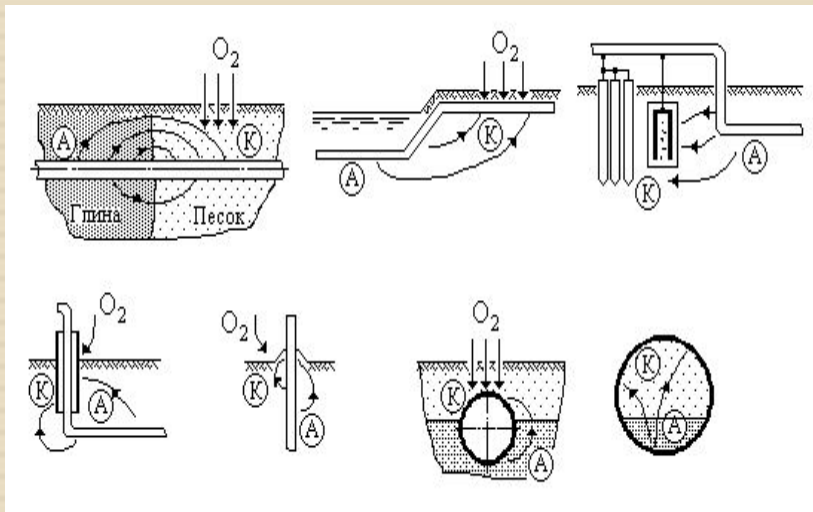




# ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ КОРРОЗИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛОВ. ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ

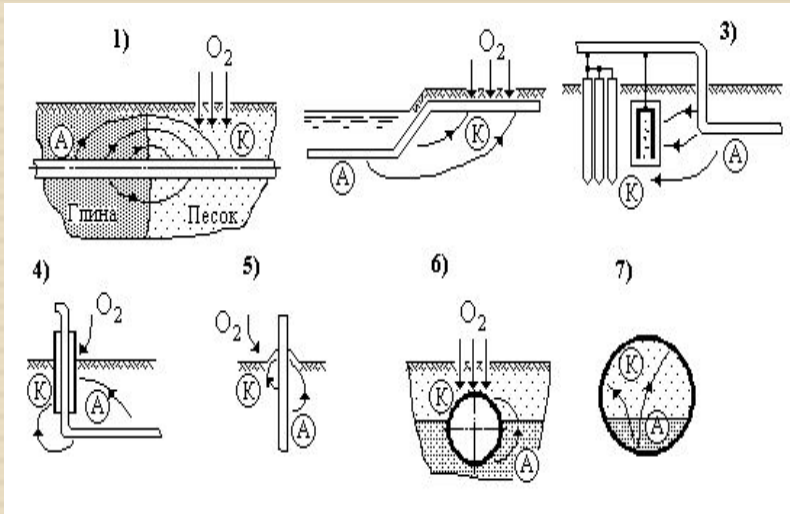
Коррозионные макропары. Методы защиты от коррозии. Оценка коррозионной стойкости. Коррозионностойкие материалы.

# КОРРОЗИОННЫЕ МАКРОПАРЫ



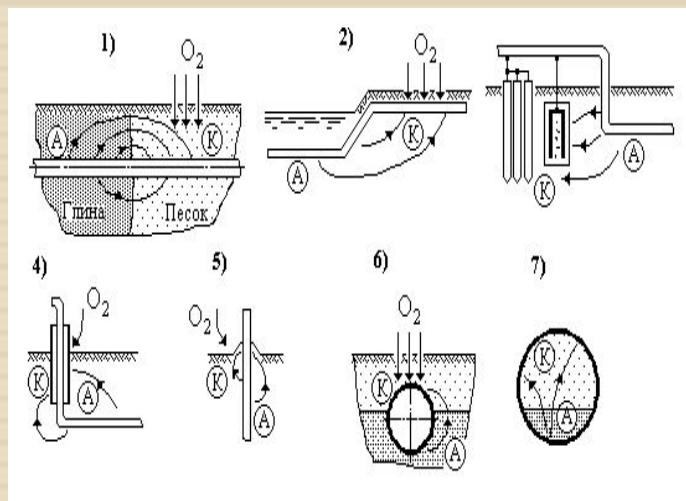
- Возникновение данных коррозионных макропар обусловлено фактически одним общим фактором - **дифференциальной аэрацией**. В области повышенной концентрации кислорода металл приобретает свойства катода, если рядом есть зона с пониженной концентрацией  $O_2$ .
- Так как воздухо содержание песчаного грунта выше, чем глинистого, то на трубопроводе, пересекающем границу песок-глина, возникнет гальваническая пара, причем в **песчаном грунте трубопровод будет работать катодом, а в глинистом - анодом**.

# КОРРОЗИОННЫЕ МАКРОПАРЫ



- Так как воздухопроницаемость воды много меньше чем почвы, то трубопровод, уложенный в воде *или в илистом грунте*, будет работать *анодом*, в то время как береговой участок трубопровода - катодом. Этот пример также характерен для болотистых трасс с островками плотной или насыпной земли и трасс с резко переменной влажностью: *на более влажных участках - анодная зона*.
- Было бы более рационально строить трубопровод не поперек реки, а вдоль нее (разумеется, с позиций коррозионниста).

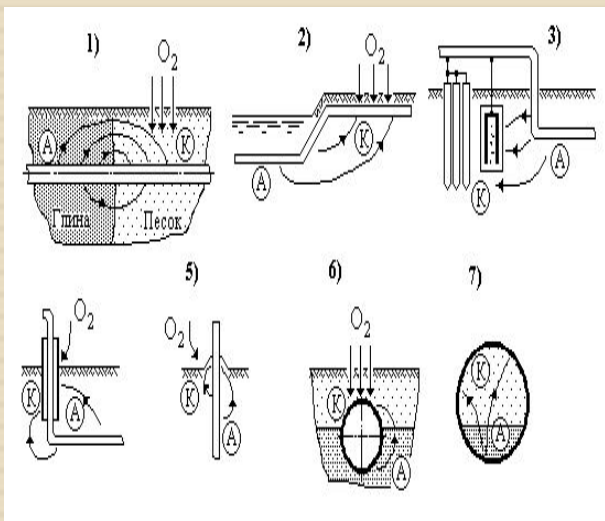
# КОРРОЗИОННЫЕ МАКРОПАРЫ



- На предприятиях устраивают заземления корпусов электроустановок, с которыми часто связывают **арматуру железобетонных опор** и различное металлическое оборудование цеха. К ним же автоматически подключаются подземные трубопроводы, поскольку последние на вводе в цех крепятся к металлическим частям стен. Возникает разветвленная гальваническая система “искусственные и естественные заземления - трубопровод”. При этом **катодом** работает **заземлитель** - к нему доставка кислорода облегчена, особенно за счет различных мало заглубленных элементов, а анодом - подземный трубопровод, если к тому же он покрыт слоем изоляции (разумеется, с дефектами) и уложен в мокрый грунт.
- Арматура железобетонных конструкций всегда имеет **более положительный потенциал**, чем открытая сталь, что обусловлено высокой степенью щелочности бетона. Поэтому арматура в тонких трещинах бетона всегда работает катодом, но та же арматура в местах полного разрушения бетонного камня - уже анод.

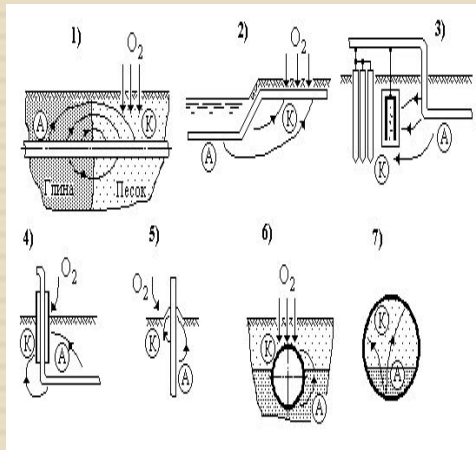
# КОРРОЗИОННЫЕ МАКРОПАРЫ

- Макропара “труба изолированная – труба неизолированная” возникает по той же причине. В данном случае неизолированной частью гальванической системы является предохраняющий футляр на вводе изолированного газопровода в здание. **Неизолированная труба** не испытывает затруднений в доставке кислорода и поэтому работает **катодом**.



- Проблемы удалось бы избежать при хорошей электрической изоляции футляра от газопровода. Так же следует поступить и в случае с заземленным трубопроводом, т.е. Следует **отсечь его от заземления на вводе в здание**.

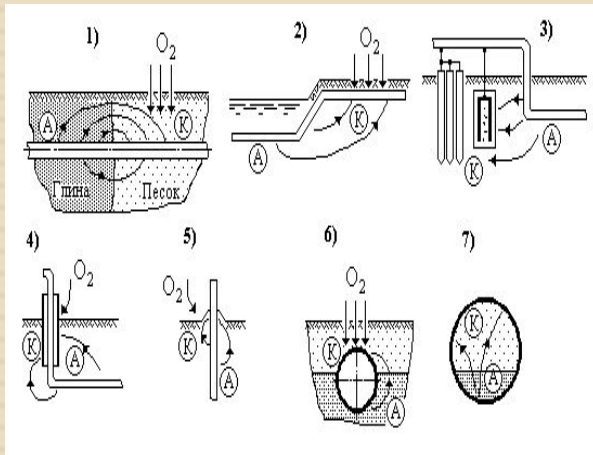
# КОРРОЗИОННЫЕ МАКРОПАРЫ



- Может возникнуть макропара на вертикально расположенном металлическом сооружении, например, на шпунтовой берегоукрепительной стенке, стальной опоре, трубе скважины и пр., когда верхняя часть сооружения (она богаче кислородом) работает **катодом**, а ближайший ниже расположенный участок - **анодом** .
- *Разрушение по ватерлинии* - распространенный вид коррозии в речной и морской воде.

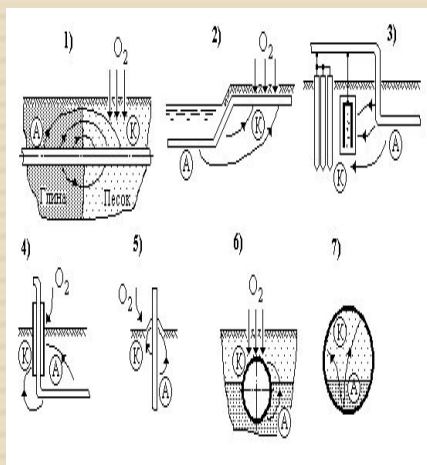
# КОРРОЗИОННЫЕ МАКРОПАРЫ

- При высокостоящей грунтовой воде возникает макропара “верх-низ” трубы, где нижняя часть, ввиду затруднений с доставкой кислорода, работает **анодом**.



# КОРРОЗИОННЫЕ МАКРОПАРЫ

- Одна из причин внутренней коррозии трубопровода или резервуара связана с грязевыми осадками. Если верхняя часть стенки трубы свободно омывается и там нет кислородной проблемы, то внизу под **плотным слоем грязи** может возникнуть мощный **анод**.



- Коррозия вдоль трубопровода, как показала практика, имеет канавочный характер и поэтому коррозия была названа **канавочной**.



# ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ

- **Основная цель** - замедлить скорость коррозионного разрушения до приемлемого уровня.
- **Защита от коррозии это комплекс мероприятий**, выбираемых инженером-коррозионистом исходя из его опыта, который вероятнее всего основывается на мировых знаниях.

# ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ

**ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ** конструкционных материалов в агрессивных средах основана на:

- повышении коррозионной стойкости самого материала;
- снижении агрессивности среды;
- предотвращении контакта материала со средой с помощью изолирующего покрытия;
- регулировании электродного потенциала защищаемого изделия в данной среде.

# ОЦЕНКА КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ

## Испытания на общую коррозию.

### Пятибалльная шкала коррозионной стойкости металлов

Балл	Скорость коррозии $v_{кор}$ , мм/год	Категория стойкости металла
1	Не более 0,10	Сильнстойкие
2	0,10–1,00	Стойкие
3	1,10–3,00	Пониженно-стойкие
4	3,10–10,0	Малостойкие
5	Более 10,0	Нестойкие

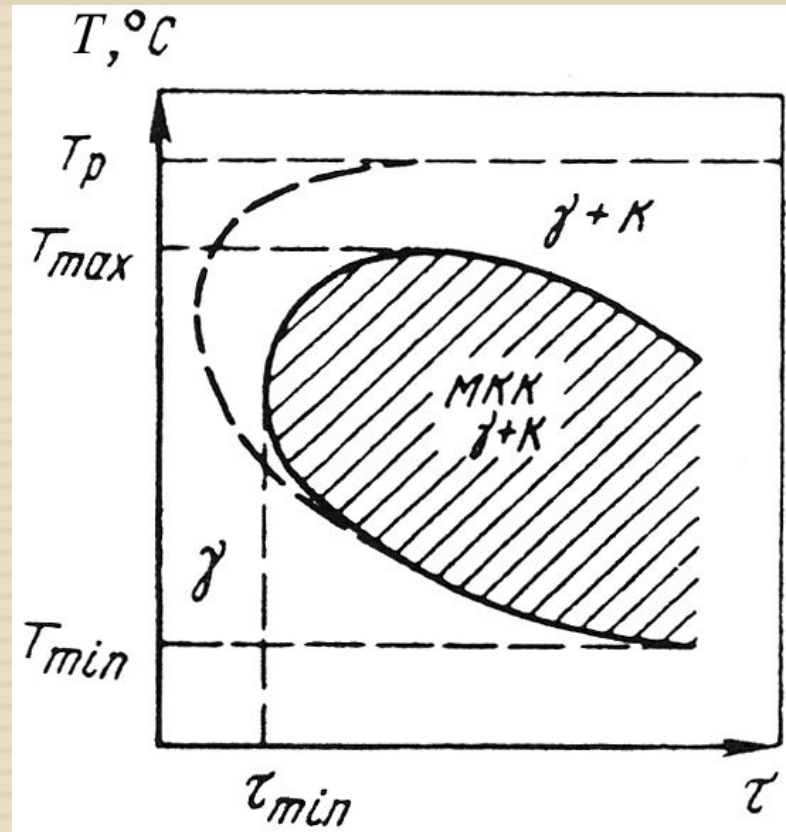
# ОЦЕНКА КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ

Кроме глубины проникновения, оценку коррозионной стойкости можно проводить по десятибалльной шкале потери массы образца за определенный период времени на единицу площади  $K$ , г / (м<sup>2</sup> · ч).

Пересчет обоих показателей проводят по формуле

$$V_K = (8,76 g_K) / \gamma$$

где  $v_K$  — скорость коррозии, мм/год;  $\gamma$  — плотность, г/см<sup>3</sup>;  $g_K$  — потеря массы образца, г/(м<sup>2</sup> · ч).



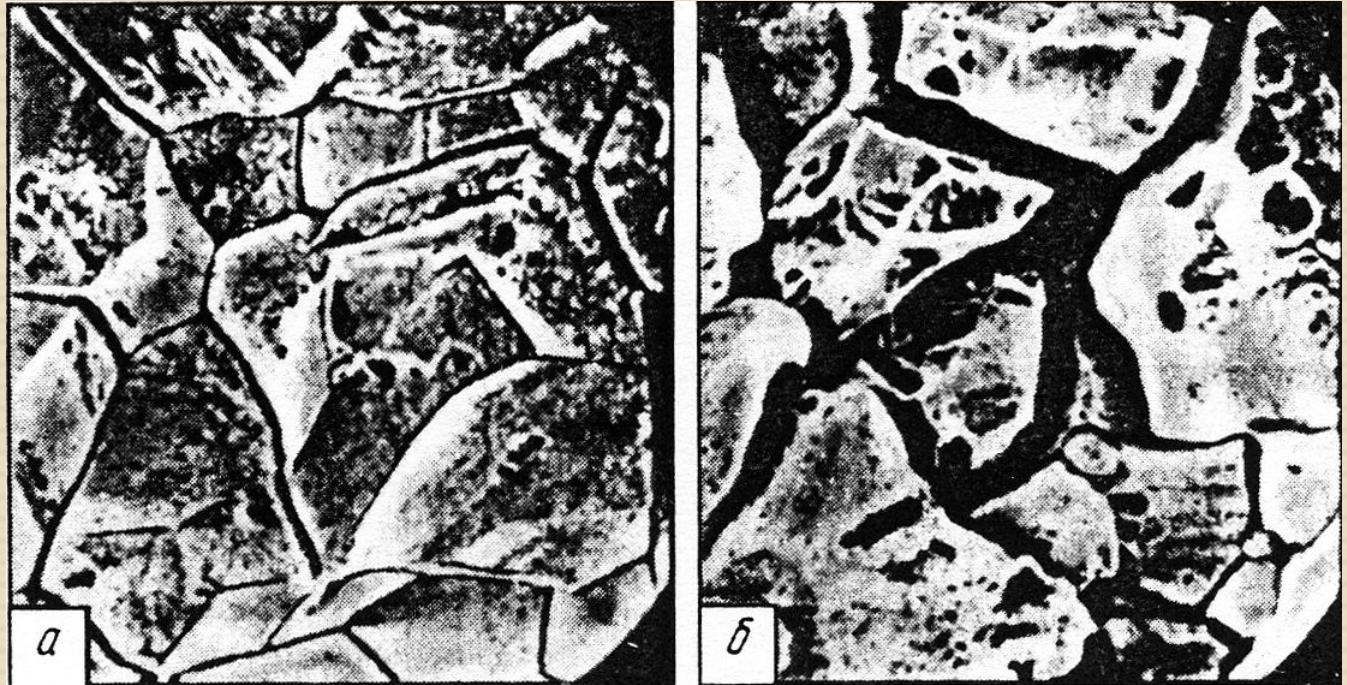
## Склонность к межкристаллитной коррозии

Температурно-временная область склонности коррозионностойкой аустенитной стали к межкристаллитной коррозии (МКК), связанной с объединением границ зерен по хрому;

$T_p$  — температура растворения карбидов;

$\gamma$  — аустенит;

К — карбиды



## МИКРОСТРУКТУРЫ СТАЛИ **08X18H10** ПОСЛЕ ИСПЫТАНИЙ НА МЕЖКРИСТАЛЛИТНУЮ КОРРОЗИЮ В РАЗНЫХ СРЕДАХ

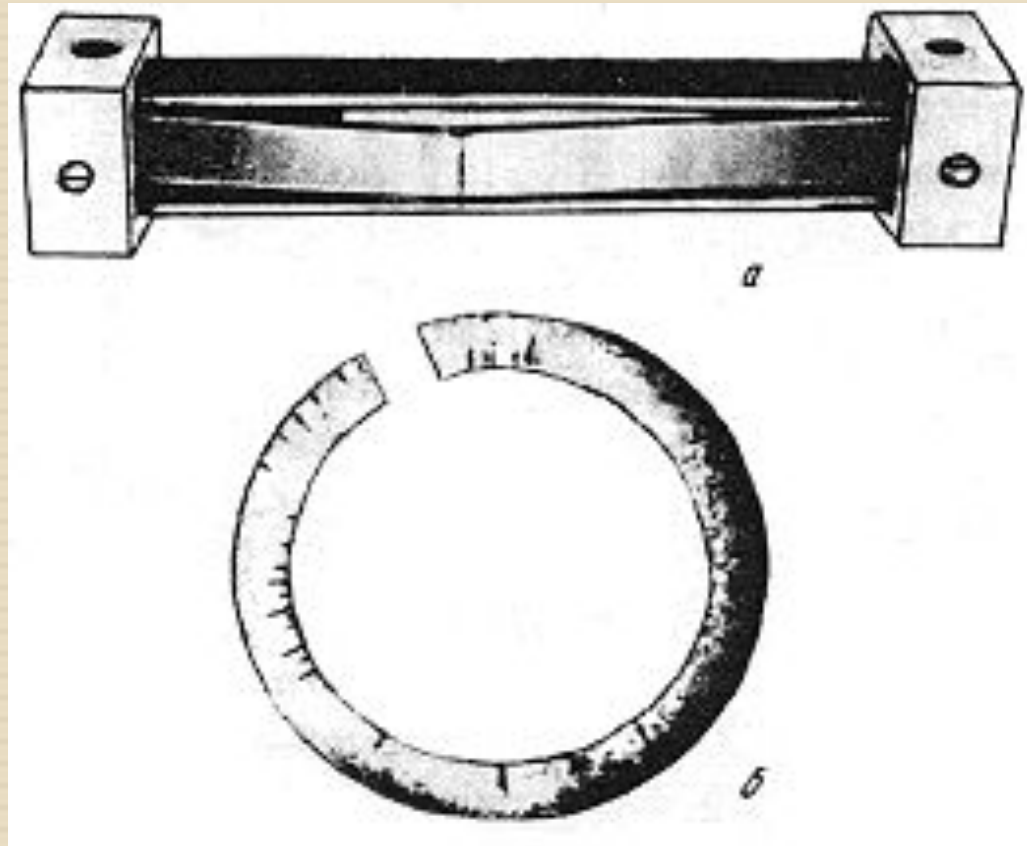
Микроструктура стали 08X18H10 после закалки с 1050 °С в воде и отпуска при 700 °С:

- а) межкристаллитная коррозия при испытании в растворе 25%-ной  $\text{HNO}_3$  + 40 г/л  $\text{Cl}^{6+}$ , продолжительность 200 ч;
- б) то же в растворе кипящей 65 %-ной  $\text{HNO}_3$  +  $\text{Cl}^{6+}$ .  $\times 500$

# ОЦЕНКА КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ

## Прочность и сопротивление коррозионному растрескиванию

Марка стали	Класс	$\sigma_B$	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_{кр}$
		МПа		
08X17T	Ферритный	400	280	350
15X25T	То же	470	320	450
08X18H10T	Аустенитный	450	220	150
10X14Г14Н4Т	То же	430	180	100
10X17H13M2T	То же	500	240	170
08X22H6T	Аустенитно-ферритный	520	350	350
08X21H6M2T	То же	550	360	210
08X18Г8Н2Т	То же	540	350	450



Испытание на коррозионное растрескивание в струбцине (а) и на кольцах (б) с клином для определения времени до образования коррозионных трещин

Испытания на коррозионное растрескивание могут проводиться либо в условиях, вызывающих разрушение материалов (испытания на растяжение, на вязкость разрушения и усталость), либо путем определения времени появления первой трещины. Вид испытаний состоит в фиксации нагруженных образцов в специальных приспособлениях или с помощью создания напряжений клином в разрезанных кольцах



# КОРРОЗИОННОСТОЙКИЕ МАТЕРИАЛЫ

**Коррозионностойкие материалы, металлические и неметаллические материалы, способные противостоять разрушительному действию агрессивных сред.**

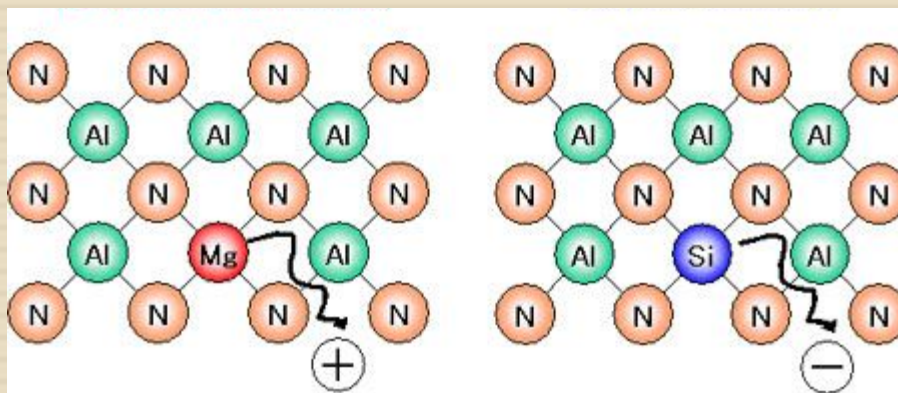
- Применяются для изготовления аппаратов, трубопроводов, арматуры и др. изделий, предназначенных для эксплуатации в условиях воздействия кислот, щелочей, солей, агрессивных газов и др. агентов.
- **Под стойкостью материала понимают его способность сопротивляться коррозии в конкретной среде или в группе сред.** Материал, стойкий в одной среде, может интенсивно разрушаться в другой.

# КОРРОЗИОННОСТОЙКИЕ МАТЕРИАЛЫ

**Способность материалов сопротивляться окислению при высоких температурах в газообразных средах (воздух,  $O_2$ ,  $CO_2$  и т. д.) называется жаростойкостью.**

- К жаростойким материалам относятся сплавы железа с хромом (нержавеющие стали), сплавы титана, циркония, молибдена, тантала. Основным методом повышения жаростойкости сплавов на основе железа — легирование их элементами, способными создать на поверхности металла защитную окисную плёнку, препятствующую дальнейшему окислению.

**Легирование** (нем. *legieren* — «сплавлять», от лат. *ligare* — «связывать») — добавление в состав материалов примесей для изменения (улучшения) физических и химических свойств основного материала. Легирование является обобщающим понятием ряда технологических процедур, различают объемное (металлургическое) и поверхностное (ионное, диффузное и др.) легирование.



Марка легированной качественной стали в России состоит из сочетания букв и цифр, обозначающих ее химический состав.

Легировующие элементы имеют следующие обозначения: хром (X), никель (H), марганец (Г), кремний (С), молибден (М), вольфрам (В), титан (Т), тантал (ТТ), алюминий (Ю), ванадий (Ф), медь (Д), бор (Р), кобальт (К), ниобий (Б), цирконий (Ц), селен (Е), редкоземельные металлы (Ч).

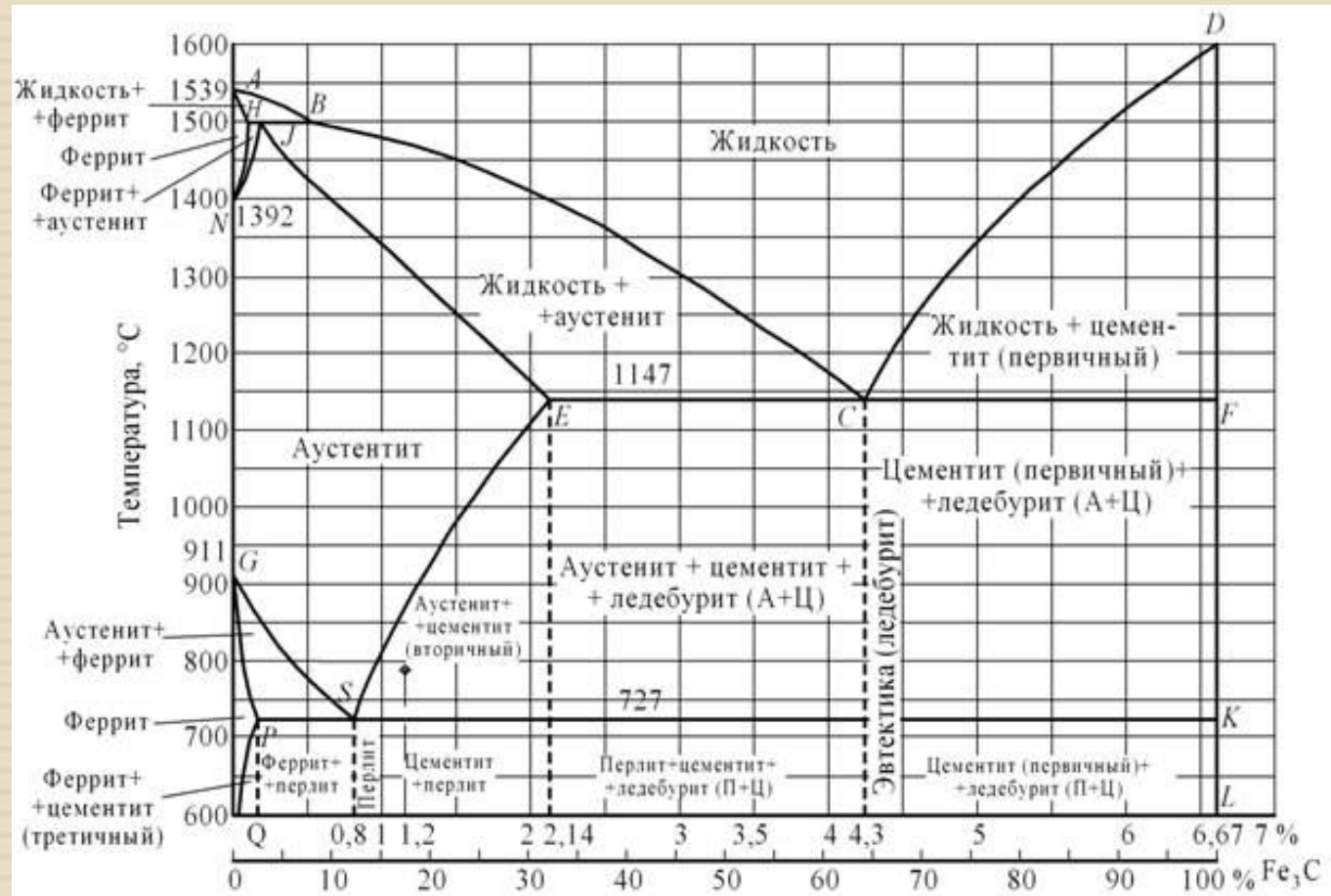
Цифра, стоящая после буквы, указывает на содержание легирующего элемента в процентах. Если цифра не указана, то легирующего элемента содержится 0,8-1,5 %, за исключением молибдена и ванадия (содержание которых в солях обычно до 0.2-0.3 %) А также бора (в стали с буквой Р его должно быть до 0.010 %). В конструкционных качественных легированных сталях две первые цифры показывают содержание углерода в сотых долях процента.

Пример: **03X16H15M3B** — высоколегированная качественная сталь, которая содержит 0,03 % С, 16 % Cr, 15 % Ni, до 3 % Mo, до 1,0 % Nb

**Стойки к окислению** в газообразных и многих жидких средах благородные металлы: платина, золото. В кислых окислительных средах, например в азотной кислоте, коррозионностойки хромоникелевые и хромистые нержавеющие стали. Наиболее широко применяется хромоникелевая аустенитная нержавеющая сталь 1Х18Н10Т, содержащая 0,1% С, 18—20% Cr, 9—11% Ni и 0,35—0,8% Ti.

Для изделий, в которых требуется сочетание высокой коррозионной стойкости и прочности, применяют хромистые стали мартенситного класса, содержащие 0,2—0,4% С и 12—14% Cr. Стали с 25%-ным содержанием Cr обладают высокой стойкостью, но непрочны и плохо поддаются технологической обработке.





## Диаграмма состояния Fe – Fe<sub>3</sub>C

- Феррит** (твёрдый раствор внедрения С в α-железе с объёмно-центрированной кубической решеткой)
- Аустенит** (твёрдый раствор внедрения С в γ-железе с гранцентрированной кубической решеткой)
- Цементит** (карбид железа; Fe<sub>3</sub>C метастабильная высокоуглеродистая фаза)
- Графит** стабильная высокоуглеродистая фаза

Среди **неметаллических** коррозионностойких материалов неорганического происхождения можно отметить **графит**, **алюмосиликаты**, **чистый кремнезём**. Кварцевое стекло, в частности, стойко во многих средах и широко применяется для изготовления химической посуды. Для футеровки металлических корпусов аппаратов в производстве минеральных кислот широко применяют различные природные материалы (горные породы андезит, базальт и др.). Стоек во многих водных средах и ряд органических материалов: **фторопласты** (тефлон), **полиэтилен**, **полистирол** и т. д. Однако все они применимы при температурах не выше 100—200 °С.

