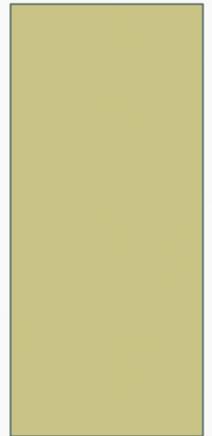


Тема 2.2. Конструкционные стали

СТАЛИ С ОСОБЫМИ СВОЙСТВАМИ

СТАЛИ С ОСОБЫМИ СВОЙСТВАМИ. МАРКИРОВКА, СВОЙСТВА,
ПРИМЕНЯЕМОСТЬ



Коррозионностойкие стали

Коррозионностойкими (нержавеющими) называют стали, которые способны сопротивляться коррозионному воздействию агрессивной среды.

Различают химическую и электрохимическую коррозию.

Межкристаллитная коррозия
аустенитных сталей.



Одним из видов электрохимической коррозии является

межкристаллитная коррозия.

Она распространяется по границам зерен от поверхности вглубь металла и резко снижает механические свойства.

Основной легирующий элемент коррозионностойких сталей - **хром**. При его содержании более 12 % возникает высокая устойчивость против коррозии. Коррозионностойкие стали подразделяются на **хромистые** и **хромоникелевые**.

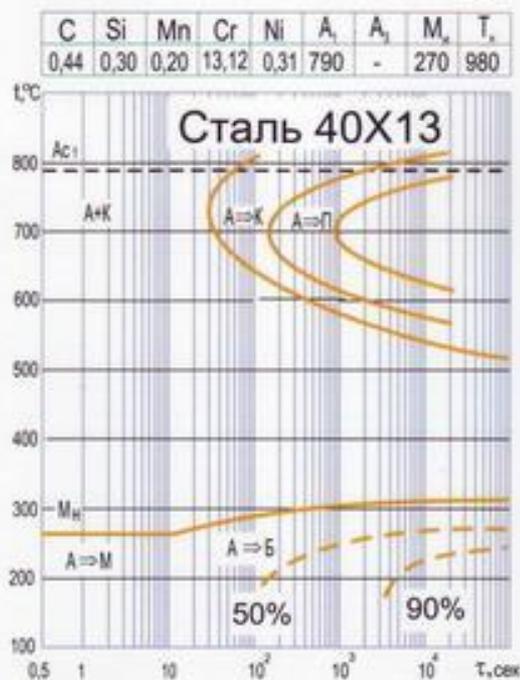
Хромистые коррозионностойкие стали

В зависимости от структуры, образующейся при охлаждении на воздухе, хромистые стали делятся на следующие классы: мартенситные, мартенситно-ферритные (содержат более 10 % феррита) и ферритные.

Марка стали	Содержание, %			Термическая обработка	$\sigma_{0,2}$ МПа	σ_B МПа	δ , %	Ψ , %
	C	Cr	Ti					
Стали мартенситного класса								
20X13	0,16-0,25	12-14	-	Закалка от 1000-1050°C + отпуск 660-770°C	440	650	16	55
30X13	0,26-0,35	12-14	-	Закалка от 950-1020°C + отпуск 700-750°C	590	730	14	40
40X13	0,36-0,45	12-14	-	Закалка от 1000-1050°C + отпуск 600-650°C	890	1120	13	32
Стали мартенситно-ферритного класса								
12X13	0,09-0,15	12-14	-	Закалка от 1000-1050°C + отпуск 700-770°C	410	590	20	60
Стали ферритного класса								
12X17	менее 0,12	16-18	-	Отжиг 760-780°C	240	390	20	50
15X25T	менее 0,15	24-27	0,15-0,40	Отжиг 740-760°C	290	440	20	45

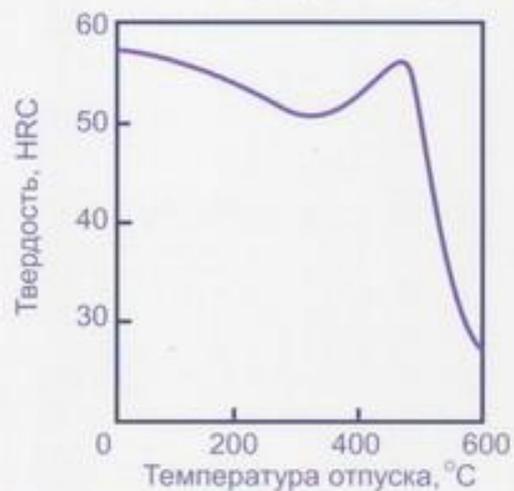
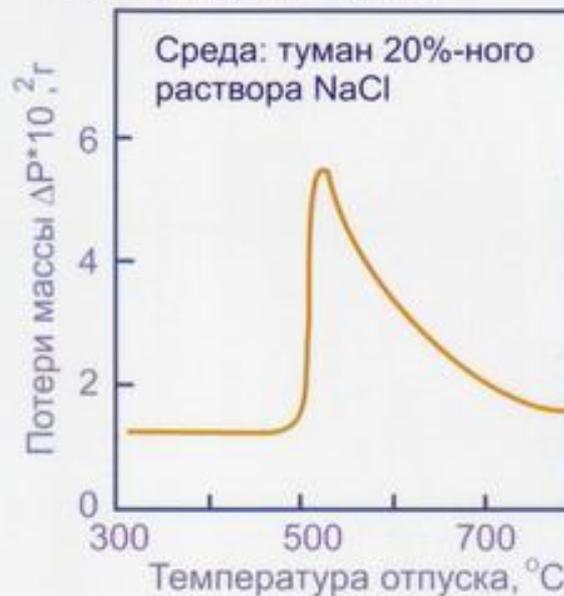
Свойства хромистых коррозионностойких сталей

Диаграмма изотермического распада переохлажденного аустенита стали 40X13



Зависимость твердости стали 40X13 от температуры отпуска продолжительностью один час.

Зависимость коррозионной стойкости стали 10X13 от температуры отпуска



Хромоникелевые аустенитные коррозионностойкие стали

Марка стали	Содержание, %				Термическая обработка	$\sigma_{0,2}$ МПа	σ_{B1} МПа	δ , %
	C	Cr	Ni	другие				
12X18H9	менее 0,12	17- 19	8,0- 9,5	-	Закалка от 1050 - 1100°C	190	520	45
04X18H10	менее 0,04	17- 19	9- 11	-	Закалка от 1000 - 1050°C	170	500	50
12X18H10T	менее 0,12	17- 19	9- 11	Ti 0,3-0,7	Закалка от 1050 - 1100°C	210	540	55
10X17H13M2T	менее 0,10	16- 18	12- 14	Ti 0,3-0,6 Mo 1,8-2,5	Закалка от 1050 - 1100°C	220	540	40

Структура стали 12X18H10T после закалки



x1000

Жаростойкие стали

Под *жаростойкими* (окалиностойкими) понимают стали, устойчивые к газовой коррозии при высоких температурах.

Основные легирующие элементы, повышающие жаростойкость - *хром, кремний и алюминий*.

Хром и алюминий образуют защитные пленки из Cr_2O_3 , Al_2O_3 , $\text{FeO}\cdot\text{Cr}_2\text{O}_3$, $\text{FeO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$, а кремний - из $2\text{FeO}\cdot\text{SiO}_2$.

Различают две основных группы сталей:

1. Высокохромистые стали, имеющие *ферритную* структуру: *08X17T, 15X25T, 15X28, 05X25Ю5* и др.
Термическая обработка: *нормализация с нагревом до 760 - 800°C.*
2. Хромоникелевые стали с *аустенитной* структурой: *08X18H9T, 20X23H18, 20X25H20C2* и др.
Термическая обработка: *закалка от 1100 - 1150°C с охлаждением в воде, масле или на воздухе.*

Жаропрочные стали

Жаропрочные стали подразделяются на две группы:

- **теплоустойчивые** стали:

углеродистые, низколегированные, хромистые;

- **жаропрочные аустенитные** стали:

гомогенные (однофазные) стали, стали с карбидным упрочнением, стали с интерметаллидным упрочнением.

Теплоустойчивые углеродистые стали

Стали **12К, 15К, 20К, 22К** применяют до **450°C**.

Маркировка: буква **К** обозначает "**котельная**"; цифры - среднее содержание углерода в сотых долях процента. Термическая обработка - нормализация.

Свойства сталей $\sigma_{0,2} = 220-280$ МПа, $\sigma_B = 380-490$ МПа, $\delta = 19 - 24\%$.

Теплоустойчивые низколегированные стали

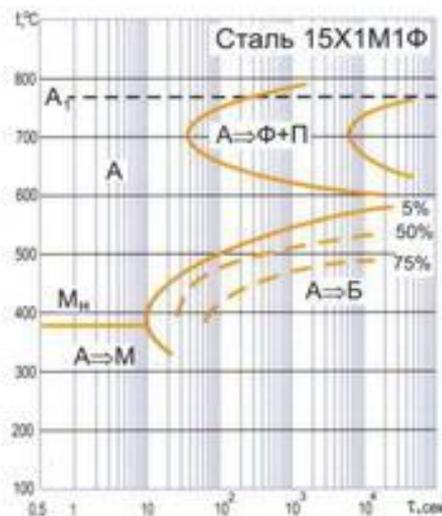
Эти стали применяются до 580 °С

Марка стали	Содержание, %				Термическая обработка	$\sigma_{0,2}$ МПа	σ_{B} МПа	δ , %
	C	Cr	Mo	V				
12X1MФ	0,08 - 0,15	0,9 - 1,2	0,25 - 0,35	0,15 - 0,30	Охлаждение от 950-980°C на воздухе + отпуск 720 - 760°C	260	450	21
15X1M1Ф	0,10 - 0,16	1,1 - 1,4	0,9 - 1,1	0,20 - 0,25	Охлаждение от 1020-1050°C на воздухе + отпуск 730 - 750°C	320	500	18

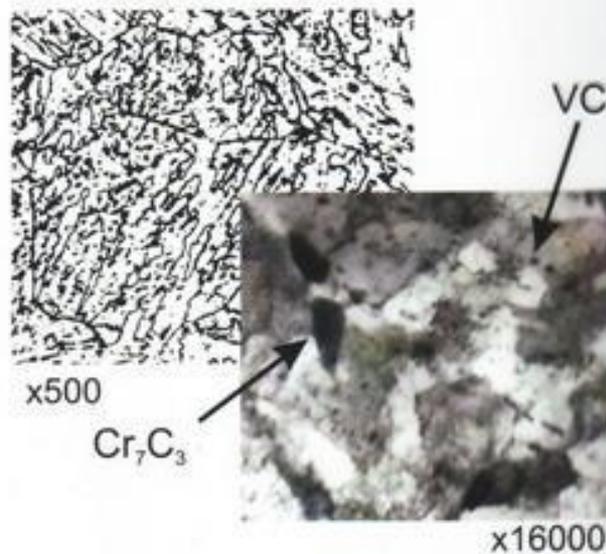
Сталь 15X1M1Ф

Диаграмма изотермического распада переохлажденного аустенита стали 15X1M1Ф

C	Mn	Si	Cr	Mo	V	A ₁	M _н	T _н
0,16	0,84	0,76	0,76	0,20	0,03	760	380	1080



Оптимальными являются бейнитная и феррито-бейнитная структуры



Теплоустойчивые хромистые стали

Эти стали применяются до 550 -620 °С

а) Стали с **10-12% Cr**, дополнительно легированные молибденом, вольфрамом, ванадием и ниобием. В сталях, содержащих более 11% Cr, в структуре присутствует δ - феррит. При термической обработке и эксплуатации выделяются карбиды $M_{23}C_6$, M_7C_3 , MC , M_5C и фазы Лавеса Fe_2Mo , Fe_2W , $Fe_2(Mo,W)$.
Термическая обработка - закалка на мартенсит и высокий отпуск.

Марка стали	Содержание, %				Термическая обработка	$\sigma_{0,2}$ МПа	σ_{B1} МПа	δ , %
	C	Cr	Mo	другие				
15X11МФ	0,12 0,19	10- 11,5	0,6- 0,8	V-0,35	Закалка от 1080 - 1100°C + отпуск 680-750°C	550	720	15
18X12ВМФБР	0,15 0,22	11- 13	0,4- 0,6	W-0,55 V-0,22 Nb-0,3 В<0,003	Закалка от 1050 - 1150°C + отпуск 650-670°C	670	900	14

б) Стали с **5-10% Cr**, дополнительно легированные кремнием (сильхромы): **40X9C2, 40X10C2M**. Эти стали обладают повышенной жаростойкостью и применяются при длительной эксплуатации до 500-600°C.
Термическая обработка - закалка от 1000-1050°C в масле и высокий отпуск при 720-780°C.

Жаропрочные аустенитные стали с карбидным упрочнением

Эти стали предназначены для работы при **650-750°C**
и высоких напряжениях

Марка стали	Содержание, %						
	C	Cr	Ni	Mn	Mo	V	другие
45X14H14B2M (ЭИ69)	0,4 - 0,5	13-15	13-15	-	0,25-0,4	-	W 2,0-2,7
31X19H9MBT (ЭИ572)	0,28 - 0,35	18-20	8-10	-	1,0-1,5	-	W 1,0-1,5 Ti 0,2-0,5 Nb 0,2-0,5
37X12H8Г8МФБ (ЭИ481)	0,34 0,40	11,5- 13,5	7-8	7,5-9,5	1,1-1,4	1,25-1,35	Nb 0,25- 0,45
40X15H7Г7Ф2МС (ЭИ388)	0,38- 0,47	14-16	6-8	6-8	0,65-0,95	1,5-1,9	Si 0,9-1,4

Термическая обработка: **закалка** и **старение**.

Основные упрочняющие фазы:

в сталях 45X14H14B2M и 31X19H9MBT - $Me_{23}C_6$;

в сталях 37X12H8Г8МФБ и 40X15H7Г7Ф2МС- $Me_{23}C_6$ и VC

Микроструктура стали
37X12H8Г8МФБ



X300