

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич

Должность: ректор

Дата подписания: 25.09.2022 16:30:58

Уникальный программный ключ:

9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be730df2374d16f3c0ce536f0fc6

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра машиностроительных технологий и оборудования



### ИЗМЕРЕНИЕ ТВЕРДОСТИ ПО МЕТОДУ ВИККЕРСА

Методические указания к проведению лабораторных и практических занятий для студентов по направлению подготовки

23.03.01-Технология транспортных процессов по профилю «Организация перевозок на автомобильном транспорте»

23.03.03-Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов по профилям «Автомобили и автомобильное хозяйство», «Автомобильный сервис»

Курск 2018

УДК 519.6

Составители: М.С. Разумов, А.А. Горохов.

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *А.О. Гладышкин*

**Измерение твердости по методу Виккерса** : методические указания к проведению лабораторных занятий / Юго-Зап. Гос. ун-т; сост.: М.С. Разумов; А.А. Горохов Курск, 2018. 9 с.: ил. 3.

Содержат сведения по вопросам измерения твердости по методу Виккерса. Указывается порядок выполнения практического и лабораторных занятий, подходы к решению и правила оформления.

Методические рекомендации соответствуют требованиям программы, утвержденной учебно-методическим объединением по специальности автоматизированного машиностроительного производства (УМОАМ).

Предназначено для студентов направлений по направлению подготовки 23.03.01-Технология транспортных процессов по профилю «Организация перевозок на автомобильном транспорте», 23.03.03-Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов по профилям «Автомобили и автомобильное хозяйство», «Автомобильный сервис».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 14.02.18. . Формат 60x84 1/16.

Усл.печ.л. 0,5. Уч.-изд.л. 0,4. Тираж 40 экз. Заказ. 1210 Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

**Цель работы:** ознакомиться с методиками определения твёрдости материалов. Измерить микротвёрдость образцов, предложенных преподавателем.

По этому способу в металл вдавливаются четырехгранная алмазная пирамида с углом в вершине  $136^\circ$  и твердость характеризует площадь получаемого отпечатка. При вдавливании пирамиды соотношение между диагоналями получающегося отпечатка при изменении нагрузки остается постоянным, что позволяет в широких пределах в зависимости от целей исследования увеличивать или уменьшать нагрузку.

Испытания проводят на приборе (рис. 1), имеющем неподвижную станину, в нижней части которой установлен столик 1, перемещающийся по вертикали вращением маховика 2. Образец устанавливают на столике испытуемой поверхностью (перпендикулярной действующей силе) кверху и затем поднимают столик почти до соприкосновения образца с алмазной пирамидой, закрепленной в шпинделе 3. Нажатием педали пускового рычага 4 приводят в действие нагружающий механизм, который через рычаг передает давление грузов 5, предварительно поднятых на алмазную пирамиду. После

этого опускают столик прибора и подводят микроскоп, установленный на штанге, прикрепленной к станине. С помощью микроскопа определяют длину диагонали полученного отпечатка.

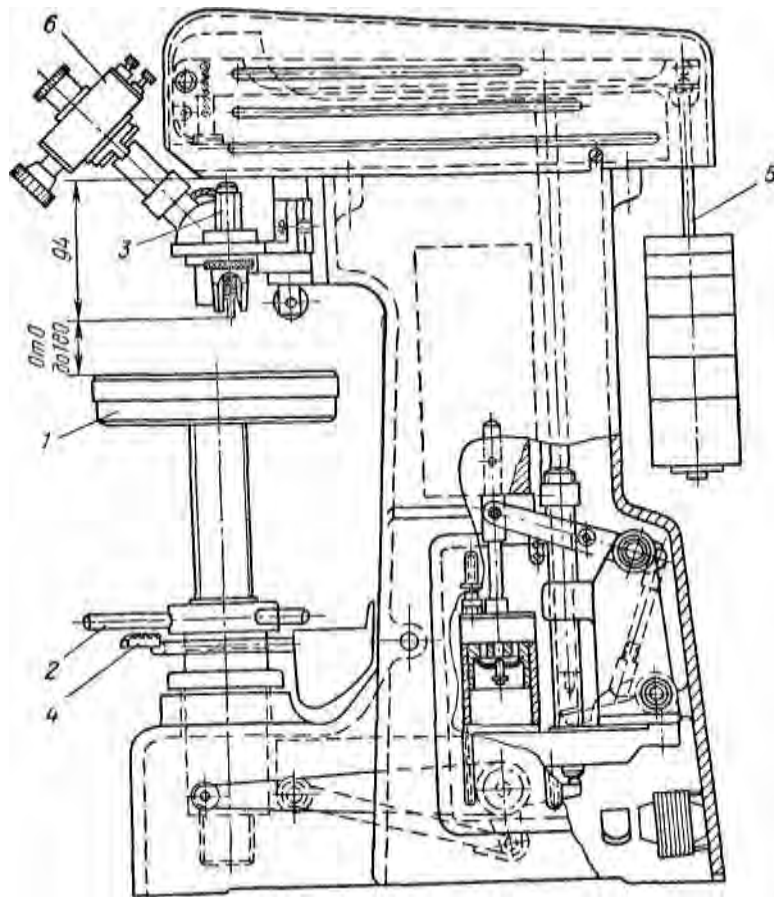


Рис. 1. Схема прибора для измерения твердости вдавливанием алмазной пирамиды (измерение по Виккерсу): 1- столик для установки образца; 2- маховик; 3 — шток с алмазной пирамидой; 4 - педаль пускового рычага; 5 - подвеска с призмой; 6 – микроскоп.

В качестве индентора используется алмазная четырехгранная пирамида с углом при вершине  $136^\circ$ .

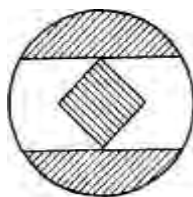


Рис. 2. Схема измерения отпечатка, полученного вдавливанием алмазной пирамиды (измерение по Виккерсу)

Поверхность образцов для определения твердости пирамидой должна быть тщательно отшлифована бумагой с мелким зерном или даже отполирована. Толщина испытуемого образца должна быть не меньше чем 1,5 диагонали отпечатка.

Твердость по Виккерсу HV, так же как и по Бринеллю, определяется как усилие, приходящееся на единицу поверхности отпечатка:

$$HV = \frac{2P \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2} = 1,854 \cdot \frac{P}{d^2} \quad (\text{кгс/мм}^2)$$

где  $P$  — нагрузка на пирамиду, кгс;  $\alpha$  — угол между противоположными гранями пирамиды ( $136^\circ$ );  $d$  — среднее арифметическое длин обеих диагоналей отпечатка после снятия нагрузки, мм.

Числа твердости по Виккерсу и по Бринеллю имеют одинаковую размерность и для материалов твердостью до НВ 450 практически совпадают. Вместе с тем измерения пирамидой дают более точные значения для металлов с высокой твердостью, чем измерения шариком или конусом. Алмазная пирамида имеет большой угол в вершине ( $136^\circ$ ) и диагональ её отпечатка примерно в семь раз больше глубины отпечатка, что повышает точность измерения отпечатка даже при проникновении пирамиды на небольшую глубину и делает этот способ особенно пригодным для определения твердости тонких или твердых сплавов.

При испытании твердых и хрупких слоев (азотированного, цианированного) около углов отпечатка иногда образуются трещины (отколы), по виду которых можно судить о хрупкости измеряемого слоя.

## 5. Метод измерения микротвёрдости

Для изучения свойств и превращений в сплавах необходимо не только знать «усредненную» твердость, представляющую твердость в результате суммарного влияния присутствующих в сплаве фаз и структурных составляющих, но и определять твердость отдельных фаз и структур сплава. Микротвердость определяют вдавливанием алмазной пирамидки.

Прибор типа ПМТ-3 (рис. 3) имеет штатив 1 вертикального микроскопа с тубусом, перемещающимся вверх и вниз с помощью макрометрического и микрометрического винтов.

Прибор снабжен двумя объективами для просмотра микрошлифа при увеличениях в 478 и 135 раз. Окуляр увеличивает в 15 раз.

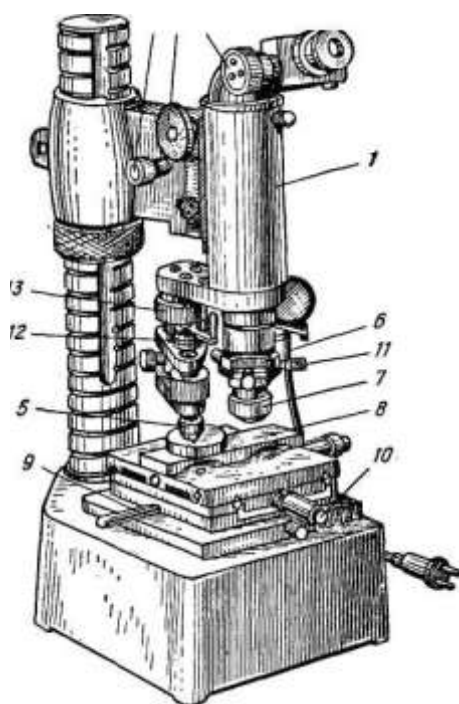


Рис. 3. Схема прибора ПМТ-3 для измерения микротвердости: 1 — микроскоп; 2 — макрометрический винт; 3 — микрометрический винт; 4 - окулярный микрометр; 5 — шток с алмазной пирамидой; 6 — опакиллюминатор; 7 — объектив; 8 — стол для установки микрошлифа; 9 — ручка стола; 10 — винт стола; 11 — регулировочные винты; 12 - грузы; 13 — ручка нагружения.

Окулярный микрометр имеет неподвижную сетку, остаточный микрометрический барабанчик и каретку с подвижной сеткой. На неподвижной сетке длиной 5 мм нанесены штрихи с цифрами и угольник с прямым углом, вершина которого совпадает с цифрой 0. На подвижной сетке нанесен угольник с прямым углом и две риски.

Алмазная пирамидка имеет угол между гранями при вершине  $136^\circ$ , т. е. такой же, как и в пирамиде для измерения по Виккерсу (что облегчает пересчет на числа Виккерса). Нагрузка для вдавливания пирамиды создается грузами 12, устанавливаемыми на шток 5. В приборе применяют грузы от 1 до 200 г в зависимости от особенностей изучаемой структуры и задач исследования. Установленный микрошлиф просматривают через окуляр.

С помощью двух винтов столик перемещается в двух перпендикулярных направлениях, что позволяет перемещать микрошлиф и выбрать на нем участок, в котором необходимо измерить твердость. Этот участок следует

разместить в середине поля зрения микроскопа — точно в вершине угла неподвижной сетки. Затем устанавливают грузы, поворачивают с помощью ручки столик 9 на 180° (от одного упора до другого) для подведения выбранного участка образца под алмазную пирамиду. После этого медленным (в течение 10—15 с) поворотом ручки 13 приблизительно на 180° опускают шток с алмазной пирамидой так, чтобы алмаз коснулся образца. В этом положении выдерживают образец под нагрузкой 5 - 10 с, после чего, поворачивая ручку 13 в исходное положение, поднимают шток с алмазом. Затем поворачивают столик 8 на 180° и возвращают образец в исходное положение под объектив микроскопа для измерения диагонали отпечатка. Если прибор правильно центрирован, то изображение отпечатка окажется в поле зрения микроскопа или будет близко к вершине угла неподвижной сетки. Точность совмещения места, намеченного для испытания, с местом фактического вдавливания пирамиды составляет в этом приборе 3 мкм. Затем вращением винтов 11 подводят отпечаток к угольнику неподвижной сетки таким образом, чтобы вершина угольника совпала с левым углом отпечатка, а пунктирные линии угольника совпали с гранями левой части отпечатка. После этого вращением микрометрического барабана окуляра подводят вершину угольника подвижной сетки к противоположному углу отпечатка; тогда пунктирные линии угольника подвижной сетки совместятся с гранями правой части отпечатка. При таком положении сеток деления микрометрического барабанчика указывают длину диагонали отпечатка. Поворачивая окуляр на 90°, определяют также длину второй диагонали и вычисляют среднюю длину диагонали. Полученную среднюю длину переводят по таблице на число твердости. Указанные измерения полученного отпечатка производят не менее двух-трех раз. Числа твердости в таблице вычислены по формуле:

$$HV = 1,854 \cdot P/d^2 \text{ кг} \cdot \text{с}/\text{мм}^2$$

и представляют числа твердости по Виккерсу.

Для получения более точного результата измеряют твердость изучаемого участка микрошлифа, например одного зерна, два-три раза. Для этого

необходимо, чтобы на площади одного и того же зерна разместились, по крайней мере, два отпечатка. Исходя из этого условия, экспериментально подбирают величину нагрузки для исследования. Необходимо, однако, учесть, что при очень малых нагрузках (меньше 20 кгс) могут получиться недостаточно точные результаты. Прибор позволяет фотографировать микроструктуру сплава с полученными отпечатками.



Рис. 4. Литая быстрорежущая сталь после закалки (видны отпечатки алмазной пирамиды)

Измерения микротвердости широко применяют для изучения структуры и свойств сплавов. На рис. 7 показана микроструктура литой быстрорежущей стали после закалки. Сталь состоит из крупных зерен неоднородного строения, причем каждое зерно имеет три концентрических слоя: сердцевина зерна имеет твердость HV 320—350 (HRC 35), промежуточный слой HV 700—725 (HRC 58) и наружный слой HV 940—1000 (HRC 65—67).

## 6. Порядок выполнения работы

Для выполнения работ необходимо ознакомиться с теоретическим материалом. Лабораторные работы по измерению твердости включают выполнение двух заданий.

**Первое задание** предусматривает приобретение навыков измерения твердости. Каждый студент должен измерить с помощью прибора ПМТ-3



микротвёрдость нескольких образцов: стали, чугуна, цветных металлов и плёнок (по указанию и под руководством лаборанта).