

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Индустиально-педагогический колледж
Отделение технологии производства и промышленного оборудования

К.Г. ХАЛЕЛОВ

ИСПЫТАНИЕ НА ТВЕРДОСТЬ ПО БРИНЕЛЛЮ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
государственного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2008

УДК 620.178.12 (07)

ББК 34.2я7

X 17

Рецензент

канд. техн. наук, доцент Ш.Г. Насыров

Халелов, К.Г.

X 17

Испытание на твердость по Бринеллю: методические указания к лабораторной работе / К.Г. Халелов. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2008. – 16 с.

Основное содержание – изучение устройства прибора Бринелля, ознакомление с методикой определения твердости металлов по Бринеллю.

Методическое указание, предназначено для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Материаловедение» для студентов специальностей 050501, 151001, 160203, 150411, 220301, 230103.

ББК 34.2я7

©ХалеловК.Г.,2008

© ГОУ ОГУ, 2008

Содержание

Введение.....	4
1 Описание лабораторной работы.....	
1.1 Задание, цель работы. Приборы, материалы и инструмент.....	5
1.1.1 Задание.....	5
1.1.2 Цель работы.....	5
1.1.3 Приборы, материалы и инструмент.....	5
1.2 Схема испытания и величина твердости по Бринеллю.....	5
1.3 Прибор для испытания на твердость по Бринеллю.....	8
1.3.1 Принцип действия.....	8
1.3.2 Органы управления.....	9
1.4 Выбор диаметра шарика и нагрузки.....	9
1.5 Методика определения отпечатка и определение твердости.....	11
2 Порядок выполнения лабораторной работы.....	13
3 Правила техники безопасности при работе на оборудовании Бринелля.....	13
4 Контрольные вопросы.....	14
5 Отчет по лабораторной работе.....	15
5.1 Протокол испытания на твердость по Бринеллю.....	15
Список использованных источников.....	16

Введение

Большинство методов определения твердости основано на принципе вдавливания. Вдавливается стальной шарик или алмазный наконечник (конус или четырехгранная пирамида).

Твердость — это способность материала оказывать сопротивление проникновению в него другого, более твердого тела. Твердость является одним из важнейших механических свойств металлов.

По величине твердости металлов можно судить об их прочностных свойствах, не производя статических испытаний на растяжение. Твердость металлов тесно связана с их обрабатываемостью: чем тверже металл, тем большее усилие требуется для его обработки. От твердости зависит и износостойкость металлов, т. е. их способность сопротивляться истиранию, разрушению поверхности или изменению размеров под действием трения. Чем тверже поверхность изделия, тем меньше она будет изнашиваться в процессе работы. Вот почему по величине твердости металлов судят о возможности применения их для изготовления различных деталей машин. Твердость является также основной характеристикой при оценке качества режущих и измерительных инструментов.

Испытания металлических материалов на твердость получили широкое распространение на заводах и в научно-исследовательских лабораториях вследствие быстроты выполнения и простоты оборудования, необходимого для этого. Большое значение имеет и то, что испытаний на твердость не сопровождаются разрушением деталей. Существует много методов определения твердости металлов. Выбор того или иного метода зависит от твердости испытуемого металла, его толщины, размеров испытуемой поверхности и формы изделия.

На практике наибольшее распространение получили следующие методы определения твердости металлов:

- а) вдавливанием стального шарика (метод Бринелля);
- б) по глубине вдавливания алмазного конуса или стального шарика малого диаметра (метод Роквелла);
- в) вдавливанием алмазной пирамиды (метод Виккерса).

1 Описание лабораторной работы

1.1 Задание, цель работы. Приборы, материалы и инструмент

1.1.1 Задание

Провести испытание на твердость по Бринеллю образцов стали и сплавов цветных металлов различной толщины.

Определить твердость.

Изучить:

- а) схему испытания (с зарисовкой) (и величину) твердости по Бринеллю;
 - б) устройство автоматического рычажного пресса;
 - в) выбор диаметра шарика и нагрузки;
 - г) подготовку образца для испытания;
 - д) подготовку прибора и проведения испытания;
 - е) методику измерения отпечатка с помощью лупы (с зарисовкой схемы отсчета по шкале лупы);
 - ж) определение твердости по таблице.
- Результаты испытания оформить в виде протокола
Составить отчет по проделанной работе.

1.1.2 Цель работы

Ознакомится с методикой определения твердости металлов по Бринеллю и изучение устройства прибора для проведения лабораторной работы.

1.1.3 Приборы, материалы и инструмент

Для проведения работы необходимо иметь:

- автоматический рычажный пресс;
- образцы стали и сплавов цветных металлов различной толщины;
- лупу для измерения диаметра отпечатка либо прибор - *бривископ*
- наждачное точило;
- напильник.

1.2 Схема испытания и величина твердости по Бринеллю

Испытание на твердость по Бринеллю производится вдавливанием в испытуемый образец (металл), стального закаленного шарика определенного диаметра под действием заданной нагрузки P в течение определенного времени. После снятия нагрузки (вдавливании шарика) на поверхности испытуемого

образца, заготовки или детали остается сферический отпечаток (лунка). Схема испытания на твердость по Бринеллю дана на рисунке 1.

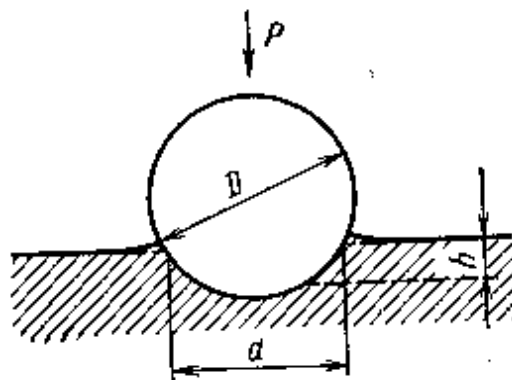


Рисунок 1 – Схема испытания на твердость по способу Бринелля

Отношение нагрузки P ($H \approx 0,1$ кгс), к поверхности полученного отпечатка (шарового сегмента) F (мм^2), дает число твердости, обозначаемое HB :

$$HB = \frac{P}{F} \text{ МН/м}^2 \text{ (кгс/мм}^2\text{)}$$

Площадь сферического отпечатка F

$$F = \pi D h,$$

где D – диаметр вдавливаемого шарика, мм;

h – глубина отпечатка, мм.

Так как глубину отпечатка h измерить трудно, гораздо проще измерить диаметр отпечатка d , то целесообразно величину h , мм, выразить через диаметры шарика D и отпечатка d :

$$h = \frac{D - \sqrt{D^2 - d^2}}{2}.$$

Тогда поверхность F шарового сегмента, мм^2 :

$$F = \frac{\pi D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2}),$$

а число твердости по Бринеллю будет характеризоваться формулой

$$HB = \frac{2P}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}.$$

Чтобы не производить сложных расчётов по приведённой выше формуле, к прессу Бринелля прикладываются таблицы перевода диаметра отпечатка в число твердости *HB* (см. таблицу 1). Так, например, если шарик диаметром 10 мм при нагрузке 3000 кгс оставил на образце отпечаток диаметром 3 мм, то число твердости *HB* 415.

Таблица 1 – Зависимость между диаметром отпечатка и числом твердости по Бринеллю (диаметры отпечатков даны для шарика диаметром 10 мм)

Диаметр отпечатка, мм	Число твердости при нагрузке <i>P</i> , кгс		
	$30 D^2$	$10 D^2$	$2,5 D^2$
2,90	444	-	-
2,95	430	-	-
3,00	415	-	34,6
3,05	401	-	33,4
3,10	388	129	32,3
3,15	375	125	31,3
3,20	363	121	30,3
3,25	352	117	29,3
3,30	340	114	28,4
3,35	332	110	27,6
3,40	321	107	26,7
3,45	311	104	25,9
3,50	302	101	25,2
3,55	293	97,7	24,5
3,60	286	95	23,7
3,65	277	92,3	23,1
3,70	269	89,7	22,4
3,75	262	87,2	21,8
3,80	255	84,9	21,2
3,85	248	82,6	20,7
3,90	241	80,4	20,1
3,95	235	78,3	19,6
4,00	229	76,3	19,1

П р и м е ч а н и я

1 Для определения числа твердости *HB* при испытании шариком диаметром 5 мм диаметр отпечатка надо умножить на 2, а при испытании шариком диаметром 2,5 мм – умножить на 4.

2 Для перевода значения силы, выраженной в кгс, в единицу системы СИ следует пользоваться соотношением 1 кгс \approx 9,81 Н.

1.3 Прибор для испытания на твердость по Бринеллю

Испытание на твердость по Бринеллю производят на специальных прессах. Наиболее распространенным прибор является автоматический рычажный пресс.

1.3.1 Принцип действия

Схема автоматического рычажного пресса показана на рисунке 2. В верхней части станины 1 имеется шпиндель 7, в который вставляется наконечник с шариком 6. Может быть установлен один из трёх наконечников – с шариком диаметром 10; 5 или 2,5 мм. Столик 4 служит для установки на нём испытываемого образца 5. Вращением по часовой стрелке рукоятки 15 приводят в движение винт 3, который, перемещаясь вверх, поднимает столик 4, и образец 5 прижимается к шарикам 6. При вращении рукоятки 15 до тех пор. Пока указатель 14 не станет против риски, пружина 8 сжимается до отказа и создается предварительная нагрузка 1000 Н (100 кгс).

Электродвигатель 13, который включает нажатием кнопки, расположенной сбоку пресса, приводит во вращение эксцентрик 2. При вращении эксцентрика 2 шатун 9, перемещаясь вниз, отпускает рычаг 10 и соединенную с ним подвеску 11 с грузами 12, создавая этим на нагрузку на шарик, который вдавливаются в образец. При дальнейшем вращении эксцентрика 2 шатун 9. Перемещается вверх, поднимает рычаг 10 и подвеску 11 с грузами 12, снимая этим нагрузку с шарика. Когда рычаг и подвеска с грузами достигнут исходного положения, автоматически даётся сигнал звонком и выключается электродвигатель.

Вращением рукоятки 15 против часовой стрелки опускают столик 4.

В зависимости от грузов, установленных на подвеске 11, создается различная нагрузка (см. таблицу 2)

На приборе Бринелля можно измерять твердость до 450 кгс/мм². Если твердость больше приведённой величины, то шарик начинает деформироваться и показания прибора становятся неправильными.

Таблица 2 – Подбор грузов для нагружения автоматического рычажного пресса

Нагрузка, Н	Наименование грузов, обеспечивающих необходимую нагрузку (см. рисунок 2)	Примечание
1	2	3
875	А	Здесь А – подвеска,

2500	A+B	создающая нагрузку в 1875 Н; Б – малый груз, создающий нагрузку в
5000	A+B+B	
7500	A+B+Г	

Продолжение таблицы 2

1	2	3
10000	A+B+B+Г	625 Н; В – средний груз, создающий нагрузку 2500 Н; Г – большой груз, создающий нагрузку в 5000 Н
30000	A+B+B+5Г	

1.3.2 Органы управления

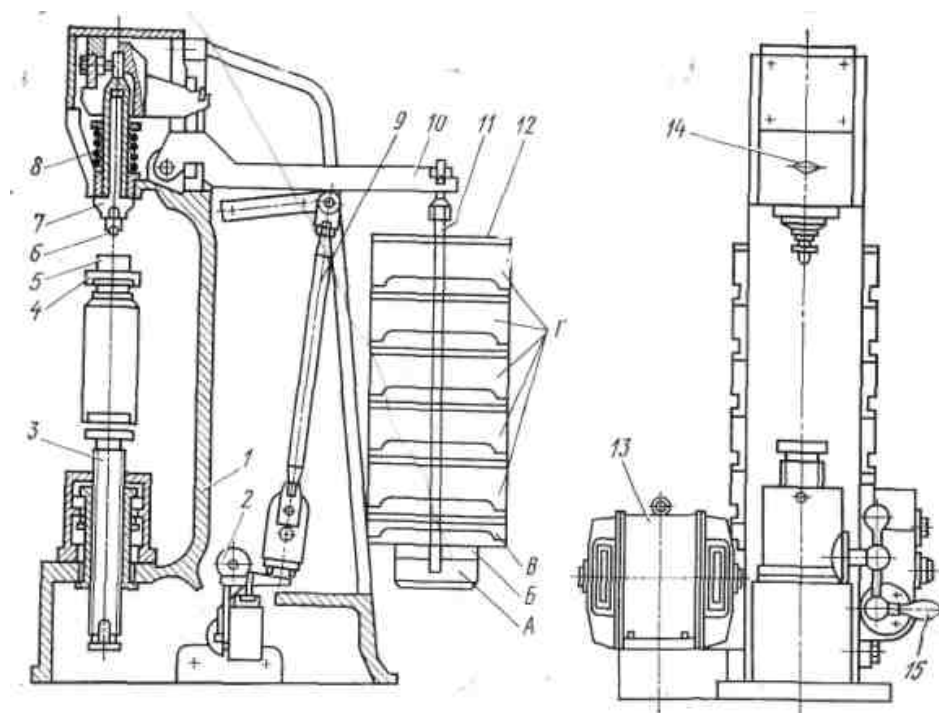


Рисунок 2 – Схема автоматического рычажного пресса для определения твёрдости

Органы управления:

1 - станина; 2 - вращающийся эксцентрик; 3 – винт; 4 – столик; 5 – испытуемый образец; 6 – наконечник с шариком; 7 –шпиндель; 8 – пружина; 9 – шатун; 10 – рычаг; 11 – подвеска; 12 – груз; 13 – электродвигатель; 14 – указатель; 15 – рукоятка.

1.4 Выбор диаметра шарика и нагрузки

Чтобы испытуемый материал (деталь или образец) при вдавливании шарика не прогибался, толщина его должна быть не менее чем в десять раз больше глубины отпечатка.

На приборе Бринелля используют шарики диаметром 2,5; 5 и 10 мм. Выбор диаметра стального шарика и нагрузки зависит от твердости испытуемого материала и его толщины (*Таблица 3*)

Нагрузка P выбирают в зависимости от качества испытываемого материала по формуле:

$$P = KD^2,$$

где K – постоянная для данного материала величина, равная 300; 100 или 25.

В *Таблице 3* приведены данные по выбору диаметра шарика и нагрузки в зависимости от твердости (в МПа) и толщина испытываемого образца. При испытании шариками разных диаметров (10; 5 и 2,5 мм) применяют разные нагрузки; при испытании более мягких металлов нагрузка меньше.

Материал образца, его толщину записать в графу 2, а условия испытания (диаметр шарика и нагрузку) в графу 3 протокола испытания.

Между твердостью металлов по Бринеллю и пределом прочности при растяжении существует определенная зависимость: для низкоуглеродистых сталей $\sigma_b \approx 0,34 HB$, для отожженной меди, латуни и бронзы $\sigma_b \approx 0,55 HB$ и т.д.

Таблица 3 – Выбор диаметра шарика и нагрузки в зависимости от твердости и толщины испытуемого образца

Материал	Пределы измерения в единицах твердости по Бринеллю	Минимальная толщина испытуемого образца, мм	Соотношение между нагрузкой P и диаметром шарика D	Диаметр шарика D , мм	Нагрузка P , Н	Выдержка под нагрузкой, с
1	2	3	4	5	6	7
Чёрные металл	1400–450 0	6–3	$P = 300D^2$	10,0	30000	10
		4–2		5,0	7500	
		2		2,5	1875	
		>6		10,0	10000	

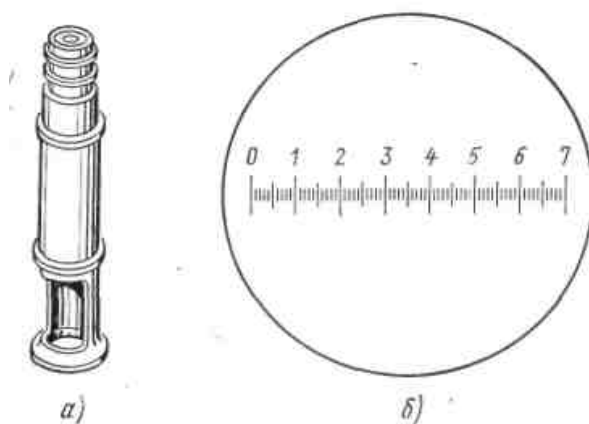
ы	<1400	6–3 <3	$P = 100D^2$	5,0 2,5	2500 625	10
---	-------	-----------	--------------	------------	-------------	----

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7
Цветные металлы	>1300	6–3 4–2 <2	$P = 300D^2$	10,0 5,0 2,5	30000 7500 1875	30
	350–1300	9–3 6–3 <3	$P = 100D^2$	10,0 5,0 2,5	10000 2500 625	30
	80–350	>6 6–3 <3	$P = 25 D^2$	10,0 5,0 2,5	2500 625 156	60

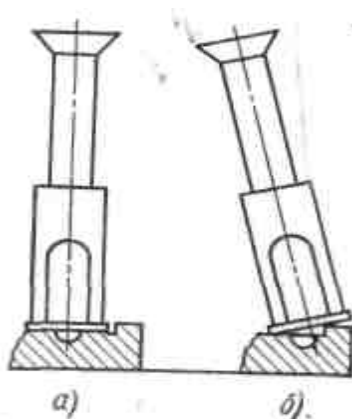
1.5 Методика измерения отпечатка и определение твердости

Полученный отпечаток измеряют с помощью лупы или микроскопа в двух взаимно перпендикулярных направлениях, диаметр отпечатка определяется как среднее арифметическое из двух измерений. Лупа (рисунок 3 а) имеет шкалу (см. рисунок 3 б.), малое деление которой равно 0,1 мм. Лупа нижней опорной частью надо плотно установить на испытываемую поверхность образца над отпечатком (см. рисунок 4); если лупа не имеет специальной лампочки для освещения поверхности, вырез (окно) в нижней части лупы обратить к свету. Поворачивая окуляр, необходимо добиться, чтобы края отпечатка были резко очерчены.



а – внешний вид; б – шкала лупы

Рисунок 3 – Лупа для измерения отпечатков



a – правильное положение; *b* – неправильное положение

Рисунок 4 – Положение лупы при измерении отпечатка

Затем, передвигая лупу, надо один край отпечатка совместить с началом шкалы (см. рисунок 5). Прочитать деление шкалы, с которым совпадает противоположный край отпечатка. Данный отсчет и будет соответствовать размеру диаметра отпечатка (на рисунке 5 диаметр отпечатка $d=4,30$ мм). Затем лупу или образец надо повернуть на 90° и измерить диаметр отпечатка второй раз.

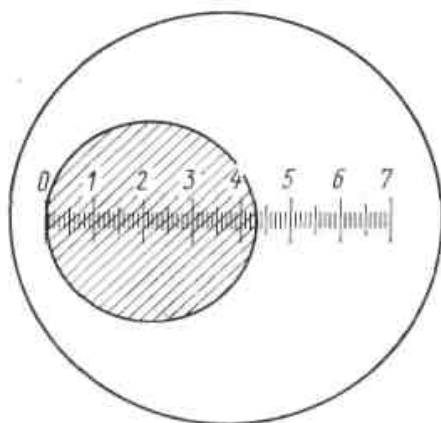


Рисунок 5 – Отсчет по шкале лупы

Среднее арифметическое значение диаметра отпечатка записать в графу 4 протокола испытания.

Чтобы не прибегать к длительным вычислениям твердости по приведенной формуле, на практике пользуются специальной таблицей, которая дает перевод диаметра отпечатка в число твердости *НВ*.

Полученное число твердости *НВ* записать в графу 7 протокола испытания.

Для получения правильной характеристики твердости данного материала необходимо провести еще два повторных испытания на твердость того же

образца; полученные результаты записать в графы 5 и 6 (диаметры отпечатков) и 8 и 9 (числа твердости), определить средний результат и записать его в графу 10 протокола испытания. При повторных испытаниях центр отпечатка на расстоянии не менее двух диаметров шарика.

2 Порядок выполнения лабораторной работы

При обработке поверхности образец не должен нагреваться выше 100–150 °С.

Получить у преподавателя образцы металлов, подлежащие испытанию на твердость (ориентировочная величина твердости образцов должна быть известна).

Перед испытанием поверхность образца, в которую будет вдавливаться шарик, обрабатывают наждачным камнем или напильником, чтобы она была ровной, гладкой и не было окалины или других дефектов. Подготовка поверхности образца необходима для получения правильного отпечатка и чтобы края его были отчетливо видны для измерения.

Используя данные таблицы 1, убедитесь, что диаметр шарика (см. рисунок 1) и величина нагрузки, установленные на приборе, соответствуют характеристикам образца, подлежащего испытанию на твердость, учитывая, что рычажная система с подвеской создают нагрузку 1839 Н (187,5 кгс).

Подготовка прибора и проведение испытания:

- 1 Установить на подвеску 11 (см. рисунок 2) грузы 12, соответствующие выбранной для испытания нагрузке.
- 2 Наконечник с шариком вставить в шпиндель 7 и укрепить.
- 3 На столик 4 поместить испытываемый образец 5. Образец должен плотно лежать на столике, центр отпечатка должен находиться от края образца на расстоянии не менее диаметра шарика.
- 4 Вращением рукоятки 15 по часовой стрелке поднять столик и прижать образец 5 к шарiku 6, продолжать вращать рукоятку 15 до тех пор, пока указатель 14 не станет против риски.
- 5 Нажатием кнопки включить электродвигатель.
- 6 После сигнала звонков вращением против часовой стрелки рукоятки 15 опустить столик 4 и снять с него образец с полученным отпечатком.
- 7 Измерить полученный отпечаток лупой или микроскопом, установив их на данном оборудовании.
- 8 Определить твердость.
- 9 Занести данные в протокол испытания.

3 Правила техники безопасности при работе на оборудовании Бринелля

- 3.1 Проверить исправность оборудования.
- 3.2 Ознакомиться с технической документацией предстоящей работы.

3.3 Проверить наличие и исправность инструмента предназначенного для работы.

3.4 Подготовить рабочее место:

- на рабочем месте не должно быть ничего лишнего;
- рабочее место должно содержаться в чистоте.

3.5 По окончании работы выключить оборудование.

4 Контрольные вопросы

1 Что понимается под твердостью металлов?

2 На чем основан метод Бринелля?

3 Как измеряется диаметр отпечатка?

4 Как обозначается твердость металла по Бринеллю и чем она характеризуется?

5 Как устроен и работает пресс Бринелля?

6 Твердость каких металлов испытывают по методу Бринелля?

7 Какая существует связь между твердостью металлических материалов и их обрабатываемостью на металлорежущих станках?

5 Отчет по лабораторной работе

В отчете должны быть изложены:

- 1 Цель работы
- 2 Характеристика испытания на твердость, как способа исследования металлов; краткое описание метода определения твердости по Бринеллю;
- 3 Схема испытания на твердость методом Бринеллю;
- 4 Заполнение таблицы с результатами измерений твердости методом Бринелля; расчет предела прочности материалов.

5.1 Протокол испытания на твердость по Бринеллю

Тип прессы.....

№ образца	Материал, толщина образца, м	Условия испытания (диаметр шарика в мм и нагрузка в Н)	Диаметр отпечатка, мм			Твердость <i>HB</i>				
			отпечаток			отпечаток			среднее	
			1-й	2-й	3-й	1-й	2-й	3-й		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Группа
Выполнил
Принял

Список использованных источников

- 1 Материаловедение: учеб. для вузов / Б.Н. Арзамасов [и др.]; под общ. ред. Б.Н. Арзамасова, Г.Г. Мухина. - 3 изд., переработ, и доп. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. - 648 с.
- 2 Материаловедение и технология металлов / Г.П. Фетисов, [и др.]. - М.: Высш. шк., 2001. - 640 с.
- 3 Масленков, С. Б. Стали и сплавы для высоких температур: справочник: в 2-х кн. / С.Б. Масленков, Е.А. Масленкова. – 1991, Кн 2. - М: Металлургия. - 832 с.
- 4 Костин, П.П. Физико-механические испытания металлов, сплавов и неметаллических материалов / П.П. Костин. -М.: Машиностроение, 1990. - 256 с.
- 5 Лахтин, Ю.М. Материаловедение: учебник для вузов / Ю.Н. Лахтин, В.П. Леонтьев. - М.: Машиностроение, 1990. - 526 с.
- 6 Конструкционные материалы: справочник / под общ. ред. Б.Н. Арзамасова. - М: Машиностроение, 1990. -688 с.
- 7 Геллер, Ю.А. Материаловедение: учебное пособие для вузов / под ред. Ю.А. Геллер, А.Г. Рахштадта. - М.: Металлургия, 1989. - 454 с.
- 8 Гуляев, А.П. Металловедение: учебник для вузов / А.П. Гуляев. - М.: Металлургия, 1985. -542 с.

