

СПЛАВЫ С СПЕЦИАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Разработал профессор В.А. Оськин

2013 г.



Коррозионностойкие стали

Коррозией называется процесс самопроизвольного разрушения материалов вследствие химического или электрохимического взаимодействия с окружающей средой

Слово коррозия происходит от латинского «corrodo» - «грызу».

Коррозия

```
graph TD; A[Коррозия] --> B[химическая]; A --> C[электрохимическая]
```

химическая

протекает при непосредственном взаимодействии металла и среды без возникновения электрического тока.

электрохимическая

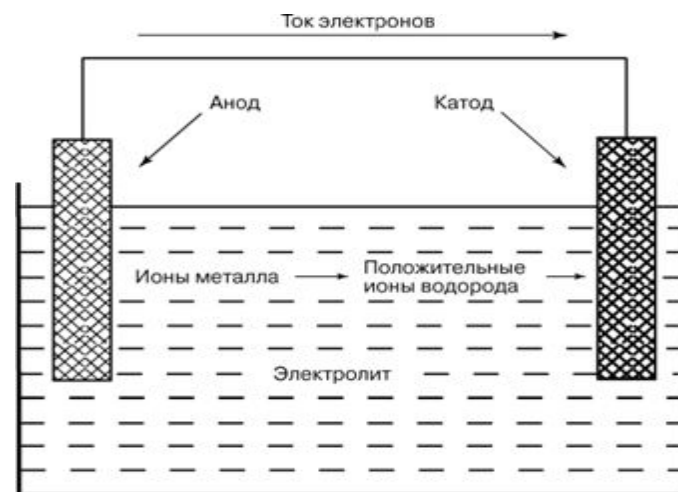
разрушение металлов связано с возникновением электрического тока под действием электролитов или других причин.



Электрохимическая коррозия — наиболее распространённый вид коррозии металлов. При электрическом контакте двух металлов, обладающих разными электродными (электрохимическими) потенциалами и находящихся в электролите, образуется гальванический элемент.

Схема гальванического элемента

Металл, имеющий отрицательный электродный потенциал (анод), отдаёт положительные заряженные ионы в электролит и растворяется



Избыточные электроны перетекают по внешней цепи в металл, имеющий более высокий электродный потенциал (катод). Катод при этом не разрушается. Чем ниже электродный потенциал металла по отношению к стандартному водородному потенциалу, принятому за нулевой уровень, тем легче металл отдаёт ионы в раствор, тем ниже его коррозионная стойкость.

Значения электродного потенциала E_0 разных элементов приведены ниже. Ход электрохимического процесса определяется разностью потенциалов элемента.

Элемент	Mg	Al	Zn	Cr	Fe	Co	Ni
$E_0, \text{В}$	-2,37	-1,66	-0,76	-0,74	-0,44	-0,28	-0,25
Элемент	Sn	Pb	H	Cu	Hg	Ag	Au
$E_0, \text{В}$	-0,14	-0,13	0	+0,34	+0,79	+0,80	+1,50



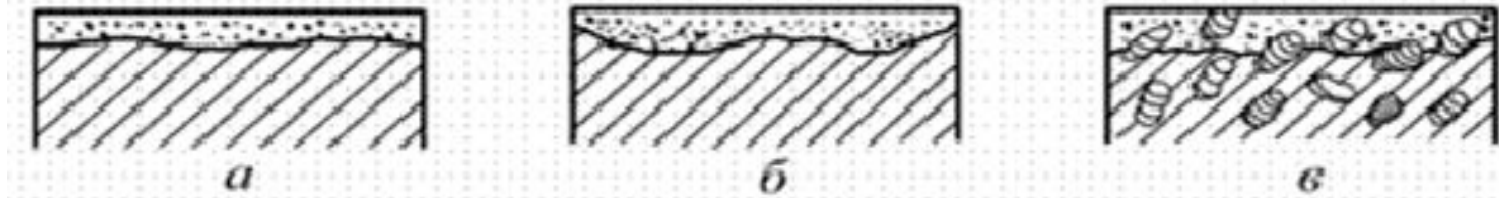
10-балльная шкала для оценки общей коррозионной стойкости металлов

Группа стойкости	Скорость коррозии металла, мм/год.	Балл
Совершенно стойкие	Менее 0,001	1
Весьма стойкие	Свыше 0,001 до 0,005	2
	Свыше 0,005 до 0,01	3
Стойкие	Свыше 0,01 до 0,05	4
	Свыше 0,05 до 0,1	5
Пониженно-стойкие	Свыше 0,1 до 0,5	6
	Свыше 0,5 до 1,0	7
Малостойкие	Свыше 1,0 до 5,0	8
	Свыше 5,0 до 10,0	9
Нестойкие	Свыше 10,0	10

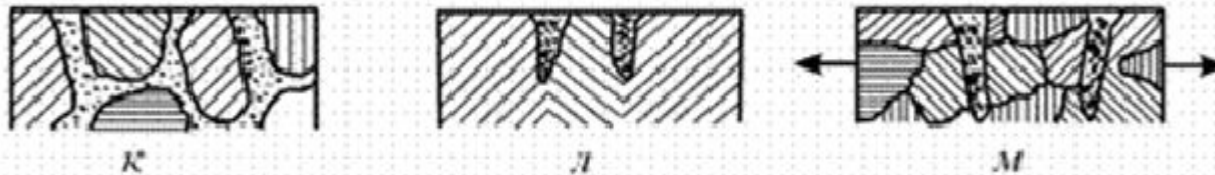


Виды коррозии металлов

Коррозия, захватившая всю поверхность металла, называется сплошной. Её делят на равномерную (а) и неравномерную (б). При местной коррозии (в) поражения локальны.



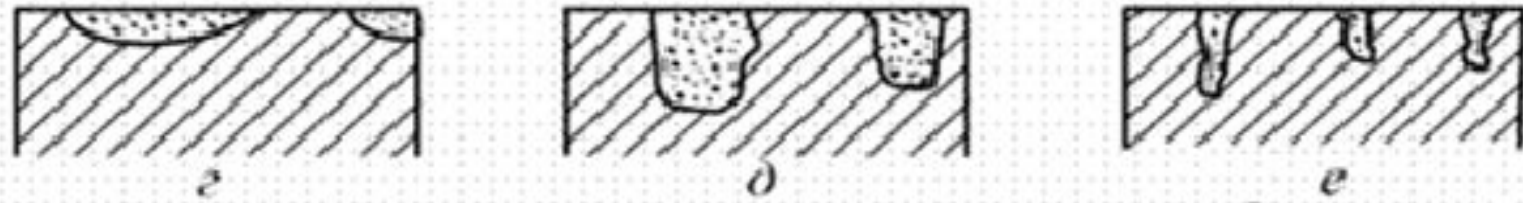
Наиболее опасные виды местной коррозии — межкристаллитная (к), которая, продвигается вглубь по границам зёрен металла, и транскристаллитная (м), рассекающая металл трещиной прямо через зёрна. Близка к ним по характеру ножевая коррозия (л), словно ножом разрезающая металл вдоль сварного шва при эксплуатации в особо агрессивных растворах.



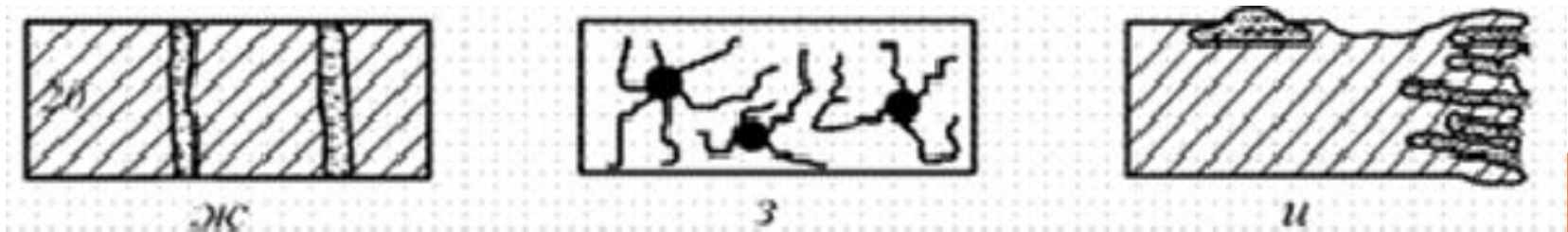
Эти, почти невидимые, поражения могут приводить к полной потере прочности и разрушению детали или конструкции.



В зависимости от степени локализации различают коррозионные пятна (г), язвы (д) и питтинг (е).



Под неметаллическими покрытиями может развиваться поверхностная нитевидная коррозия (з), а при пластической деформации – послойная деформация. При избирательной коррозии в сплаве могут избирательно растворяться отдельные компоненты твёрдых растворов (например, цинк в латуни).



ЗАЩИТА МЕТАЛЛОВ ОТ КОРРОЗИИ

покровтиями

протекторами

легирование

неметаллические

металлические

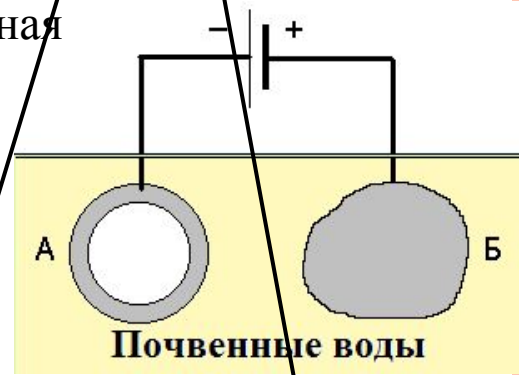
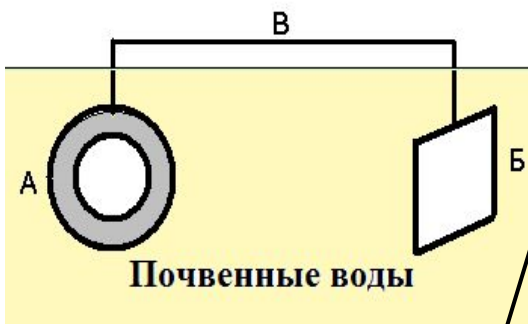
лаки, краски, эмали.

анодные

катодные

пассивная

активная



А – трубопровод
Б - протектор

Наружное лакокрасочное покрытие, 30... 60 мкм



создание устойчивых оксидных плёнок



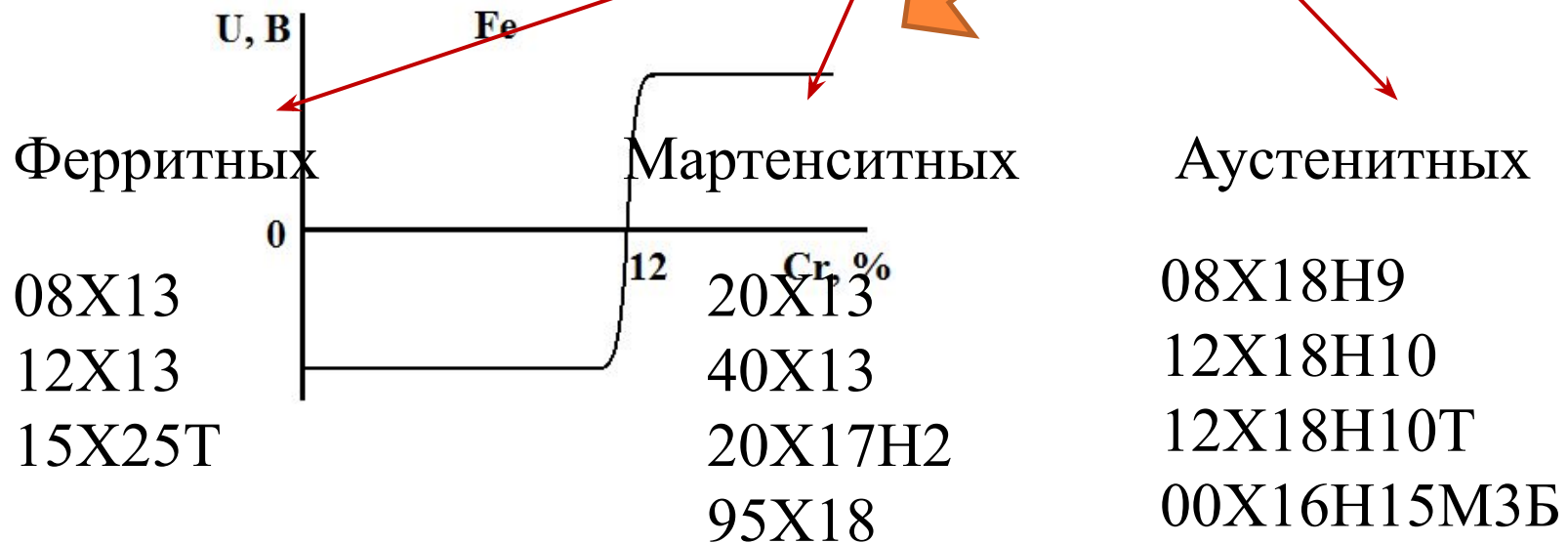
получение однофазных структур



ЗАЩИТА ЛЕГИРОВАНИЕМ

Создание плотных оксидных плёнок на поверхности сплавов (Cr, Al, Si)

Получение коррозионностойких сталей



Межкристаллитная коррозия металлов

Межкристаллитная коррозия — вид коррозии, при котором разрушение металла происходит преимущественно вдоль границ зёрен. Происходит при нагреве аустенитных сталей до температуры 450...850 °С.

Межкристаллитная коррозия вызвана диффузионными процессами в структуре стали, приводящими к образованию карбидов хрома по границам зёрен и одновременным обеднением хромом участков, непосредственно прилегающих к границам зёрен.



Распределение хрома в поперечном сечении аустенитных зёрен (12X18Н10)

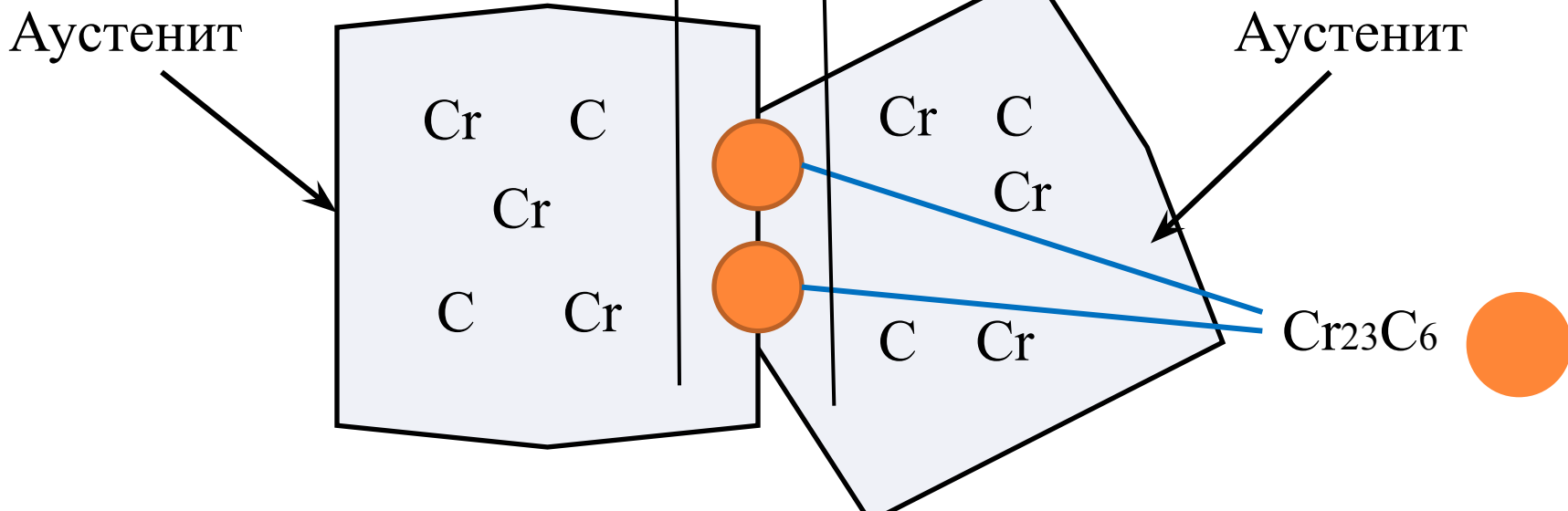
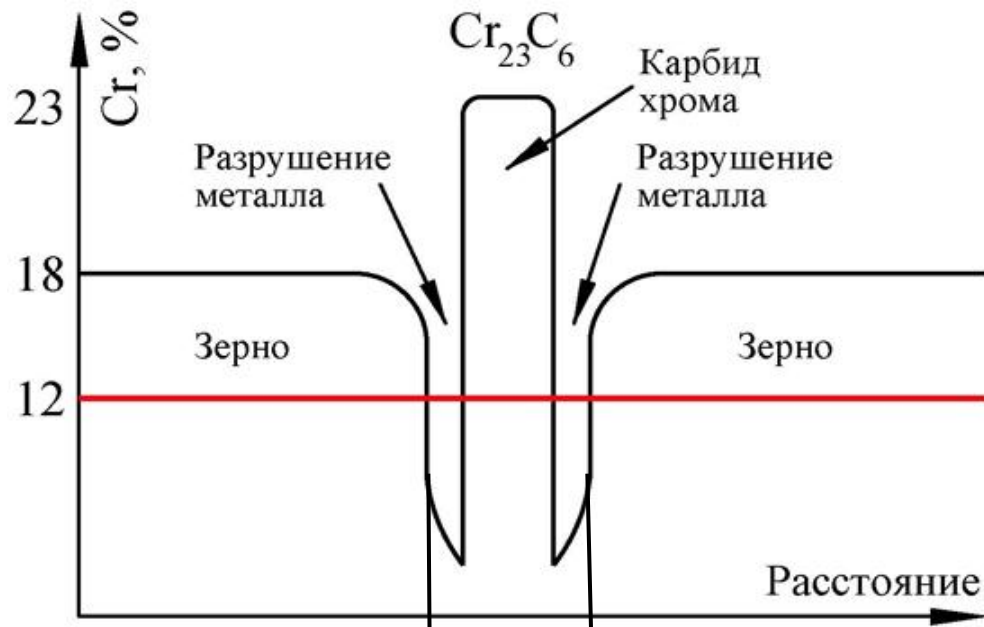
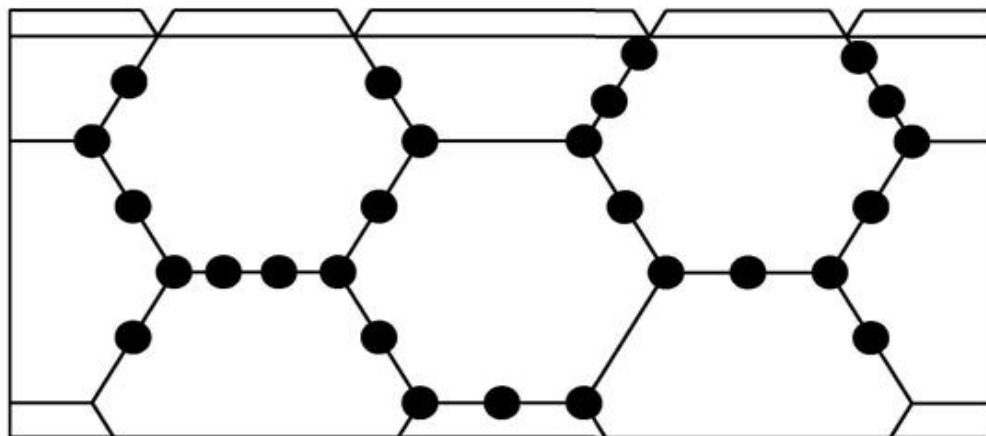
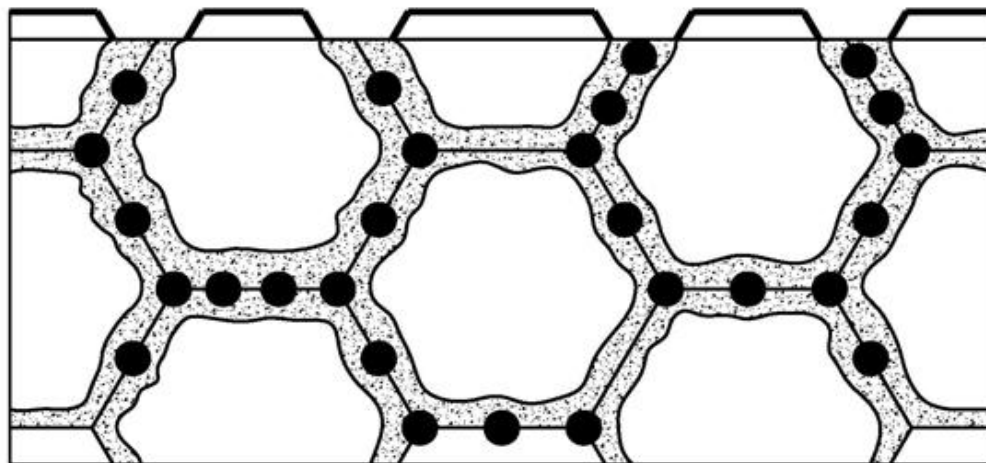


Схема разрушения металла при межкристаллитной коррозии

выделение карбидов
хрома по границам
зёрен;



межкристаллитная
коррозия по
участкам,
обеднённым
хромом



Жаростойкие стали

Жаростойкость – способность металла сопротивляться окислению в газовых средах (воздух, газы, водяной пар) при высоких температурах

Оксиды бывают рыхлые и плотные. В рыхлых скорость окисления большая, в плотных -- невысокая

Процессы, происходящие на поверхности сплава

При температурах до 570 °С (рис.1, а) на поверхности образуются плотные оксиды Fe_2O_3 и Fe_3O_4 , поэтому окисление идёт медленно

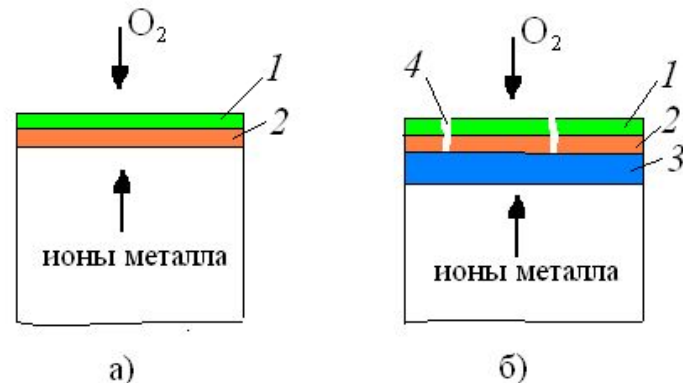


Рис.1. Оксидные пленки на поверхности металла при нагреве до различных температур: а -- до 570 °С; б -- выше 570 °С; 1 -- Fe_2O_3 ; 2 -- Fe_3O_4 ; 3 -- FeO ; 4 -- трещина

При $T > 570$ °С (рис.1, б) эти оксиды растрескиваются и, под ними, образуется быстро растущий рыхлый слой FeO с низкой прочностью. Эти три оксида образуют окалину.



Жаростойкость стали повышают легированием хромом, алюминием и кремнием, которые образуют на поверхности плотные оксидные плёнки типа $(\text{Fe}, \text{Cr})_2\text{O}_3$, $(\text{Fe}, \text{Al})_2\text{O}_3$, с хорошими защитными свойствами.

Содержание хрома составляет 5...28 %, кремния 2...3 %, алюминия 5...6 %

Жаростойкость стали 12Х13 – 700 град. С; 15Х6СЮ – 800, а 08Х17Т - 900

Жаростойкость определяется, прежде всего, количеством легирующих элементов в стали и мало связана со структурой. При равном содержании хрома, температура образования окалина $T_{ок}$ повышается на 100...150 °С при легировании кремнием и алюминием.

Сплавы на никелевой основе с Cr и Al (ХН70Ю с 26...29 % Cr и 2,8...3,5 % Al) обладают жаростойкостью до 1200 °С.



Жаропрочные стали

Жаропрочность - свойство материала сопротивляться пластической деформации и разрушению при длительном воздействии нагрузки и температурах $> 0,3T_{пл}$.

При этих температурах наблюдаются процессы ползучести и релаксации напряжений.

Ползучесть – это увеличение со временем пластической деформации под действием напряжений, меньших предела текучести.

В предварительно нагруженных деталях происходит релаксация напряжений (самопроизвольное уменьшение напряжений) При повышенных температурах с течением времени уменьшаются напряжения в крепёжных деталях, ослабевают натяги и т. п.

Типичная кривая
ползучести

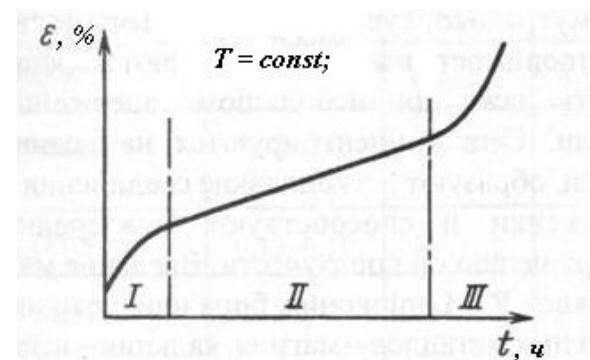


Рис. 2. Зависимость деформации от времени при ползучести: I - неустойчивая стадия; II - устойчивая стадия; III - стадия ускоренной ползучести и разрушения

Факторами, способствующими жаропрочности, являются:

- высокая температура плавления основного металла;
- наличие в сплаве твёрдого раствора и мелкодисперсных упрочняющих фаз;
- пластическая деформация, вызывающая наклёп;
- высокая температура рекристаллизации;
- рациональное легирование;
- термическая и термомеханическая обработка;
- введение в жаропрочные стали бора, церия, ниобия, циркония, (в десятых, сотых и даже тысячных долях).



Жаропрочность сталей обеспечивается легированием и термической обработкой для получения однородной структуры с дисперсными частицами карбидов, интерметаллидов и других частиц.

Оптимальная структура жаропрочных сталей – твёрдый раствор, упрочнённый дисперсными частицами вторых фаз.

Марка стали	Класс стали	Режим Т. о.	Структ после Т.о.	Т, °С
12ХМ	П-ный	Нормализация 910 °С, отпуск 670 °С	Лег. Ф+ карб.	540
40Х10С2М	М-ный	Закалка 1030 °С, масло, отпуск 720 °С	Лег. сорбит + карб.	650
12Х18Н10Т	А-ный	Закалка 1100 °С, вода, отпуск 700 °С	Легир. Ауст.	700
45Х14Н14В2М	А-ный с карб. упр.	Закалка 1150 °С, вода, старение 750 °С, в течение 5 ч	Легир. Ауст. + карб.	650
Р 09Х14Н19В2Б	А-ный с интер. упр.	Закалка 1140 °С, воздух, старение 700 °С в течение 16 ч	Легир. Ауст. + интерм..	700



КОНЕЦ

