (дегидратация), в результате чего повышается их пористость. Поэтому такие покрyтия часто используют в комбинации со смазками (маслами). Хроматные покрyтия 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 H_2O , H^+ , O_2 , Cl^- , SO_4^{2-} , SO_2 , SO_3 , H_2S .

Удаление H_2O

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