

Закалка инструментальной стали в теплой воде.

(Из металлографической лаборатории Т. Т. И.).

(В статье 4 чертежа).

Инструментальная углеродистая сталь представляет сплав железа с углеродом при содержании последнего в количестве 0,6 — 1,7% или соответственно 8 — 18% карбида Fe_3C . Различают обычно гипо и гиперэвтектическую сталь, границей является чисто эвтектическая с содержанием углерода 0,95%. Степень закалки стали стоит в прямой зависимости от скорости охлаждения. Мгновенное или достаточно быстрое охлаждение дает закаленную сталь, состоящую из твердого раствора карбида в железе. Этот раствор носит название аустенита. Если охлаждение стали замедлено, то возможно распад аустенита и образование иных структурных элементов, соответствующих различным степеням отпуска. В технике пользуются иногда этим способом отпуска, но более распространена закалка без отпуска и последующий отпуск, характеризующийся температурой вторичного нагрева. Если нагрев стали перед закалкой не был чрезвычайно велик и не превышал на много температуру критической точки (при нагреве), то аустенит отсутствует и заменяется псевдораствором-мартенситом, представляющим продукт перерождения аустенита. Полный отпуск — отжиг превозит мартенсит и аустенит в случае гипозэвтектической стали в феррит и перлит и в случае гиперэвтектической в цементит и перлит. Аустенит эвтектической стали переходит при отпуске в перлит. Промежуточными структурными элементами, соответствующими определенным температурам отпуска являются троостит, осмондит, сорбит. Естественный порядок превращения таков: аустенит — троостит — осмондит — сорбит — перлит (или перлит + феррит или цементит). При этом считают осмондит псевдораствором карбида в железе α и β , получающимся в условиях допускающих свободное прохождение явлений. Троостит является переходной формой от мартенсита к осмондиту, а сорбит вполне разрушенный твердый раствор, т. е. смесь карбида и железа с неясно выраженной дифференциацией. Необходимо отметить, что для практики отпуск стали интересен главным образом в интервале от 200° до 350°, получаемые при этом структуры не дают под микроскопом вполне ясной картины. Определить степень отпуска при пользовании только микроскопом в эти пределы не представляется возможным. Целью работы являлось нахождение зависимости между температурой теплой воды, в которой производилась закалка и степенью закалки. Для сравнения предварительно велись опыты с закалкой стали и отпуском ее при различных температурах. Была получена шкала отпущенных различных образцов и определялись их физические свойства, измененные термической обработкой. Закалка изменяет очень значительно плотность стали, сопротивление излому (K_b) и «твердость», определяемую склероскопом Шора. Понятие твердость не совсем удачно применено в этом случае; поэтому показание аппарата, определявшееся как среднее из 10 наблюдений будем называть «числом Шора». Для работы была взята углеродистая инструментальная сталь Златоустовского завода марки «средне-твердая». Анализ, произведенный автором, показал содержание $C = 0,95\%$, $Mn = 0,35\%$, $Cr = 0,10\%$, $Si = 0,07$, S и P следы. Чтобы вести опыты с одним и тем же исходным материалом прутки стали (круглого сечения; $d = \frac{3}{4}$ ") тщательно отжигались в печи Гереуса при температуре 760° С. Критические точки этой стали лежат при температурах 740° и 710°. Из отожженных кусков на

фрезерном станке изготовлялись призмы квадратного сечения размерами: $5,00 \times 50$ мм. Размеры квадрата получились с точностью $\pm 0,03$ мм. Немного отшлифованные образцы шли для опытов. Для нагревания их в горизонтальной печи Гереуса был помещен полный цилиндр из той же стали, в один конец которого помещался спай предварительно выверенного платино-родиевого пирометра Лешателье, а в другой—стальная трубка с образцом. Эта трубка была приготовлена из той же стали, что и образец и имела длинную ручку. Эти приспособления позволяли надеяться, что образец нагревался вполне равномерно и не мог подвергнуться поверхностному обезуглероживанию. Печь нагревалась до 760° и при помощи реостата эта температура держалась равномерно во все время опытов; колебания не превосходили $\pm 5^\circ$. Образец выдерживался при этой температуре 12 минут, вынимался вместе с трубкой, захватывался плоскогубцами с обмотанными асбестом губками и закаливался. При этом температура его не падала ниже 750° , как это показали калориметрические измерения. В водопроводной воде, взятой в количестве 10 кгр. при температуре $10^\circ \pm 0,5^\circ$ было закалено 30 образцов; несколько штук получили продольные трещины, видимо вследствие неправильного погружения. Закаленные образцы шлифовались слегка вручную на карборундовой шкурке № 000. Определялось из 10 наблюдений число Шора и удельный вес. Опыты показали, что на число Шора влияет не только термическая обработка, но и размеры, особенно поперечного сечения, образцов. Более или менее сравнимые результаты получались при образцах одинакового поперечного сечения, но разной длины. Удельный вес определялся на весах Сарториуса с точностью до 0,0001 и приводился к воде $t + 4^\circ$ и образцу $t = 0^\circ$. Это была наиболее кропотливая часть работы. Отпуск производился в течение 10 мин. в ваннах различного состава. Температуры 160° и 200° получались в ванне из 5 кгр. американского цилиндрического масла; 220° — 550° в ванне из 10 кгр. ртути. После отпуска определялось число Шора, удельный вес и временное сопротивление при изгибе K_b . Временное сопротивление определялось на машине Амслера прибором кн. Гагарина. Результаты представлены на таблице 1 и черт. 2.

При выработке отпущенных изделий из стали отрицательная закалка имеет некоторые преимущества перед обыкновенным способом работы, т. е. закалкой и отпуском до желаемого цвета побежалости. Многие изделия невозможно отпускать при закалке пользуясь оставшимся внутри детали теплом (отпуск изнутри наружу) и приходится прибегать к последующему отпуску в нагретых средах. Это усложнение естественно удорожает процесс. Наибольшее изменение объема соответствует наиболее сильной закалке, т. е. мартенситовой структуре. Промежуточные структуры менее отличны по плотности от незакаленной стали. Наибольшее изменение объема обуславливает и максимум внутренних напряжений, а следовательно и больший закалочный брак. При отрицательной закалке, как неполной, изменения объема естественно меньше. 20 образцов были закалены в той же водопроводной воде, нагретой до различных температур. Результаты представлены на таблице 2 и чертеже 3.

Сравнение кривых показывает, что физические свойства закаленной и отпущенной и отрицательно закаленной стали весьма различны. Хорошо совпадают части кривых (на черт. 2) от 280° до 400° с частями кривых (на черт. 3) от 55° до 75° . Трансформированные кривые представлены (на черт. 4). Кривые почти сливаются в части, соответствующей при отпуске образованию осмондита. Несовпадение кривых при низких температурах следует объяснить возможностью получения структуры, одной из составляющих которой является хрупкий и легкий мартенсит. Это лишний раз подчеркивает иную последовательность перехода мартенсита в перлит при отпуске, чем при охлаждении.

Таблица 1.

Закалка в холодной воде и последующий отпуск.

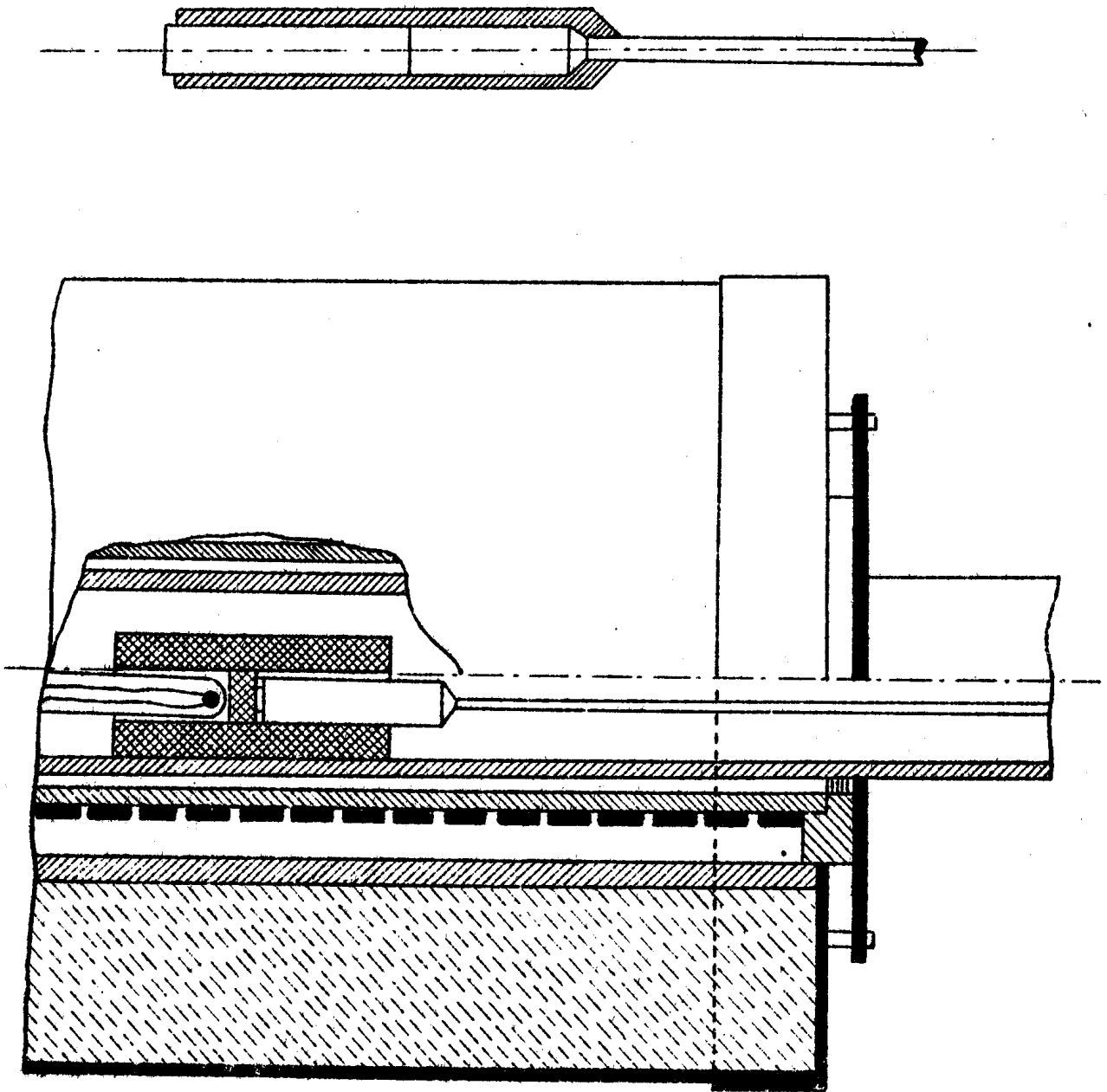
№	Удельный вес.			Число Шора			Температура отпуски.	K ₃ после отпуска кг./мм. ² .	Примечания.
	До закалки.	После закалки.	После отпуска.	До закалки.	После закалки.	После отпуска.			
1	7.8445	7.7701	7.8009	41	81	81	160°	109	Отпуска в масле
2	7.8451	7.7682	7.8038	40	81	80	160°	118	> >
3	8.8449	7.7746	7.8075	41	80	78	200°	190	> >
4	7.8446	7.7720	7.8072	43	79	78	200°	170	Отпуск в ртути.
5	7.8448	7.7685	7.7972	41	80	78	200°	202	> >
6	7.8451	7.7784	7.8014	40	81	76	200°	210	> >
7	7.8446	7.7728	7.7972	40	80	78	240°	190	> >
8	7.8432	7.7703	7.7961	40	81	75	240°	183	> >
9	7.8451	7.7694	7.7891	40	80	77	260°	228	> >
10	7.8451	6.7730	7.7904	40	81	74	260°	190	> >
11	7.8444	7.7746	7.8025	41	82	74	280°	210	> >
12	7.8428	7.7607	7.8041	42	82	73	280°	198	> >
13	7.8440	7.7711	7.8121	40	80	69	300°	260	> >
14	7.8448	7.7724	7.8095	40	81	71	300°	245	> >
15	7.8435	7.7735	7.8150	41	82	68	320°	270	> >
16	7.8446	7.7710	7.8170	40	81	67	320°	280	> >
17	7.8429	7.7730	7.8125	41	80	63	350°	285	> >
18	7.8442	7.7746	7.8171	40	80	67	350°	280	> >
19	7.8455	7.7725	7.8271	42	80	62	400°	298	Отпуск в свинце.
20	7.8448	7.7732	7.8270	41	81	63	400°	308	> >
21	8.8450	7.7730	—	41	81	—	—	115	> >
22	7.8446	7.7725	—	40	81	—	—	105	> >

Примечание к таблице. Температура образца перед закалкой $t_0 = 760^\circ \pm 5^\circ$; температура воды $t_3 = 10^\circ + 0,5^\circ$.

Закалка в теплой воде.

№	Темпера- тура образца.	Темпера- тура воды.	Удельный вес.		Число Шора.		К _в после закалки кг/мм ²	Примечание.
			До закалки.	После закалки.	До закалки.	После закалки.		
1	760°	30°	7.8450	7.7771	40	81	111	
2	760°	30°	7.8438	7.7785	42	80	120	
3	760°	40°	7.8436	7.7721	40	80	180	
4	760°	40°	7.8419	7.7780	42	80	98	
5	760°	40°	7.8457	7.7723	40	80	96	
6	760°	50°	7.8412	7.7781	41	70	135	
7	760°	50°	7.8432	7.7759	40	72	166	
8	760°	50°	7.8450	7.7797	40	73	—	
9	760°	50°	7.8450	7.7795	40	78	132	
10	760°	60°	7.8440	7.7922	40	72	220	
11	760°	60°	6.8447	7.9058	41	71	240	
12	760°	70°	7.8411	7.8299	42	69	270	
13	760°	70°	7.8451	7.8311	41	68	260	
14	760°	80°	7.8409	7.8376	42	48	—	Изогнулся при опре- делении. К _в

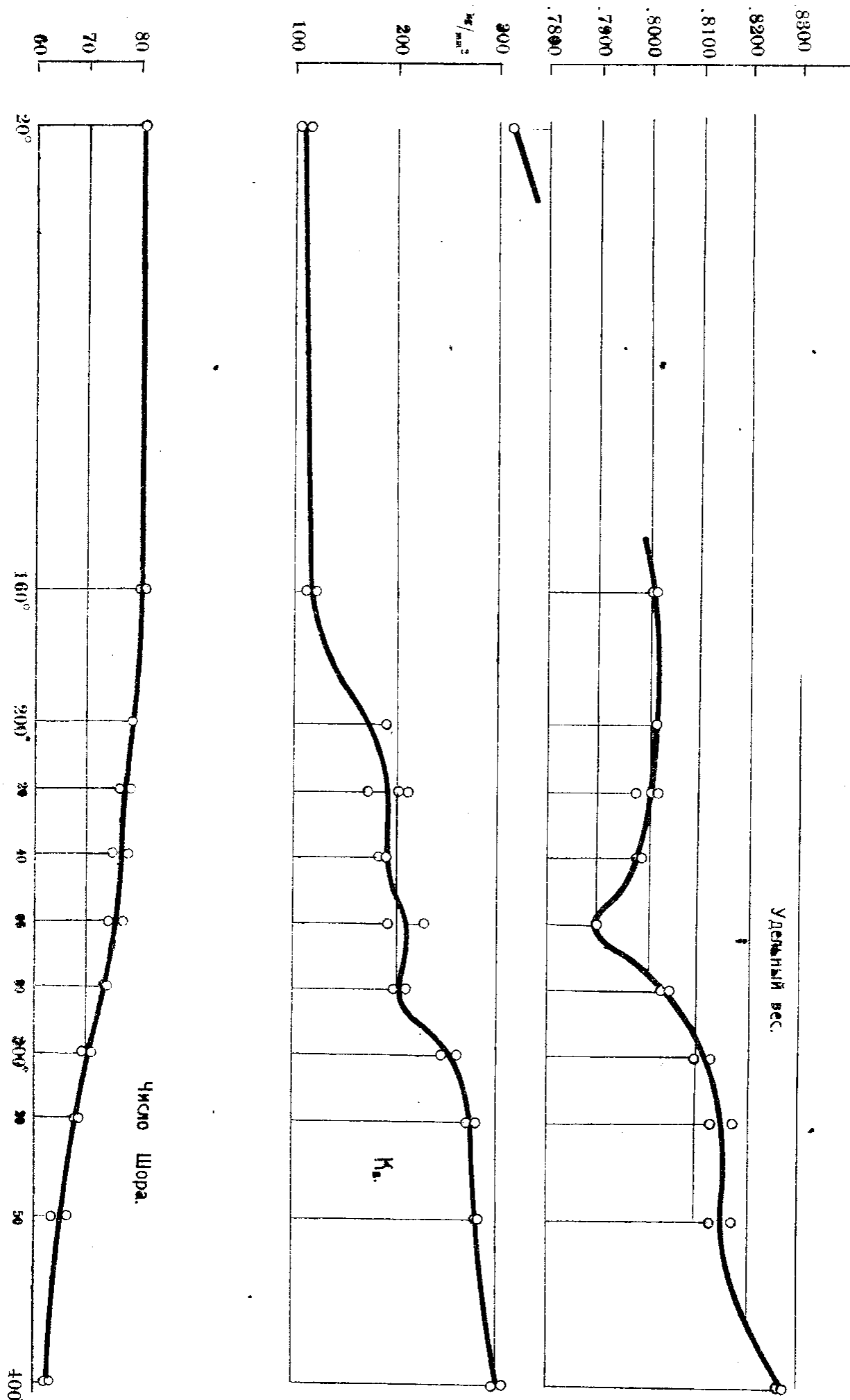
К статье А. Н. Добровидова: „Закалка инструментальной стали в теплой воде“.



Черт. 1.

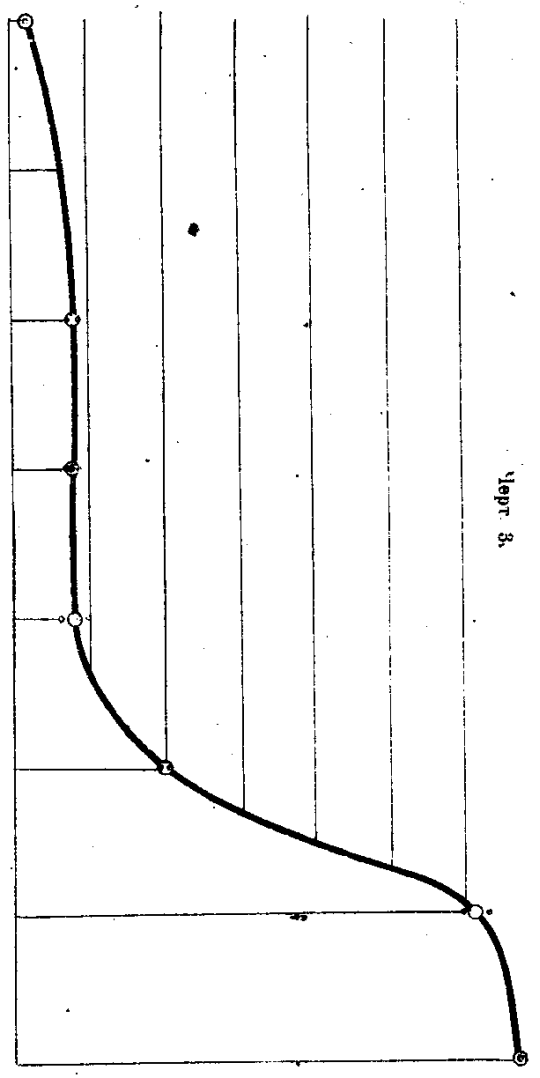
Отпуск закаленной стали.

Черт. 2



7.8400
 .8300
 .8200
 .8100
 .8000
 .7900
 .7800
 .7700

Черт. 3.

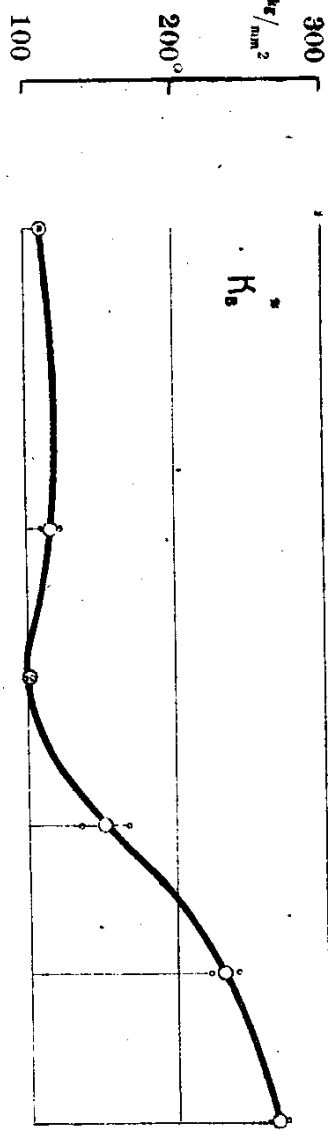


Удельный вес.

Закалка в теплой воде.

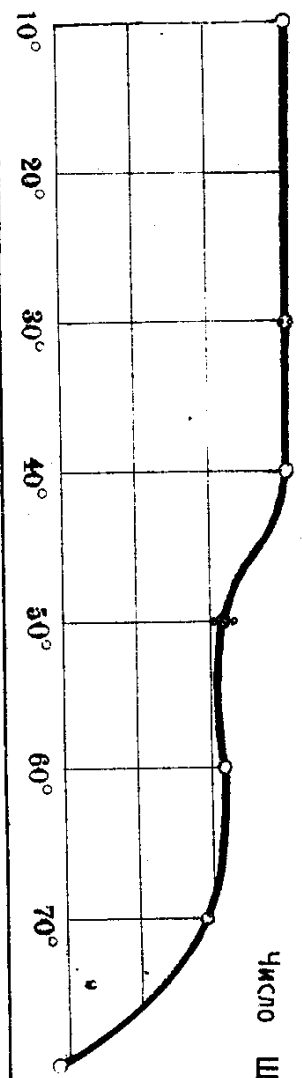
300
 200°
 100

H_v



80
 70
 60
 50

Число Шора.



К статье А. Н. Добровидова: "Закалка инструментальной стали в теплой воде".

Отпуск стали и закалка в теплой воде.

Терм. 4.

