

Московский государственный технический университет  
имени Н. Э. Баумана  
Калужский филиал

**Л. А. Московских, Е. В. Акулиничев, Ю. Г. Головачева**

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОТВЕРДОСТИ**

*Методические указания*



Москва 2012

УДК 669.01  
ББК 30.3  
М82

**Рецензент:**

д-р техн. наук, профессор *В. К. Шаталов*

Утверждено методической комиссией КФ МГТУ им. Н. Э. Баумана  
(протокол № 4 от 15.05.07)

**Московских Л. А., Акулиничев Е. В., Головачева Ю. Г.**

М82      Определение микротвердости : методические указания к лабораторной работе № 2 по курсу «Материаловедение». — М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012. — 20 с.

В методических указаниях рассмотрена методика определения микротвердости.

Указания рекомендуются для всех студентов, изучающих курс «Материаловедение».

УДК 669.01  
ББК 30.3

© Московских Л. А.,  
Акулиничев Е. В.,  
Головачева Ю. Г., 2012  
© Издательство МГТУ  
им. Н. Э. Баумана, 2012

## **ВВЕДЕНИЕ**

**Тема лабораторной работы № 2:** определение микротвердости.

**Цель работы:** освоить методику определения микротвердости.

**Длительность работы:** 4 академических часа.

**Защита работы:** собеседование с преподавателем по контрольным вопросам, выполнение индивидуальных заданий.

# 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## 1.1. МИКРОТВЕРДОСТЬ: СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ПРИМЕНЕНИЕ

Метод микротвердости применяют для определения твердости отдельных зерен, фаз, структурных составляющих сплава; тонких слоев, полученных химико-термической обработкой; гальванических покрытий; мелких деталей, фольги и пр.

Метод основан на вдавливании индентора в испытываемую поверхность. Объем, деформируемый вдавливанием, должен быть меньше объема (площади) измеряемого зерна; поэтому прилагаемая нагрузка выбирается небольшой (0,005–0,5 кгс). Именно в этом заключается основное отличие метода микротвердости от других методов определения твердости, основанных на вдавливании индентора. Так, в методах Роквелла, Виккерса благодаря большим нагрузкам, действующим на индентор, идет деформирование больших объемов металла и определяется «усредненная» характеристика твердости — макротвердость.

Для определения микротвердости согласно ГОСТ 9450-76 применяют следующие типы алмазных инденторов: четырехгранной пирамидой с квадратным основанием  $H_V$ , трехгранной пирамидой с основанием в виде равностороннего треугольника  $H_{\Delta}$ , четырехгранной пирамидой с ромбическим основанием  $H_{\Delta}$ ; бицилиндрическим наконечником  $H_{\Delta}$ .

Наиболее широко используется четырехгранная пирамида с квадратным основанием и углом при вершине  $136^{\circ}$  (т. е. такая же, как и в методе Виккерса).

Микротвердость можно определить двумя методами: восстановленного и невозстановленного отпечатка. Первый метод является основным; твердость определяется делением приложенной нагрузки на условную площадь боковой поверхности, определенную на основе измерения двух диагоналей отпечатка. Второй метод используется реже; число микротвердости определяют делением приложенной нагрузки на условную площадь боковой поверх-

ности отпечатка, вычисленную на основе измерения глубины отпечатка.

При измерении микротвердости методом восстановленного отпечатка с использованием в качестве индентора четырехгранной алмазной пирамиды с углом  $\alpha$  при вершине  $136^\circ$  формула для расчета твердости имеет следующий вид:

$$HV = \frac{F}{S} = \frac{2F \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2} = 1,854 \frac{F}{d^2},$$

где  $d$  — диагональ отпечатка, мм;  $\alpha$  — пространственный угол в вершине;  $F$  — нормальная нагрузка, приложенная к алмазному индентору, кгс.

Число микротвердости записывают так:  $HV$  с указанием нагрузки в кгс и продолжительности её приложения. Для микротвердости  $HV$  продолжительность приложения нагрузки не указывается, если она в пределах 10–15 с. Например,  $HV$  0,01–180 — значит, что определение проводилось при нагрузке  $F = 0,01$  кгс и микротвердость составляет  $180$  кгс/мм<sup>2</sup>.

Для определения микротвердости используется прибор ПМТ-3.

## 1.2. УСТРОЙСТВО ПРИБОРА ПМТ-3

Основание 1 (рис. 1) прибора имеет стойку 2, по которой гайкой 3 при ослабленном винте 4 можно перемещать кронштейн 5 с тубусом 6 микроскопа. Кронштейн 5 имеет направляющие, по которым можно перемещать тубус 6. Грубое перемещение тубуса 6 осуществляется вращением винта 7 (макроподача), а малое перемещение — вращением винта 8 (микроподача). Тубус имеет наклонную трубку с окуляром 9 и объектив 10. К тубусу прикреплен механизм нагружения 11 с алмазным наконечником 12, представляющим собой четырехгранную алмазную пирамиду с углом при вершине  $136^\circ$ . На основании 1 расположен предметный столик 13, верхнюю часть которого при помощи винтов 14 и 15 можно перемещать в двух взаимно перпендикулярных направлениях (координатное перемещение) и рукояткой 16 поворачивать вокруг оси приблизительно на  $180^\circ$  от одного упора до другого (полукруговое переме-

щение). На столик 13 устанавливают образец 17. Центрирование прибора осуществляется винтами 22, 23.

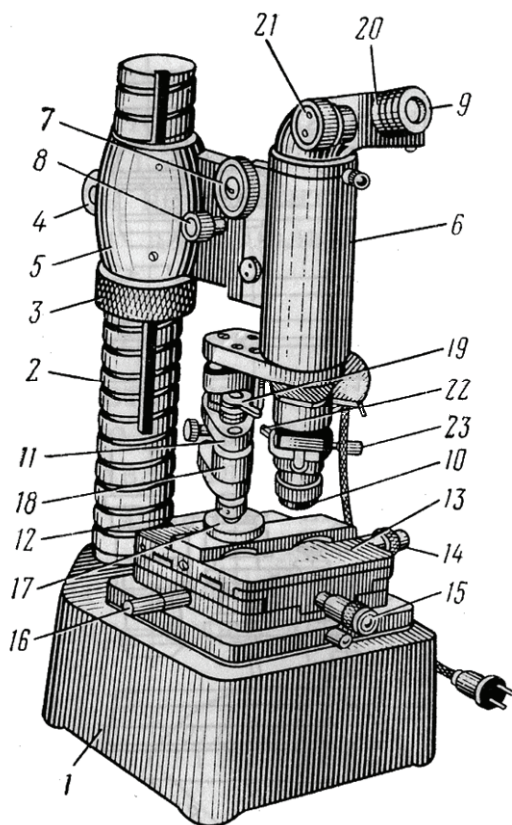


Рис. 1. Прибор ПМТ-3

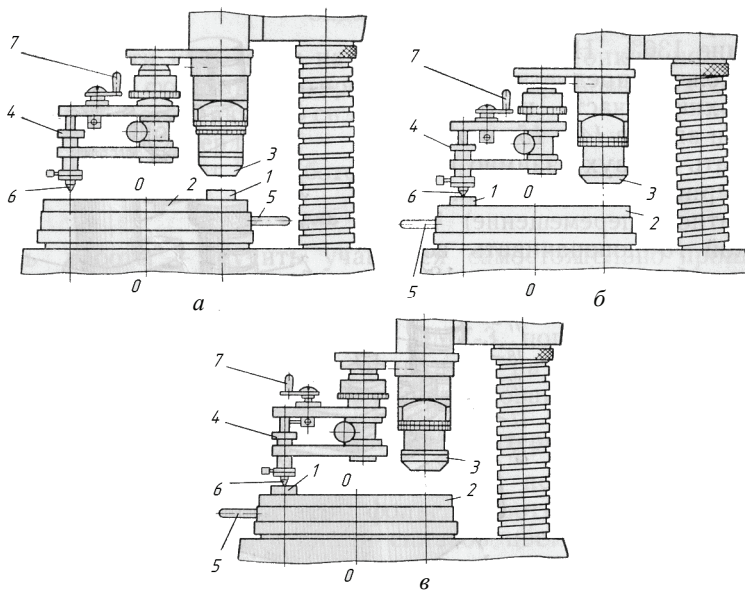
Для нагружения применяют специальные грузы в форме шайб с вырезом массой 5, 10, 20, 50, 100, 200 и 500 г. При испытании один из грузов (шайба 18) устанавливают вырезом на шток нагружающего механизма. Вдавливание алмазной пирамиды 12 в образец 17 под действием груза, находящегося на штоке, осуществляется при повороте рукоятки 19 приблизительно на пол-оборота. Диагональ полученного отпечатка измеряют окулярным микрометром 20.

### 1.3. ПОДГОТОВКА ОБРАЗЦОВ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ

При определении микротвердости отдельных фаз и структурных составляющих поверхность образца шлифуют, полируют и подвергают травлению, т. е. готовят микрошлиф. При исследовании образцов однофазных сплавов травление можно не производить.

### 1.4. ПОДГОТОВКА ПРИБОРА И ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЯ

Установить и закрепить (прижимными лапками или пластилином) образец или шлиф 1 (рис. 2) на предметном столике 2 под объективом 3; столик должен быть повернут в крайнее правое положение до упора.



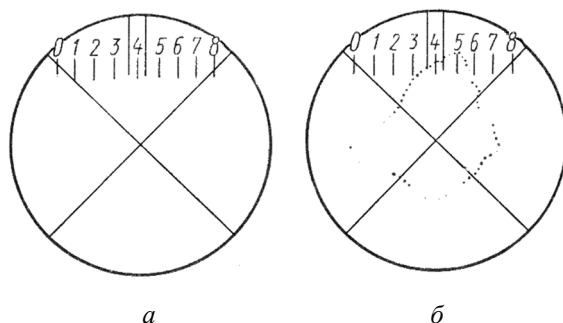
**Рис. 2.** Схема испытания на микротвердость на приборе ПМТ-3:  
*а* — испытываемый образец под объективом; выбор места для испытания;  
после получения отпечатка — измерение его диагонали;  
*б* — испытываемый образец под алмазной пирамидой; установка под острие алмаза; то же положение после получения отпечатка и подъема пирамиды;  
*в* — испытываемый образец под алмазной пирамидой; получение отпечатка

Навести фокус на поверхность образца/шлифа *1* вращением винтов *7* и *8* (см. рис. 1) макроподачи и микроподачи.

Установить резкость нити окулярного микрометра вращением глазной линзы окуляра *9* (рис. 1).

Вращением барабана *21* (рис. 1) установить двойной штрих (перекрестие нитей) окулярного микрометра в центр поля зрения на деление *4* шкалы (рис. 3, *а*). Полный поворот барабана (100 малых делений на барабане) соответствует перемещению двойного штриха (перекрестия нитей) на одно деление шкалы.

Выбрать на образце *1* (рис. 2, *а*) место для нанесения отпечатка и подвести его перемещением столика винтами *14* и *15* (рис. 1) под перекрестие нитей (рис. 3, *б*).



**Рис. 3.** Шкала окулярного микрометра:

*а* — расположение двойного штриха окулярного микрометра в центре поля зрения на делении *4* шкалы;

*б* — расположение выбранного для нанесения отпечатка места на образце под перекрестием нитей

Окончательно навести фокус на поверхность образца *1* (рис. 2, *а*) вращением винта *8* микроподачи (рис. 1).

Выбрать груз *4* (рис. 2, *а*) и поместить его на шток нагружающего механизма. Нагрузку записать в графу *3* протокола.

Повернуть рукояткой *5* предметный столик вокруг оси *ОО* в крайнее левое положение до упора (рис. 2, *б*). Поворачивать нужно осторожно, без удара об упор, чтобы не сместить образец.

Произвести вдавливание алмазной пирамиды *б*, для чего медленно и равномерно, одним пальцем, поворачивать на себя рукоятку *7* арретира (рис. 2, *в*).



Дать выдержку 4–7 с.

Снять нагрузку, для чего равномерно, одним пальцем, поворачивать от себя рукоятку арретира (рис. 2, б).

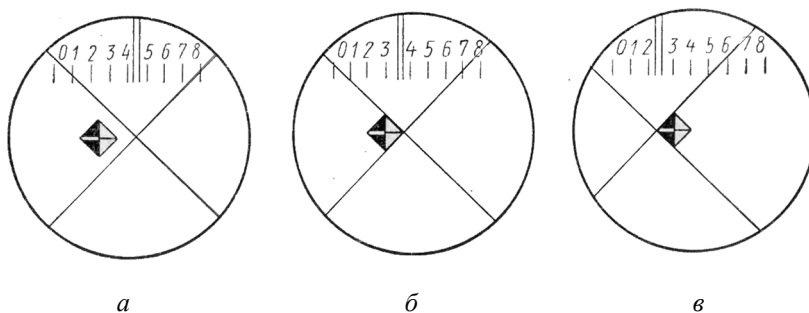
Повернуть рукояткой 5 предметный столик вокруг оси  $OO$  в крайнее правое положение до упора (рис. 2, а); поворачивать нужно осторожно, без удара об упор, чтобы не сместить образец.

Измерить окулярным микрометром диагональ полученного отпечатка.

### 1.5. ИЗМЕРЕНИЕ ДЛИНЫ ДИАГОНАЛИ ОТПЕЧАТКА

Нити прибора расположить справа от отпечатка (рис. 4, а).

Вращением барабана 21, окулярного микрометра 20 (см. рис. 1) левый угол нитей подвести (справа налево) к правому углу отпечатка (рис. 4, б) так, чтобы толщина нитей оставалась вправо от контура отпечатка.



**Рис. 4.** Схема измерения длины диагонали отпечатка окулярным микрометром:

- а* — подведение нитей (справа налево) к правому углу отпечатка;
- б* — положение нитей у вершины правого угла отпечатка для первого отсчета (нити подведены справа);
- в* — положение нитей у вершины левого угла отпечатка для второго отсчета (нити подведены также справа)

Произвести отсчет показаний шкалы и лимба барабана окулярного микрометра; наблюдая в окуляр, определить, между какими цифрами шкалы расположился двойной штрих (перекрестие нитей) [цифра, расположенная слева от двойного штриха, показывает сотни]; к этому числу прибавить показания лимба барабана.

Например, двойной штрих находится между цифрами 3 и 4 (рис. 4, б), что соответствует числу 300, а на лимбе барабана числу 56; тогда сумма будет  $300 + 56 = 356$ .

Вращением барабана окулярного микрометра правый угол нитей подвести к левому углу отпечатка (рис. 4, в).

Произвести отсчет показаний шкалы и лимба барабана окулярного микрометра; наблюдая в окуляр, определить, между какими цифрами расположен двойной штрих (перекрестие нитей) [цифра, расположенная слева от двойного штриха, показывает сотни]; к этому числу прибавить показания лимба барабана. Например, двойной штрих находится между цифрами 2 и 3 (рис. 4, в), что соответствует числу 200, а на лимбе барабана числу 26; тогда сумма будет  $200 + 26 = 226$ .

Из первого числа (356) вычесть второе число (226), полученная разность ( $356 - 226 = 130$ ) указывает длину диагонали отпечатка; в данном случае длина диагонали отпечатка равна 130 делениям лимба барабана окулярного микрометра.

Определить длину диагонали отпечатка в микронах; для этого полученную длину диагонали отпечатка в делениях (в данном случае 130 делений) умножить на цену одного деления в микронах. Так как цена деления лимба барабана окулярного микрометра равна 0,3 мкм, то полученную длину диагонали отпечатка в делениях (в данном случае 130 делений) надо умножить на 0,3 ( $130 \cdot 0,3 = 39$  мкм).

## 1.6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОТВЕРДОСТИ

Число твердости  $HV$  определяется по формуле

$$HV = 1,8544 \frac{F}{d^2},$$

где  $F$  — нагрузка на пирамиду, кгс;  $d$  — среднее арифметическое длины обеих диагоналей отпечатка после снятия нагрузки, мм.

Чтобы не вычислять твердость по приведенной выше формуле, ГОСТом 9450-76 предусмотрены специальные таблицы (табл. 1–7), рассчитанные на нагрузки 5, 10, 20, 50, 100, 200 и 500 г.

Таблица 1

**Числа твердости (кгс/мм<sup>2</sup>) при испытании на микротвердость  
вдавливанием алмазной пирамиды (нагрузка — 5 г)**

Диагональ отпечатка в мк	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	—	—	—	579	371	258	189	145	115
10	92,7	76,6	64,4	54,9	47,3	41,2	36,2	32,1	28,6	25,7
20	23,2	21,0	19,2	17,5	16,1	14,8	13,7	12,7	11,8	11,0
30	10,3	9,65	—	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 2

**Числа твердости (кгс/мм<sup>2</sup>) при испытании на микротвердость  
вдавливанием алмазной пирамиды (нагрузка — 10 г)**

Диагональ отпечатка в мк	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	—	—	—	1159	742	515	378	290	229
10	185	153	129	110	94,6	82,4	72,4	64,2	57,2	51,4
20	46,4	42,1	38,3	35,1	32,2	29,7	27,4	25,4	23,6	22,1
30	20,6	19,3	18,1	17,0	16,0	15,1	14,3	13,5	12,8	12,2
40	11,6	11,0	10,5	10,0	—	—	—	—	—	—

Таблица 3

**Числа твердости (кгс/мм<sup>2</sup>) при испытании на микротвердость  
вдавливанием алмазной пирамиды (нагрузка — 20 г)**

Диагональ отпечатка в мк	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	—	—	—	2318	1484	1030	757	580	458
10	371	307	258	219	189	165	145	128	114	103
20	92,7	84,1	76,6	70,1	64,4	59,4	54,9	50,9	47,3	44,1
30	41,2	38,6	36,2	34,1	32,1	30,3	28,6	27,1	25,7	24,4
40	23,2	22,1	21,0	20,1	19,2	18,3	17,5	16,8	16,1	15,4
50	14,8	14,3	13,7	13,2	12,7	12,3	11,8	11,4	11,0	10,7
60	10,3	10,0	—	—	—	—	—	—	—	—

Таблица 4

**Числа твердости (кгс/мм<sup>2</sup>) при испытании на микротвердость  
вдавливанием алмазной пирамиды (нагрузка — 50 г)**

Диагональ отпечатка в мк	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	—	—	—	—	3710	2575	1892	1449	1345
10	927	766	644	549	473	412	362	321	286	257
20	232	210	192	175	161	148	137	127	118	110
30	103	96,5	90,6	85,2	80,2	75,7	71,6	67,7	64,2	61,0
40	58,0	55,2	52,6	50,2	57,9	45,8	43,8	42,0	40,3	38,6
50	37,1	35,6	34,3	33,0	31,8	30,6	29,6	28,5	27,6	26,6
60	25,8	24,9	24,1	23,4	22,6	22,0	21,3	20,6	20,1	19,5
70	18,9	18,4	17,9	17,4	16,9	16,5	16,1	15,6	15,2	14,9
80	14,5	14,1	13,8	13,5	13,1	12,8	12,5	12,2	12,0	11,7
90	11,4	11,2	11,0	10,7	10,5	10,3	10,1	—	—	—

Таблица 5

**Числа твердости (кгс/мм<sup>2</sup>) при испытании на микротвердость  
вдавливанием алмазной пирамиды (нагрузка — 100 г)**

Диагональ отпечатка в мк	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	—	—	—	—	—	—	3784	2897	2289
10	1854	1533	1238	1097	946	824	724	642	572	514
20	464	421	383	351	322	297	274	254	226	221
30	206	193	181	170	160	151	143	135	128	122
40	116	110	105	100	95,8	91,6	87,6	84,0	80,5	77,2
50	74,2	71,3	68,8	66,0	63,6	61,3	59,1	57,1	55,1	53,3
60	51,5	49,8	48,2	46,7	45,3	43,9	42,6	41,3	40,1	39,0
70	37,8	36,8	35,8	34,8	33,9	33,0	32,1	31,3	30,5	29,7
80	29,0	28,3	27,6	26,9	26,3	25,7	25,1	24,5	24,0	23,4
90	22,9	22,4	21,9	21,4	21,0	20,5	20,1	19,7	19,3	18,9
100	18,5	18,2	17,8	17,5	17,1	16,8	16,5	16,2	15,9	15,6
110	15,3	15,1	14,8	14,5	14,3	14,0	13,8	13,5	13,3	13,1
120	12,9	12,7	12,5	12,3	12,1	11,9	11,7	11,5	11,3	11,1
130	11,0	10,8	10,6	10,5	10,3	10,2	10,0	—	—	—

Таблица 6

**Числа твердости (кгс/мм<sup>2</sup>) при испытании на микротвердость  
вдавливанием алмазной пирамиды (нагрузка — 200 г)**

Диагональ отпечатка в мк	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	—	3065	2575	2194	1892	1648	1449	1283	1145	1027
20	927	841	766	701	644	593	549	509	473	441
30	412	386	362	341	321	303	286	271	257	244
40	232	221	210	201	192	183	175	168	161	154
50	148	143	137	132	127	123	118	114	110	107
60	103	99,7	96,5	93,4	90,6	87,8	85,1	82,6	80,2	77,9
70	75,7	73,6	71,5	69,6	67,7	65,9	64,2	62,6	61,0	59,4
80	58,0	56,5	55,2	53,8	52,6	51,4	50,2	49,0	47,9	46,8
90	45,8	44,8	43,8	42,9	42,0	41,1	40,2	39,4	38,6	37,8
100	37,1	36,4	35,7	35,0	34,3	33,6	33,0	32,4	31,8	31,2
110	30,7	30,1	29,6	29,0	28,5	28,0	27,6	27,1	26,6	26,2
120	25,8	25,3	24,9	24,5	24,1	23,7	23,4	23,0	22,6	22,3
130	21,9	21,6	21,3	21,0	20,7	20,4	20,1	19,8	19,5	19,2
140	18,9	18,7	18,4	18,1	17,9	17,6	17,4	17,2	16,9	16,7
150	16,5	16,3	16,1	15,8	15,6	15,4	15,2	15,0	14,9	14,71
160	14,5	14,3	14,1	14,0	13,8	13,6	13,5	13,3	13,1	13,0
170	12,8	12,7	12,5	12,4	12,3	12,1	12,0	11,8	11,7	11,6
180	11,4	11,3	11,2	11,1	11,0	10,8	10,7	10,6	10,5	10,4
190	10,3	10,2	10,1	10,0	—	—	—	—	—	—

Таблица 7

**Числа твердости (кгс/мм<sup>2</sup>) при испытании на микротвердость  
вдавливанием алмазной пирамиды (нагрузка — 500 г)**

Диагональ отпечатка в мк	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10	—	—	—	—	—	—	—	3208	2862	2568
20	2318	2102	1915	1752	1610	1483	1372	1272	1183	1103
30	1030	965	906	852	802	757	716	677	642	610
40	580	552	526	502	479	458	438	420	402	386
50	371	356	343	330	318	307	296	285	276	266

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
60	258	249	241	234	226	220	213	207	201	195
70	189	184	179	174	169	165	161	156	152	149
80	145	141	138	135	131	128	125	123	120	117
90	114	112	110	107	105	103	101	98,5	96,5	94,6
100	92,7	90,9	89,1	87,4	85,7	84,1	82,5	81,0	79,5	78,0
110	76,6	75,3	73,9	72,6	71,3	70,1	68,9	67,7	66,6	65,5
120	64,4	63,3	62,3	61,3	60,3	59,5	58,4	57,5	56,6	55,7
130	54,9	54,0	53,2	52,4	51,6	50,9	50,1	49,4	48,7	48,0
140	47,3	46,6	46,0	45,3	44,7	44,1	43,5	42,9	42,3	41,8
150	41,2	40,7	40,1	39,6	39,1	38,6	38,1	37,6	37,1	36,7
160	36,2	35,8	35,3	34,9	34,5	34,1	33,6	33,2	32,9	32,5
170	32,1	31,7	31,3	31,0	30,6	30,3	29,9	29,6	29,3	28,9
180	28,6	28,3	28,0	27,7	27,4	27,1	26,8	26,5	26,2	26,0
190	25,7	25,4	25,2	24,9	24,6	24,4	24,1	23,9	23,6	23,4
200	23,2	22,9	22,7	22,5	22,3	22,1	21,9	21,6	21,4	21,2
210	21,0	20,8	20,6	20,4	20,3	20,1	19,9	19,7	19,5	19,3
220	19,2	19,0	18,8	18,7	18,5	18,3	18,2	18,0	17,8	17,7
230	17,5	17,4	17,2	17,1	16,9	16,8	16,7	16,5	16,4	16,2
240	16,1	16,0	15,8	15,7	15,6	15,4	15,3	15,2	13,1	15,0
250	14,8	14,7	14,6	14,5	14,4	14,3	14,1	14,0	13,9	13,8
260	13,7	13,6	13,5	13,4	13,3	13,2	13,1	13,0	12,9	12,8
270	12,7	12,6	12,5	12,4	12,3	12,26	12,2	12,1	12,0	11,9
280	11,8	11,7	11,66	11,6	11,5	11,4	11,3	11,26	11,2	11,1
290	11,0	11,0	10,9	10,8	10,7	10,66	10,6	10,5	10,4	10,37
300	10,3	10,2	10,16	10,1	10,0	10,66	—	—	—	—

### 1.7. ЦЕНТРИРОВАНИЕ ПРИБОРА

Центрировать прибор необходимо для того, чтобы отпечаток алмазной пирамиды получался при испытании точно в том месте образца, которое выбрано для его нанесения.

**Для центрирования прибора необходимо:**

Двойной штрих (перекрестие нитей) окулярного микрометра установить в центре поля зрения на делении 4 шкалы (рис. 5, а).

Выбрать на образце место для нанесения отпечатка и подвести его перемещением столика двумя винтами 14 и 15 (рис. 1) под перекрестие нитей (рис. 5, а).

Произвести отпечаток (рис. 5, б). Полученный отпечаток *x*, вследствие того что прибор не центрирован, допустим, расположился не на выбранном месте, а в стороне от перекрестия нитей.

Вращением центровочных винтов 22 и 23 (рис. 1) совместить центр отпечатка *x* с перекрестием нитей (рис. 5, в).

Перемещением столика двумя винтами вновь установить под перекрестие нитей то место образца, на котором желательно сделать отпечаток (рис. 5, д).

Нанести отпечаток (рис. 5, е). Нанесенный отпечаток *y* расположился на выбранном месте образца и в перекрестии нитей.

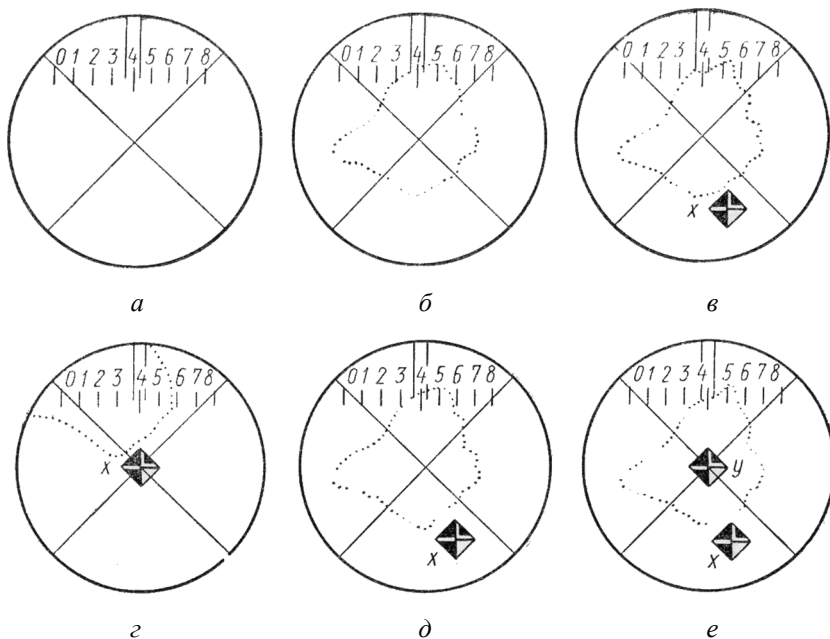


Рис. 5. Центрирование прибора ПМТ-3

## 2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить устройство прибора ПМТ-3; подготовку образцов для исследования; порядок проведения испытания; методику измерения диагонали отпечатка и расчета числа твердости.
2. Провести испытание на микротвердость подготовленных образцов по заданию преподавателя.

3. После выполнения пункта 1 задания получить допуск к работе и приступить к определению микротвердости заданных образцов. Подготовленный образец (микрошлиф) устанавливают на предметном столике так, чтобы исследуемая поверхность была параллельна плоскости столика и обращена вверх; при испытании образцов сложной формы это достигается предварительной установкой образца в пластилин и выравниванием положения поверхности микрошлифа ручным прессом.

Установленный образец просматривают через окуляр и выбирают на нем участок, где необходимо измерить твердость. Этот участок следует разместить в середине поля зрения микроскопа — точно в вершине угла неподвижной сетки. Затем устанавливают груз (выбор груза устанавливают экспериментально, исходя из того, что на площади одного зерна или структурной составляющей должно размещаться, по крайней мере, два отпечатка). Поворачивают предметный столик на  $180^\circ$  (от одного упора до другого) для подведения выбранного участка образца под алмазную пирамиду.

После этого медленным (10–15 с) поворотом ручки, приблизительно на  $180^\circ$ , опускают шток с алмазной пирамидой так, чтобы алмаз коснулся образца. В этом положении выдерживают образец под нагрузкой 5–10 с и затем поднимают шток с алмазом.

Поворачивают предметный столик на  $180^\circ$ , возвращая образец в исходное положение под объектив микроскопа.

Измеряют диагональ отпечатка. (Если прибор правильно центрирован, то изображение отпечатка окажется в поле зрения микроскопа или будет близко к вершине угла неподвижной сетки).



Поворачивают окуляр на 90° и проводят измерения второй диагонали отпечатка.

4. Указанные измерения диагоналей одного отпечатка провести 3 раза и усредненные значения привести в таблице.
5. Для получения более точных результатов измерить твердость изучаемого участка образца (фазы, структурной составляющей) 3 раза.

## 2.2. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Краткая характеристика условий испытания для определения микротвердости. Формула для расчета микротвердости.
3. Результаты определения микротвердости, приведенные в форме табл. 8.

Таблица 8

**Результаты определения микротвердости**

№ опыта	Материал образца	Нагрузка, г	Первый отсчет	Второй отсчет	Разность 1-го и 2-го отсчетов, т. е. диагональ отпечатка	Длина диагонали отпечатка, мкм	Число микро-твердости, $HV$	Среднее число микротвердости
1								
2								

## 2.3. МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

1. Прибор ПМТ-3.
2. Образцы для испытания.

### **3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. На чем основан метод определения микротвердости и в чем отличие метода определения микротвердости от других методов определения твердости?
2. Условия испытания на микротвердость (характеристика инденторов, нагрузки, подготовка поверхности).
3. Как рассчитать микротвердость по методу восстановленного и невосстановленного отпечатка?
4. Дать обозначение и единицы измерения микротвердости.
5. Какова область применения метода измерения микротвердости?

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. *Золотаревский В. С.* Механические свойства металлов. — М. : Металлургия, 1983. — 350 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	3
<b>1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ</b> .....	4
1.1. МИКРОТВЕРДОСТЬ: СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ПРИМЕНЕНИЕ .....	4
1.2. УСТРОЙСТВО ПРИБОРА ПМТ-3 .....	5
1.3. ПОДГОТОВКА ОБРАЗЦОВ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ .....	7
1.4. ПОДГОТОВКА ПРИБОРА И ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЯ .....	7
1.5. ИЗМЕРЕНИЕ ДЛИНЫ ДИАГОНАЛИ ОТПЕЧАТКА .....	9
1.6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОТВЕРДОСТИ .....	10
1.7. ЦЕНТРИРОВАНИЕ ПРИБОРА .....	14
<b>2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ</b> .....	16
2.1. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ .....	16
2.2. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА .....	17
2.3. МАТЕРИАЛЫ И ОБОРУДОВАНИЕ .....	17
<b>3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ</b> .....	18
<b>ЛИТЕРАТУРА</b> .....	18

**Лидия Антиповна Московских  
Евгений Владимирович Акулиничев  
Юлия Геннадьевна Головачева**

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРОТВЕРДОСТИ**

*Методические указания*

Редактор *К. Ю. Савинченко*  
Корректор *Т. В. Тимофеева*  
Технический редактор *А. Л. Репкин*

Подписано в печать 17.04.2012.

Формат 60×84/16. Печать офсетная. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Печ. л. 1,25. Усл. п. л. 1,16. Тираж 50 экз. Заказ № 36

Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана  
107005, Москва, 2-я Бауманская, 5

Изготовлено в Редакционно-издательском отделе  
КФ МГТУ им. Н. Э. Баумана  
248000, г. Калуга, ул. Баженова, 2, тел. 57–31–87