

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 ВИККЕРСУ

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

X 17      **Халелов, К.Г.**  
**Испытание на твердость по Виккерсу: методические указания к лабораторной работе / К.Г. Халелов. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2008. – 14 с.**

Основное содержание – изучение устройства прибора Виккерса, ознакомление с методикой определения твердости металлов по Виккерсу.

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.....	5
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 Виккерсу.....	5
1.3 Прибор для испытания на твердость по Виккерсу.....	7
1.3.1 Принцип действия.....	7
1.4 Выбор нагрузки.....	9
1.5 Подготовка образца для испытания.....	9
1.6 Контроль прибора.....	10
2 Порядок выполнения лабораторной работы.....	10
3 Правила техники безопасности при работе на оборудовании Виккерса.....	12
4 Контрольные вопросы.....	12
5 Отчет по лабораторной работе .....	12
5 Протокол испытания на твердость по Виккерсу.....	13
Список использованных источников.....	14

## 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 Виккерсу образцов стали различной толщины в отожжённом и закалённом состоянии, образцов цементованных, цианированных, азотированных и др..

Определить твердость.

Изучить:

- а) схему испытания (с зарисовкой) (и величину) твердости по Виккерсу;
- б) устройство прибора типа Виккерса;
- в) выбор нагрузки;
- г) подготовку образца для испытания;
- д) подготовку образца для испытания;
- е) контроль прибора
- ж) подготовка прибора и проведение испытания;
- з) методику измерения отпечатка (с зарисовкой схемы);
- и) определение твердости по таблице.

Результаты испытания оформить в виде протокола

Составить отчёт по проделанной работе в соответствии с пунктами 3а, 3в, 3е, 3ж, 3з и 4 задания.

### **1.1.2 Цель работы**

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

### **1.1.3 Приборы, материалы и инструмент**

Для проведения работы необходимо иметь:

- прибор типа Виккерса;
- образцы стали различной толщины в отожженном и закаленном состоянии;
- цементованные, цианированные, азотированные образцы;
- наждачное точило;
- шлифовальную шкурку.

## **1.2 Схема испытания и величина твердости по Виккерсу**

Испытание на твердость по Виккерсу проводят вдавливанием в испытываемый образец а именно в поверхность шлифованного материала алмазный индентор в форме правильной четырехугольной алмазной пирамиды

с углом при вершине  $136^\circ$  (см. рисунок 1). Пирамида вдавливается в испытуемый материал перпендикулярно к его поверхности.

Твердость по Виккерсу определяют так же как и по Бринеллю, отношением нагрузки  $P$ , Н, действующей на алмазную пирамиду, к  $F$ ,  $\text{мм}^2$  - площади боковой поверхности полученного отпечатка. Величина твердости характеризуется символом HV:

$$HV = \frac{P}{F} = \frac{2P \sin \alpha / 2}{d^2} = 1,854 \times \frac{P}{d^2}, \text{ (МПа)}$$

где  $\alpha$  – угол между противоположными гранями пирамиды при вершине, равный  $136^\circ$ ;

$d$  – среднее арифметическое длин обеих диагоналей отпечатка после снятия нагрузки в мм.

$P$  – нагрузка, Н.

На практике число твердости определяют по специальным таблицам по значению диагонали отпечатка при выбранной нагрузке.

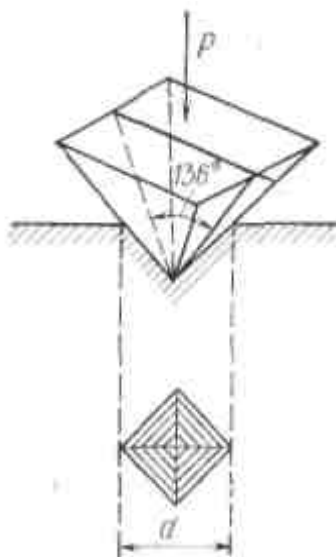


Рисунок 1 – Схема испытания на твердость по Виккерсу

Испытания производятся при нагрузках от 49 до 981 Н (от 5 до 100 кгс). Она выбирается в зависимости от толщины испытуемого материала: чем материал тоньше, тем нагрузка берется меньше. Возможность применения нагрузок 50, 100 Н позволяет определить твердость деталей малой толщины и тонких поверхностных слоев (например, цементованных, цианированных, азотированных и др.).

По Виккерсу можно испытывать как мягкие, так и высокотвердые металлы, можно измерять твердость образцов толщиной до 0,3 - 0,5 мм. Метод Виккерса особенно удобен при определении твердости поверхностно-

упрочненных деталей, имеющих сложную конфигурацию, например, цементованных, цианированных, азотированных зубьев шестерен.

Числа твердости по Виккерсу и по Бринеллю имеют одинаковую размерность (МПа) и для материалов твердостью до НВ 450 практически совпадают. Вместе с тем измерения пирамидой дают более точные значения для материалов с высокой твердостью, чем измерения шариком или конусом. Алмазная пирамида имеет большой угол в вершине и диагональ ее отпечатка примерно в 7 раз больше глубины отпечатка, что повышает точность измерения отпечатка даже при проникновении пирамиды на небольшую глубину.

### **1.3 Прибор для испытания на твердость по Виккерсу**

Испытание на твердость производят на приборах типа Виккерса. Наиболее распространенным прибор является ТП – 2. Так же этот прибор позволяет производить испытания твердости по Бринеллю.

#### **1.3.1 Принцип действия**

Основной частью прибора (см. рисунок 3) является поворотная головка 2, в которой смонтирована оправка с алмазной пирамидой 7, закрытой чехлом 8; специальный измерительный микроскоп 10 для измерения длины диагонали отпечатка и рабочий шпиндель 9.

При повороте рукояткой 1 головки 2 в крайнее левое положение прибор приводится в рабочее состояние, при котором ось рабочего шпинделя 9 совмещается с осью промежуточного шпинделя 14. При повороте рукояткой 1 головки 2 в крайнее правое положение прибор приводится в положение, при котором оптическая ось микроскопа 10 совмещается с центром отпечатка. При установке прибора в рабочее положение пружина 13 соединяет промежуточный шпиндель 14 с призмой 12 грузового рычага 15. На подвеске 16 грузового рычага 15 устанавливаются сменные грузы 17.

Столик 3 служит для установки на нем испытываемого образца 6. При вращении по часовой стрелке маховика 4 приводится во вращение винт 5, который, перемещаясь вверх, поднимает столик 3, и образец 6 прижимается к чехлу 8. В правой части прибора имеется грузовой привод с масляным амортизатором 22, при помощи которого приложение нагрузки, выдержка под нагрузкой и снятие нагрузки осуществляются механически за счет энергии опускающегося груза 19. В связи с этим до прижима образца 6 к чехлу 5 грузовой привод должен быть взведен, что осуществляется нажимом рукоятки 30. При этом подъемный шток 18 удерживается во взведенном положении рычагом 27, жестко связанным с рукояткой 30 взвода, а рычаг 28 запирает всю систему привода во взведенном положении.

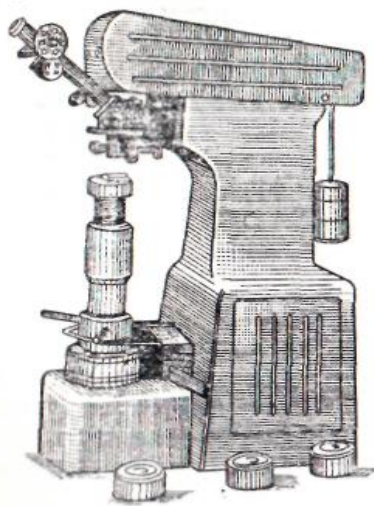
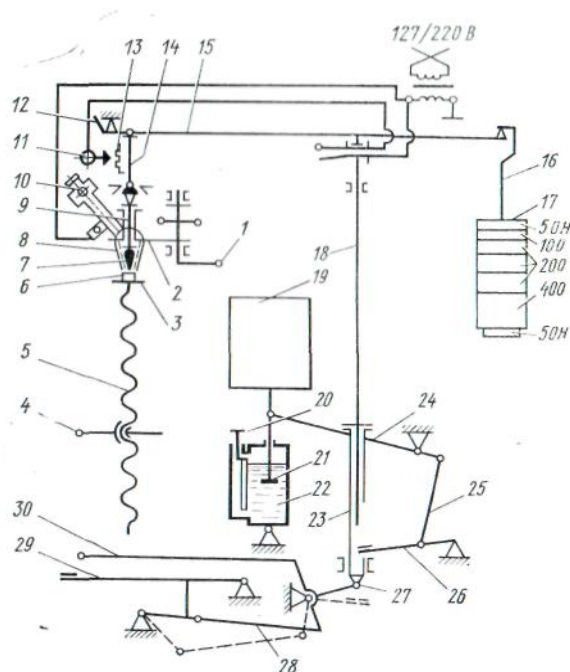


Рисунок 2 – Общий вид прибора для испытания на твердость по Виккерсу



1 – рукоятка; 2 – поворотная головка; 3 - столик; 4 - маховик; 5 - чехол; 6 – образец; 7 – оправка с алмазной пирамидой; 8 – закрытый чехол; 9 – рабочий шпиндель; 10 – оптическая ось микроскопа; 11 – сигнальная лампа; 12 – призма; 13 – пружина; 14 – промежуточный шпиндель; 15 – грузовой рычаг; 16 – подвеска; 17 – сменные грузы; 18 – шток; 19 – груз; 20 – регулятор; 21 – поршень; 22 – масляной амортизатор; 23 – втулка; 24, 26, 27, 28 – рычаг; 25 – тяга; 29 – педаль пускового механизма; 30 – рукоятка взвода.

Рисунок 3 – Кинематическая схема прибора Виккерса

Привод включают нажимом на педаль 29 пускового механизма. При этом приводится в движение рычаг 28 и под действием груза 19 опускается втулка 23,



опирающийся на нее подъемный шток 18 и поршень 21 масляного амортизатора 22. Одновременно опускается грузовой рычаг 15, который опирается на шток 18, при этом алмазная пирамида 7 вдавливается в поверхность образца 6. При опускании втулки 23, шарнирно связанной с рычагом 24, соединенным с тягой 25, происходит подъем рычага 26 навстречу штоку 18. Когда шток 18 опустится приблизительно на 16 мм, его нижний конец встречается с рычагом 26. При дальнейшем опускании втулки 23 продолжается подъем рычага 26, при этом поднимается шток 18 и грузовой рычаг 15. К концу хода поршня 21 масляного амортизатора 22 шток 18 придет в начальное положение и снимает нагрузку.

Продолжительность выдержки образца под нагрузкой регистрируется сигнальной лампочкой 11. В момент приложения нагрузки сигнальная лампочка загорается, и гаснет, когда нагрузка снята. Продолжительность выдержки образца под нагрузкой может быть от 10 до 60 с, что достигается изменением скорости опускания штока амортизатора регулятором 20.

#### **1.4 Выбор нагрузки**

Нагрузку выбирают в зависимости от толщины испытываемого слоя металла, которая должна быть по крайней мере в 1,5 раза больше диагонали отпечатка.

На обратной стороне образца после его испытания не должно обнаруживаться место, где прилагалась нагрузка. Отношение глубины отпечатка к величине его диагонали равно приблизительно 1:7.

При испытании цементованных или других тонких слоев металла нагрузка должна быть тем меньше, чем тоньше слой. Если толщина испытываемого слоя неизвестна, рекомендуется произвести несколько испытаний при различных нагрузках (например, при 100, 200 и 500 Н). Если основная масса (сердцевина) образца не влияет на результаты измерений, то числа твердости совпадут или будут близки друг к другу. Если числа твердости при возрастании нагрузки будут уменьшаться, необходимо применять меньшие нагрузки — до тех пор, пока все смежные нагрузки не дадут совпадающих или близких друг к другу результатов. Толщину или обработку образца записать в графу 2, а нагрузку — в графу 3 протокола испытания.

#### **1.5 Подготовка образцов для испытания**

Поверхность образца должна быть плоской, гладкой и чистой; с поверхности должна быть удалена окалина, обезуглероженный слой и т. п. При подготовке поверхности образец подвергают обработке на наждачном круге и шлифовальной шкурке.

## 1.6 Контроль прибора

Перед испытанием на твердость по Виккерсу необходимо проконтролировать точность показаний прибора при помощи контрольных брусков, твердость которых заранее известна. При проверке показания прибора должны находиться в пределах чисел твердости, обозначенных на контрольных брусках. Если твердость по прибору не соответствует твердости контрольных брусков, то к показаниям прибора при испытании деталей вводится соответствующая поправка.

Порядок проведения контроля аналогичен порядку проведения испытания (см. далее).

## 2 Порядок выполнения лабораторной работы

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

- 1 На подвеску *16* (см. рисунок 3) установить груз *17* нужной величины.
- 2 В нижней части микроскопа *10* установить объектив с увеличением  $10^{\times}$  или втулку с объективом с увеличением  $3,7^{\times}$ .
- 3 На столик *3* установить испытываемый образец *6*.
- 4 Рукояткой *1* повернуть головку *2* в крайнее левое положение.
- 5 Рукояткой *30* взвести механизм грузового привода.
- 6 Вращением маховика *4* поднять столик *3* и прижать образец *6* к чехлу *8*.
- 7 Нажать спусковую педаль *29* пускового механизма.
- 8 Сделать выдержку до момента потухания сигнальной лампочки *11*.
- 9 Вращением маховика *4* опустить столик *3* с образцом *6*.
- 10 Рукояткой *1* повернуть головку *2* в крайнее правое положение.
- 11 Вращением маховика *4* поднять столик *3* с образцом *6* настолько, чтобы при наблюдении в окуляре микроскопа *10* был ясно виден полученный отпечаток.
- 12 Измерить диагональ отпечатка. Для измерения диагонали отпечатка в окуляре микроскопа имеются три штриха (см. рисунок 4 а) — два основных и один дополнительный. Основные штрихи должны быть раздвинуты на расстояние больше диагонали отпечатка (см. рисунок 4 б). Вращением большого левого винта *1* (см. рисунок 5) подвести левый штрих к левому углу отпечатка (см. рисунок 4 в). Затем вращением правого микрометрического винта *2* (см. рисунок 5) подвести средний штрих к правому углу отпечатка (см. рисунок 4 г). Прочитать результат, полученный на шкале и на микрометрическом винте, который и будет соответствовать величине диагонали отпечатка. При применении объектива с увеличением  $10^{\times}$  одно деление шкалы соответствует 100 мкм, а одно деление на лимбе микрометрического винта — 1 мкм.

При применении объектива с увеличением  $3,7^x$  (который устанавливается со специальной втулкой) одно деление шкалы соответствует 250 мкм, а одно деление на лимбе микрометрического винта – 2,5 мкм.

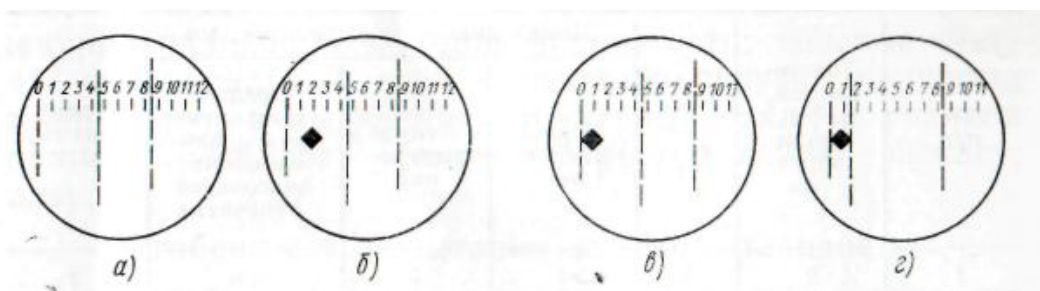


Рисунок 4 – Схема измерения диагонали отпечатка

одно деление шкалы соответствует 250 мкм, а одно деление на лимбе микрометрического винта — 2,5 мкм. Полученную величину диагонали отпечатка записать в графу 4 протокола испытания. При измерении объективом с увеличением  $3,7^x$  полученный результат надо предварительно умножить на 2,5 и после этого записать в графу 4 протокола испытания.

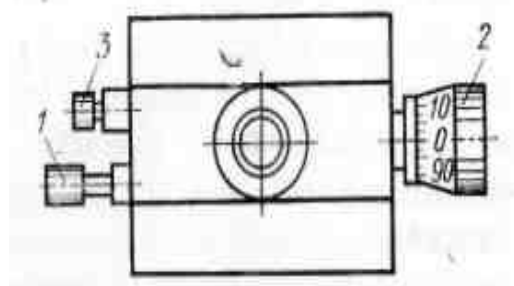


Рисунок 5 – Микрометрический окуляр микроскопа

13 После первого измерения диагонали отпечатка образец повернуть на  $90^\circ$  и вторично измерить вторую диагональ. Полученную величину диагонали отпечатка записать в графу 5 протокола испытания.

14 Вычислить среднее арифметическое длины обеих диагоналей отпечатка и полученную величину записать в графу 6 протокола испытания.

15 Определить число твердости HV, пользуясь для этого специальными таблицами. Полученный результат записать в графу 7 протокола испытания.

16 Определить твердость данного образца второй раз и полученный результат записать в протокол испытания.

Расстояние между центром первого отпечатка и краем второго, смежного с ним (а также и краем образца), должно быть не менее 2,5 диагоналей отпечатка.

Имеющийся на окуляре микроскопа дополнительный правый штрих (см. рисунок 4 г) применяют при серийных испытаниях.

### **3 Правила техники безопасности при работе на оборудовании Виккерса**

- 3.1 Проверить исправность оборудования.
- 3.2 Ознакомится с технической документации 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 каком принципе основан метод Виккерса?
- 3 Как измеряется длина диагоналей отпечатка?
- 4 Как обозначается твердость металла по Виккерсу и чем она характеризуется?
- 5 Как устроен и работает прибор Виккерса?
- 6 Твердость каких металлов испытывают по методу Виккерса?
- 7 В каких случаях наиболее применим метод Виккерса?
- 8 Особенность этого метода и его преимущество по сравнению с методом Бринелля?

### **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 Виккерсу;
- 3) Схема испытания на твердость методом Виккерсу;
- 4) Заполнение таблицы с результатами измерений твердости методом Роквелла; расчет предела прочности материалов.

### 5.1 Протокол испытания на твердость по Виккерсу

№ образца	Толщина, мм, обработка образца	Нагрузка, Н	Длина диагонали отпечатка, мм			Твердость, <i>HV</i>
			Первое измерение	Второе измерение	Среднее арифметическо е длины обеих диагоналей отпечатка	
1	2	3	4	5	6	7

**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.