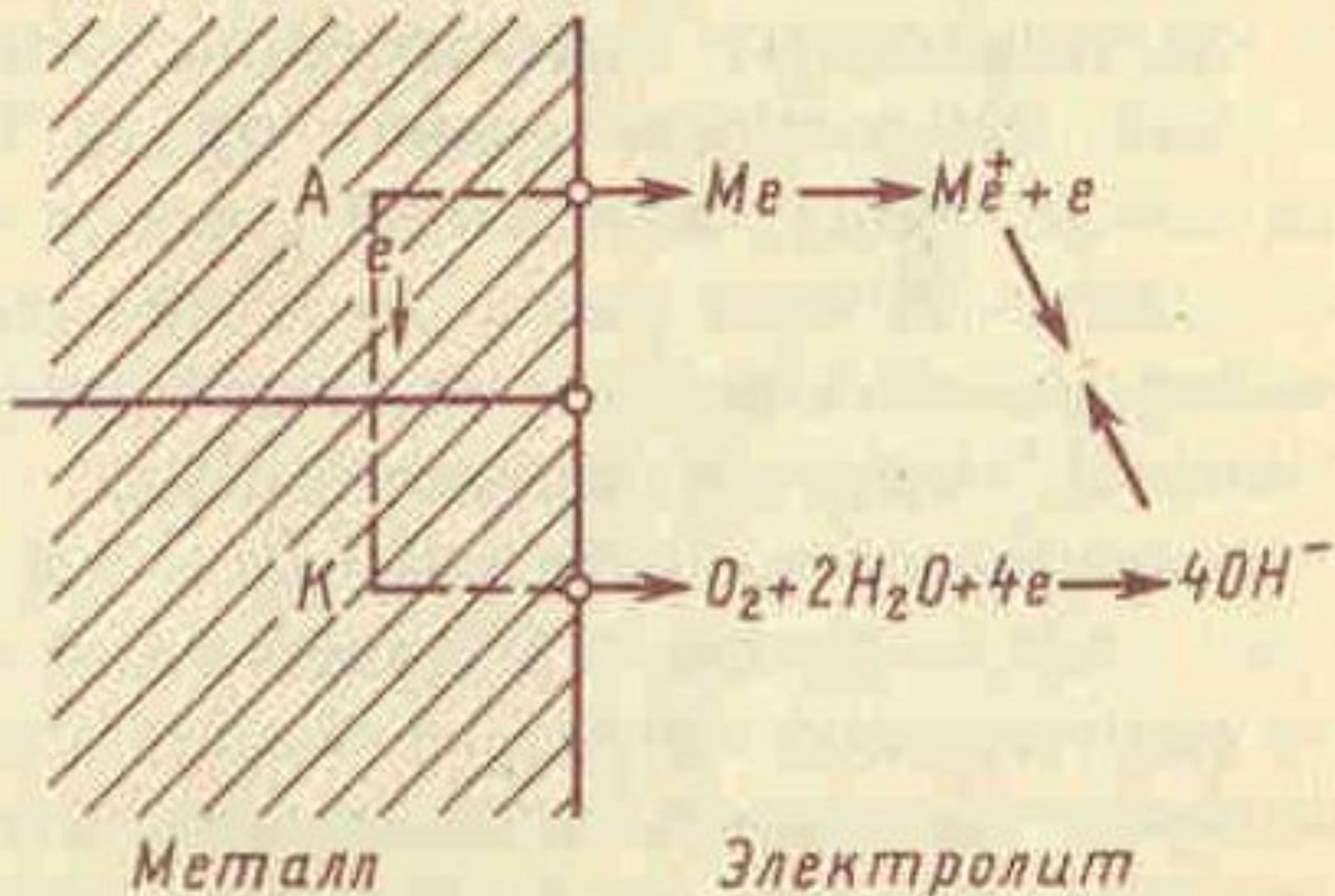
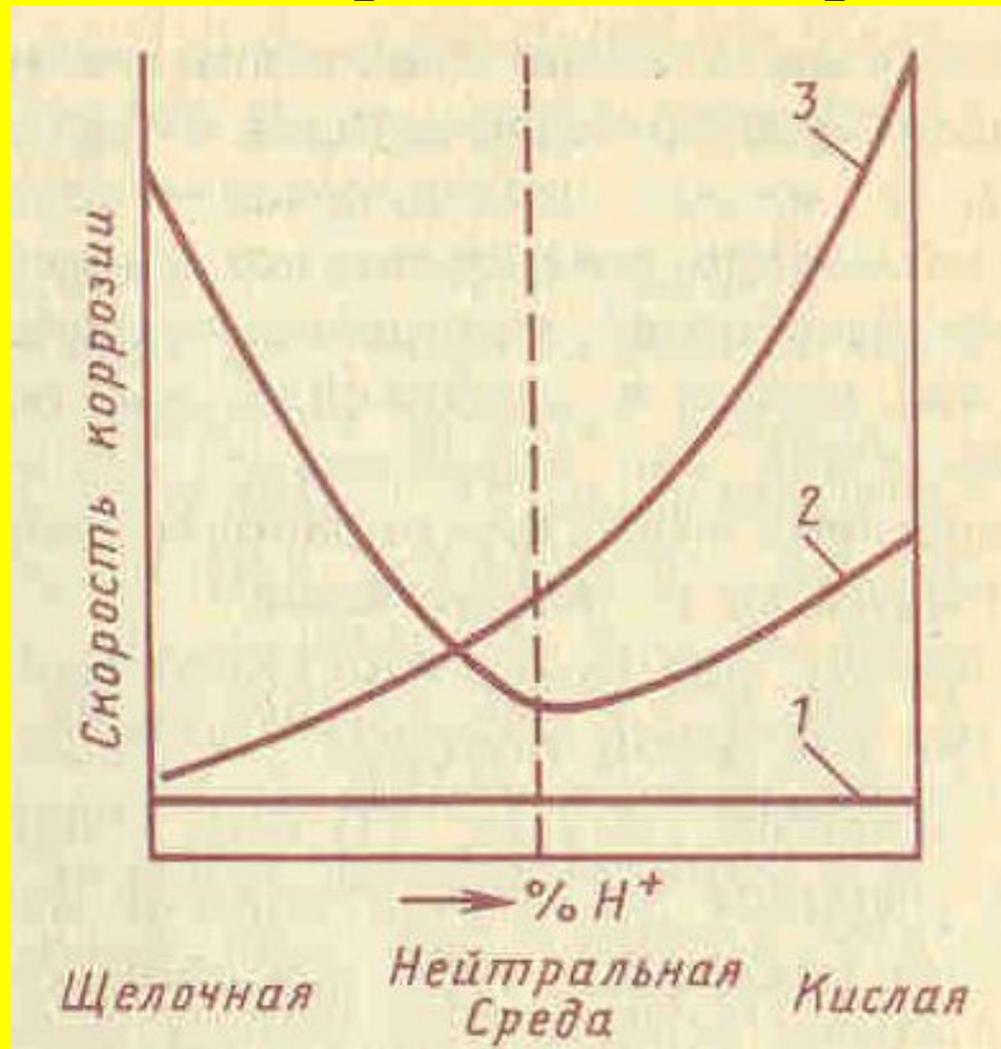


# Схема коррозионного элемента



# Влияние состава электролита на скорость коррозии



1-пассивирующиеся металлы

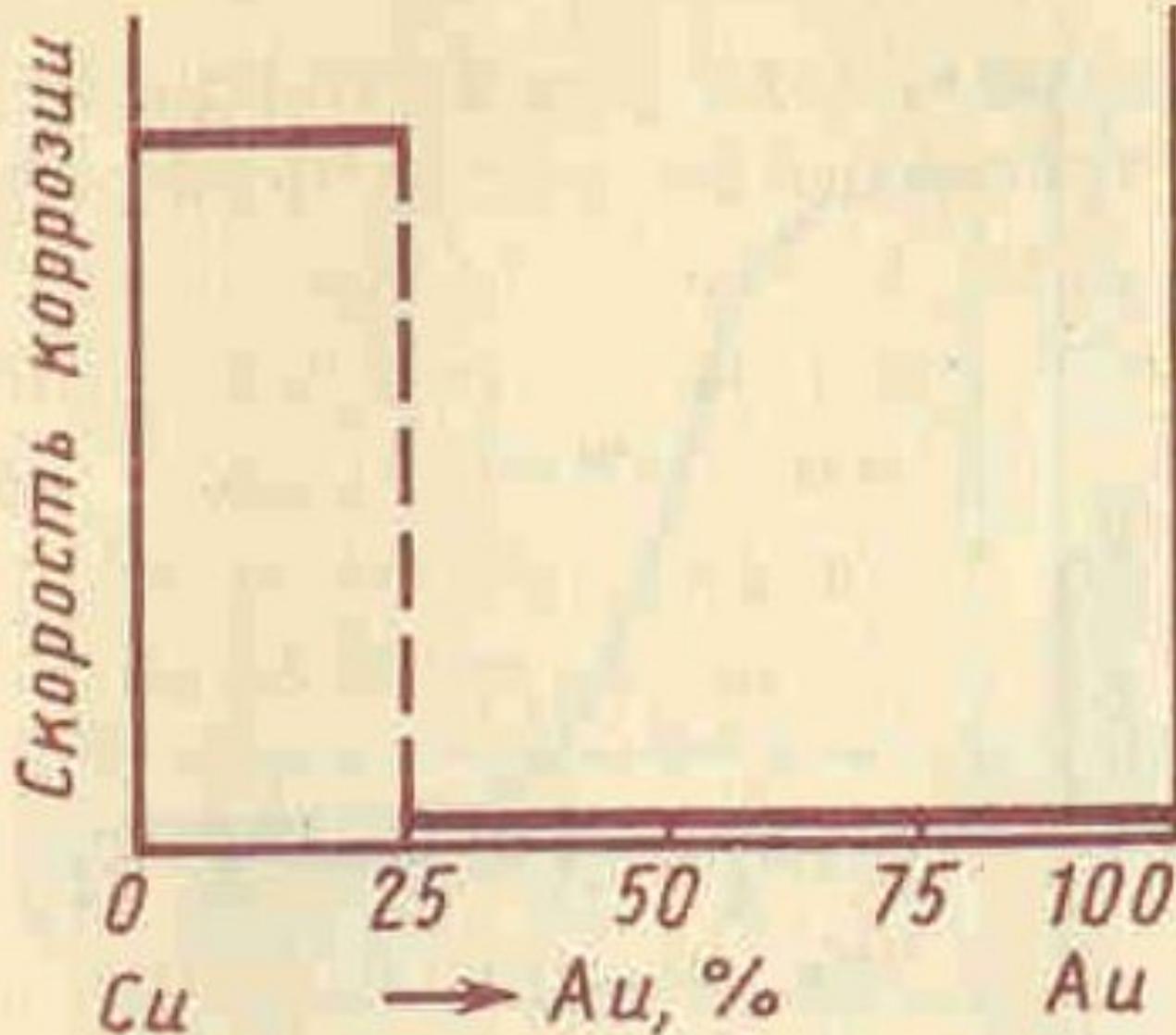
2-непассивирующиеся металлы Zn, Sn, Pb

3-остальные непассивирующиеся металлы

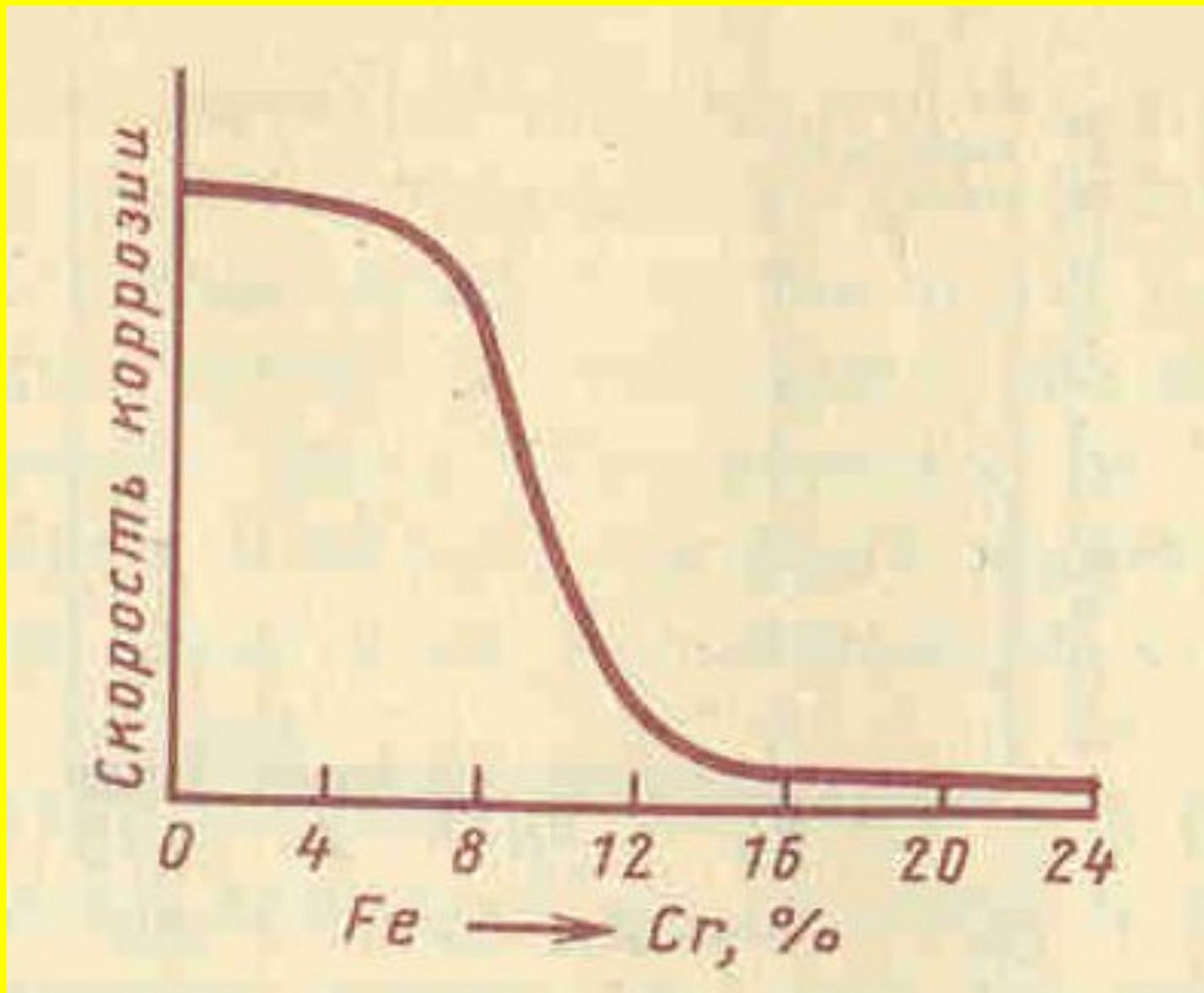
# Влияние среды на ограниченный предел выносливости сплавов, МПа

Среда	Сталь 20 (отожженная)	12Х13 (улучшенная)	12Х18Н10Т (закаленная)	БрОЦ4-3 (отожженная)	Д1 (отожженный)
Воздух	250	380	350	160	100
Речная вода	140	260	350	150	50
Морская вода	60	—	—	150	—

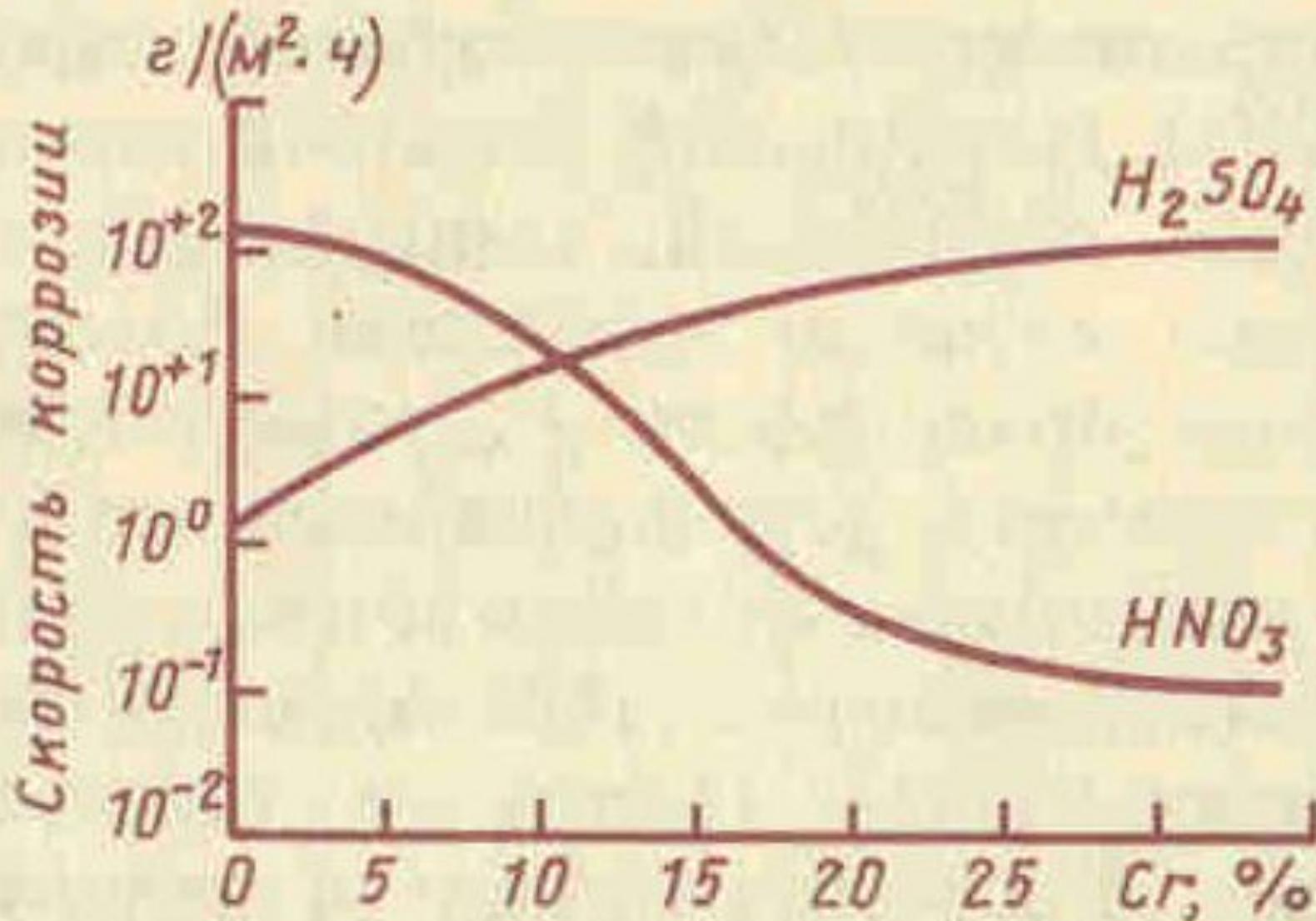
# Влияние химического состава сплавов *Си-Аи* на скорость коррозии в воде



# Влияние химического состава сплавов *Fe-Cr* на скорость коррозии в воде



# Влияние содержания хрома на скорость коррозии сталей в 5%-ных водных растворах кислот

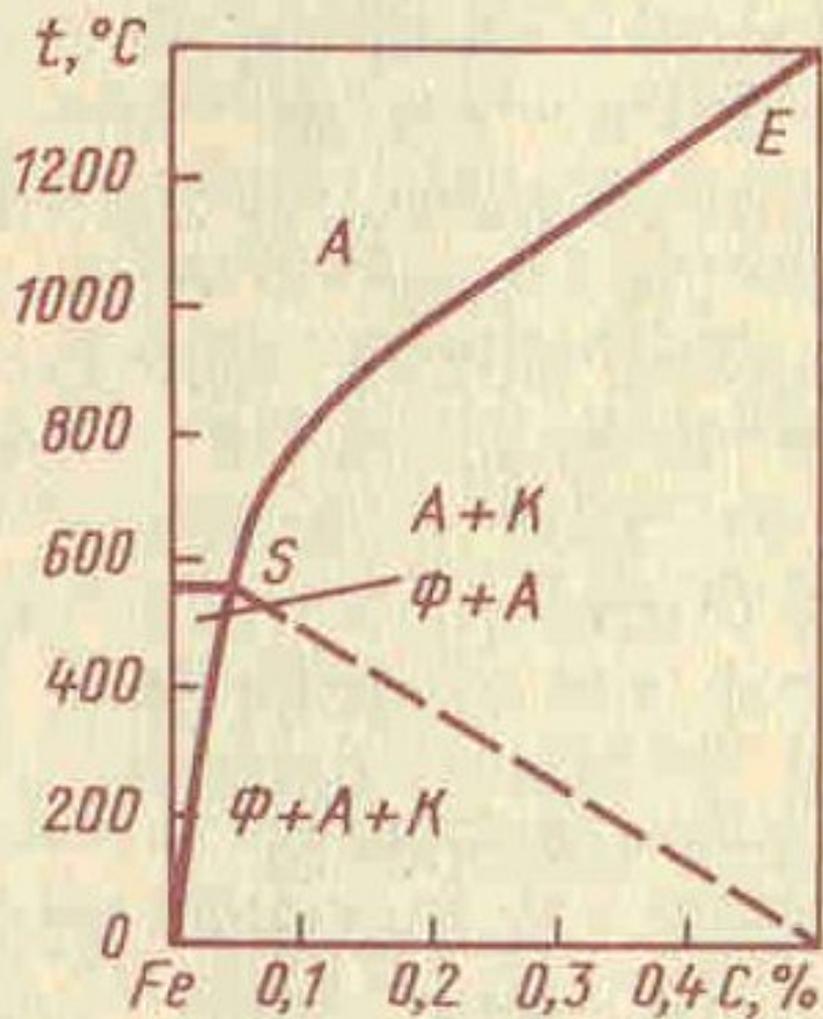


# Свойства хромистых коррозионно-стойких сталей

Сталь	Класс	Массовая доля элементов*, %		Термическая обработка					
				Отжиг		Закалка и высокий отпуск		Закалка и низкий отпуск	
				$\sigma_{в}$ , МПа	$\delta$ , %	$\sigma_{в}$ , МПа	$\delta$ , %	$\sigma_{в}$ , МПа	$\delta$ , %
12X13	Ферритно-мартенситный	0,09—0,15	12—14	400	20	600	20	—	—
20X13 30X13 40X13	Мартенситный	0,16—0,25	12—14	500	20	660	16	—	—
		0,26—0,35	12—14	500	15	700	12	1600	3
		0,36—0,45	12—14	600	15	800	9	1680	3

\* По ГОСТ 5632—72.

# Диаграмма состояния хромоникелевых сталей (18%Cr и 10%Ni)

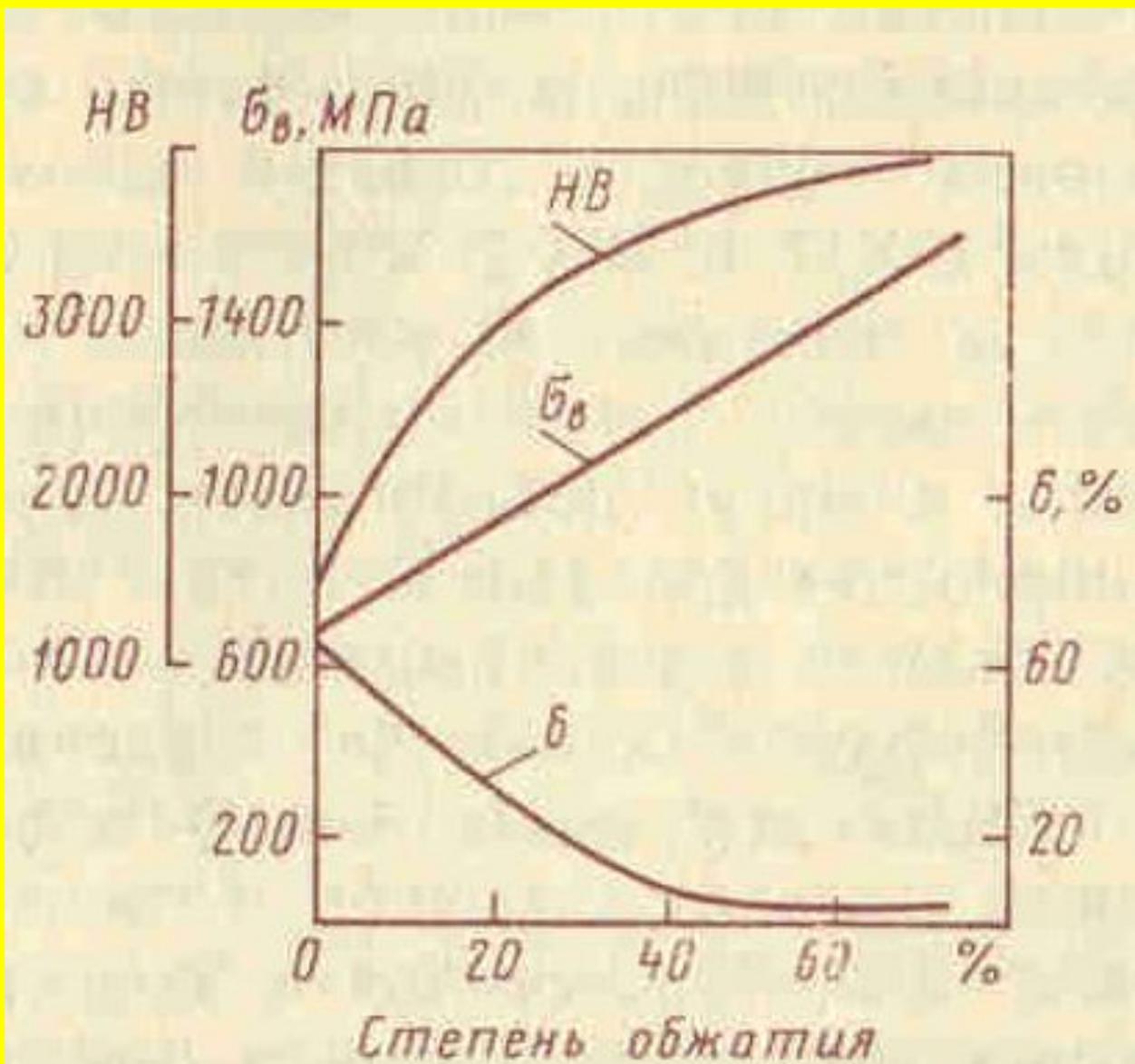


# Свойства закаленных коррозионно-стойких сталей аустенитного класса

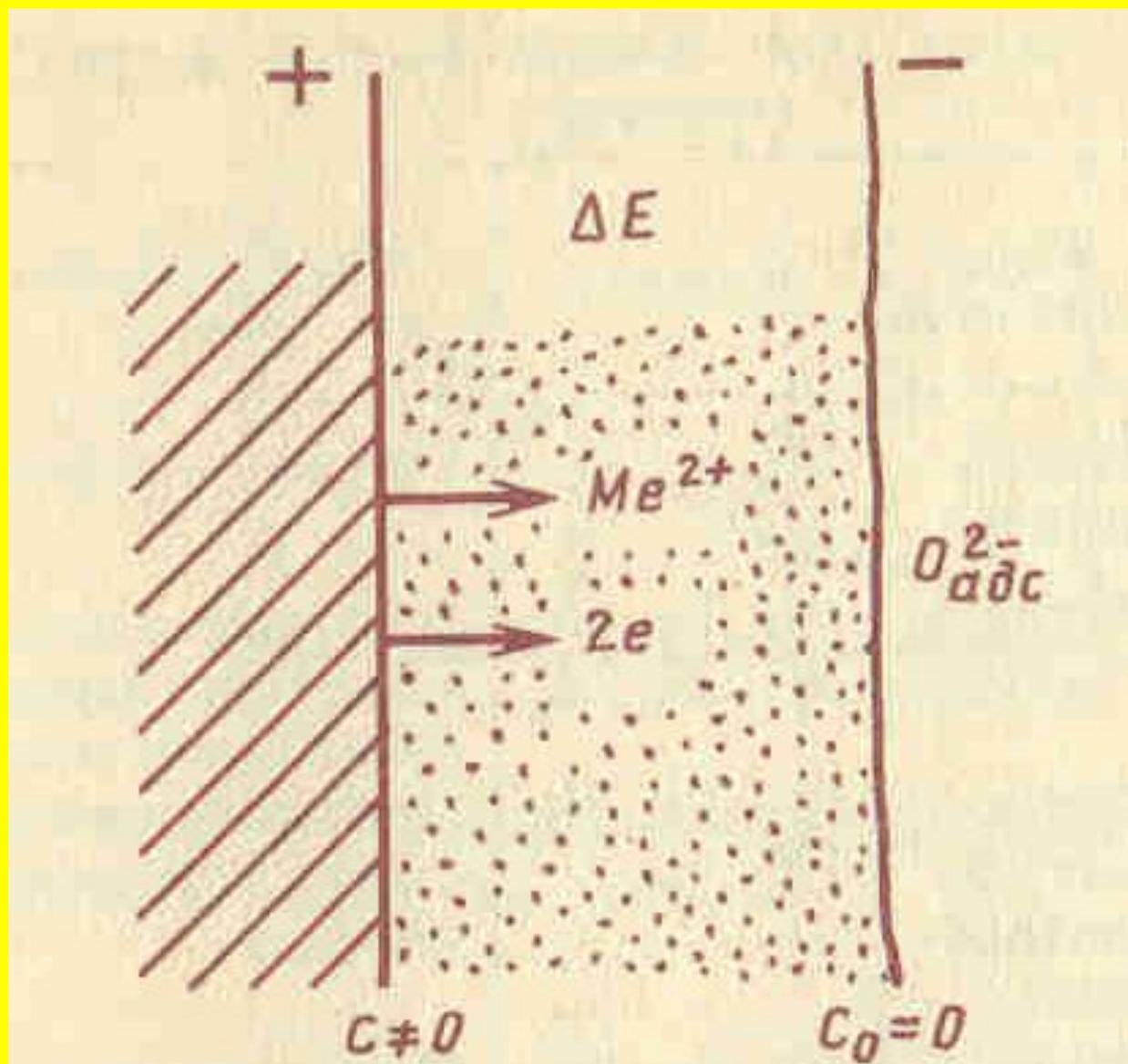
Сталь	Массовая доля элементов*, %						Механические свойства	
	С	Cr	Ni	Mn	Ti	Прочие	$\sigma_{в}$ , МПа	$\delta$ , %
04X18H10	<0,04	17–19	9–11	–	–	–	500	45
08X18H10	<0,08	17–19	9–11	–	–	–	520	45
12X18H10T	<0,12	17–19	9–11	–	0,7	–	520	40
17X18H9	0,13–0,21	17–19	8–10	–	–	–	600	35
10X17H13M2T	<0,1	16–18	12–14	–	0,3–0,6	1,8–2,5 Мо	520	40
10X14Г14Н4Т	<0,1	13–15	2,8–4,5	13–15	0,6	–	650	35
12X17Г9АН4	<0,12	16–18	3,5–4,5	8–10,5	–	0,15–0,25 N	700	40

\* По ГОСТ 5632–72.

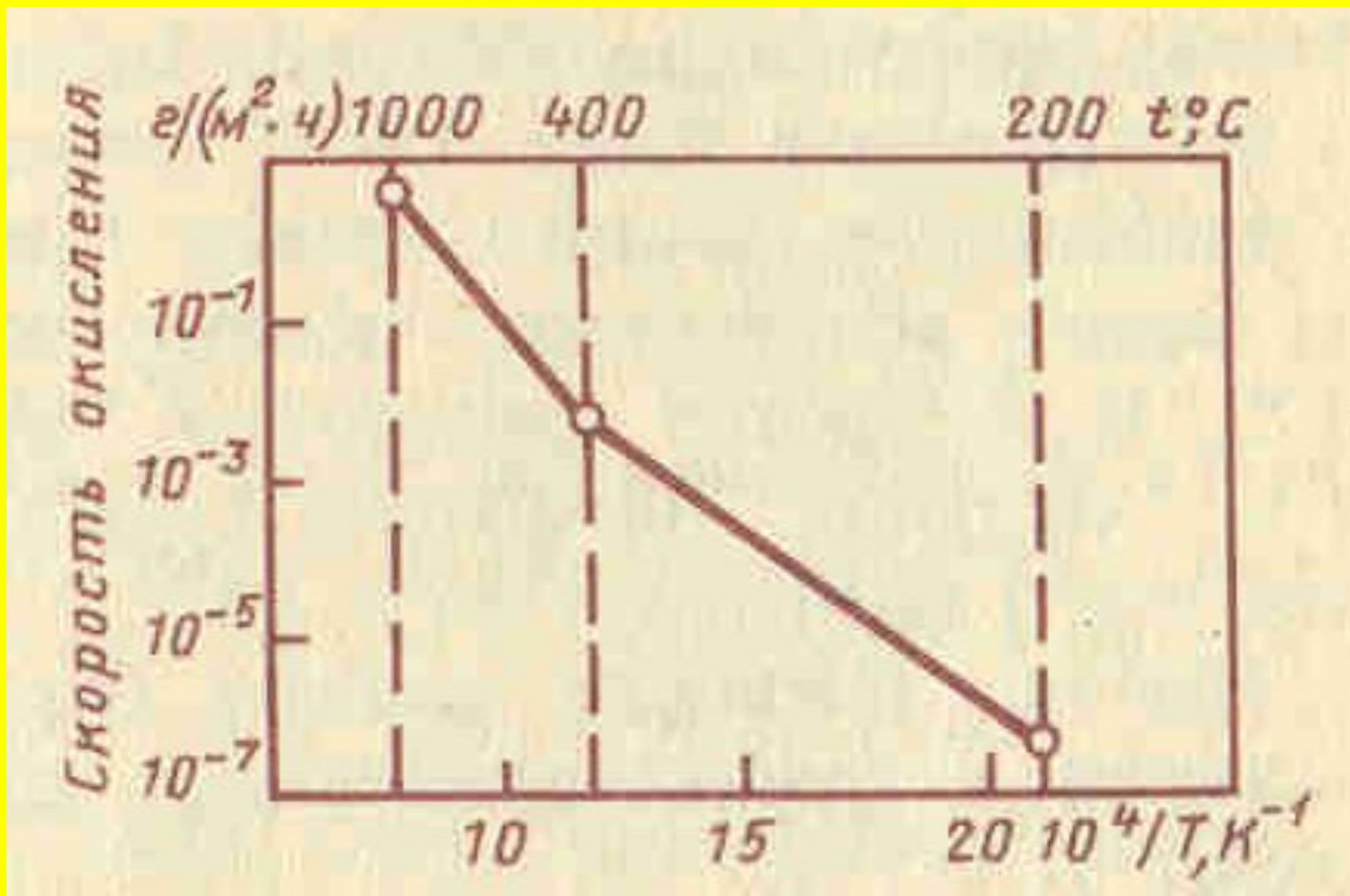
# Влияние пластической деформации на механические свойства стали *12Х18Н10Т*



# Схема роста плотных оксидов



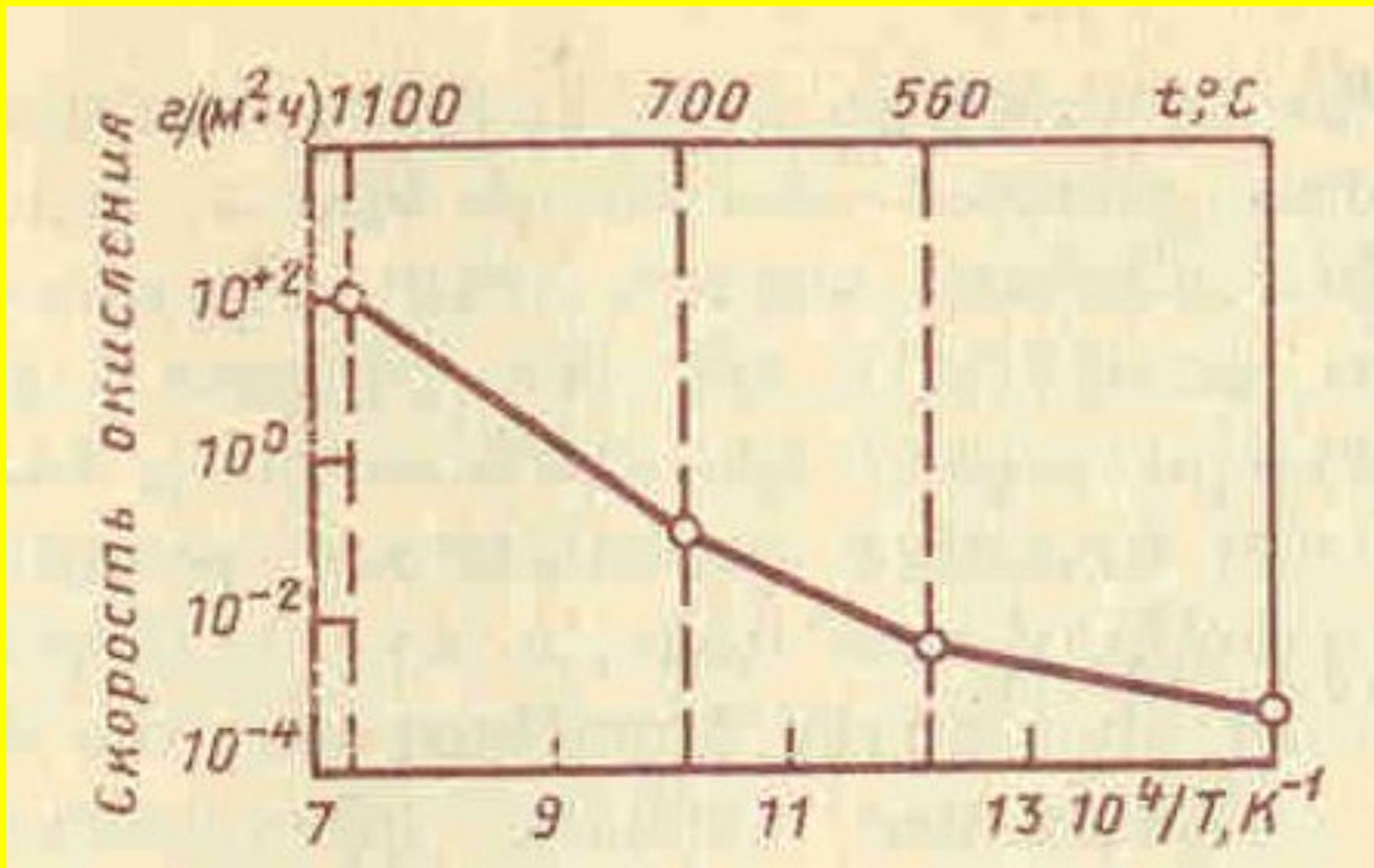
# Влияние температуры на скорость окисления меди на воздухе



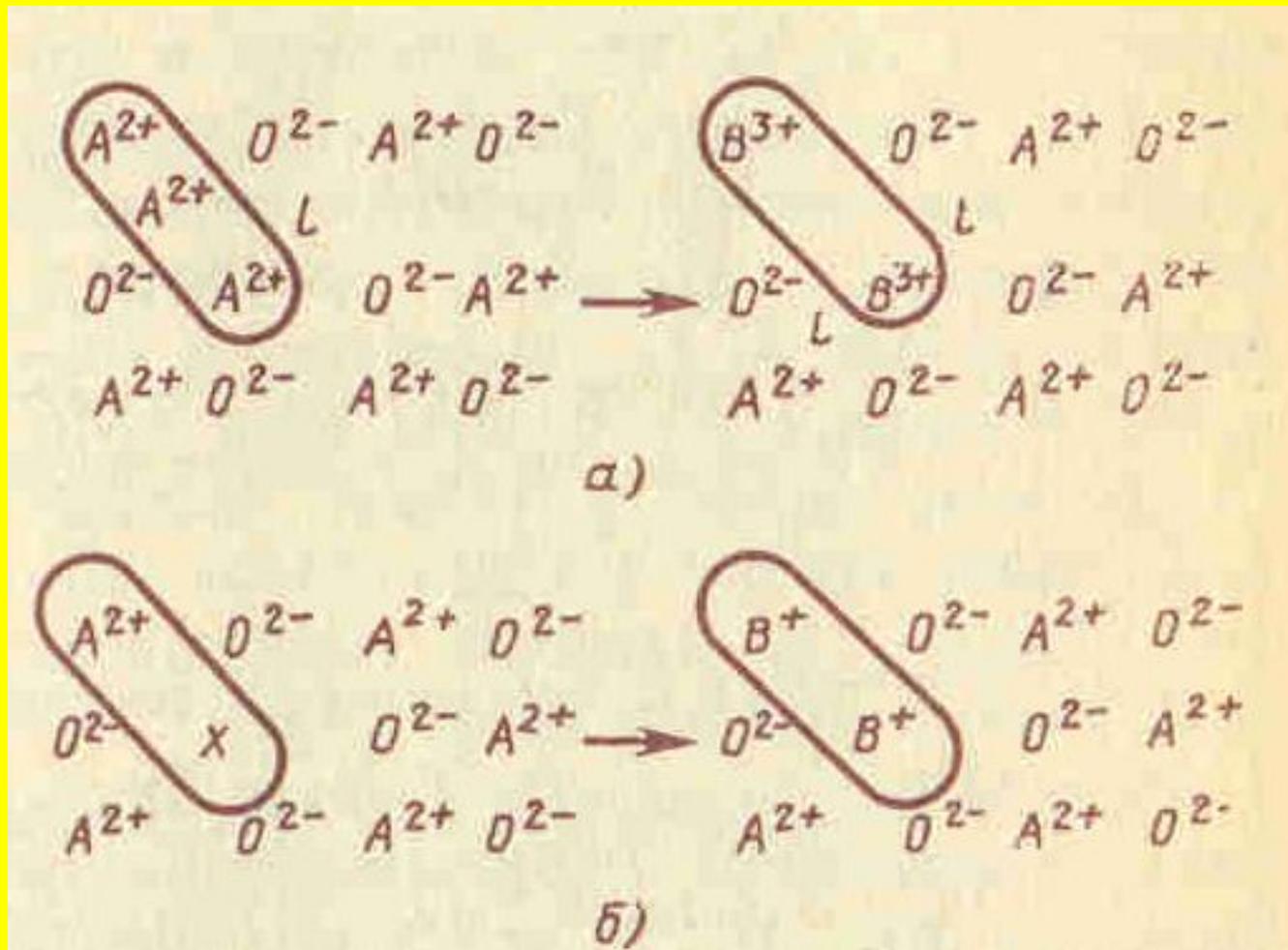
# Жаростойкость чистых металлов

Группа	Жаростойкость	Металлы	Определяющий фактор
1	Очень плохая	Mg	Рыхлые оксиды
2	Плохая	Nb, Ta, Mo, W, Ti, Zr	Плотные оксиды с плохими защитными свойствами
3	Удовлетворительная	Cu, Fe, Ni, Co	Плотные оксиды с большой дефектностью
4	Хорошая	Al, Zn, Sn, Pb, Cr, Mn, Be	Плотные оксиды с хорошими защитными свойствами
5	Отличная	Ag, Au, Pt	Малое химическое сродство к кислороду

# Влияние температуры на скорость окисления железа на воздухе



# Схема изменения концентрации дефектов оксидов при легировании



а-с избытком ионов металла

б-с недостатком ионов металла

# Свойства жаростойких сталей и сплавов

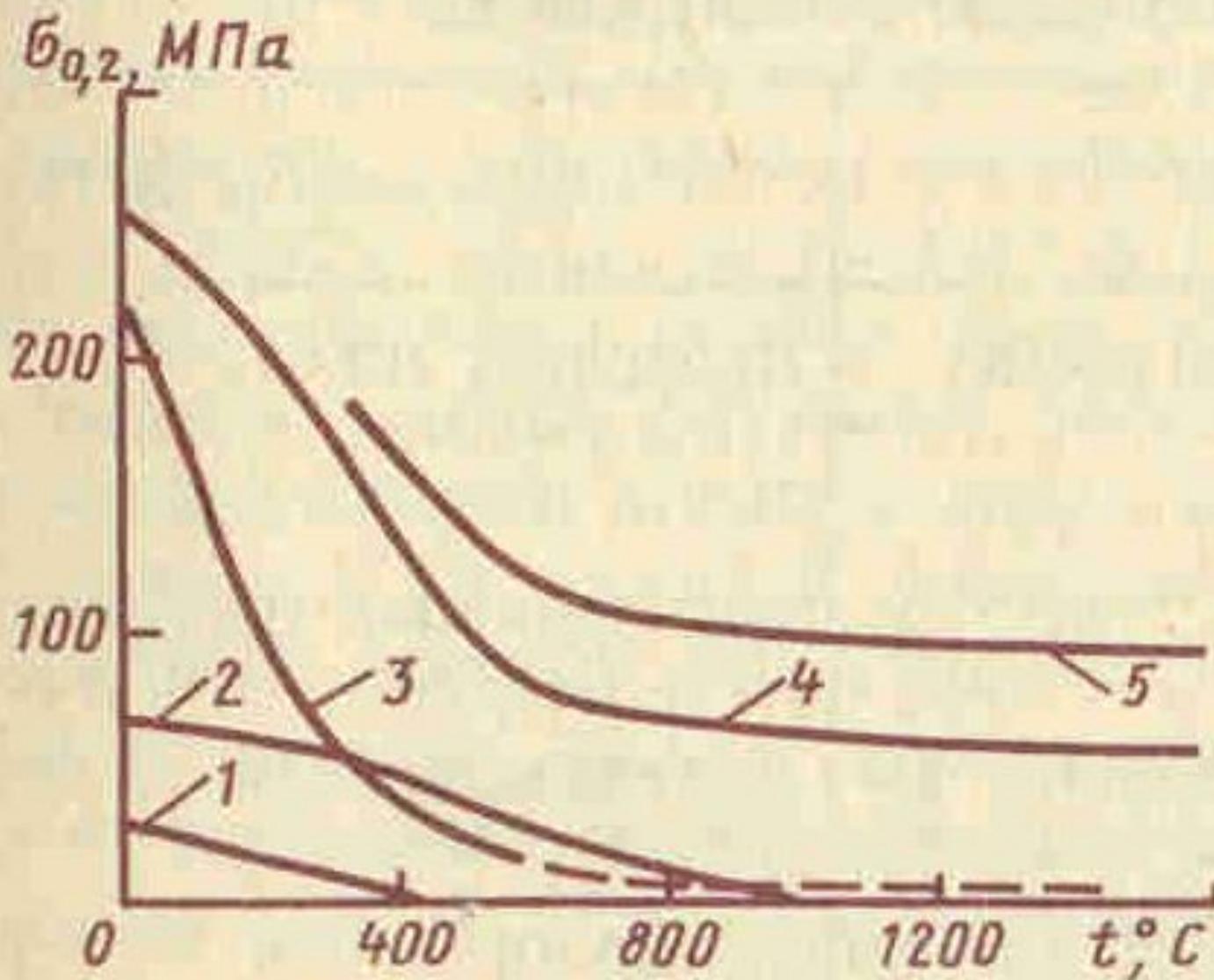
Марка	Массовая доля элементов*, %					Механические свойства	
	C	Cr	Ni	Si	Ti	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %
08X17T	0,08	16–18	0,7	0,8	0,4–0,8	400	20
15X25T	0,15	24–27	0,8	1	0,75–0,8	450	20
20X23H18	0,2	22–25	17–20	1	–	500	35
20X25H20C2	0,2	24–27	18–21	2–3	–	600	35

\* По ГОСТ 5632–72.

# Жаростойкие стали и сплавы, применяемые в электропечах

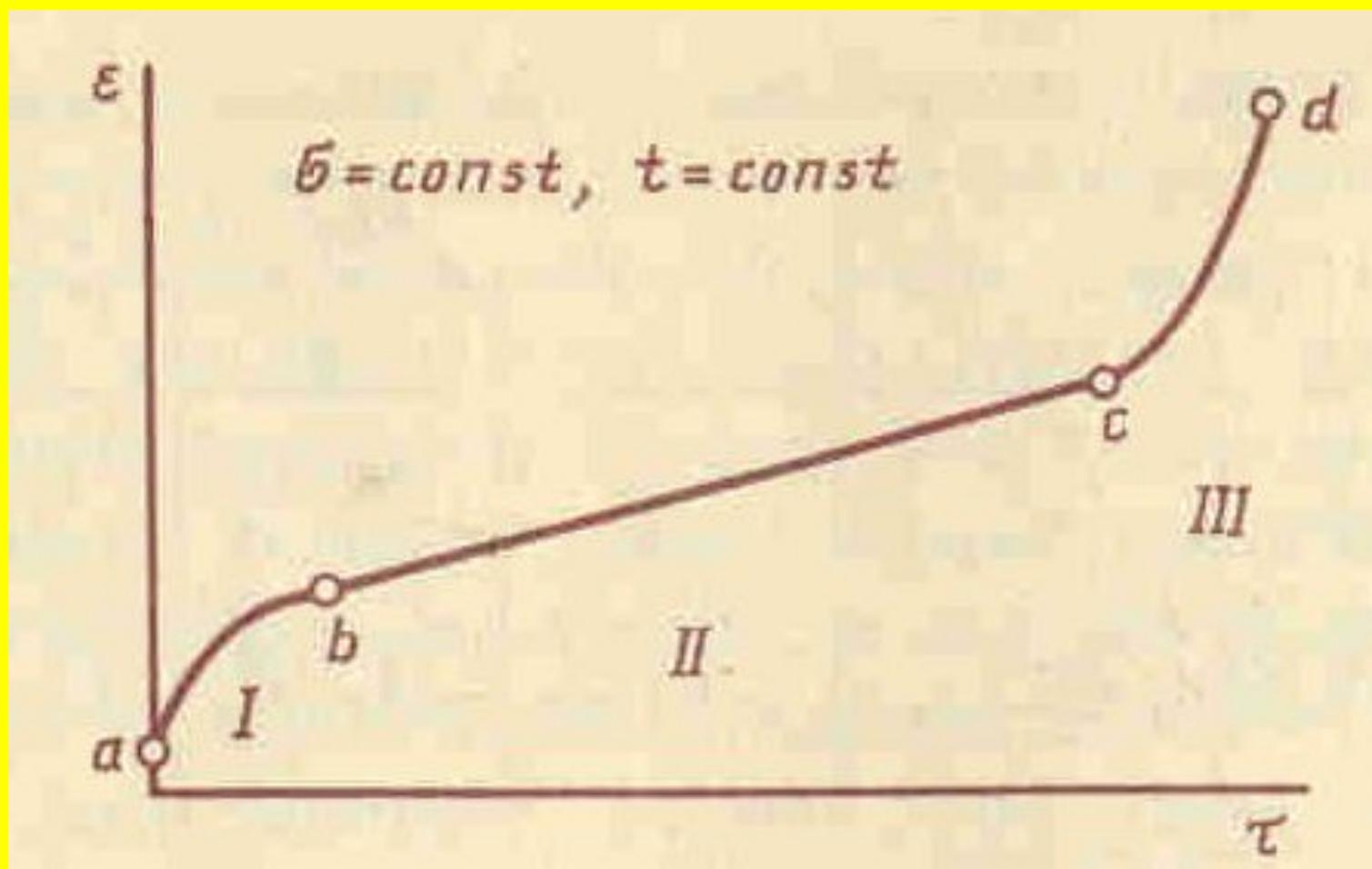
Марка	Рабочая температура, °С	Назначение	Полуфабрикат (ГОСТ)
X13Ю4	900—950	Электронагреватели печей	Проволока (ГОСТ 12766.1—77) Лента (ГОСТ 12766.2—77)
X23Ю5Т	1350—1400	Малонагруженные детали печей	Листы (ГОСТ 5582—85)
X20Н80	1050—1100		
15Х25Т	800—1000		
20Х23Н18	800—1000	Муфели, направляющие, детали вентиляторов, конвейеров и рольгангов печей	Сортовой прокат (ГОСТ 5949—75)
20Х25Н20С2	950—1050	Муфели, ролики рольгангов, подовые плиты и другие детали печей, работающие в углеродосодержащей среде	То же

# Зависимость предела текучести металлов от температуры



- 1-Al
- 2-Cu
- 3-Ti
- 4-Ta
- 5-W

# Кривая ползучести

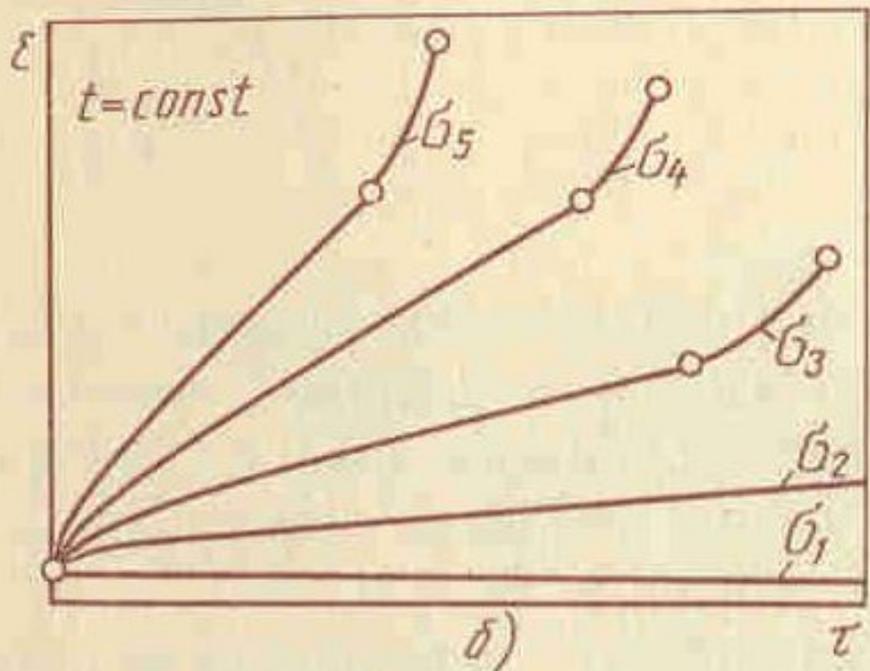
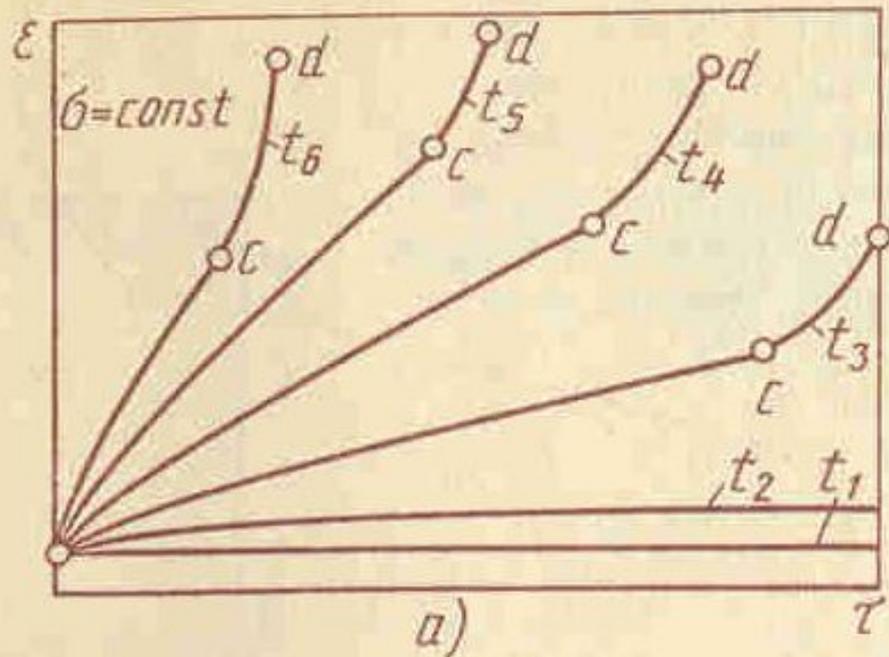


I-неустановившаяся стадия

II- установленная стадия

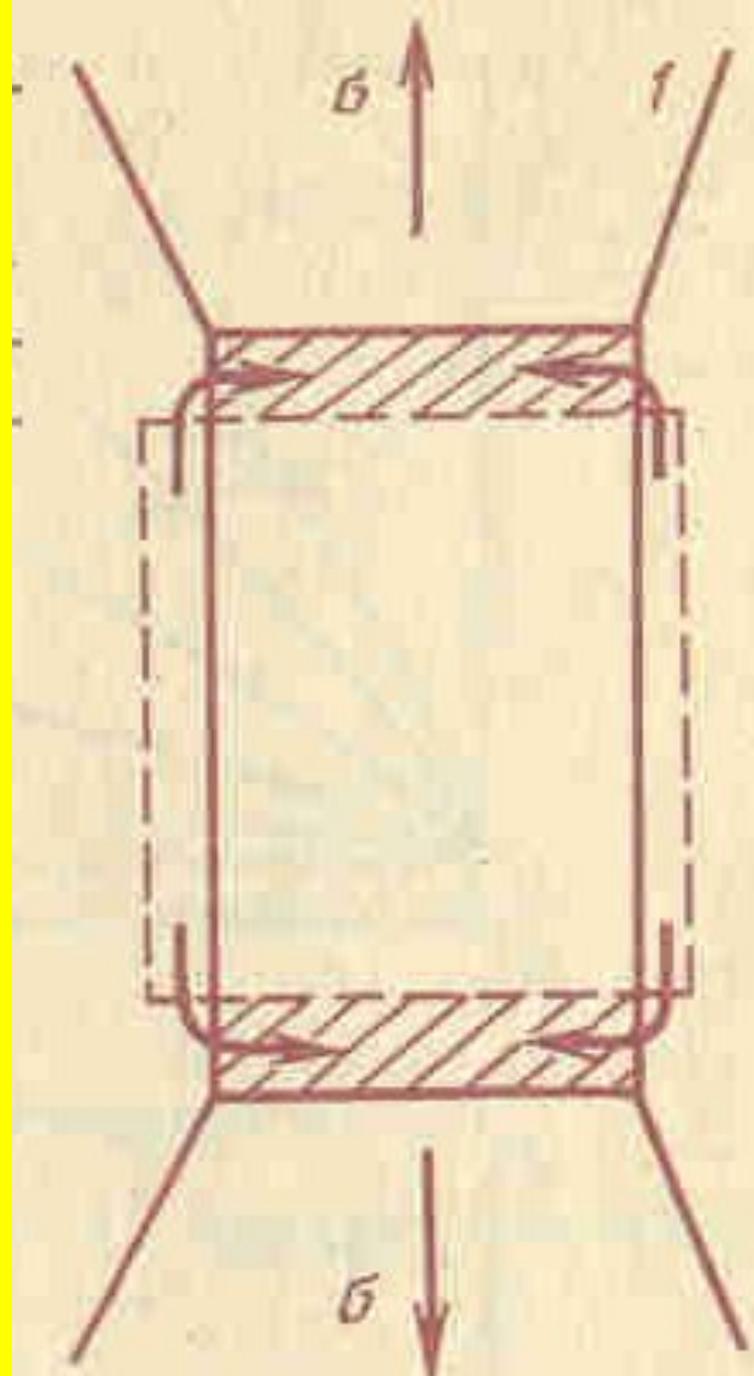
III-стадия разрушения

Зависимость  
ползучести от  
температуры (а)  
и напряжений (б)



# Схема диффузионной ползучести

Заштрихованные области – удлинение зерна под влиянием направленной диффузии вдоль границ зерен



# Жаропрочность сплавов на основе алюминия, магния, титана

Сплав	Массовая доля легирующих элементов, %	Рекомендуемая температура применения, °С	Температура испытания, °С	$\sigma_{100}$ , МПа
На основе алюминия:				
Д20	6,3Cu; 0,6Mn; 0,15Ti	250—300	300	80
АК4-1	2,3Cu; 1,6Mg; 1,1Fe; 1,1Ni; до 0,1Ti	250—300	300	45
САП-1	6—9 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	300—500	500	45
АЛ19	4,9Cu; 0,8Mn; 0,25Ti	250—300	300	65
АЛ33	5,8Cu; 0,8Mn; 1,0Ni; 0,2Zr; 0,2Ce	250—300	300	95
На основе магния:				
МА12	2,5—3,5Nd; 0,5Zr	150—200	200	~100
МЛ11	2,5—4 P3M; 0,7Zr; 0,5Zn	200—250	250	50
МЛ19	1,6—2,3Nd; 0,6Zn; 0,7Zr; 1,7Y	250—300	300	50
На основе титана:				
BT3—1	6Al; 2,5Mo; 0,5Fe; 0,25Si	350—400	400	800
BT6	6,25Al; 4V	400—450	—	—
BT8	6,5Al; 3,3Mo; 0,3Si	450—500	500	500
BT9	6,5Al; 3,3Mo; 0,25Si; 1,6Zr	500—550	550	400
BT18	7,5Al; 11Zr; 0,7Mo; 1Nb; 0,3Si	550—600	600	200

# Свойства жаропрочных сталей и никелевых сплавов

Материал		Средняя массовая доля основных легирующих элементов, %	Температура, °С		Жаропрочные свойства		
Марка	Группа		максимальная рабочая	начала интенсивного окисления	$\sigma_{10000}$	$\sigma_{1/100000}$	температура испытания, °С
					МПа		
12Х1МФ	Перлитные стали	0,12С; 1,1Сr; 0,3Мо; 0,2V	570—585	600	140	84	560
25Х2М1Ф		0,25С; 2,3Сr; 1Мо; 0,4V	520—550	600	160—220	70	550
15Х5М	Мартенситные стали	До 0,15С; 5,2Сr; 0,5Мо; 0,4С; 10Сr; 2,2Si; 0,8Мо	600	650	100	40	540
40Х10С2М			650	850	100	40	550
15Х11МФ		0,15С; 11Сr; 0,7Мо; 0,3V	550—580	750	200	90	550
11Х11Н2В2МФ		0,11С; 11Сr; 1,7Ni; 1,8W; 0,4Мо; 0,25V	600	750	400*	—	550
12Х18Н10Т	Аустенитные стали	До 0,12С; 18Сr; 10Ni; 0,5Ti	600	850	80—100	30—40	660
45Х14Н14В2М			650	850	130	40	650
10Х11Н20Т3Р		До 0,10С; 11Сr; 20Ni; 2,6Ti; 0,02В	700	850	400**	—	700
ХН77ТЮР	Никелевые сплавы	До 0,07С; 20Сr; 2,6Ti; 0,8Al; до 0,01В	750	1050	110—200	200***	750
ХН55ВМТКЮ		0,10С; 10Сr; 5Мо; 4,9W; 14Co; 4,5Al; 1,6Ti	950	1050	150****	130***	900
ЖС6К		0,17С; 11,5Сr; 4Мо; 5W; 5,5Al; 4,5Co; 2,7Ti; до 0,02В	1050	1050	100****	—	950

\*  $\sigma_{100}$   
 \*\*  $\sigma_{50}$   
 \*\*\*  $\sigma_{1/1000}$   
 \*\*\*\*  $\sigma_{1000}$

## Таблица 9. Механические свойства тугоплавких металлов

# Механические свойства тугоплавких сплавов

Сплав	При 25 °С			При 1200 °С		$\sigma_{100}$ , МПа
	$\sigma_{\text{в}}$	$\sigma_{0,2}$	$\delta$ , %	$\sigma_{\text{в}}$ , МПа	$\delta$ , %	
	МПа					
На основе ниобия:						
ВН2А (4,1 Мо; 0,7 Zr; $\leq 0,08$ С)	800–900	620	4–5	240–260	–	130 (при 1100 °С)
ВН4 (9,5 Мо; 1,5 Zr; 0,3 С)	810	730	16	550	–	280 (при 1100 °С)
На основе тантала:						
Та + 10 W	760	520–710	3,5	300–490 105*	1,2 30*	140 (при 1200 °С) 35 (при 1650 °С)
На основе хрома:						
ВХ1И (до 1Y)	270	190	3	80	–	24 (при 1200 °С)
ВХ2 (0,15 Ti; 0,2 V; 1 Y)	350	240	3	250	30	65 (при 1100 °С)
ВХ4 (32 Ni; 0,15 Ti; 0,25 V, 1,5 W)	950	800	8	240**	12**	–
На основе молибдена:						
ВМ1 (0,4 Ti; $\leq 0,01$ С)	800	680	10	340	14	80–90 (при 1200 °С)
ВМ3 (1,1 Ti; 0,5 Zr; 0,4 С; 1,4 Nb)	800–860	–	0,03	550	12	250–270 (при 1300 °С)
Мо + 40 Re	840	–	2–8	130***	–	–
На основе вольфрама:						
W + 27 Re	1400	–	4	700	12****	42 (при 1600 °С)
W + 15 Мо	–	–	–	175	27*****	–

- \* При 2000 °С.
- \*\* При 1000 °С.
- \*\*\* При 1500 °С.
- \*\*\*\* При 1600 °С.

# Зависимость ударной вязкости (а) и предела текучести (б) конструкционных материалов от температуры

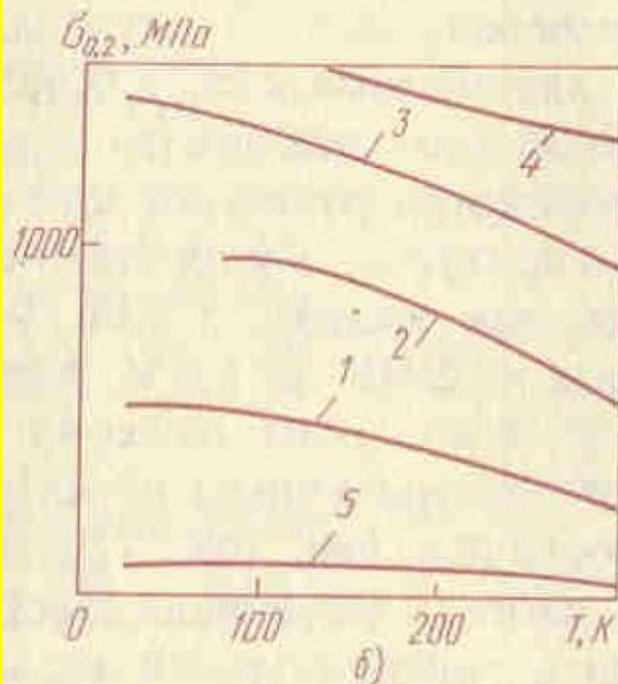
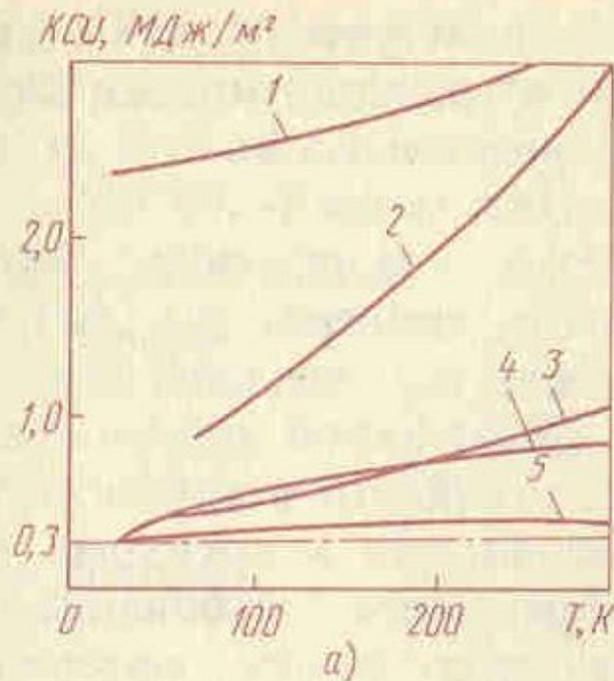
1-сталь *12Х18Н10Т*, закалка в воде от 1100 °С

2-сталь *0Н9*, закалка в воде от 980 °С, отпуск при 600 °С

3-сплав *ВТ5-1*, отжиг при 750 °С

4-сталь *03Х9К14Н6М3Т*, закалка на воздухе от 950 °С, старение

5-сплав *АМз5*, отжиг при 400 °С



# Зависимость порога хладноломкости никелевых сталей с 0,05%С от содержания никеля

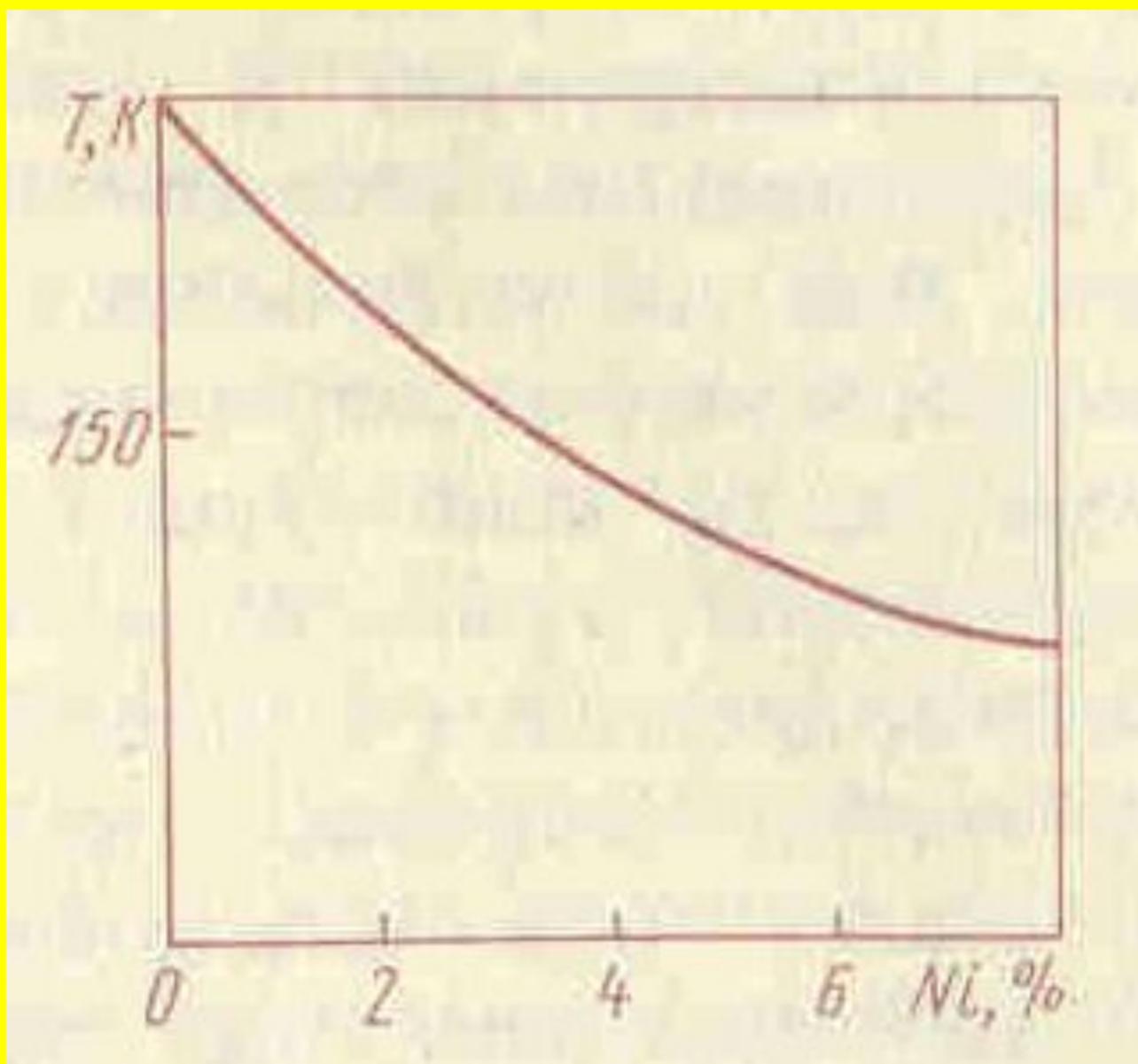
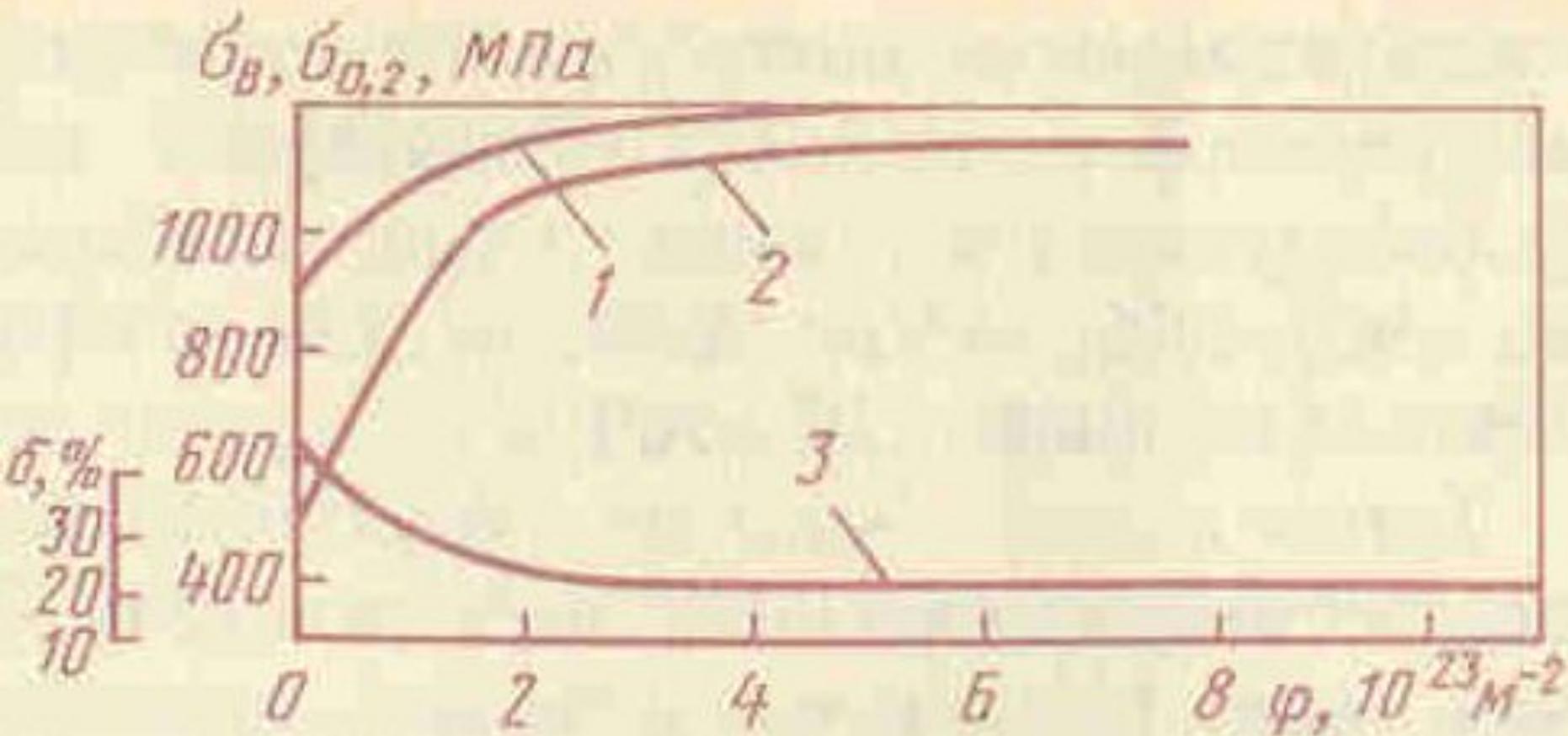


Таблица 11. Температурные интервалы применения  
конструкционных материалов

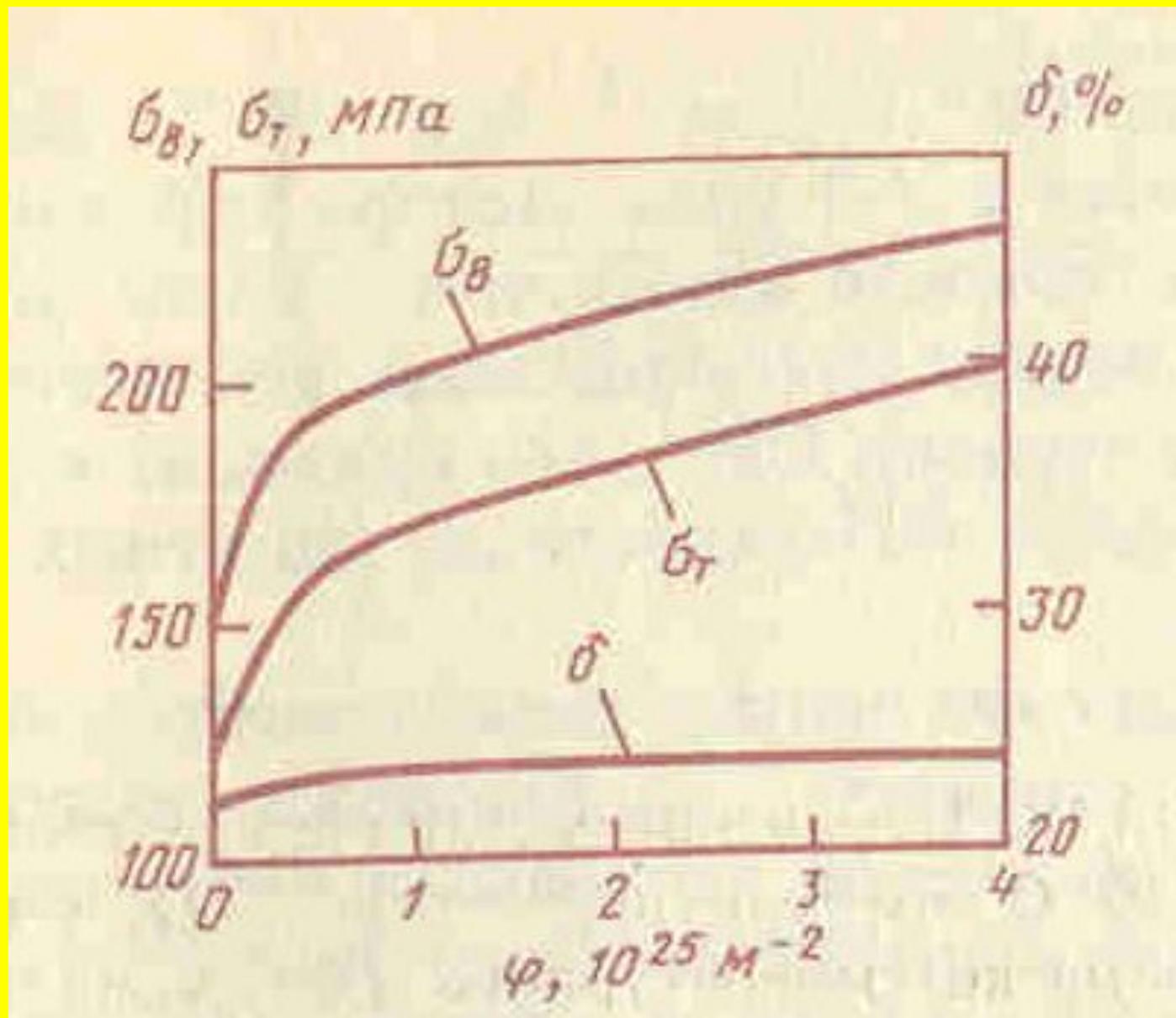
## Число вакансий в металле, созданных одной частицей

Металл	Нейтрон ( $E = 3,2 \times 10^{-13}$ Дж)	$\alpha$ -частица ( $E = 1,6 \times 10^{-12}$ Дж)	Протон ( $E = 1,6 \times 10^{-12}$ Дж)
Алюминий	6030	82	48
Бериллий	454	59	32

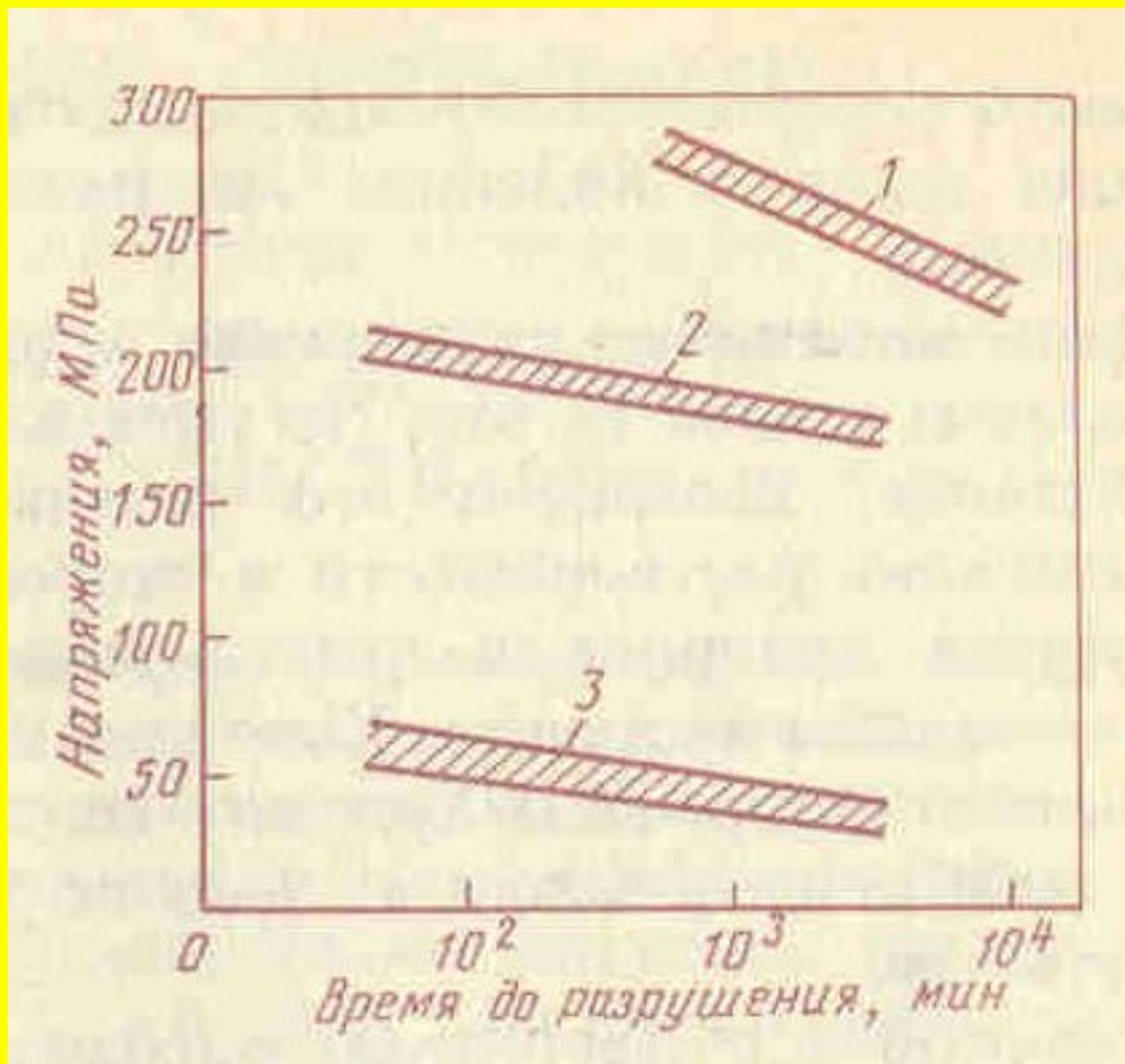
**Изменение механических свойств при 20 °С  
аустенитной стали 12Х18Н10Т после  
низкотемпературного облучения нейтронами**



# Изменение механических свойств при 20 °С алюминия после высокотемпературного облучения нейтронами



# Изменение 100-часовой длительной прочности никелевого сплава



# Влияние облучения при 450 °С на относительное увеличение объема аустенитной стали *12Х18Н10Т*

