

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора ЮТИ ТПУ по УР

_____ В.Л. Бибик

«_____» _____ 2012 г.

С.Н. Федосеев, А.А. Сапрыкин

Методы определения твердости

Методические указания к выполнению лабораторной работы
по дисциплине «Материаловедение» для студентов III, IV курсов обучающихся
по специальностям 150101 «Металлургия черных металлов»,
150202 «Оборудование и технология сварочного производства»,
150402 «Горные машины и оборудование»,
151001 «Технология машиностроения»
очной и заочной формы обучения

Издательство

Юргинского технологического института (филиала)

Томского политехнического университета

2012

УДК 620.178
ББК 34.41
Ф33

Федосеев С.Н.

Ф33 Методы определения твердости: методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Материаловедение» для студентов III, IV курсов обучающихся по специальностям 150101 «Металлургия черных металлов», 150202 «Оборудование и технология сварочного производства», 150402 «Горные машины и оборудование», 151001 «Технология машиностроения» очной и заочной формы обучения / С.Н. Федосеев, А.А. Сапрыкин; Юргинский технологический институт. – Юрга: Изд-во Юргинского технологического института (филиала) Томского политехнического университета, 2012. – 18 с.

УДК 620.178
ББК 34.41

Методические указания рассмотрены и рекомендованы
к изданию методическим семинаром кафедры
МЧМ ЮТИ ТПУ
« 25 » октября 2012 г.

Зав. кафедрой МЧМ
канд. тех. наук,

_____ *А.А. Сапрыкин*

Председатель
учебно-методической комиссии

_____ *И.С. Сулимова*

Рецензент
Доктор технических наук, профессор
О.И. Нохрина

© ФГБОУ ВПО НИ ТПУ, Юргинский технологический институт (филиал), 2012
© Федосеев С.Н., Сапрыкин А.А., 2012

Введение

В начале занятия проводится контроль степени готовности студентов к выполнению лабораторной работы по контрольным вопросам. После этого студенты проходят общий инструктаж по технике безопасности и получают допуск к занятию.

После проведения необходимых исследований оформляется отчет. Отчет составляется каждым студентом индивидуально, либо общий на подгруппу студентов. Работа считается выполненной после сдачи отчета и получения зачета от руководителя работы.

1. Цель и задачи лабораторной работы

Изучить устройство приборов и методику измерения твердости металлов способами Бринелля, Роквелла, Виккерса; определить твердость образцов из углеродистых сталей; установить зависимость твердости и предела прочности стали от процентного содержания углерода.

2. Оборудование и материалы

1. Твердомеры Бринелля, Роквелла.
2. Образцы металлов.

3. Краткая характеристика объекта изучения

Одним из критериев прочности при статических испытаниях материалов, определяющих его конструкционную прочность, является твердость. Твердость – свойство материала оказывать сопротивление деформации в поверхностном слое при местных контактных воздействиях. Макротвердость – интегральная характеристика, характеризует среднюю твердость материала. Микротвердость – локальная характеристика, характеризует твердость фаз, зерен, структурных составляющих материала. Твердость измеряют при помощи воздействия на поверхность металла наконечника, имеющего форму шарика, конуса, пирамиды или иглы. Наконечник (индентор) изготавливается из малодеформирующегося материала – твердая закаленная сталь, алмаз или твердый сплав.

В зависимости от вида местных контактных воздействий методы измерения твердости классифицируются:

- метод царапания (приближенное определение твердости тарированными напильниками);
- метод упругого отскока бойка по Шору (ГОСТ 2327.3-78);
- метод ударного отпечатка бойка (ГОСТ 18661-73);
- метод вдавливания более твердого индентора (по Бринеллю – ГОСТ 9012-59; по Роквеллу – ГОСТ 9013-59; по Виккерсу – ГОСТ 2999-75, измерения микротвердости – ГОСТ 9450-76).

Преимущества методов определения твердости:

- быстрота и простота метода по технике исполнения;
- возможность оценки качества готового изделия вне зависимости от формы и размеров без его разрушения;
- возможность ориентировочной оценки по твердости других механических свойств материала;
- возможность испытаний малопластичных материалов.

Наибольшее распространение в практике получили методы измерения твердости вдавливанием в испытываемый материал более твердого индентора (шарика, конуса, пирамиды). Выбор метода определения твердости и соответственно материала и формы индентора зависят от твердости исследуемого материала, размеров и формы образцов. При вдавливании индентора деформация происходит в небольшом объеме, окруженном недеформированным металлом по схеме всестороннего неравномерного сжатия с малой долей нормальных растягивающих напряжений, поэтому пластическую деформацию испытывают и малопластичные металлы, которые при других видах механических испытаний разрушаются хрупко (например, чугун).

Напряженное состояние при испытании на растяжение и определении твердости различное, однако, при вдавливании индентора вначале преодолевается упругое сопротивление поверхностных слоев, а затем происходит существенная пластическая деформация в зоне вдавливания. Следовательно, может быть установлена количественная связь между твердостью и пределом прочности на растяжение. Связь твердости с другими критериями прочности, надежности и долговечности носит нерегулярный характер для отдельных классов материалов и условий испытаний.

3.1. Определение твердости по Бринеллю

Метод измерения твердости металлов по Бринеллю регламентирует ГОСТ 9012-59 (в редакции 1990 г.) Сущность метода заключается во вдавливании шарика (стального или из твердого сплава) в образец (изделие) под действием нагрузки, приложенной перпендикулярно поверх-

ности образца в течение определенного промежутка времени и измерении диаметра отпечатка после снятия нагрузки (рис. 1). Метод используется при измерении твердости относительно мягких материалов (незакаленной стали, чугуна, цветных металлов и их сплавов). При использовании в качестве индентора стального шарика твердость обозначается как НВ для металлов с твердостью до 450 единиц и как НВW с твердостью не более 650 единиц при использовании шарика из твердого сплава. Метод Бринелля не рекомендуется применять для черных металлов с твердостью более 450 единиц, для цветных металлов – более 200 единиц.

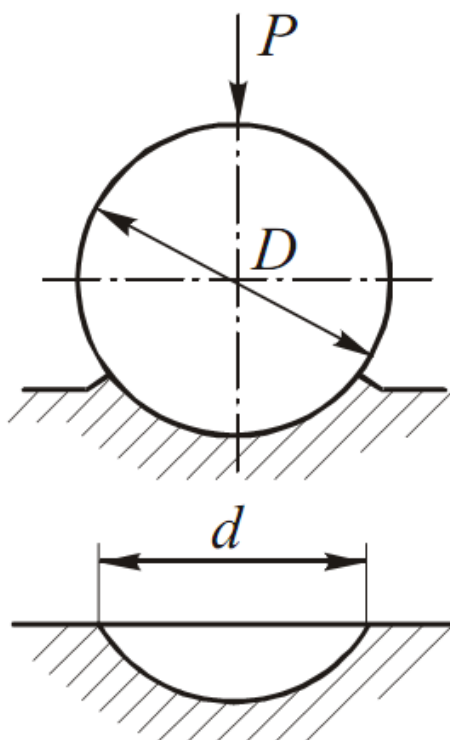


Рис. 1. Схема получения отпечатка по Бринеллю

Твердость по Бринеллю (НВ) выражается отношением взятой нагрузки P к площади поверхности отпечатка F

$$HB = \frac{P}{F}.$$

Если вычислить поверхность отпечатка, имеющего форму шарового сегмента, то НВ определится формулой

$$HB = \frac{2P}{\pi D \cdot D - \sqrt{D^2 - d^2}},$$

где P – приложенная нагрузка, кгс; D – диаметр шарика, мм; d –

диаметр отпечатка, мм.

Размер шарика выбирается в зависимости от толщины испытуемого образца: обычно пользуются шариками стандартных размеров диаметрами в 10 мм, 5 мм или 2,5 мм.

Нагрузка на шарик выбирается в зависимости от рода материала и должна быть пропорциональна квадрату диаметра шарика. Условные стандартные нормы, принятые для различных материалов, следующие:

для стали и чугуна	$P = 30D^2$,
для меди и медных сплавов	$P = 10D^2$,
для баббитов и свинцовистых бронз	$P = 2,5D^2$.

3.2. Определение твердости по Роквеллу

Метод измерения твердости металлов по Роквеллу регламентируется ГОСТ 9013-59 (в редакции 1989 г). Сущность метода заключается во вдавливании алмазного конуса или стального шарика в образец (изделие) под действием последовательно прилагаемых предварительной (P_0) и основной (P_1) нагрузок и измерения глубины вдавливания индентора (h) после снятия основной нагрузки (рис. 2). Предварительная нагрузка прилагается для исключения влияния упругой деформации, шероховатости и локальных повреждений поверхности, а также сложной конфигурации образца. В методе Роквелла при изменении нагрузки и использовании индентора одного типа сохраняется подобие отпечатков, а мерой твердости служит глубина проникновения индентора в исследуемый материал, значение которой непосредственно считывается со стрелочного индикатора прибора измерения твердости. Поэтому метод Роквелла нашёл широкое практическое применение вследствие меньшей трудоемкости по сравнению с методом Бринеля, возможности определения твердости материалов более 450 НВ, определения твердости тонких поверхностных слоев.

Твердость по Роквеллу выражается отвлеченной величиной, зависящей от глубины вдавливания h , и может быть определена по формуле, но в этом нет необходимости, так как твердость определяется по показаниям прибора.

Метод Роквелла позволяет проводить испытания деталей после поверхностного упрочнения и объемной закалки. Определение твердости по этому методу практически не связано с порчей поверхности изделия.

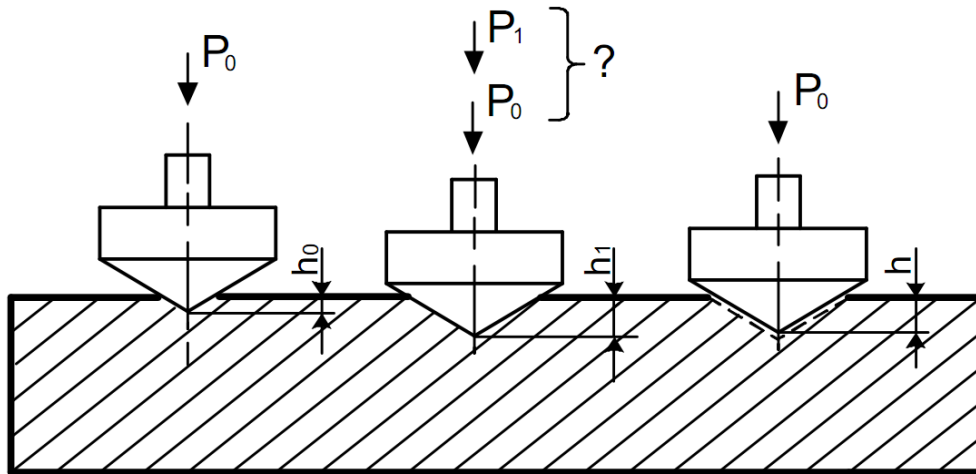


Рис. 2. Схема определения твердости по Роквеллу

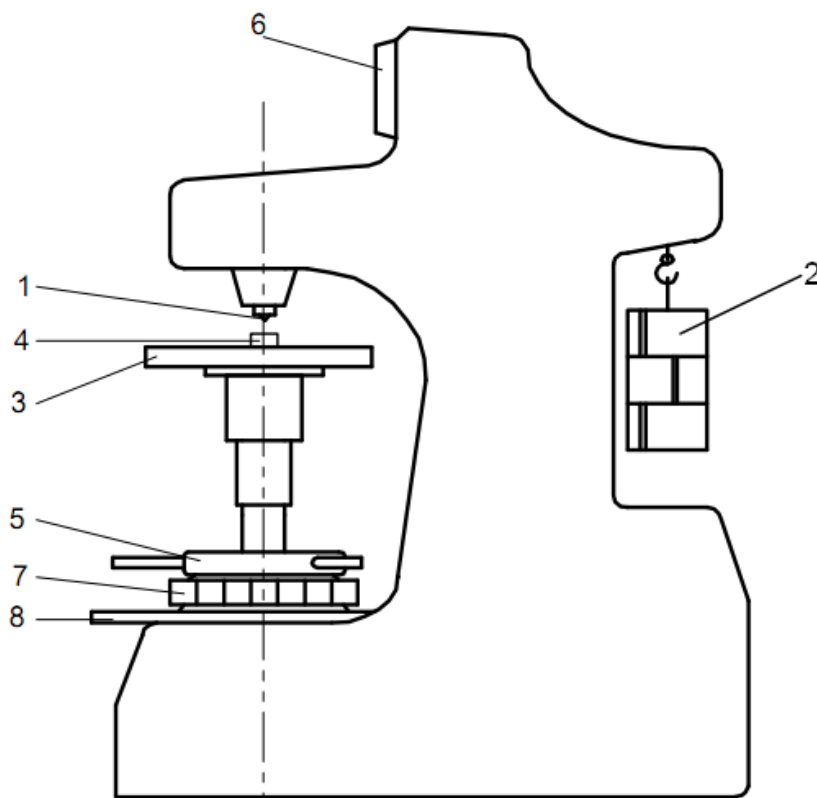


Рис. 3. Твердомер Роквелла ТК-2: 1 – индикатор, 2 – грузы, 3 – стол, 4 – образец, 5 – маховик, 6 – индикатор, 7 – барабан, 8 – пусковая клавиша

Шкала С служит для испытания твердых материалов, имеющих твердость по Бринеллю от 230 до 700 кгс/мм². Алмазный конус вдавли-
вается под нагрузкой 150 кгс. Интервал измерения твердости по шкале С – от 22 до 68 единиц, твердость обозначается HRC.

Шкала А используется при испытании очень твердых материалов или тонких поверхностных слоев (0,5–1,0 мм). Применяют тот же алмазный конус, но вдавливают под нагрузкой в 60 кгс. Значение твердости определяют по шкале С, но обозначают HRA. Интервал измерения твердости по этой шкале от 70 до 85 единиц.



Рис. 4. Индикатор

Шкала В предназначена для испытания мягких материалов, имеющих твердость по Бринеллю от 60 до 230 кгс/мм². Стальной шарик диаметром 1,5875 мм вдавливается под нагрузкой в 100 кгс. Твердость измеряется в пределах от 25 до 100 единиц шкалы В и обозначается HRB.

3.3. Определение твердости по Виккерсу

Методы измерения твердости по Виккерсу регламентирует ГОСТ 2999-75 (в редакции 1987 г). Сущность методов заключается во вдавливании алмазного индентора в форме правильной четырехгранной пирамиды с углом при вершине 136° в образец и измерении диагонали отпечатка после снятия нагрузки (рис. 5).

Значения твердости определяются как отношение величины приложенной нагрузки к площади отпечатка и формально имеют размерность кгс/мм² (Н/мм²). При использовании метода Виккерса нагрузка составляет 1–100 кгс, запись значения твердости в 500 единиц при нагрузке 30 кгс и времени выдержки под нагрузкой 10–15 с обозначается как 500 HV, значение твердости в 220 единиц при нагрузке 10 кгс и времени выдержки 40 с – 220 HV 10/40.

Метод Виккерса используется для твердых и мягких материалов,

для деталей малой толщины и тонких поверхностных слоев (азотирование, борирование, цианирование и т. д.).

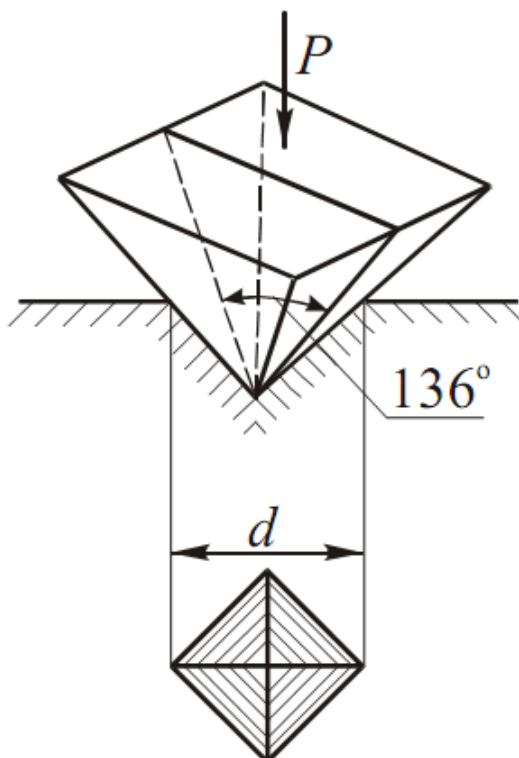


Рис. 5. Схема получения отпечатка по Виккерсу

Нагрузка P может меняться от 9,8 Н (1 кгс) до 980 Н (100 кгс). Твердость по Виккерсу

$$HV = 0,189 \frac{P}{d^2} \text{ [МПа]},$$

если P выражена в Н, и

$$HV = 1,854 \frac{P}{d^2} \text{ [кгс/мм}^2\text{]},$$

если P выражена в кгс.

Метод используют в основном для определения твердости деталей малой толщины, тонких покрытий или твердости внешних слоев детали после поверхностного упрочнения (например, после азотирования). При правильном выборе нагрузки для измерения метод может заменять приборы Бринелля и Роквелла.

Чем тоньше материал, покрытие или упрочнённый слой, тем меньше должна быть нагрузка. Число твердости по Виккерсу HV определяют по специальным таблицам по измеренной величине d (диагона-

ли отпечатка в миллиметрах) с учётом приложенной при измерении нагрузки.

3.4. Определение микротвердости

Метод измерения микротвердости регламентируется ГОСТ 9450-76. Испытание на микротвердость проводят вдавливанием в испытываемый образец четырехгранной алмазной пирамиды с углом при вершине 136° , таким же, как у пирамиды при испытании по Виккерсу. Отличительной особенностью испытания на микротвердость является применение малых нагрузок – от 0,05 до 5 Н, поэтому основной областью использования данного метода является определение твердости таких образцов и деталей, которые не могут быть испытаны обычно применяемыми методами (по Бринеллю, Роквеллу, Виккерсу). Микротвердость обычно определяют на малых деталях, тонких полуфабрикатах (ленты, фольга, проволока), в слоях, получающихся в результате химико-термической обработки, гальванических покрытий, отдельных структурных составляющих сплавов.

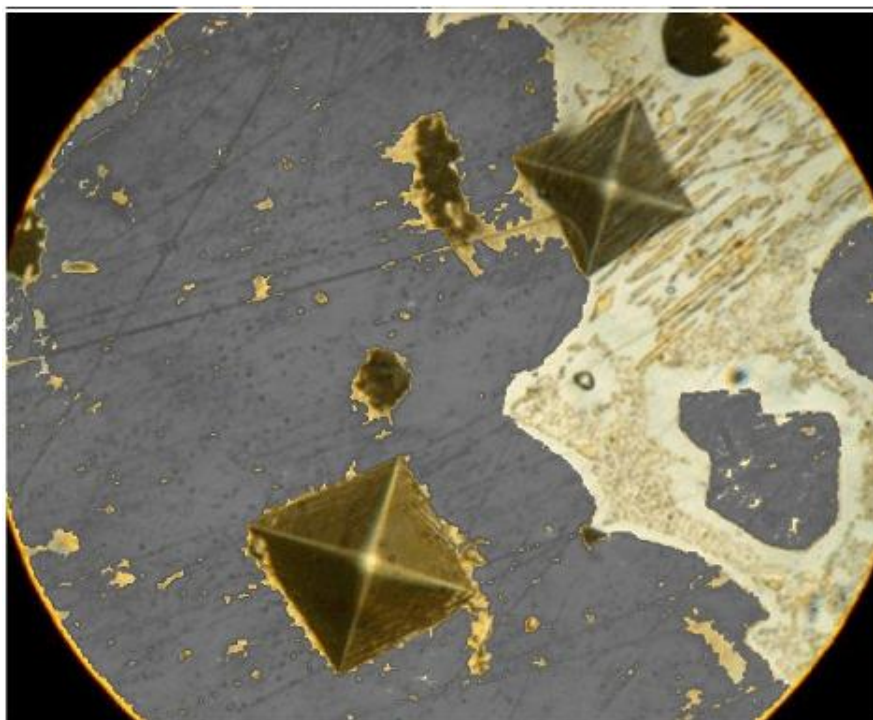


Рис. 6. Определение микротвердости

При измерении микротвердости нагрузка составляет 5–500 гс (0,049–4,905 Н), измерение диагонали отпечатка производят на микрошлифах металлографическим микроскопом. Запись значения микротвердости при использовании идентора в виде четырехгранной пирами-

ды с квадратным основанием при нагрузке 50 гс (0,49 Н) и диагонали отпечатка 10 мкм производится в виде $H_{50} = 927$ ($H_{0,49} = 9094$) в кгс/мм² и (Н/мм²), соответственно.

Твердость H определяют по той же формуле, что и твердость по Виккерсу

$$H = 0,189 \frac{P}{d^2},$$

если нагрузка P выражена в (Н).

4. Задание

Прежде чем приступить к измерению твердости образца, необходимо выбрать методику определения твердости (Бринелль, Роквелл). Для этого необходимо знать, в каком состоянии находится данный образец или деталь (в отожженном или закаленном). Если нет данных, то для ориентировки можно попробовать определить твердость обычным напильником. Если напильник скользит по поверхности или лишь незначительно царапает металлическую поверхность, то образец имеет высокую твердость, и тогда следует применять метод определения твердости по Роквеллу. Если же образец хорошо режется напильником (легко снимается часть металла), то он имеет сравнительно низкую твердость, и тогда следует применять метод определения твердости по Бринеллю.

После выбора метода испытания необходимо подготовить образец для испытания. При использовании метода Бринелля образец подготавливают так, чтобы его поверхности (испытуемая и опорная) были параллельны и не имели окалины, ржавчины и других неровностей, влияющих на результат испытания. Это достигается (при необходимости) обработкой резанием, зачисткой или обработкой указанных поверхностей наждачной бумагой, наждачным кругом или напильником без разогрева. Минимальная толщина образца должна быть не менее 10-ти кратной глубины отпечатка.

При определении твердости по Роквеллу поверхности образцов (испытуемая и опорная) зачищаются на мелкой наждачной шкурке или на мелкозернистом шлифовальном круге. Зачистка не должна сопровождаться нагревом образца выше 150 °С. Опорная поверхность образца должна обеспечивать плотное и устойчивое прилегание его к опорному столику.

При определении твердости по методу Виккерса и микротвердости испытуемая поверхность образцов обязательно шлифуется и полируется

(иногда для определения микротвердости отдельных зерен шлиф подвергается травлению). Опорную поверхность достаточно зачистить на наждачной бумаге. При любом методе испытания образец не должен сдвигаться, качаться или деформироваться, на нем не должно быть грубых царапин, забоин, следов предыдущих испытаний.

Все результаты испытания твердости по Бринеллю вносятся в общую табл. 1.

Таблица 1

Материал	Нагрузка, кгс	Диаметр шарика D , мм	Диаметр отпечатка d , мм	Твердость, HB	Предел прочности σ_B , МПа
1	2	3	4	5	6

Студенты должны проанализировать данные, приведенные в табл. 1. При этом обратить внимание на то, как отличается твердость черных металлов и сплавов (сталь и чугун) от цветных (медь, латунь, бронза, дуралюмин и т. д.). Кроме того, необходимо обратить внимание на отличие в твердости чистых металлов и их сплавов. Анализ результатов испытания должен приводиться в выводах по данной работе.

Все студенты должны познакомиться с методом определения твердости по Роквеллу и провести испытания твердости данных образцов. Пользуясь переводной таблицей (Приложение Б), сопоставить значение твердости по Бринеллю закаленных образцов и образцов, не подвергнутых закалке. Данные внести в табл. 2.

Таблица 2

Материал	Нагрузка, кгс	Твердость, HRC	Значение твердости HB по переводной таблице
1	2	3	4

5. Порядок выполнения работы

Работа рассчитана на 2 часа и выполняется подгруппой студентов из 6–8 человек под руководством преподавателя. Последовательность выполнения работы:

1. Ознакомится с методикой измерения твердости.
2. Получить у преподавателя контрольные образцы для измерения, провести измерение твердости образцов.
3. Подробно описать измерение твердости.

4. Установить зависимость твердости и предела прочности стали от процентного содержания углерода.

6. Оформление лабораторной работы

Оформление лабораторной работы должно соответствовать методическим указаниям. Работа оформляется в рабочей тетради в виде отчета, который должен содержать:

- 1) титульный лист;
- 2) тему работы;
- 3) цель работы;
- 4) оборудование и материалы;
- 5) физическая сущность измерения методами Бринелля, Роквелла, Виккерса и микротвердости;
- 6) схемы испытания на твердость методами Бринелля, Виккерса и Роквелла;
- 7) заполненные таблицы с результатами измерения твердости по методам Бринелля и Роквелла
- 8) выводы.

Работу студент защищает руководителю по контрольным вопросам. После выполнения и защиты всех работ рабочая тетрадь в обязательном порядке сдается преподавателю.

7. Контрольные вопросы

1. Что такое твердость?
2. Какие способы измерения твердости существуют?
3. Чем объясняется широкое применение способа измерения твердости?
4. Как определить твердость по методу Бринелля?
5. Как определить твердость по методу Роквелла?
6. Как определяется индектор (наконечник) для испытания при использовании метода Роквелла?
7. Как определить твердость по методу Виккерса?
8. Как определить микротвердость?
9. Что является вдавливаемым элементом при измерении твердости по Роквеллу, Бринеллю, Виккерсу?
10. Какая зависимости твердости от количества углерода в стали?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Апасов А.М. Материаловедение / Апасов А.М, Галевский Г.В., Данилов В.И. – Томск: Издательство ТПУ, 2005. – 622 с.
1. Апасов А.М. Методы исследования, испытания, анализа и контроля в металлургии и материаловедении / Апасов А.М, Галевский Г.В. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 488 с.
2. Фетисов Г.П. Материаловедение и технология металлов / Фетисов Г.П., Карпман М.Г., Матюшин В.М. и др. / под ред. Фетисова Г.П. – М.: Высшая школа, 2001. – 638 с.

Приложение А

Таблица определения твердости по Бринеллю

Диаметр отпечатка d_{10} или $2d_5$, или $4d_{2,5}$	Число твердости по Бринеллю при нагрузке P (кгс), равной			Диаметр отпечатка d_{10} или $2d_5$, или $4d_{2,5}$	Число твердости по Бринеллю при нагрузке P (кгс), равной		
	$30 D^2$	$10 D^2$	$2,5 D^2$		$30 D^2$	$10 D^2$	$2,5 D^2$
2,00	955			4,00	229	76,3	19,1
2,05	910			4,05	223	74,3	18,6
2,10	868			4,10	217	72,4	18,1
2,15				4,20	207	68,8	17,2
2,20	764			4,25	201	67,1	16,8
2,25	735			4,30	197	65,5	16,4
2,30	707			4,35	192	63,8	16,0
2,35	682			4,40	187	62,4	15,6
2,40	659			4,45	183	60,9	15,2
2,45	616			4,50	179	59,5	14,9
2,50	597			4,55	174	58,1	14,5
2,55	579			4,60	170	56,8	14,2
2,60	562			4,65	167	55,5	13,9
2,65	531			4,70	163	54,3	13,6
2,70	516			4,75	159	53,0	13,3
2,75	489			4,80	156	51,9	13,0
2,80	477			4,85	152	50,7	12,7
2,85	455			4,90	149	49,6	12,4
2,90	444			4,95	146	48,6	12,2
2,95	429			5,00	143	47,5	11,9
3,00	415		34,6	5,05	140	46,5	11,6
3,05	401		33,4	5,10	137	45,5	11,4
3,10	388	129	32,3	5,15	134	44,6	11,2
3,15	375	125	31,3	5,20	131	43,7	10,9
3,20	363	121	30,3	5,25	128	42,8	10,7
3,25	352	117	29,3	5,30	126	41,9	10,5
3,30	341	114	28,4	5,35	123	41,0	10,3
3,35	331	110	27,6	5,40	121	40,2	10,1
3,40	321	107	26,7	5,45	118	39,4	9,86
3,45	311	104	25,9	5,50	116	38,6	9,66
3,50	302	101	25,2	5,55	114	37,9	9,46
3,55	293	97,7	24,5	5,60	111	37,1	9,27
3,60	285	95,0	23,7	5,65	109	36,4	9,10
3,65	277	92,3	23,1	5,70	107	35,7	8,93
3,70	269	89,7	22,4	5,75	105	35,0	8,76
3,75	262	87,2	21,8	5,80	103	34,3	8,59
3,80	255	84,9	21,2	5,85	101	33,7	8,43
3,85	248	82,6	20,7	5,90	99,2	33,1	8,26
3,90	241	80,4	20,1	5,95	97,3	32,4	8,11
3,95	235	78,3	19,6	6,00	95,5	31,8	7,96

Таблица сопоставления значений твердости

<i>HV</i>	<i>HB</i>	<i>HRC</i>	<i>HRA</i>	<i>HV</i>	<i>HB</i>	<i>HRC</i>	<i>HRA</i>
240	228	20,3	60,7	510	475	49,8	75,7
245	233	21,3	61,2	520	483	50,5	76,1
250	237	22,2	61,6	530	492	51,1	76,4
255	242	23,1	62,0	540	500	51,7	76,7
260	247	24,0	62,4	550	509	52,3	77,0
265	252	24,8	62,7	560	517	53,0	77,4
270	256	25,6	63,1	570	526	53,6	77,8
275	261	26,4	63,5	580	535	54,1	78,0
280	266	27,1	63,8	590	543	54,7	78,4
285	271	27,8	64,2	600	552	55,2	78,6
290	275	28,5	64,5	610	560	55,7	78,9
295	280	29,2	64,8	620	569	56,3	79,2
300	285	29,8	65,2	630	577	56,8	79,5
310	294	31,0	65,8	640	586	57,3	79,8
320	304	32,2	66,4	650		57,8	80,0
330	313	33,3	67,0	660		58,3	80,3
340	323	34,4	67,6	670		58,8	80,6
350	332	35,5	68,1	680		59,2	80,8
360	342	36,6	68,7	690		59,7	81,1
370	351	37,7	69,2	700		60,1	81,3
380	361	38,8	69,8	720		61,0	81,8
390	370	39,8	70,3	740		61,8	82,2
400	380	40,8	70,8	760		62,5	82,6
410	390	41,8	71,4	780		63,3	83,0
420	399	42,7	71,8	800		64,0	83,4
430	408	43,6	72,3	820		64,7	83,8
440	418	44,5	72,8	840		65,3	84,1
450	423	45,3	73,3	860		65,9	84,4
460	432	46,1	73,6	880		66,4	84,7
470	442	46,9	74,1	900		67,0	85,0
480	450	47,7	74,5	920		67,5	85,3
490	456	48,4	74,9	940		68,0	85,6

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Металлургия черных металлов»

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Лабораторная работа № __

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТВЕРДОСТИ

Исполнитель:
студент гр. _____

(подпись) И.О.Фамилия
(дата)

Руководитель:
(должность, ученая степень)

(подпись) И.О.Фамилия
(дата)

Юрга 20__

Учебное издание

ФЕДОСЕЕВ Сергей Николаевич
САПРЫКИН Александр Александрович

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТВЕРДОСТИ

Методические указания к выполнению лабораторной работы
по дисциплине «Материаловедение» для студентов III, IV курсов обучающихся
по специальностям 150101 «Металлургия черных металлов»,
150202 «Оборудование и технология сварочного производства»,
150402 «Горные машины и оборудование», 151001 «Технология машиностроения» очной
и заочной формы обучения

Печатается в редакции авторов-составителей

**Отпечатано в издательстве ЮТИ ТПУ в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати 26.10.12
Формат 60x84/16. Бумага офсетная
Плоская печать. Усл. печ. л. 1,05. Уч.-изд.л. 0,93
Тираж 60 экз. Заказ 1560. Цена свободная.
ИПЛ ЮТИ ТПУ. Ризограф ЮТИ ТПУ.
652050. Юрга, ул. Московская, 17.