Минтяжстрой СССР

Проектный и научно-исследовательский институт
"КРАСНОЯРСКИЙ ПРОМСТРОЙНИИПРОЕКТ"

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОЦЕНКЕ ХЛАДОСТОЙКОСТИ И АБРАЗИВНОЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ МЕТАЛЛОВ

Красноярск
1971

gost.e-ecolog.ru

Минтяжстрой СССР

Проектный и научно-исследовательский институт
"КРАСНОЯРСКИЙ ПРОМСТРОЙНИИПРОЕКТ"

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОЦЕНКЕ ХЛАДОСТОЙКОСТИ И АБРАЗИВНОЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ МЕТАЛЛОВ

Красноярск
1971

Настоящие Рекомендации содержат данные по химическому составу и основным механическим свойствам некоторых технически чистых металлов и сталей. Кроме этого, в Рекомендациях приводится изменение твердости, ударной вязкости, относительной износостойкости при трении и относительной износостойкости при ударе об абразивную поверхность тех же материалов, испытанных в диапазоне температур от плюс 20 до минус 70 °С. Приведенные материалы получены по данным лабораторных исследований, результаты которых частично проверены в условиях эксплуатации.

Рекомендации могут быть полезны конструкторам и изготовителям машин, предназначенных для эксплуатации в условиях Сибири и Севера. Ими могут пользоваться работники эксплуатационных организаций и ремонтных предприятий, которые модернизируют машины, чтобы повысить их работоспособность при низких температурах. Рекомендации будут полезны также для работников научно-исследовательских организаций, изучающих проблемы хрупкого разрушения и износостойкости деталей машин и машиностроительных материалов.

Редакционная коллегия :

В.А. Орлов (отв. редактор), Н.В. Хребтов,
Г.В. Шумский.

В процессе эксплуатации строительных машин и механизмов наблюдаются повышенная аварийность и интенсивный износ их деталей. При этом установлено, что их работоспособность главным образом зависит от правильного выбора материала и вида его термической обработки. Между тем сведений о поведении материалов при понижении температуры в обобщенном виде явно недостаточно. При этом если данные по ударной вязкости в какой-то мере известны, то показатели износостойкости металлов при низких температурах практически отсутствуют.

Настоящие Рекомендации представляют первую попытку обобщить основные свойства, некоторых металлов и сталей в диапазоне температур от плюс 20 до минус 70°С. Испытания по определению относительной износостойкости и твердости металлов проведены в институте "Красноярский промстройниипроект". Ударная вязкость частично исследовалась в институте, а частично представлена поставщика - ми сталей или выбрана по литературным источни - кам.

Образцы для испытаний, сведения по химсос - таву и механическим свойствам некоторых сталей представлены институту следующими организациями:

- Красноярским заводом "Сибэлектросталь" - опытные легированные конструкционные (кроме 40Х) и нержавеющие стали;

- Запорожским машиностроительным институ-

том им. Чубаря - сталь 110Г13Л с различными модифицирующими добавками;

- СФТИ им. В.Д. Кузнецова - стали 110Г13Л с ниобием и Г13Х2БЛ.

Остальные материалы полностью испытаны в институте. Определение относительной износостойкости при трении (ε_1) и при ударе (ε_2) об абразивную шкурку проводилось на установке типа УАМ [18].

Методические особенности проведения таких испытаний подробно изложены в работе [8]. Данная методика испытаний разработана в институте "Красноярский промстройниипроект".

Испытания на ударную вязкость проводились по ГОСТам 9454-60, 9455-60. Измерение твердости при плюс 20°С проводилось по ГОСТам 9012-59 и 9013-59, а при проведении этих же измерений при отрицательных температурах учитывались их основные положения.

Основная особенность данных Рекомендаций состоит в том, что по приведенным графикам можно выбрать материал, обеспечивающий оптимальную работоспособность многих разрушающихся или изнашивающихся деталей машин. В общем виде выбор материала производится по тем свойствам, которые для данной детали определяют ее функциональное назначение.

При выборе сталей для деталей машин следует рассматривать совместно показатели их ударной вязкости и абразивной износостойкости. При значительном динамическом нагружении изнашиваемых деталей за критерий для выбора материалов берется их ударная вязкость. При трении деталей о абразив без динамических нагрузок критерием для выбора материалов должна служить их абразивная износостойкость. Для промежуточных величин нагрузок следует руководствоваться принципом: чем

меньше величина динамической нагрузки на изнаши - ваемую деталь, тем ниже должна быть температура отпуска закаленной стали.

Рекомендации составлены инженерами В.А. Ковальчуком и В.И. Гурьяновой.

Раздел 1

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИССЛЕДОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Таблица 1

Классификация материалов по ГОСТ

Материал	ГОСТ
Олово	860-60
Магний	804-62
Алюминий	11069-64
Цинк	3640-65
Медь	859-66
Никель	849-56
Армко-железо	-
Кобальт	123-67
Титан	АМТУ 475-1А-63
Молибден	4759-49
Сплав АМг-2	-
Сталь углеродистая обыкновенного качества Ст. 3кп.	380-60
Сталь углеродистая литая 35Л	977-65

1	2
Сталь углеродистая качественная конструкционная 45	1050-60
Сталь легированная конструкционная 35Х, 40Х, 40ХН, 12ХН3А, 18Х2Н4ВА, 12Х2Н4А, 20ХН4ФА	4543-61
Сталь качественная рессорно-пружинная горячекатанная 60С2А	2052-53
Сталь инструментальная углеродистая У10А	1435-54
Сталь сортовая коррозионно-стойкая и жаростойкая 1Х17Н2, 4Х10С2М	5949-61
Сталь высоколегированная коррозионно-стойкая и жаростойкая и жаропрочная 2Х13	5632-61
Высоколегированная сталь со специальными свойствами 110Г13Л	2176-67
Высоколегированная сталь со специальными свойствами 110Г13Л, модифицированная различными добавками	-
Экспериментальная хромомарганцовистая сталь Х13Г19ТЛ	-
Сталь фирмы "Пенго"	-

Таблица 2

Химический состав цветных металлов и сплавов

Металл, сплав	Примеси, проц.									
	Ni	Fe	Ti	Al	Mg	Zn	Cu	Si	Mn	Другие элементы
Никель	99,99	0,002	–	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001–S, P; 0,005–Co
Армко-железо	0,015	ост.	–	0,018	–	–	–	0,008	0,0043	0,006–C; 0,003–S; 0,0025–P; 0,01–Cr; 0,028–N
Титан	–	0,12	99,97	–	–	–	–	0,08	–	0,008–H; 0,04–N 0;10–O ; 0,05–C.
Кобальт	0,005	0,003	–	0,001	0,001	–	0,001	0,001	–	0,001–S; 99,98–Co
Алюминий	–	сотые	–	99,99	сотые	–	сотые	сотые	сл.	–
Магний	0,001	0,04	–	0,02	99,9	–	–	0,01	0,04	0,01–Na; 0,005–K
Цинк	–	сл.	–	сл.	сл.	99,99	сл.	–	–	–
Медь	0,0006	0,0005	–	–	–	0,0007	99,99	–	–	0,0005–Pb, Sn; 0,0002–Bi ; 0,0006–Sb
Олово	–	0,005	–	>0,002	–	<0,002	0,008	–	–	0,015–As ; 0,093–Pb; 0,038–Bi ; 0,013–Sb;
АМг-2	–	0,15	–	ост.	2,4	–	0,10	0,13	0,23	–

Таблица 3

Химический состав сталей

Марка стали	Содержание элементов, проц.								
	C	Si	Mn	S	P	Cr	Cu	Ni	Другие элементы
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Ст.3кп	0,15	сл.	0,15	0,024	0,019	0,10	–	–	
35Л	0,33	0,32	0,68	0,024	0,018	0,05	–	–	
45	0,49	0,22	0,68	0,029	0,031	0,10	–	–	
35Х	0,33	0,23	0,60	0,009	0,016	0,90	0,06	0,14	
40Х	0,47	0,23	0,62	0,023	0,026	1,00	–	–	
40ХН	0,39	0,22	0,64	0,008	0,015	0,64	0,10	1,12	
12ХН3А	0,15	0,28	0,49	0,005	0,018	0,75	0,10	3,04	
18Х2Н4ВА	0,16	0,35	0,40	0,006	0,017	1,52	0,13	4,05	0,11 – Mo ; 0,62 – W
12Х2Н4А	0,12	0,25	0,48	0,007	0,014	1,37	0,10	3,29	
20ХН4ФА	0,21	0,23	0,42	0,008	0,014	0,88	0,11	3,89	0,20 – V

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
60С2А	0,61	1,70	0,70	0,012	0,017	0,27	–	0,35	
У10А	1,10	0,19	0,22	0,016	0,018	0,10	–	–	
1Х17Н2	0,14	0,44	0,56	0,004	0,024	16,58	0,20	2,20	
4Х10С2М	0,43	2,22	0,34	0,025	0,026	9,74	0,10	0,13	0,85–Mo
2Х13	0,18	0,33	0,42	0,008	0,024	12,92	0,17	0,24	
110Г13Л	1,09	0,42	12,20	0,011	0,068	–	–	–	
110Г13Л[x)]	1,42	0,70	13,90	0,010	0,10	–	–	–	
110Г13Л	1,21	0,64	12,80	0,050	0,090	до 0,5	–	до 0,5	0,35–Nb
Г13Х2БЛ	1,20	до 0,6	13,00	до 0,05	до 0,06	2,15	–	–	0,10–Nb
Х13Г19ТЛ	0,39	0,90	16,51	0,003	0,058	1,54	–	–	0,07–Ti
"Пенго"	0,42	0,28	0,90	0,017	0,012	0,55	–	0,56	0,28–Mo

x)

Сталь 110Г13Л испытывалась со следующими модифицирующими добавками, проц: 0,3–Al ; 0,3–Al + 0,003–SiCa; 0,15–Ti ; 0,15–SiCa; 0,15–FeCe; 0,3–V; 0,5–Mo; 1,0–W ; 0,15–Ti + 0,15 – SiCa.

Таблица 4

Механические свойства цветных металлов и сплавов

Металл, сплав	Состояние	Механические свойства					Твердость, НВ	Литература
		$\sigma_в$	$\sigma_{0,2}$	δ	ψ	$a_н$ при +20°С		
		кгс/мм^2		проц.		кгс·м/см^2		
Никель	отожженное	28–30	–	35–40	–	4,3	65–70	[9, 17]
Армко-железо	то же	35	–	40	65–70	3,4	90	[10, 17]
Титан	то же	45–60	38–50	25	50	7,0	207	[1]
Кобальт	то же	50	–	3,5	–	–	154	[9]
Молибден	то же	47,5	44,6	46	56	–	187	[1]
Алюминий	то же	5	1,5	49	5,5	14	17	[4, 11]
Магний	то же	19	9,5	16	6	–	40	[11, 15]
Цинк	–	6,4	1,0	20	50	–	20	[11]
Медь	отожженное	20–24	7,5–15 x)	45–55	65–75	10–12	40–50	[9]
АМг-2	–	32	–	19	31	5,1	75	–
Олово	– –	2,5	1,2 x)	40–70	75–100	–	7–10	[, 11]

x) σ_-

Таблица 5

Механические свойства сталей

Марка стали	Термическая обработка	Механические свойства					Твердость, НВ	Литература
		$\sigma_в$	$\sigma_т$	δ	ψ	$a_н$ при +20°С		
		кгс/мм²		проц.		кгс·м/см²		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ст.3кп	Состояние поставки	38,9	23,6	25,5	58,0	15	137	[2]
	Нормализация 920°С	40,0	27,2	24,8	62,9	11	120	[2]
	Закалка с 860°С в масло	52,0	37,0	22,0	56,0	9,2	170	[2]
35Л	Отжиг 950°С	55,4	27,2	22,6	38,1	5,9	170	[16]
45	Отжиг 800°С	64–67	39,0	19–20	45–60	4,3–4,8	197	[3]
	Закалка с 830°С в воду, отпуск 250°С	140	120	3,0	6,0	1,0	435	[15]
	Закалка с 840°С в воду, отпуск 400°С	73–84	52–59	12–14	46–50	5–7	202–234	[6]

2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Закалка с 840°С в воду, отпуск 600°С	61–68	41–44	18–20	61–64	12–19	168–190	[6]
35Х	Закалка с 860°С в масло, отпуск 460°С	99,7	90	14,4	62,0	12,5	28 x)	
40Х	Состояние поставки	60	30	25	–	9	20 x)	[7]
	Закалка с 850°С в масло, отпуск 200°С	194	176	–	–	3,9	49–51 x)	[3]
	Закалка с 850°С в масло, отпуск 400°С	119	105,6	7,5	47	6,3	345	[6]
	Закалка с 850°С в масло, отпуск 600°С	78	58	14,5	65	14	220	[6]
40ХН	Закалка с 820°С в масло, отпуск 470°С	114	105	14,4	57,3	12,6	32 x)	
12ХН3А	Закалка с 860°С в масло, отпуск 150–170°С	127,2	114,7	15,0	61,2	12,81	38 x)	
18Х2Н4ВА	Закалка с 950°С (охлаждение на воздухе) отпуск 180°С	129,2	114,7	14,5	62,5	14,6	37 x)	

1	2	3	4	5	6	7	8	
12Х2Н4А	Закалка с 780–800°С в масло, отпуск 180–200°С	128,5	115,7	13,2	65,2	14,8	38 x)	
20ХН4ФА	Закалка с 850°С в масло, отпуск 620°С	94,8	87,0	17,3	59,0	21,3	28 x)	
60С2А	Закалка с 850°С в масло, отпуск 400°С	140	105	5	25,0	–	387	[15]
У10А	Отжиг 780°С	60,0	–	23,0	60,0	–	197	
1Х17Н2	Закалка с 1100°С в масло, отпуск 350°С	130,7	125,5	16,7	63,7	11,1	40 x)	
4Х10С2М	Закалка с 1040–1100°С в масло, отпуск 750–850°С	109,7	87,2	16,5	47,5	4,57	27 x)	
2Х13	Закалка с 1000–1100°С в масло, отпуск 700–775°С	74,8	63,8	23,5	67,5	19,0	100 xx)	
110Г13Л	Закалка с 1100°С в воду	60–90	39,0	36–42	15–35	20–35	180–220	[, 12]
110Г13Л с добавками, проц.:	Закалка с 1050°С в воду							
	То же	57,3	–	23,2		16,0	90 xx)	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Al – 0,3	То же	57,7	–	18,0	–	18,0	90[xx]	
Al – 0,3 + SiCa – 0,003	То же	56,0	–	14,4	–	9,4	90[xx]	
Ti – 0,15	То же	61,5	–	24,4		18,6	91[xx]	
SiCa – 0,15	То же	57,0	–	24,0	–	13,9	92[xx]	
FeCe – 0,15	То же	56,6	–	20,2	–	18,3	93[xx]	
V – 0,3	Закалка с 1050°С в воду	59,7	–	26,9	–	17,0	96[xx]	
Mo – 0,5	То же	60,0	–	29,0	–	22,7	98[xx]	
W – 1,0	То же	62,0	–	27,2	–	19,0	96[xx]	
SiCa – 0,15 + Ti – 0,15	То же	69,0	–	33,6	–	16,1	95[xx]	
Nb – 0,35	Закалка с 1100°С в воду	86,0	61,0	20–22	30–34	14,5	170–195	[13]
Х13Г19ТЛ	То же	71,0	–	41,0	39,0	27,0	170–220	

x) Твердость по Роквеллу HRC

xx) Твердость по Роквеллу HRB

Раздел II

ТВЕРДОСТЬ, УДАРНАЯ ВЯЗКОСТЬ И ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

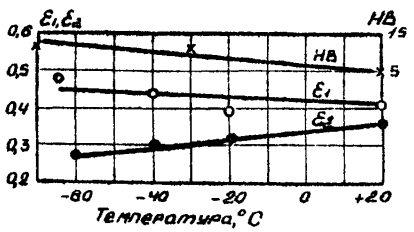


Рис. 1. Олово, отжиг 100°С.

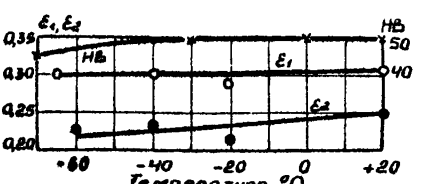


Рис. 2. Магний, отжиг 340 ± 10°С.

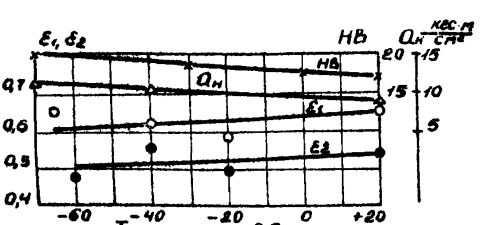


Рис. 3. Алюминий, отжиг 380°С.

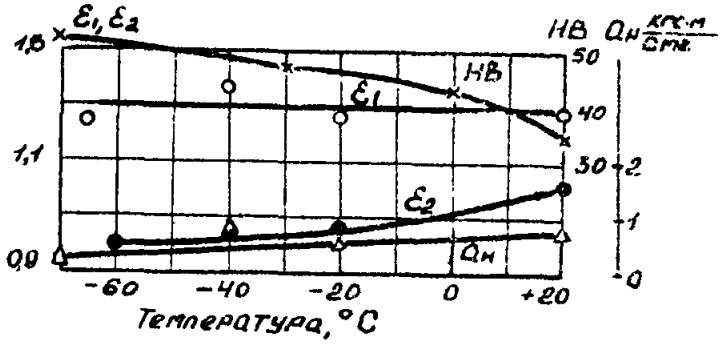


Рис. 4. Цинк, отжиг 200°С.

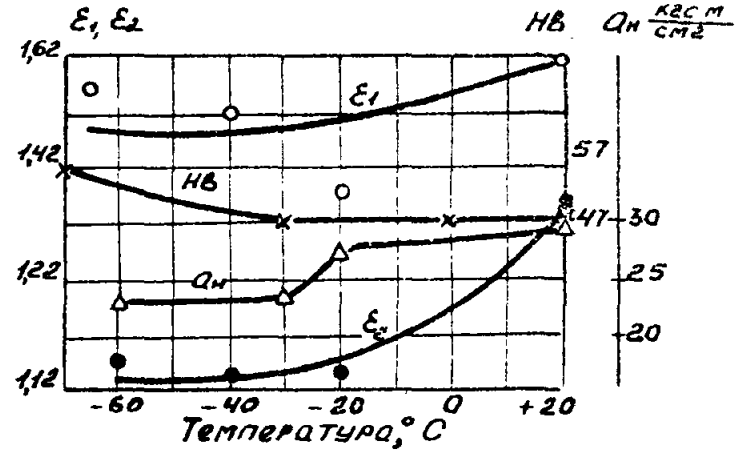


Рис. 5. Медь, отжиг 650°С.

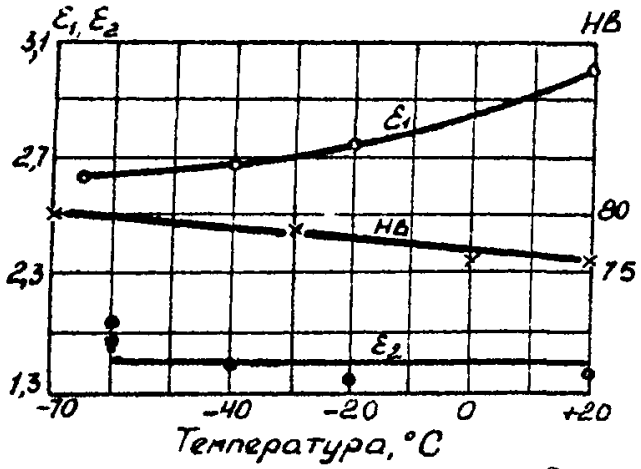


Рис. 6. Никель, отжиг 800°С.

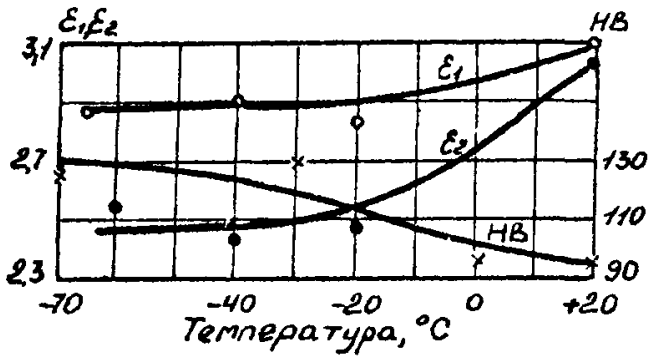


Рис. 7. Армко-железо, отжиг 800°С.

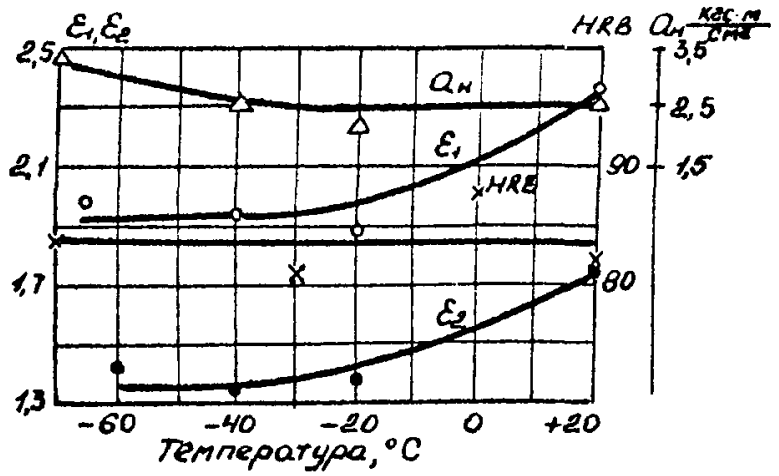


Рис. 8. Кобальт, отжиг 650°С.

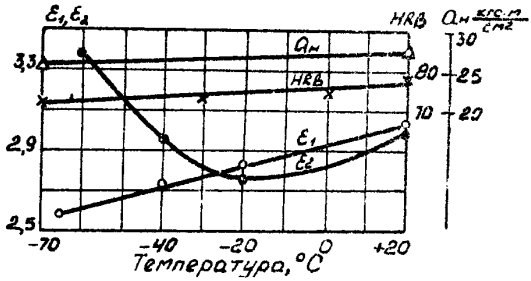


Рис. 9. Титан, отжиг 680 ± 10°С.

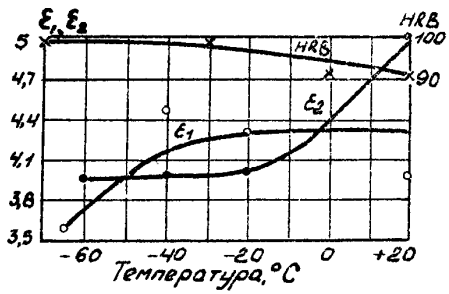


Рис. 10. Молибден, отжиг 1050°С.

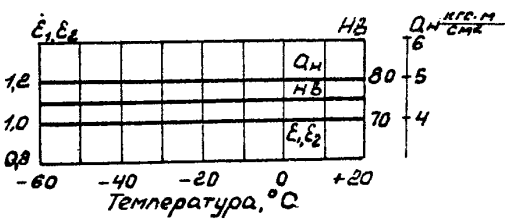


Рис. 11. Сплав АМг-2.

Раздел III

ТВЕРДОСТЬ, УДАРНАЯ ВЯЗКОСТЬ И ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ СТАЛЕЙ

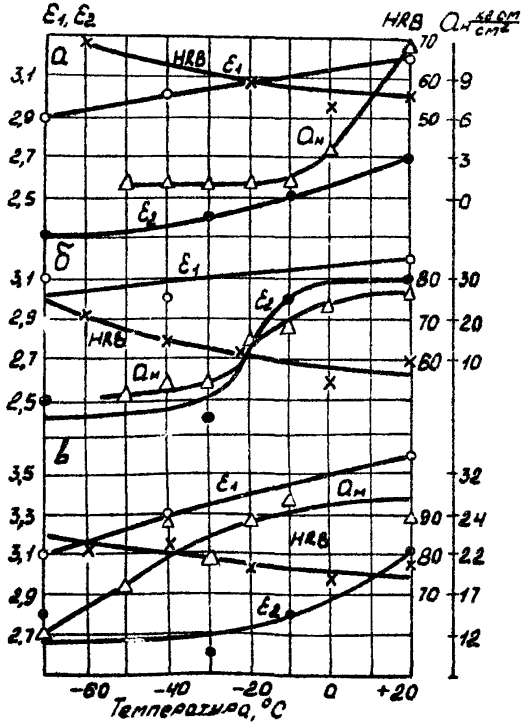


Рис. 12. Сталь Ст.3кп: а – состояние поставки; б – нормализация 920 °С; в – закалка с 920 °С. в масло.

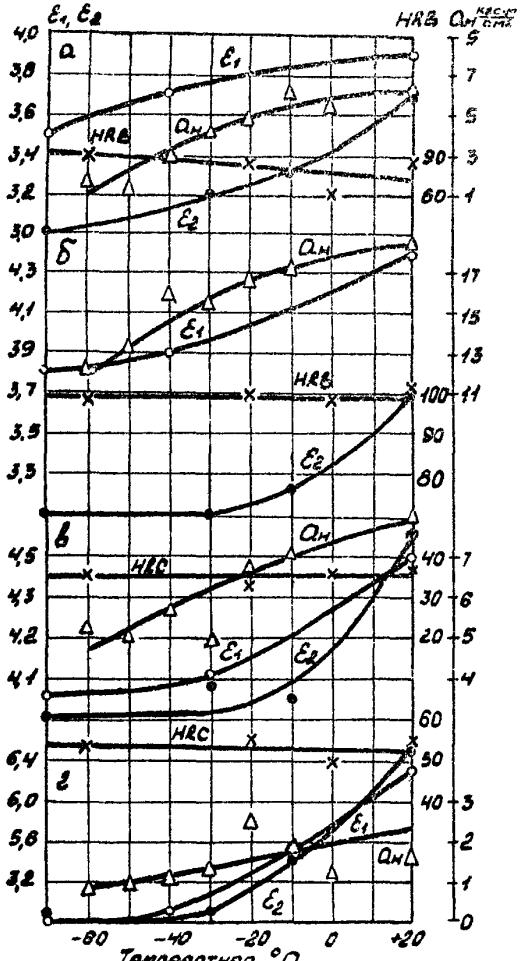


Рис. 13. Сталь 45: а – отжиг 830°С; б – закалка с 830°С в воду, отпуск 600°С; в – то же, отпуск 400°С; г – то же, отпуск 200°С.

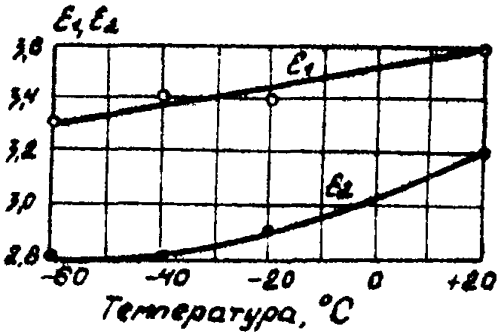


Рис. 14. Сталь 35Л, отжиг 820°С.

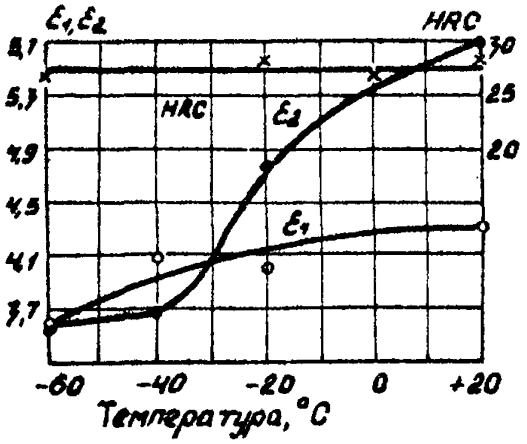


Рис. 15. Сталь 35Х, закалка с 860°С в масло, отпуск 460°С.

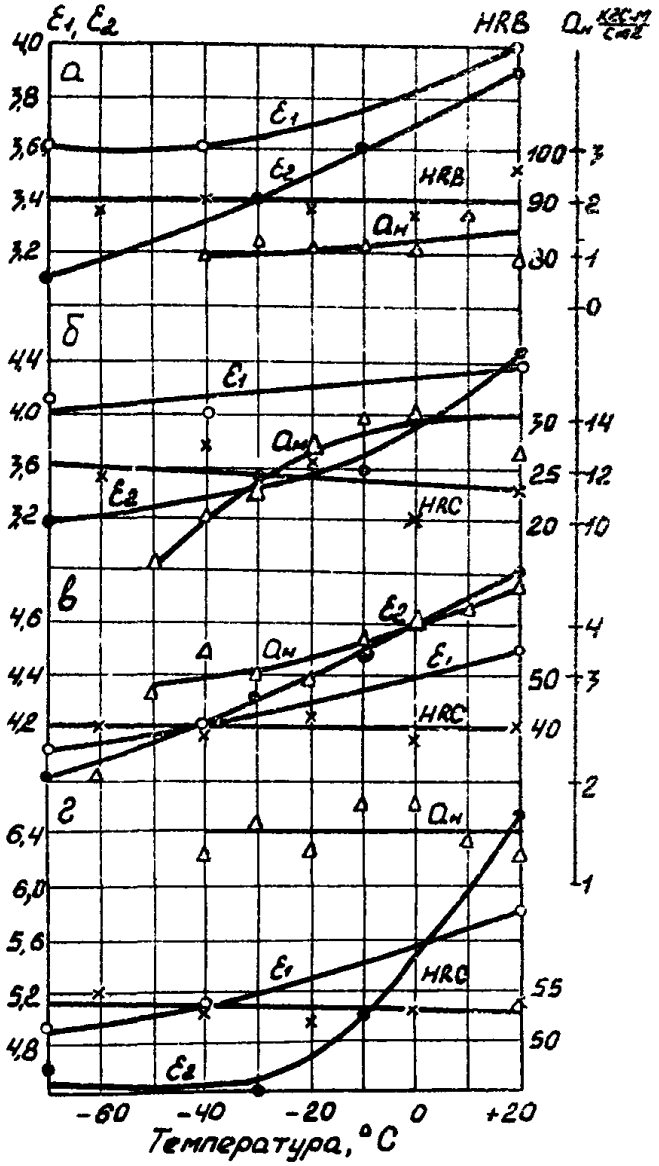


Рис. 16. Сталь 40Х: а – отжиг 850°С; б – закалка с 850°С в масло отпуск 600°С; в – то же, отпуск 400°С; г – то же, отпуск 200°С.

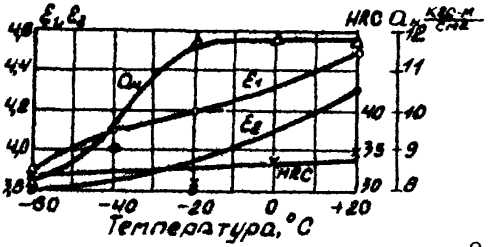


Рис. 17. Сталь 40ХН, закалка с 820°С в масло, отпуск 470°С.

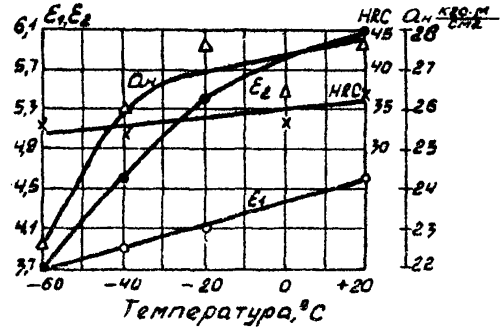


Рис. 18. Сталь 12ХН3А, закалка с 860°С в масло, отпуск 150–170°С.

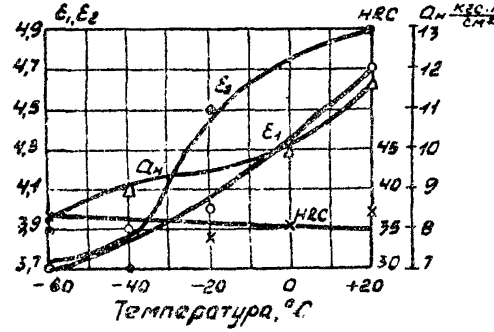


Рис. 19. Сталь 18Х2Н4ВА, закалка с 950°С с охлаждением на воздухе, отпуск 180°С.

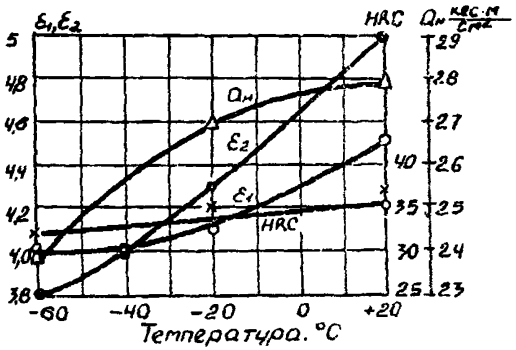


Рис. 20. Сталь 12Х2Н4А, закалка с 780–800°С в масло, отпуск 180–200°С.

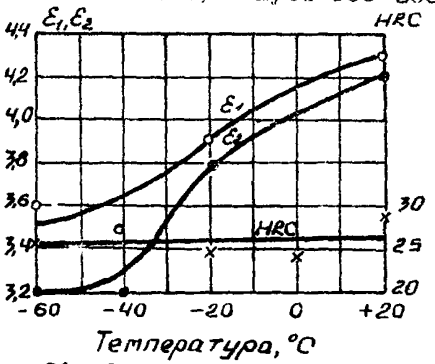


Рис. 21. Сталь 20ХН4ФА, закалка с 850°С в масло, отпуск 620°С.

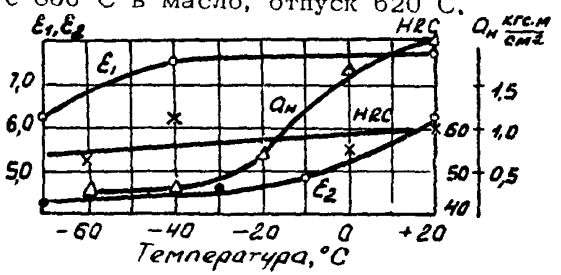


Рис. 22. Сталь 60С2А, закалка с 870°С в масло, отпуск 200°С.

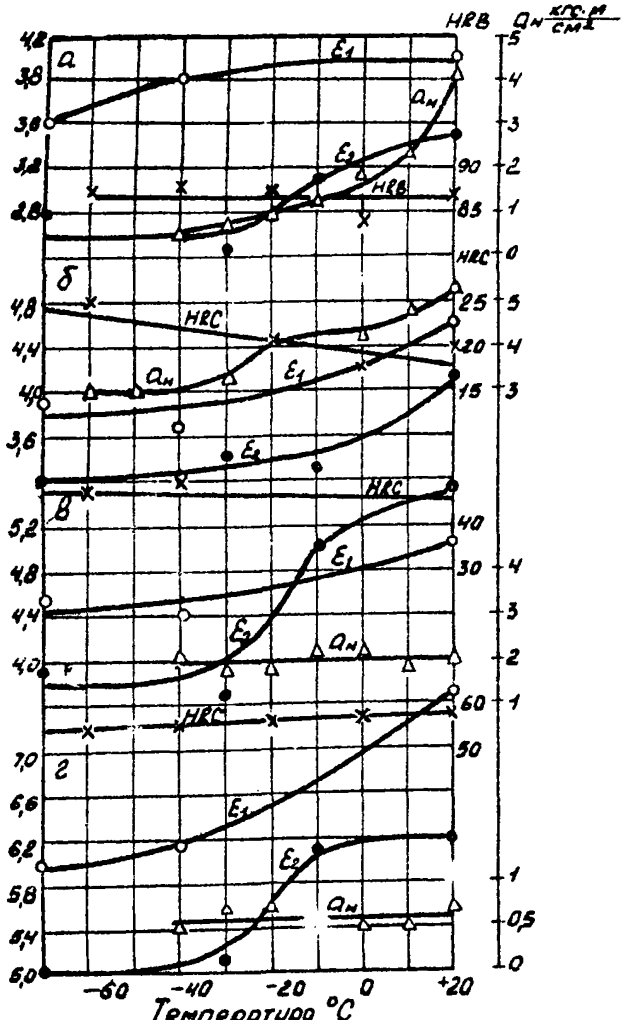


Рис. 23. Сталь У10А: а – отжиг 780°С; б – закалка, отпуск 600°С; в – закалка, отпуск 400°С; г – закалка, отпуск 200°С.

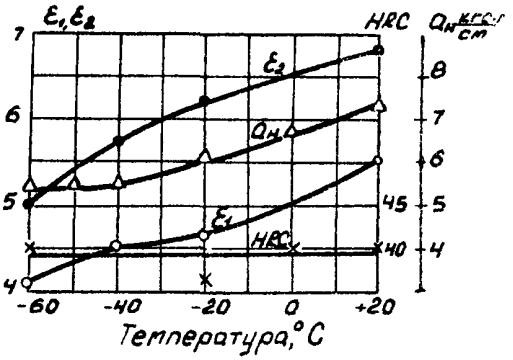


Рис. 24. Сталь 1Х17Н2, закалка с 1100°С в масло, отпуск 350°С.

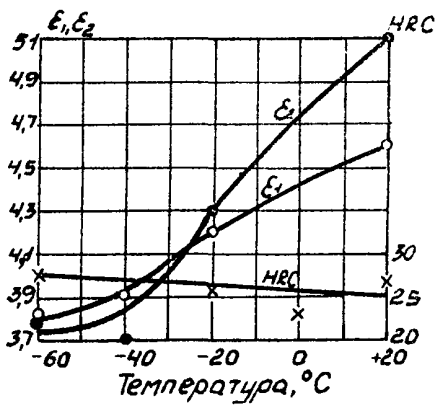


Рис. 25. Сталь 4Х10С2М, закалка 1040–1100°С в масло, отпуск 750–850°С.

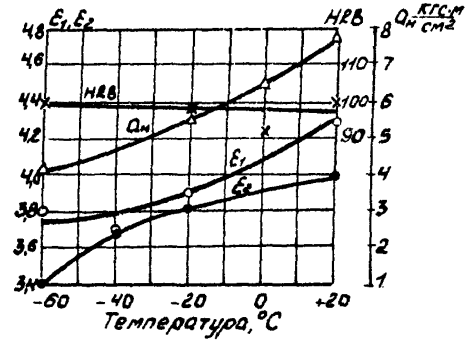
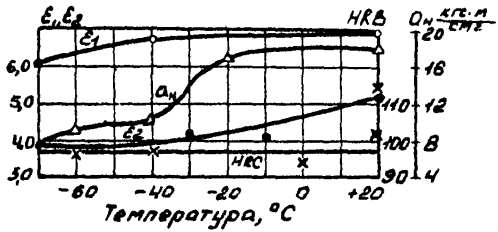


Рис. 26. Сталь 2Х13, закалка 1000–1100°С в масло, отпуск 700–775°С.



27. Сталь 110Г13Л, закалка с 1100°С в воду.

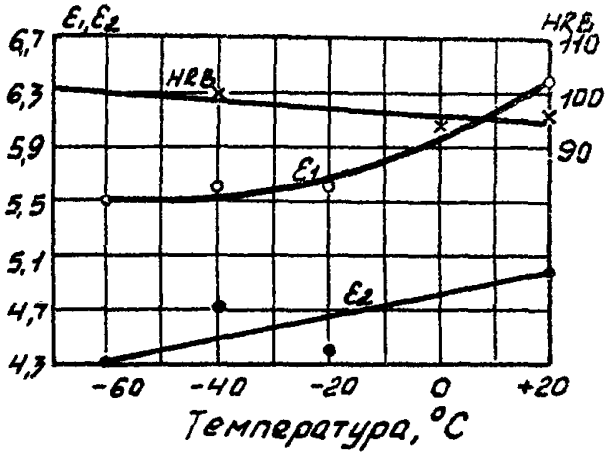


Рис. 28. Сталь Г13Х2БЛ, отжиг 820°С.

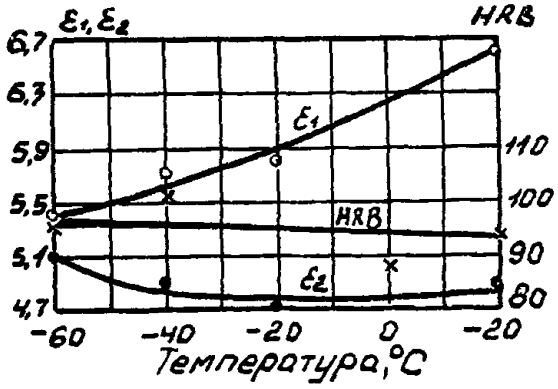


Рис. 29. Сталь Г13Х2БЛ, закалка с 1100°С в воду.

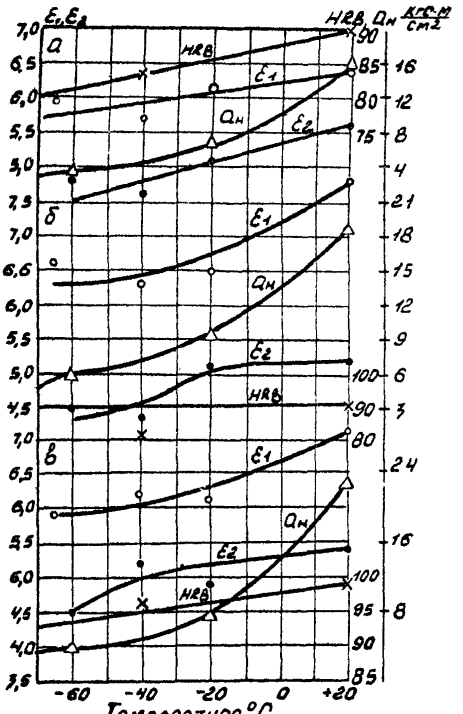


Рис. 30. Сталь 110Г13Л, закалка с 1050°С в воду, с модифицирующими добавками (в проц.): а – без добавок; б – 0,15 Ti; в – 0,5 Mo.

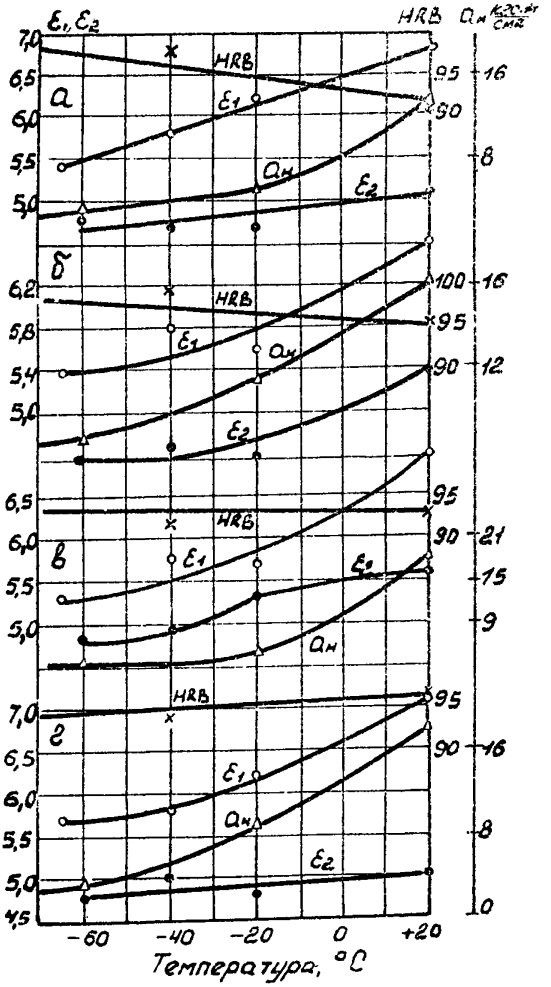


Рис. 31. Сталь 110Г13Л, закалка с 1050 °С в воду, с модифицирующими добавками (в проц.): а – 0,15 SiCa; б – 0,15 Ti + 0,15 SiCa; в – 0,15 FeCe г – 0,3 V.

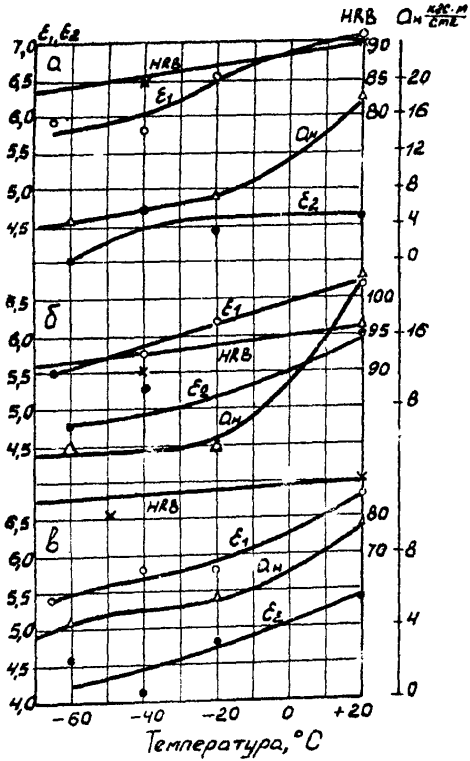


Рис. 32. Сталь 110Г13Л, закалка с 1050°С. в воду, с модифицирующими добавками (в проц.): а – 0,3 Al ; б – 1,0W; в – 0,3 Al + 0,003 SiCl.

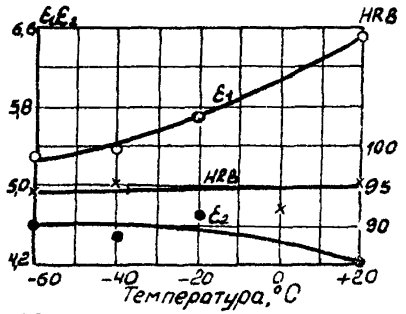


Рис. 33. Сталь 110Г13Л с 0,35 закалка с 1100°С в воду.

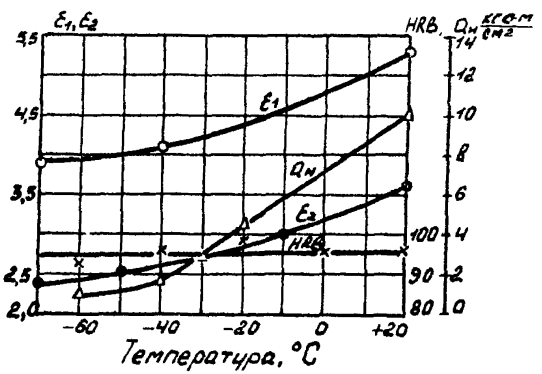


Рис. 34. Сталь Х13Г19ТЛ, закалка с 1100°С в воду.

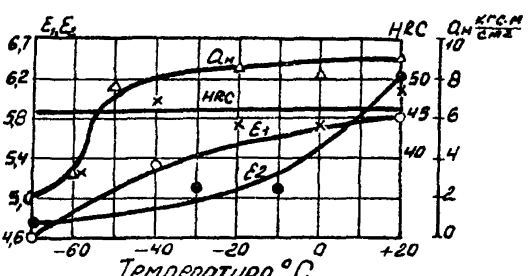


Рис. 35. Сталь американская "Пенго".

Литература

1. Андреев Н.Х. и др. Новые материалы в технике. "Высшая школа", 1968.

2. Григорьев Р.С. и др. Хладноломкость металлоконструкций и деталей машин. "Наука", 1969.

3. Гудков С.И. Механические свойства стали при низких температурах. "Металлургия", 1967.

4. Гудков С.И. Механические свойства промышленных цветных металлов при низких температурах. "Металлургия", 1971.

5. Гуляев А.П. Ударная вязкость и хладноломкость металлов. Сб. "Проблемы хладостойкости конструкционных сталей". Иркутск , 1971.

6. Журавлев В.Н., Николаева О.И. Машиностроительные стали. "Машиностроение", 1968.

7. Каменичный И.С. Спутник термиста. "Техника", Киев, 1969.

8. Ковальчук В.А. и др. Методика испытаний материалов на изнашивание о закрепленный абразив при отрицательных температурах. Сб. "Строительство в районах Восточной Сибири и Крайнего Севера", № 18, Красноярск, 1971.

9. Лахтин Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов. "Металлургия", 1969.

10. Лившиц Б.Г. Металлография. "Металлургия", 1971.

11. Материалы в машиностроении. Цветные металлы и сплавы. Справочник. Т. 1, "Машиностроение", 1967.

12. Материалы в машиностроении. Специальные стали и сплавы. Справочник. Т. 3, "Машиностроение", 1968.

13. Новомейский Ю.Д. и др. Свойства и применение комплекснолегированных высокомарганцовистых сталей.' НИИИНФОРМТЯЖМАШ, 1970.

14. Новомейский Ю.Д. и др. Высокомарганцевая аустенитная сталь Г13Л. "Металлургия", 1969.

15. Паисов И.В. Термическая обработка стали и чугуна. "Металлургия", 1970.

16. Ткачев В.Н. и др. Методы повышения долговечности деталей машин. "Машиностроение", 1971.

17. Химушин Ф.Ф. Жаропрочные стали и сплавы. "Металлургия", 1969.

18. Хрущов М.М., Бабичев М.А. Абразивное изнашивание. "Наука", 1970.

Р е к о м е н д а ц и и

по оценке хладостойкости и абразивной износостойкости металлов.

Редактор К.В. Богданович

Подписано к печати 31/XП-71.

АЛ 11331 Объем 2,25 печ. л., 1,11 уч.-изд.л.

Цена 12 коп. Заказ № 598

Печатно-графический цех
института "Красноярский промстройниипроект"
пр. Свободный, 75

gost.e-ecolog.ru