



# Коррозия и защита металлов

Курс   2   семестр   4  

Количество кредитов   3  

Код дисциплины   Б2.В.2  

Лекции  24  ч.

Практические занятия  32  ч.

Аудиторные занятия  56  ч.

Самостоятельная работа  25  ч.

ИТОГО  81  ч.

Преподаватель доц. каф. ММС  
Даренская Елена Анатольевна

# План работы

---

5 контролирующих мероприятий  
1 командное задание  
1 семинар

**Начало занятий**

• 13 февраля

**1 КН**

• 10 апреля

**2 КН - Зачет**

• после 8 июня

Дополнительные баллы  
за выполнение  
творческих заданий.

## Планируемые результаты освоения дисциплины

---

**РД1** Умение поиска информации по проблемам коррозии и защиты металлов; самооценка владения знаниями о коррозии металлов и способах их защиты.

**РД2** Навык работы в команде; представления и защиты результатов своей деятельности.

**РД3** Умение анализировать причины и следствия коррозионного разрушения металлов; оценивать коррозионную стойкость металлов и сплавов.

**РД4** Навык выбора металла, способа его защиты от коррозии в зависимости от условий изготовления, обработки, использования.

## Содержание дисциплины

---

**Тема 1.** Основы учения о коррозии и защите металлов и сплавов.

**Тема 2.** Химическая коррозия металлов.

**Тема 3.** Защита металлов от химической коррозии.

**Тема 4.** Электрохимическая коррозия металлов.

**Тема 5.** Защита металлов от электрохимической коррозии.

# Рекомендуемая литература

## Основная литература:

- Жук Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов: учебное пособие – М.: Альянс, 2014. – 472 с.
- Жук Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов. – М.: Металлургия, 1986. – 476 с.
- Пахомов В. С., Шевченко А. А. Химическое сопротивление материалов и защита от коррозии: учебное пособие для вузов — Москва: КолосС, 2009. — 444 с.

## Дополнительная литература:

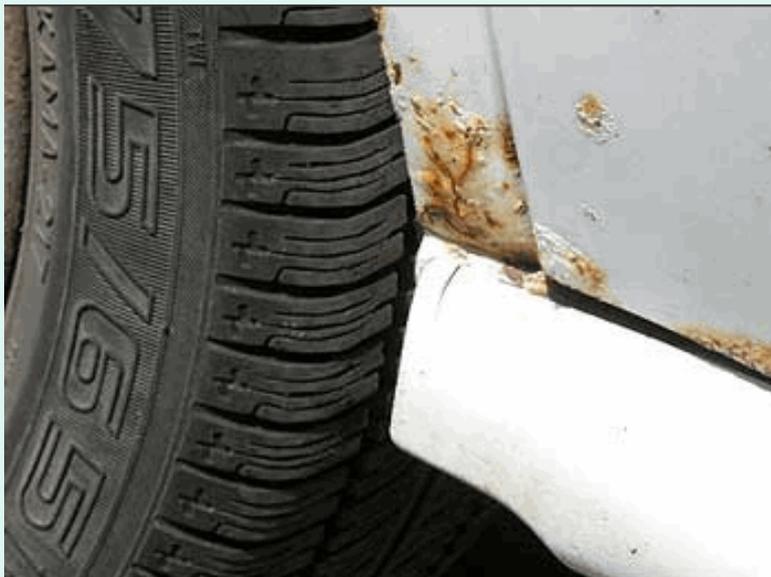
- Коррозия и защита от коррозии : учебное пособие / И. В. Семенова, А. В. Хорошилов, Г. М. Флорианович. — 2-е изд., перераб. и доп.. — Москва: Физматлит, 2006. — 376 с.
- Principles of Corrosion Engineering and Corrosion Control / Z. Axmad. — New York: Elsevier , 2006. — 656 p.
- Швейцер Ф. А. Коррозия пластмасс и резин/ — СПб.: НОТ, 2010. — 640 с.
- Тупикин Е. И., Платонова Е. Е. Повышение способности металлов к пассивации применением комплексных добавок/ — М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2009. — 126 с.
- Фомин Г. С. Коррозия и защита от коррозии: энциклопедия международных стандартов — Москва: Протектор, 2013. — 714 с.

## Электронные издания:

- [Коррозия и защита металлических конструкций и оборудования/](http://ibooks.ru/reading.php?productid=28174) Авторы: Жарский М.И. Минск: Вышэйшая школа, 2012, 303 с. <http://ibooks.ru/reading.php?productid=28174>
- Corrosion Science <http://www.sciencedirect.com/science/journal/0010938X>
- Практика противокоррозионной защиты <http://elibrary.ru/contents.asp?Titleid=7606>

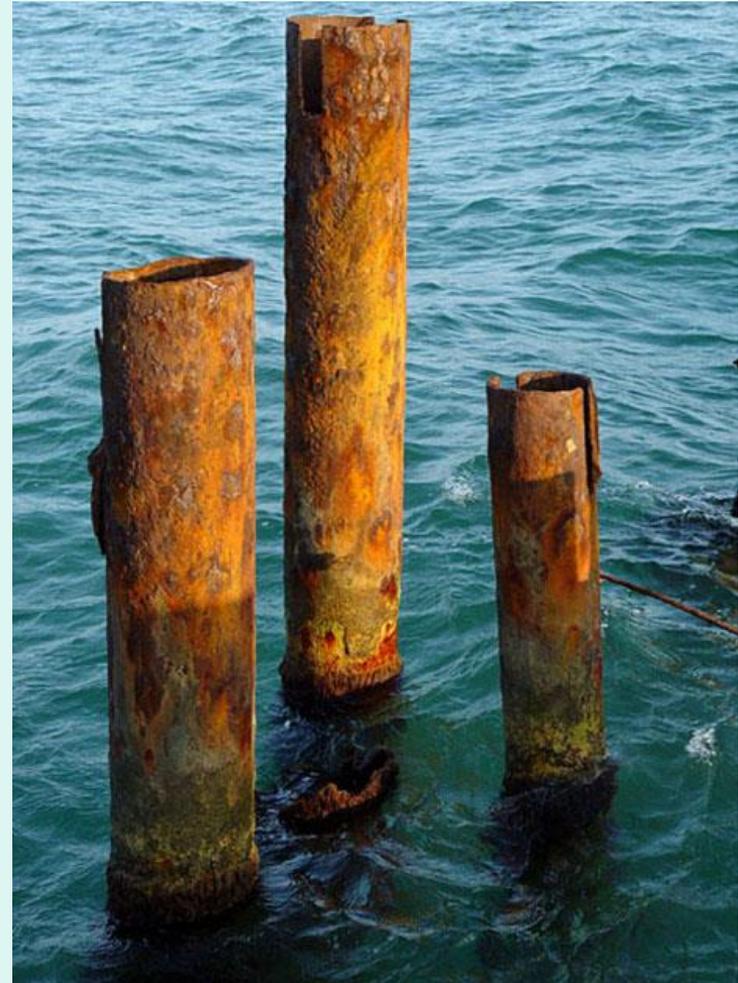


# Введение в коррозию

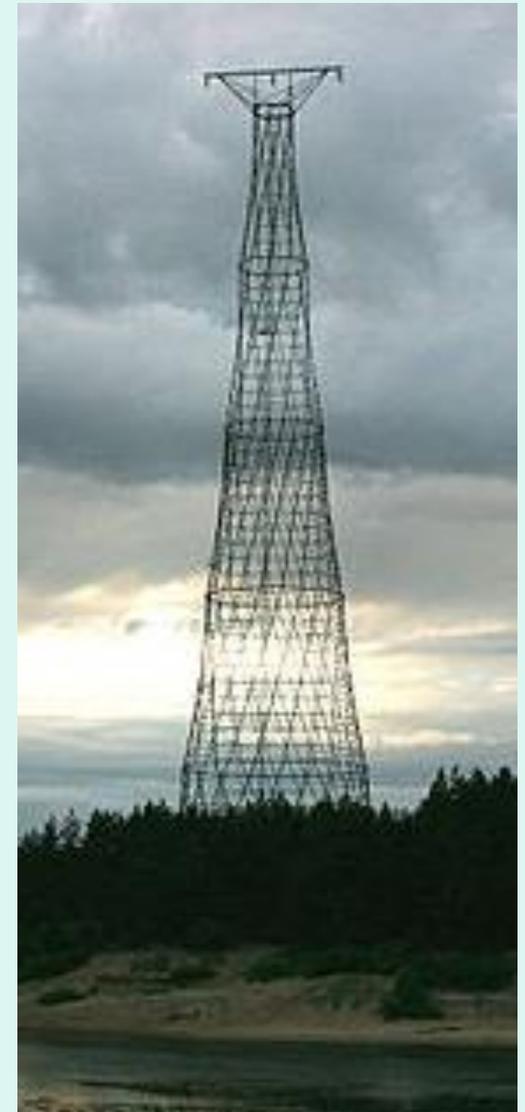


## Введение в коррозию

---



# Введение в коррозию



# Введение в коррозию



Шведский Королевский Институт Коррозии, Швеция  
(Swedish Corrosion Institute, Stockholm, Sweden)

Ранжирование степени коррозионного поражения автомобилей 1998/1999 года выпуска

1998/1999 год выпуска	Значение	Количество осматриваемых автомобилей	Количество осматриваемых поверхностей
Audi A4	0,11	15	68
Volvo S70/V70	0,12	41	150
Saab 9-5	0,14	21	114
BMW 3-series	0,28	21	106
Skoda Octavia	0,28	25	90
VW Golf	0,30	32	142
BMW 5-serie	0,31	6	52
Mercedes E-class	0,33	8	26
Peugeot 206	0,35	14	84
Nissan Primera	0,36	20	76
Volvo S40/V40	0,38	52	188
Fiat Punto	0,39	32	148
Toyota Corolla	0,41	29	120
Opel Astra	0,44	34	132
Renault Megane	0,50	41	140
Mitsubishi Carisma	0,54	22	124
Citroen Xantia	0,62	13	34
Ford Focus	0,76	17	94
Mazda 626	0,88	25	96
Ford Mondeo	1,10	25	102
Hyundai Accent	2,03	26	114

Цветом в таблице обозначены:

Средний автомобиль

Стойкость к коррозии значительно меньше, чем у среднего автомобиля

# Оценки коррозионной стойкости автомобильных кузовов экспертами журнала Vi Bilagare (Швеция)

ОЦЕНКА «ОЧЕНЬ ХОРОШО»		
Audi A2	2000	12
Audi A4	1998	12
Audi A6	1998	12
Saab 9-5	1998	6
Seat Leon	2000	12
Seat Toledo	1999	12
VW Lupo	2000	12
VW Polo	2000	12
VW Beetle	1999	12
VW Bora	1999	12
VW Golf	2000	12
Volvo S60	2000	8
Volvo S70	1999	8
Volvo S80	1999	8
ОЦЕНКА «ХОРОШО»		
BMW 318	1998	6
BMW 528	1998	6
Lexus IS 200	1999	12
Mercedes C-class	1999	30
Mercedes E-class	1998	-
Mitsubishi Carisma	2000	10
Opel Astra	1999	12
Peugeot 206	1999	6
Saab 9000	1998	6
Skoda Felicia	1997	6
Skoda Fabia	2000	10
Skoda Octavia	1998	10
Toyota Prius	2000	12
VW Passat	1997	11

Первая колонка – название модели,  
 вторая – год выпуска,  
 третья – гарантийный срок  
 производителя на отсутствие  
 сквозных коррозионных  
 повреждений, в годах.

## Оценки коррозионной стойкости автомобильных кузовов экспертами журнала Vi Bilagare (Швеция)

ОЦЕНКА «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО»		
Citroen Xsara	2000	12
Daewoo Maitz	1999	6
Daewoo Nubira	1999	6
Daihatsu Sirion	1999	6
Ford Focus	1999	12
Honda Accord	2000	6
Hyundai Elantra	2000	6
Hyundai Sonata	2000	6
Mercedes A-klass	1998	30
Mercedes C-klass	2000	30
Opel Agila	2000	12
Opel Vectra	2000	10
Opel Omega	2000	10
Opel Zafira	1999	12
Saab 9-3	1998	6
Seat Cordoba	2000	6
Subaru Legacy	2000	6
Toyota Yaris	2000	12
Toyota Corolla	2000	12
Toyota Avensis	1998	12
Toyota Celica	2000	12
Volvo S40	2000	8

Первая колонка – название модели,

вторая – год выпуска,

третья – гарантийный срок производителя на отсутствие сквозных коррозионных повреждений, в годах.

ОЦЕНКА «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО»		
Alfa 156	1998	8
Alfa 166	1998	8
Cadillac Seville	2000	6
Chevrolet Alero	2000	6
Chrysler Voyager	1998	7
Chrysler PT Cruiser	2000	7
Citroen Xantia	1999	6
Fiat Punto	2000	8
Fiat Multipla	2000	8
Ford Fiesta	2000	6
Ford Escort	1998	6
Ford Mondeo	2000	6
Ford Scorpio	1998	6
Honda Civic	1998	6
Hyundai Atos	1999	6
Hyundai Accent	2000	6
Hyundai Sonata	1999	6
Kia Sephia	1999	5
Lada 110	2000	6
Mazda Demio	1999	6
Mazda 323	1999	6
Mazda 626	1999	6
Mazda Premacy	2000	6
Mitsubishi Lancer	1999	6
Mitsubishi Galant	1998	6
Mitsubishi Space Star	1999	6
Mitsubishi Carisma	1997	6
Nissan Micra	1997	6
Nissan Almera	2000	12
Nissan Primera	2000	6
Nissan Maxima	2000	12
Opel Corsa	1998	6
Opel Vectra	1997	6
Peugeot 306	1999	6
Peugeot 406	1999	6
Peugeot 406	2000	12
Renault Clio	1998	8
Renault Laguna	1997	8
Renault Megane	1998	8

## Оценки коррозионной стойкости автомобильных кузовов экспертами журнала Vi Bilagare (Швеция)

Renault Scenic	1998	8
Renault Scenic	2000	12
Rover 25	2000	6
Rover 75	1999	6
Seat Toledo	1998	6
Suzuki Alto	2000	6
Suzuki Vagon R+	2000	12
Suzuki Baleno	1999	6
Toyota Corolla	1998	6
Toyota Camry	1997	6
Toyota Previa	1998	6
Volvo S40	1999	8

**Первая колонка** – название модели,

**вторая** – год выпуска,

**третья** – гарантийный срок производителя на отсутствие сквозных коррозионных повреждений, в годах.



Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов (ВИАМ), г.Москва, Россия

Коррозионностойкие материалы для авиационной, космической, электротехнической, легкой и пищевой отраслей промышленности, для тяжелого и энергетического машиностроения, автомобиле- и вагоностроения, медицины, строительства, для изготовления товаров широкого потребления, в том числе спортивных товаров.

# Введение в коррозию



Самолет Бе-200



Истребитель-бомбардировщик МиГ-25



Современный истребитель-бомбардировщик Су-30



Космический челнок «Буран»

# Введение в коррозию

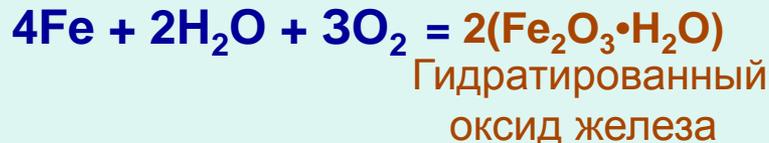
**Коррозия** – это разрушение твердых тел, вызванное химическими и электрохимическими процессами, развивающимися на поверхности тела при его взаимодействии с внешней средой.

**Коррозия** происходит от лат. «*corrodo*» – «грызу», либо от позднелат. «*corrosio*» – «разъедание».

**Коррозия** – физико-химическое или химическое взаимодействие между металлом (сплавом) и средой, приводящее к ухудшению функциональных свойств металла (сплава), среды или включающей их технической системы [ISO 8044\*].

**Коррoзия** — это самопроизвольное разрушение металлических материалов в результате химического или физико-химического взаимодействия с окружающей средой (ГОСТ 5272-68).

**Пример:** кислородная коррозия железа в воде



\* ISO (International Organization for Standardization) - Международная организация по стандартизации, объединяющая 163 страны.

# Введение в коррозию

**Причина коррозии** – термодинамическая неустойчивость конструкционных материалов к воздействию веществ, находящихся в контактирующей с ними среде.

Коррозионный процесс протекает на границе двух фаз металл–окружающая среда, т.е. является **гетерогенным процессом** взаимодействия жидкой или газообразной среды (или их окислительных компонентов) с металлами.



В результате коррозии металлы переходят в устойчивые соединения, (*оксиды* или *соли*) в виде которых они находятся в природе.



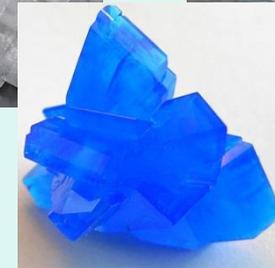
Каолин



Гематит  
Оксид железа (III)



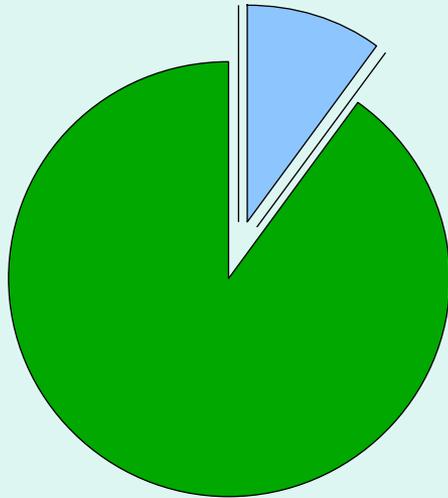
Лимонит



Магнетит  $\text{Fe}_3\text{O}_4$

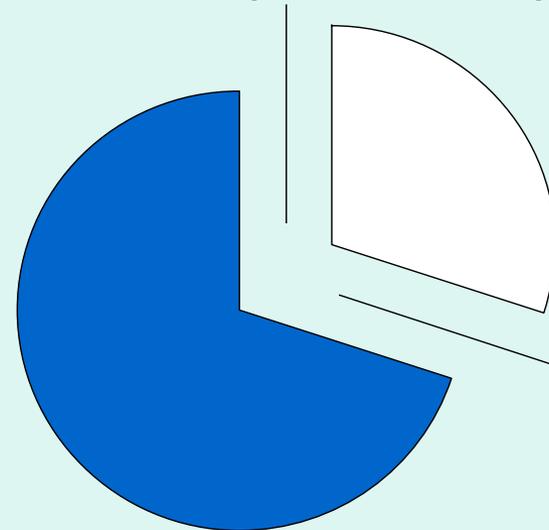
## Производимый в России металл в год

10% повреждено коррозией



Весь металл

25-30% повреждено коррозией



Черный металл

## Введение в коррозию



Авария на газопроводе  
"Уренгой-Челябинск-1"  
из-за коррозии трубы, 2009 г.



Аварии на нефтепроводе из-за  
коррозии металла труб



Авария на японской АЭС "Михама"  
в 2004 г. из-за коррозии трубы



### Ломоносов Михаил Васильевич (1711-1765)

первый русский учёный-естествоиспытатель мирового значения, энциклопедист, химик, физик, астроном, приборостроитель, географ, металлург, геолог, поэт, художник, историк

---

*Наука о коррозии и защите металлов* изучает взаимодействие металлов с коррозионной средой, устанавливает механизм этого взаимодействия и его общие закономерности.

*Практическая цель* – защита металлов и металлических конструкций от коррозионных разрушений.

*Коррозионная (агрессивная) среда* – среда, в которой металл подвергается коррозии (корродирует).



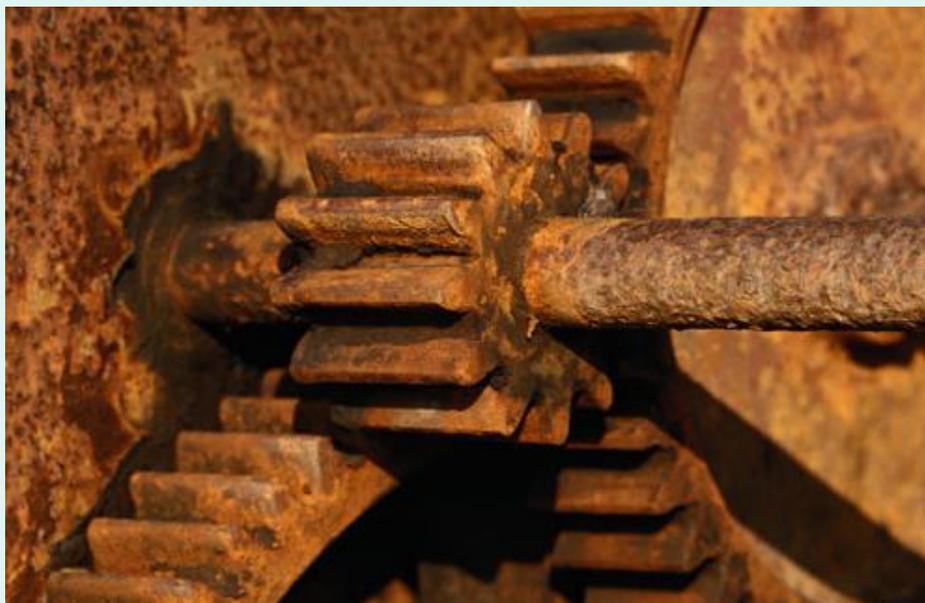
# Введение в коррозию

---

Для установления механизма коррозии и общих закономерностей взаимодействия металла с коррозионной средой, и разработки методов борьбы с ней необходимо знать:

1. Свойства металла;
2. Свойства коррозионной среды;
3. Основные закономерности химических и электрохимических процессов.

# Тема 1 – Основы учения о коррозии и защите металлов и сплавов



# Тема 1 – Основы учения о коррозии и защите металлов и сплавов

---

Коррозия металлов сводится к их окислению и превращению в **оксиды**.

Окисление железа:  $4\text{Fe} + 3\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$



Окисление алюминия:  $2\text{Al} + 3\text{H}_2\text{O} = \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2$



## Стадии коррозионного процесса:

1. Необходим подвод коррозионной среды или отдельных ее компонентов к поверхности металла.
2. Взаимодействие среды с металлом.
3. Полный или частичный отвод продуктов от поверхности металла (в объем жидкости, если среда жидкая).

## Классификация коррозионных процессов

### 1. По механизму процесса:

1) химическая коррозия  
# окисление Mg или Fe на воздухе.



2) электрохимическая коррозия  
# ржавление стали в морской воде.



## 2. По условиям протекания коррозии:

### 1) атмосферная коррозия

# ржавление стальных конструкций в цехе или на открытом воздухе.



### 2) газовая коррозия

# окисление и обезуглероживание стали при нагревании.



### 3) жидкостная коррозия: в неэлектролите и в электролите:

- при полном погружении,
- при неполном погружении,
- при переменном погружении,
- коррозию по ватерлинии,
- коррозию в неперемешиваемой коррозионной среде,
- коррозию в перемешиваемой коррозионной среде.



# Тема 1 – Основы учения о коррозии и защите металлов и сплавов

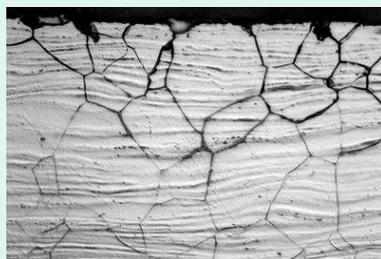
4) подземная  
коррозия



5) биокоррозия



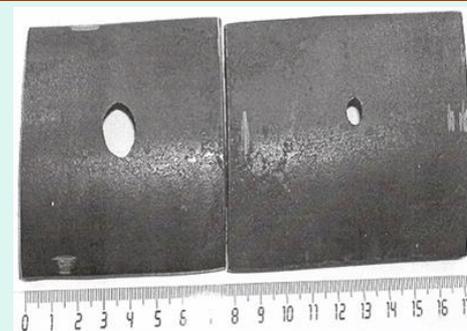
6) структурная  
коррозия



7) коррозия  
внешним током



8) коррозия  
блуждающим  
током



9) контактная  
коррозия



10) щелевая  
коррозия



11) коррозия под  
напряжением



# Тема 1 – Основы учения о коррозии и защите металлов и сплавов

12) коррозионная кавитация



13) коррозия при трении



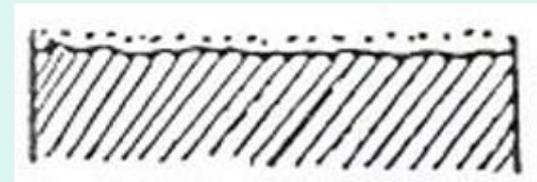
14) фреттинг-коррозия



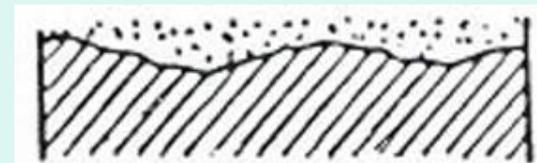
## 3. По характеру коррозионного разрушения:

### 1) Сплошная (общая):

а) равномерная – протекает с одинаковой скоростью по всей поверхности металла



б) неравномерная – протекает с неодинаковой скоростью на различных участках поверхности металла



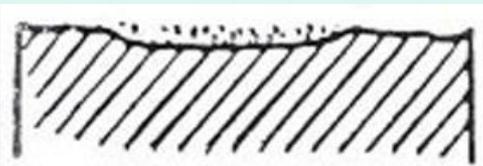
в) избирательная – при которой разрушается одна структурная составляющая сплава или один компонент сплава



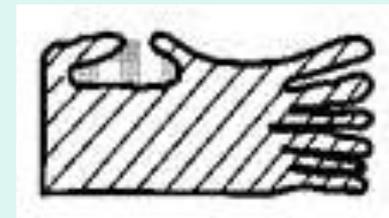
# Тема 1 – Основы учения о коррозии и защите металлов и сплавов

## 2) Местная коррозия:

а) пятнами



е) подповерхностная



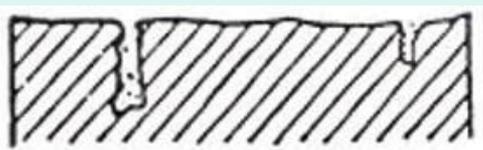
б) язвами



ж) межкристаллитная



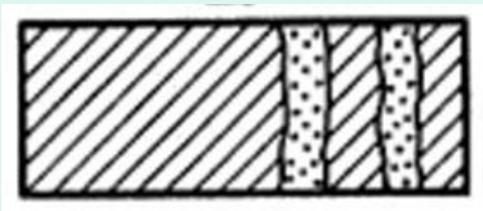
в) точечная (питтинг)



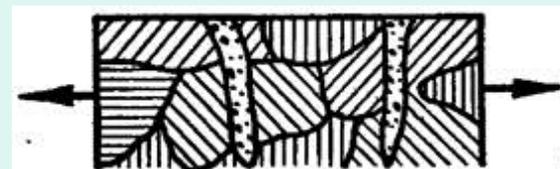
з) ножевая



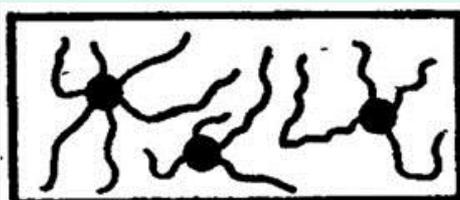
г) сквозная



и) коррозионное растрескивание



д) нитевидная



к) коррозионная хрупкость

