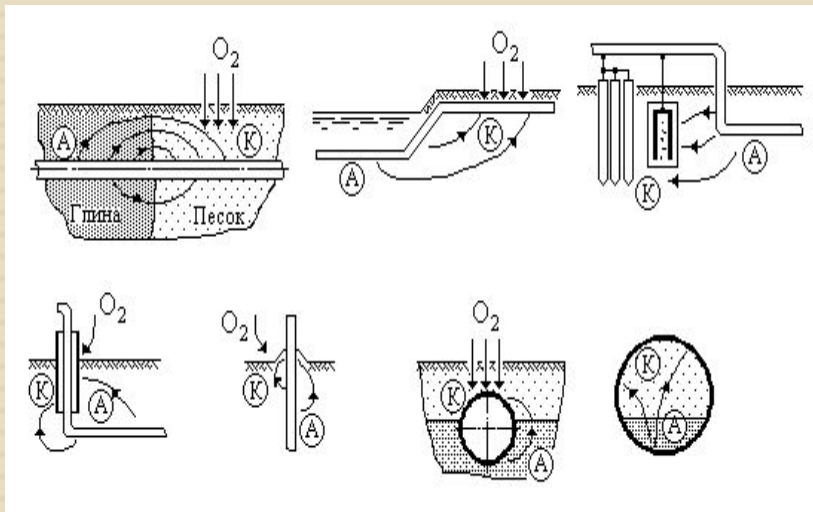




ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ КОРРОЗИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛОВ. ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ

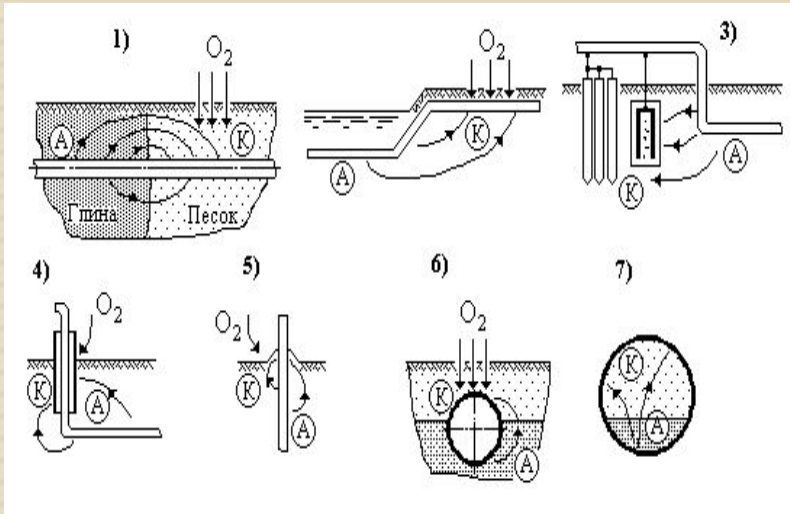
Коррозионные макропары. Методы защиты от коррозии. Оценка коррозионной стойкости. Коррозионностойкие материалы.

КОРРОЗИОННЫЕ МАКРОПАРЫ



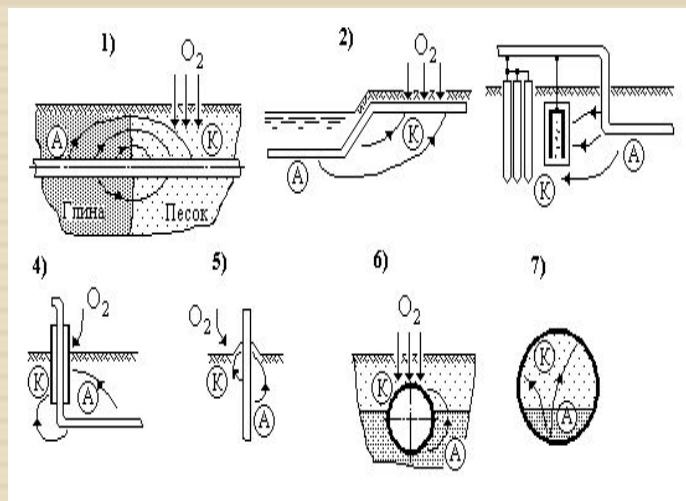
- Возникновение данных коррозионных макропар обусловлено фактически одним общим фактором - **дифференциальной аэрацией**. В области повышенной концентрации кислорода металл приобретает свойства катода, если рядом есть зона с пониженной концентрацией O_2 .
- Так как воздухо содержание песчаного грунта 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).

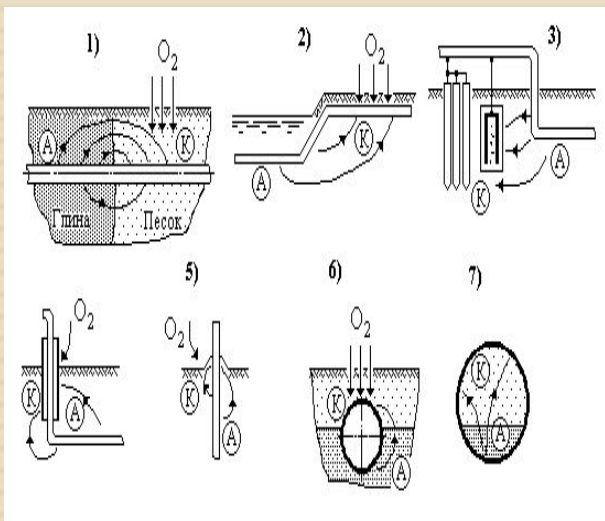
КОРРОЗИОННЫЕ МАКРОПАРЫ



- 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.

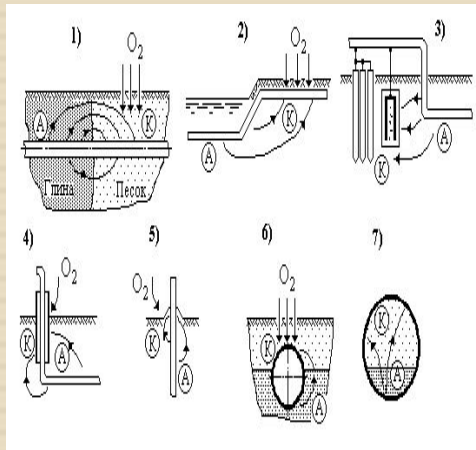
КОРРОЗИОННЫЕ МАКРОПАРЫ

- 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**.

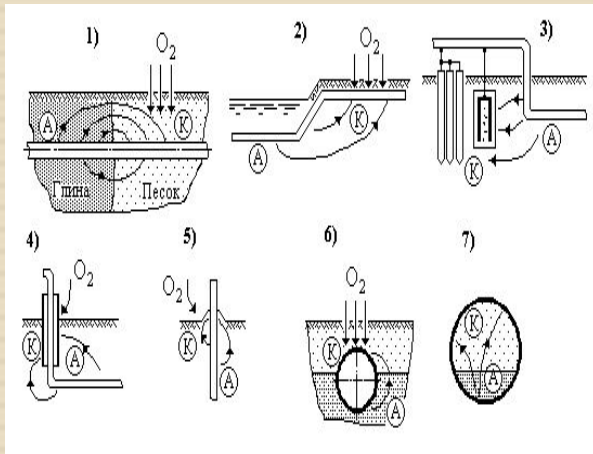
КОРРОЗИОННЫЕ МАКРОПАРЫ



- 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.

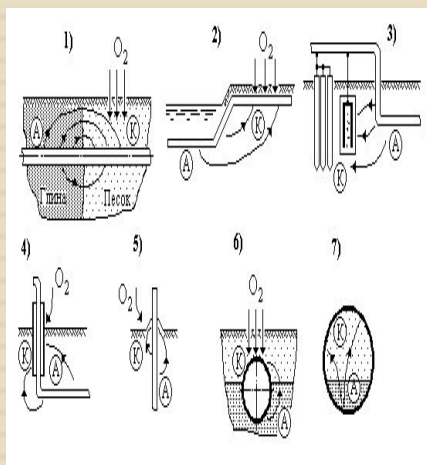
КОРРОЗИОННЫЕ МАКРОПАРЫ

- 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 $v_{\text{кор}}$, мм/год | Категория стойкости металла |
|------|--|--------------------------------|
| 1 | Не более 0,10 | Сильностойкие |
| 2 | 0,10–1,00 | Стойкие |
| 3 | 1,10–3,00 | Пониженно-стойкие |
| 4 | 3,10–10,0 | Малостойкие |
| 5 | Более 10,0 | Нестойкие |

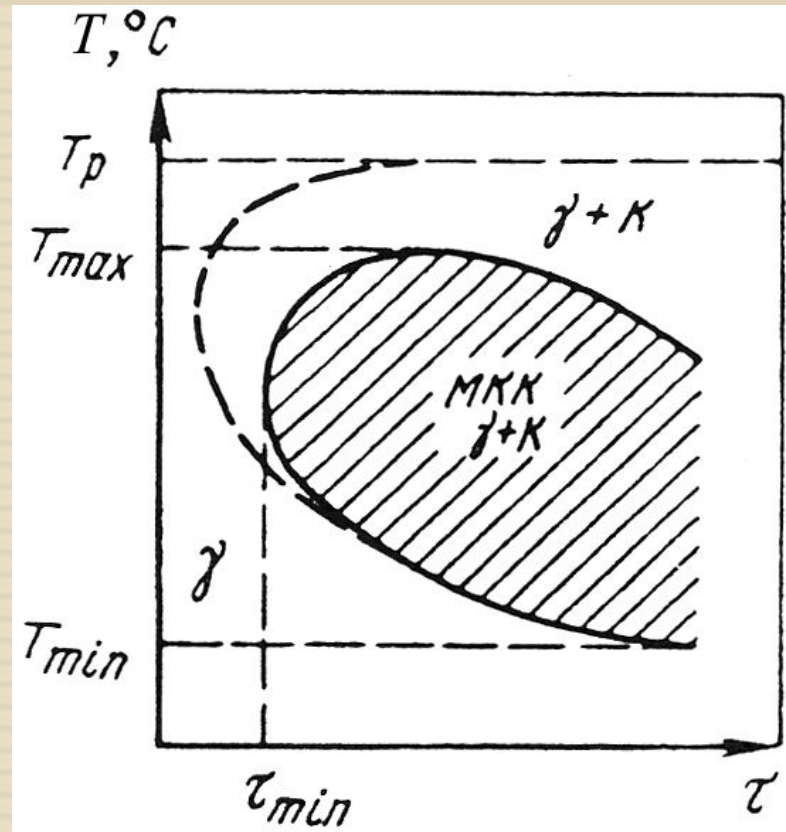
ОЦЕНКА КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ

Кроме глубины проникновения, оценку коррозионной стойкости можно проводить по десятибалльной шкале потери массы образца за определенный период времени на единицу площади K , г / (м² · ч).

Пересчет обоих показателей проводят по формуле

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

где v_K — скорость коррозии, мм/год; γ — плотность, г/см³; g_K — потеря массы образца, г/(м² · ч).



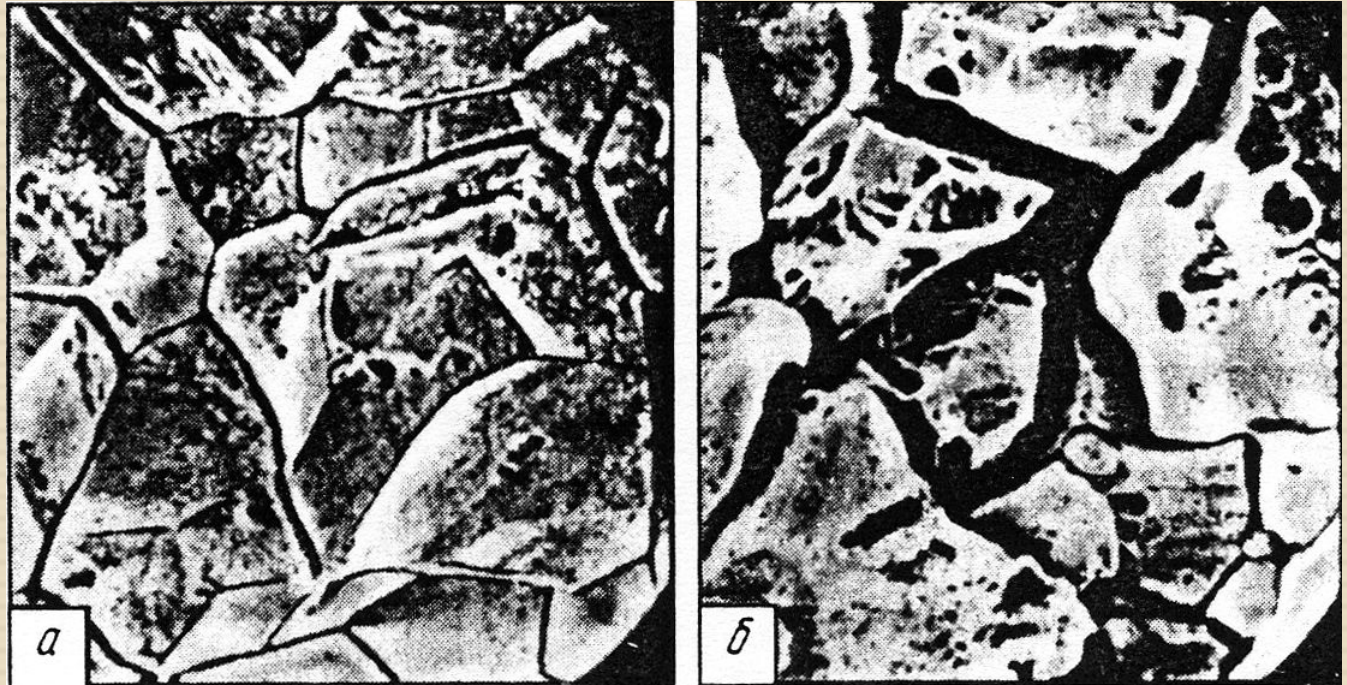
Склонность к межкристаллитной коррозии

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

T_p — температура растворения карбидов;

γ — аустенит;

К — карбиды



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

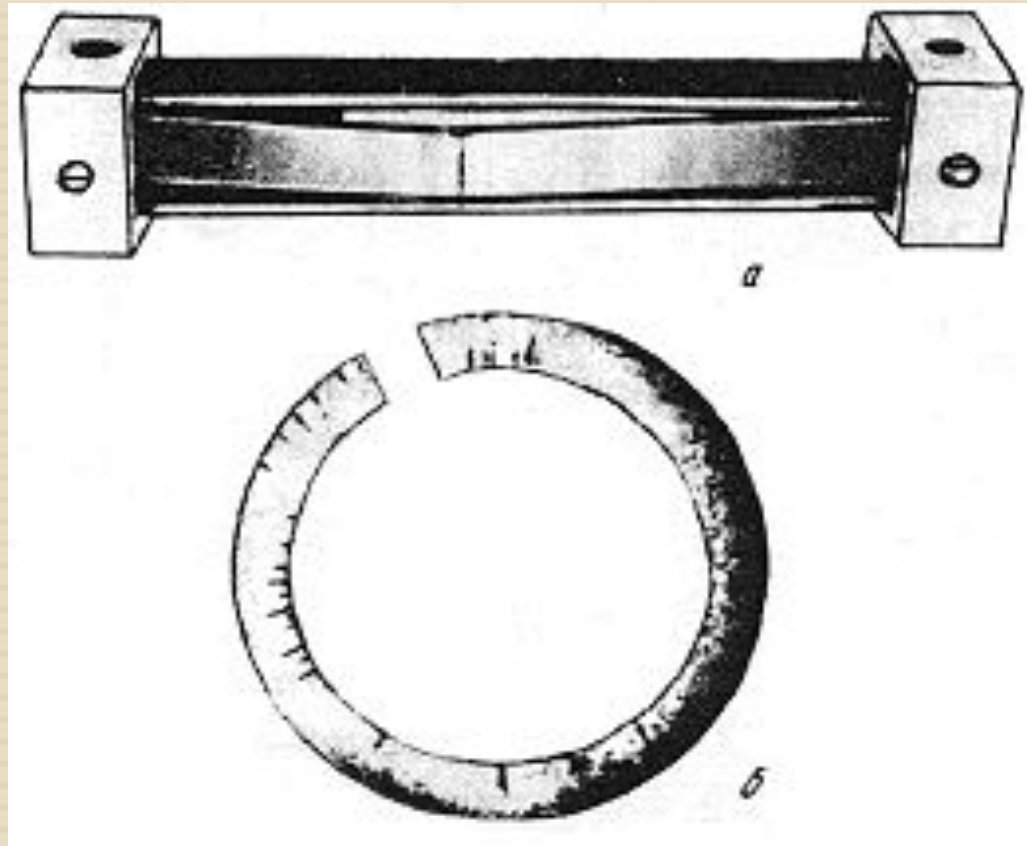
Микроструктура стали 08X18H10 после закалки с 1050 °С в воде и отпуска при 700 °С:

- а) межкристаллитная коррозия при испытании в растворе 25%-ной HNO_3 + 40 г/л Cl^{6+} , продолжительность 200 ч;
- б) то же в растворе кипящей 65 %-ной HNO_3 + Cl^{6+} . $\times 500$

ОЦЕНКА КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ

Прочность и сопротивление коррозионному растрескиванию

| Марка стали | Класс | σ_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.

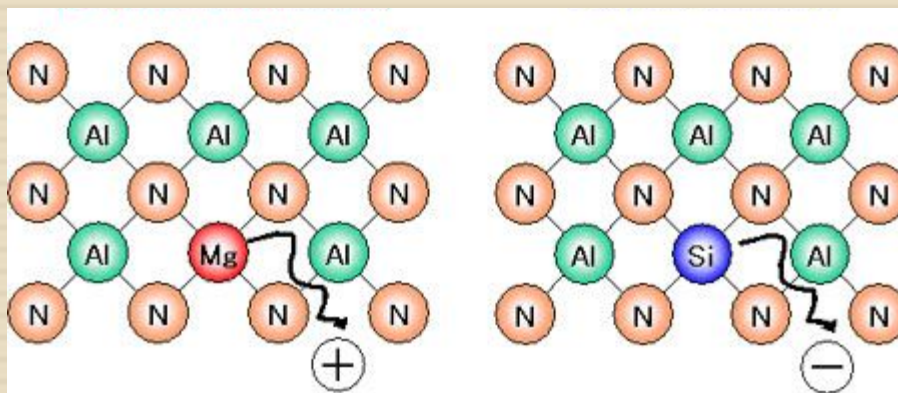
- Применяются для изготовления аппаратов, трубопроводов, арматуры и др. изделий, предназначенных для эксплуатации в условиях воздействия кислот, щелочей, солей, агрессивных газов и др. агентов.
- **Под стойкостью материала понимают его способность сопротивляться коррозии в конкретной среде или в группе 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 (**C**), молибден (**M**), вольфрам (**B**), титан (**T**), тантал (**ТТ**), алюминий (**Ю**), ванадий (**Ф**), медь (**Д**), бор (**P**), кобальт (**K**), ниобий (**Б**), цирконий (**Ц**), селен (**E**), 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 P 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 % C, 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.



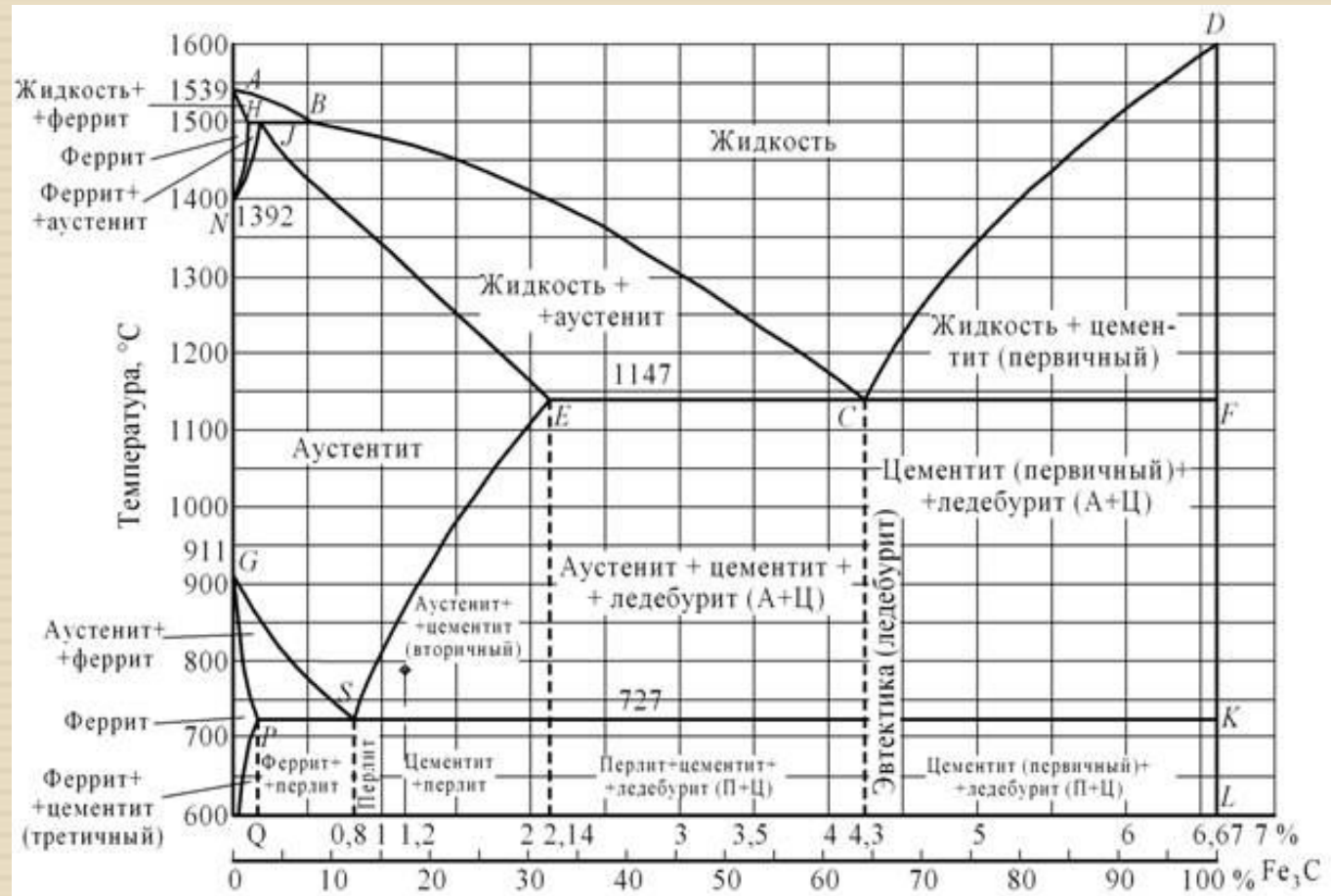


Диаграмма состояния Fe – Fe₃C

- Феррит** (твёрдый раствор внедрения C в α-железе с объёмно-центрированной кубической решёткой)
- Аустенит** (твёрдый раствор внедрения C в γ-железе с гранцентрированной кубической решёткой)
- Цементит** (карбид железа; Fe₃C 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.

