

**ПМТ-3**

**МИКРОТВЕРДОМЕР**

МЕТАЛЛОВ  
СПЛАВОВ  
СТЕКЛА  
АБРАЗИВОВ  
КЕРАМИКИ  
МИНЕРАЛОВ  
И ДРУГИХ  
МАТЕРИАЛОВ



ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ И ИНСТРУКЦИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

## 1. НАЗНАЧЕНИЕ

**М**ИКРОТВЕРДОМЕР ПМТ-3 представляет собой прибор, предназначенный для измерения микротвердости металлов, сплавов, стекла, абразивов, керамики и минералов вдавливанием алмазных наконечников.

Микротвердомер изготавливается для работы в условиях УХЛ 4.2 ГОСТ 15150—69.

## 2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

Характеристики объективов указаны в табл. 1.

Таблица 1

Наименование	Фокусное расстояние, мм	Числовая апертура	Увеличение с дополнительной ахроматической линзой $F=200$ мм	Рабочее расстояние, мм	Разрешающая сила при прямом освещении, мкм
Эпнобъектив $F=23,2$ ; $A=0,17$	23,17	0,17	8,6	6,20	1,73
✓ Эпнобъектив $F=6,2$ ; $A=0,65$	6,16	0,65	32,5	0,87	0,45

Примечание. Эпнобъективы рассчитаны для работы с тубусом «бесконечность».

Характеристики окуляров указаны в табл. 2.

Таблица 2

Наименование	Увеличение	Фокусное расстояние, мм	Линейное поле зрения, мм	Применяемость
Окуляр компенсационный	16	15,63	11	Для визуального наблюдения
Фотоокуляр	15	17,00	12	Для фотографирования

Примечание. Компенсационный окуляр 16X находится в приборе МОВ-1-16X.

Увеличение микроскопа . . . . .	138 и 520
Линейное поле зрения микроскопа, мм:	
с объективом $F=23,2$ ; $A=0,17$ . . . . .	1,3
с объективом $F=6,2$ ; $A=0,65$ . . . . .	0,3
Пределы измерения диагоналей отпечатков (с объективом $F=6,2$ ; $A=0,65$ ), мм . . . . .	от 0,005 до 0,25
Цена деления шкалы барабана окулярного микрометра, мкм . . . . .	0,3
Пределы нагрузки, Н (гс) . . . . .	от 0,049 до 1,96 (от 5 до 200)
Скорость опускания индентора, мм/с . . . . .	0,15 *
Время выдержки под нагрузкой, с . . . . .	от 10 до 15 *
Пределы координатного перемещения предметного столика в двух взаимно перпендикулярных направлениях, мм . . . . .	от 0 до 10

\* При соблюдении режима нагружения, указанного в разделе 5.

Цена деления шкал барабанчиков микрометрических винтов координатного перемещения, мм . . . . . 0,01

Номинальное значение угла при вершине алмазного наконечника . . . . .  $136^\circ \pm 20'$

Действительное значение угла при вершине алмазного наконечника указано в паспорте микротвердомера ПМТ-3.

Питание осуществляется через блок питания от сети переменного тока напряжением 220 В.

Габаритные размеры микротвердомера в рабочем положении, мм . . . . .  $220 \times 290 \times 410$

Масса микротвердомера, кг . . . . . 22

### 3. УСТРОЙСТВО И РАБОТА МИКРОТВЕРДОМЕРА

#### 3.1. Оптическая схема

Принцип действия прибора основан на вдавливании алмазного наконечника (пирамиды) в исследуемый материал под определенной нагрузкой и измерении линейной величины диагонали полученного отпечатка.

Число микротвердости определяется делением нормальной нагрузки, приложенной к алмазному наконечнику, на условную площадь боковой поверхности полученного отпечатка:

$$HV = \frac{F}{S}.$$

Оптическая схема микроскопа показана на рис. 1.

Осветительное устройство позволяет рассматривать исследуемый предмет как в светлом поле (см. рисунок, справа), так и в темном поле (см. рисунок, слева).

При исследовании предметов в светлом поле луч от источника света 1 через конденсор 2, светофильтр 3, коллективную линзу 4 и присовую диафрагму 5 попадает на отражательную пластинку 6. Далее луч проходит в объек-

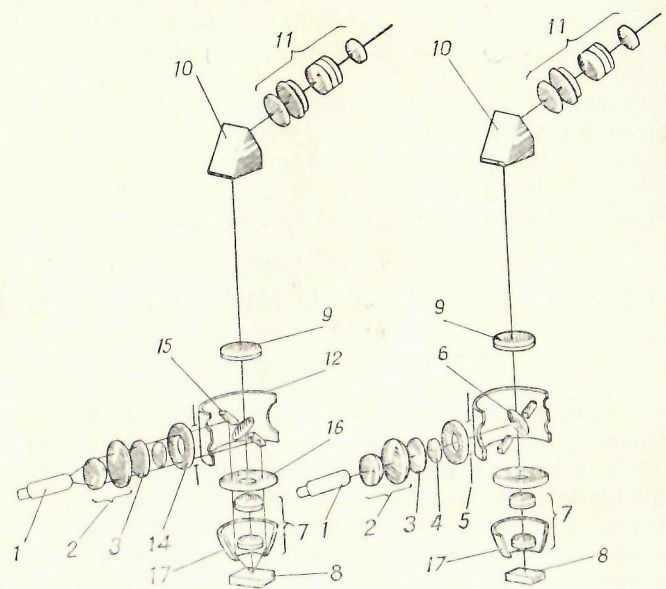


Рис. 1

тив 7, попадает на исследуемый предмет 8, отражается от него, снова попадает в объектив 7 и, пройдя отражательную пластинку 6, ахроматическую линзу 9 и призму 10, образует изображение предмета в фокальной плоскости окулярного микрометра 11.

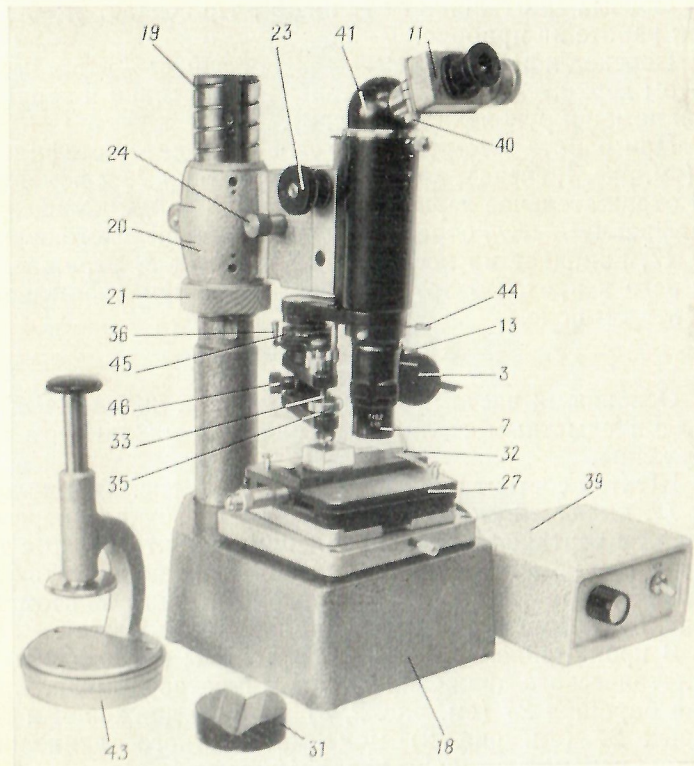


Рис. 2

Освещенность предмета при наблюдении в светлом поле регулируется изменением диаметра диафрагмы 5.

Призма 10 отклоняет луч на  $45^\circ$ , что создает удобства при работе на приборе.

Переход к работе в темном поле осуществляется поворотом держателя 12 отражательной пластинки и зеркала при помощи рукоятки 13 (рис. 2).

При работе в темном поле луч проходит светофильтр 3 (см. рис. 1, слева), кольцевую диафрагму 14 и попадает на отражательное зеркало 15. Далее, пройдя кольцевую диафрагму 16, луч отражается от параболического зеркала 17, попадает на исследуемый предмет 8, отражается от него и проходит тот же путь, что и при наблюдении в светлом поле.

### 3.2. Конструкция

Основными частями микротвердомера являются штатив с предметным столиком и головка с механизмом нагружения.

Штатив состоит из основания 18 (см. рис. 2) и колонки 19, имеющей снаружи ленточную резьбу для перемещения в вертикальном направлении кронштейна 20 с тубусом при помощи гайки 21. Кронштейн закрепляется на колонке при помощи разрезной втулки винтом 22 (рис. 3), который при работе должен быть зажат.

В кронштейне размещены механизмы грубого и микрометрического движения тубуса микротвердомера. Вращая барашки 23 (см. рис. 2, 3) грубого движения и барашек 24 (см. рис. 2) микрометрического движения, можно перемещать тубус вверх и вниз.

Ход механизма грубого движения можно регулировать. Если один барашек грубого движения немного развернуть относительно другого, ход движения тубуса будет тяжелее или легче в зависимости от того, в какую

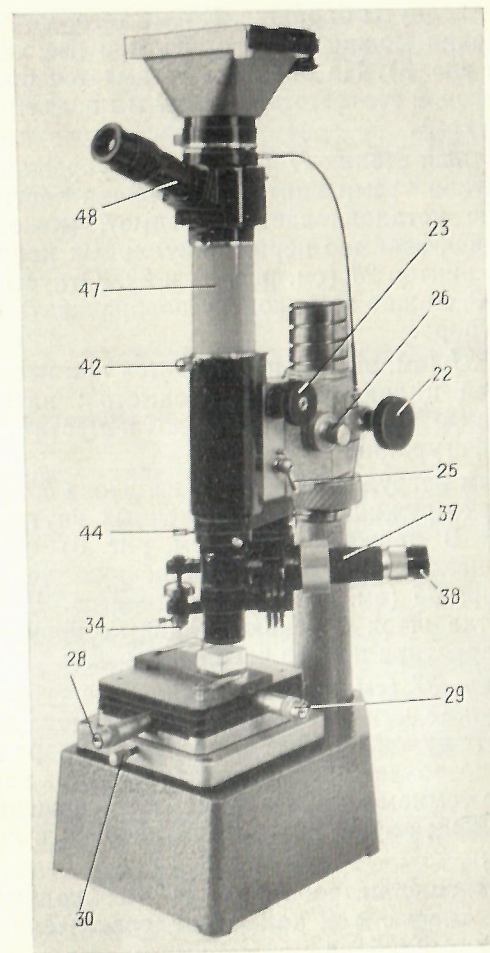


Рис. 3

сторону развернуты барашки. Кроме того, механизм грубого движения можно застопорить при помощи рукоятки 25 (см. рис. 3). На барашке 26 имеется шкала, одно деление которой соответствует 0,002 мм подъема или опускания тубуса.

Предметный столик 27 (см. рис. 2) укреплен на основании штатива тремя винтами. Верхняя часть столика, на которую устанавливается предмет, может перемещаться в двух взаимно перпендикулярных направлениях с помощью винтов 28 (см. рис. 3) и 29. Отпустив стопорный винт 30, можно за рукоятку поворачивать столик от упора до упора.

Призма 31 (см. рис. 2) применяется при исследовании поверхностей цилиндрических предметов; на пластинку 32 с помощью пластилина можно поместить предмет любой конфигурации.

Механизм нагружения состоит из штока 33, укрепленного на двух пружинах, расположенных внутри корпуса механизма. В держатель 34 (см. рис. 3) вставляется алмазный наконечник, а на утолщенную часть штока кладется гиря 35 (см. рис. 2) из равновеса. Для получения отпечатка шток опускают плавным вращением рукоятки 36 арретира против часовой стрелки.

Осветитель 37 (см. рис. 3) укреплен на тубусе микроскопа и служит для освещения исследуемого предмета. При повороте рукоятки 13 (см. рис. 2) от упора до упора осветитель позволяет рассматривать предмет как в светлом, так и в темном поле. Равномерное освещение достигается перемещением и разворотом патрона с лампой 38 (см. рис. 3).

При установке патрона с лампой необходимо соблюдать осторожность, так как сдвиг осветителя вызовет разъюстировку прибора.

Светофильтры 3 (см. рис. 2) осветителя предназначены для повышения контрастности исследуемого предмета.

Лампа осветителя питается от сети через блок питания 39.

Винтовой окулярный микрометр 11 закрепляется на трубке насадки винтом 40. Окулярный микрометр при установке должен быть развернут так, чтобы направление движения перекрестия сетки проходило через диагональ отпечатка и чтобы барабанчик микрометра находился справа от исследователя.

#### 4. РАСПАКОВКА И МОНТАЖ

4.1. Вынуть ящики с головкой прибора и принадлежностями из укладочной коробки.

4.2. Взяться рукой за колонку штатива и вынуть штатив вместе с фанерой из коробки. Вывернув крепежные винты, снять с фанеры штатив, прессик и блок питания.

4.3. Прежде чем установить головку с механизмом нагружения на штатив, поднять гайку 21 по колонке 19 так, чтобы зуб гайки выступил выше торца колонки; затем осторожно вынуть из ящика головку прибора, как показано на рис. 4. При этом особенно осторожно обращаться с механизмом нагружения (рис. 5). Небольшой нажим на механизм, сотрясение или удар собою центрировку штока, т. е. выведут прибор из строя.

4.4. Завести кронштейн головки внутренней нижней расточкой на зуб гайки, причем развернуть кронштейн так, чтобы его шпонка была направлена против паза колонки. Вращая гайку по часовой стрелке, установить всю головку в рабочее положение. Подложить под прибор резиновый амортизатор.

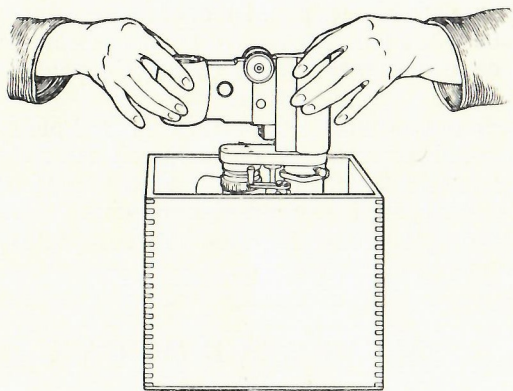


Рис. 4

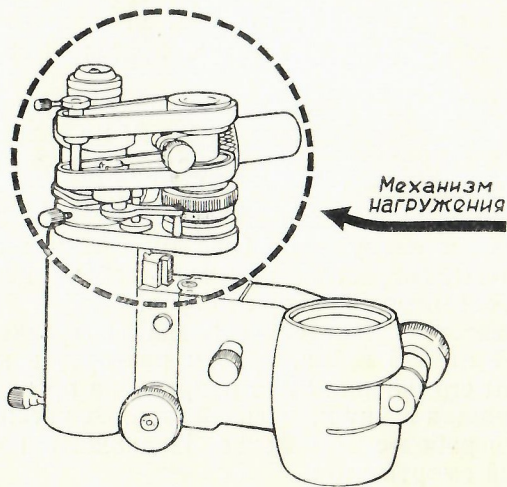


Рис. 5

На верхний срез тубуса установить наклонную насадку 41 (см. рис. 2) и закрепить ее при помощи винта 42 (см. рис. 3), а в резьбовое отверстие осветителя снизу ввернуть объектив. На трубку наклонной насадки установить винтовой окулярный микрометр 11 (см. рис. 2) и закрепить его винтом 40.

## 5. ПОРЯДОК РАБОТЫ

### 5.1. Подготовка к работе

5.1.1. Включить осветитель в сеть, соблюдая указания, изложенные в паспорте блока питания.

5.1.2. Вставить алмазный наконечник в держатель хвостовиком в отверстие до упора в торец так, чтобы риски, нанесенные на оправке алмазного наконечника и держателя, совпали, и закрепить винтом.

5.1.3. Определить действительное значение цены деления барабанчика винтового окулярного микрометра (если требуется ее уточнение).

5.1.4. Отцентрировать отпечаток.

5.1.5. Отрегулировать положение механизма нагружения с алмазным наконечником по высоте, по правильности показаний прибора при измерении микротвердости образца из каменной (поваренной) соли (NaCl).

Для определения действительного значения цены деления барабанчика винтового окулярного микрометра необходимо:

а) перемещением оправы глазной линзы установить окуляр на резкое изображение сетки;

б) поместить на предметный столик объект-микрометр и перемещением тубуса механизмами грубого и микрометрического движения установить резкое изобра-

жение объект-микрометра, который нужно повернуть так, чтобы его штрихи были параллельны штрихам неподвижной шкалы окулярного микрометра;

в) совместить перекрестие подвижной сетки окулярного микрометра с изображением штриха объект-микрометра и снять отчет по барабанчику окулярного микрометра. Вращением барабанчика сместить перекрестие подвижной сетки на возможно большее число делений шкалы объект-микрометра и снова снять отчет по барабанчику окулярного микрометра. При этом необходимо исключить мертвый ход окулярного микрометра, т. е. перекрестие подводить с одной стороны. Разность отчетов дает число делений барабанчика окулярного микрометра, уместившихся в определенном числе делений объект-микрометра.

Действительное значение цены деления барабанчика окулярного микрометра  $E$  определяется по формуле

$$E = \frac{TZ}{A},$$

где  $T$  — число делений объект-микрометра;

$Z$  — цена деления объект-микрометра (по его паспорту);

$A$  — разность отчетов по барабанчику окулярного микрометра.

Пример. В тринадцать делениях объект-микрометра уложилось 413 делений барабанчика (четыре полных оборота и тринадцать делений барабанчика). Цена деления объект-микрометра 0,01 мм. Значит, одно деление барабанчика окулярного микрометра в плоскости объекта

$$E = \frac{13 \cdot 0,01}{413} = 0,000315 \text{ мм.}$$

Отпечаток, полученный от вдавливания в испытуемый объект алмазного наконечника под нагрузкой, должен

располагаться в центре поля зрения микроскопа. Если этого нет, то центрировку отпечатка производят следующим образом. Испытуемый объект с помощью прессника 43 (см. рис. 2) устанавливают на пластинке на предметной пластинке 32. При этом исследуемая поверхность объекта будет параллельна рабочей плоскости столика. Пластинку с объектом закрепляют на предметном столике под микроскопом и вращением барашков 23 (см. рис. 3) и 26 соответственно грубого и микрометрического перемещения фокусируют микроскоп с объективом  $F=6,2$ ,  $A=0,65$  на испытуемую поверхность.

Далее помещают на утолщенную часть штока с алмазным наконечником гирю 35 (см. рис. 2), убеждаются в том, что рукоятка 36 арретира находится на упоре при вращении ее по часовой стрелке, а следовательно и алмазный наконечник находится в верхнем положении; отпустив стопорный винт 30, за рукоятку поворачивают столик против часовой стрелки до упора, подводя тем самым выбранное для испытания место под алмазный наконечник, и фиксируют его в этом положении винтом 30. Вращением рукоятки 36 арретира против часовой стрелки опускают нагруженный алмазный наконечник для нанесения отпечатка на испытуемой поверхности, после чего вращением рукоятки 36 по часовой стрелке возвращают ее в исходное верхнее положение. Отпустив винт 30, поворотом столика до упора подводят испытуемое место объекта под микроскоп и фиксируют столик винтом 30.

Если центрировка прибора не нарушена, то центр отпечатка должен совпасть с центром перекрестия сетки окулярного микрометра, установленного на отчет «4-00».

В случае несовпадения отпечатка с центром перекрестия прибор надо дополнительно отцентрировать. Для этого центрировочными винтами 44 (см. рис. 2) подво-



дят центр отпечатка к центру перекрестия сетки окулярного микрометра. Перемещая столик винтами 28 (см. рис. 3) и 29, выбирают новое место на объекте и вновь получают отпечаток. Операции накола и дополнительной центрировки повторяют до тех пор, пока не будет достигнуто совпадение центра отпечатка с центром перекрестия окулярного микрометра. Если отпечаток поместился вне поля зрения микроскопа, необходимо заменить объектив  $F=6,2$  объективом  $F=23,2$ , произвести предварительную центрировку и только после этого окончательно отцентрировать прибор с объективом  $F=6,2$ .

Центрировка отпечатка производится каждый раз после установки на столик нового испытуемого объекта.

Проверку правильности показаний прибора производят путем определения значений микротвердости кристаллов поваренной соли (NaCl).

На «свежем сколе» кристалла наносят по 10 отпечатков при нагрузках 0,098 и 0,196 Н (10 и 20 гс).

При нанесении отпечатков на кристалл поваренной соли расстояние от отпечатка до края кристалла должно быть не менее 2,5 длины диагонали отпечатка. Расстояние между центрами двух соседних отпечатков должно быть не менее 3 длины диагонали наибольшего отпечатка. При нанесении отпечатков нагрузка прикладывается плавным освобождением арретира, выдерживается в течение 10—15 с и затем снимается. Особое внимание должно быть обращено на недопустимость появления вибрации в результате освобождения арретира.

Разность диагоналей одного отпечатка не должна превышать 3% от меньшей из них. Полученные средние арифметические значения 10 полученных микротвердости кристалла поваренной соли при указанных выше нагрузках должны лежать в пределах 19—21 ед. тв.

Отношение оценки среднего квадратического отклонения длины диагоналей 10 отпечатков к их среднему арифметическому значению (коэффициенту вариации) не должно быть более 5%.

Образец оформления результатов проверки правильности показаний прибора приведен в приложении 1.

Установка механизма нагружения по высоте производится вращением регулировочной гайки 45 (рис. 2). Для вращения этой гайки необходимо предварительно освободить фиксирующий ее винт 46, который следует вновь затянуть по окончании регулировки положения механизма нагружения по высоте.

Толщина кристалла поваренной соли должна быть не менее 1 мм. При нанесении отпечатков на кристалл поваренной соли расстояние от отпечатка до края кристалла должно быть не менее двух длин диагонали отпечатка. Расстояние между центрами двух соседних отпечатков должно быть не менее трех длин диагонали отпечатка. При нанесении отпечатков нагрузка прикладывается плавным освобождением арретира, выдерживается в течение 5—7 секунд и затем снимается. Особое внимание должно быть обращено на недопустимость появления вибрации при освобождении арретира. Разность диагоналей одного отпечатка не должна превышать 3% от меньшей из них.

Коэффициенты вариации показаний микротвердомера получают в результате деления средней квадратической погрешности на среднее значение диагоналей 10 отпечатков. Коэффициент вариации не должен превышать 5% от средней диагонали отпечатка.

Образец оформления результатов проверки правильности показаний прибора приведен в приложении 1.

## 5.2. Работа на приборе

5.2.1. При помощи прессика 43 закрепить испытуемый предмет пластилином на пластинке 32 так, чтобы его исследуемая поверхность расположилась параллельно рабочей плоскости столика, на которой устанавливается пластинка с испытуемым предметом. Поверхность испытуемого предмета должна быть плоской, чистой, с шероховатостью не грубее 9-го класса разряда «а», т. е. среднее арифметическое отклонение профиля ( $R_a$ ) не должно быть более 0,32 мкм.

При измерении микротвердости изделий с криволинейной поверхностью, когда размер отпечатка на один-два порядка меньше радиуса кривизны испытуемого изделия, числа микротвердости имеют относительное значение — для сравнения микротвердости поверхностей одинаковой кривизны.

При подготовке поверхности испытуемого изделия необходимо принять меры, исключающие возможность изменения твердости испытуемой поверхности вследствие нагрева или наклепа в результате механической обработки.

На рабочей поверхности алмазного наконечника и поверхности испытуемого изделия не должно быть смазки.

5.2.2. Поместить на утолщенную часть штока груз.

5.2.3. При положении столика, показанном на рис. 3, выбрать место на предмете для нанесения отпечатка. Расстояние от центра отпечатка до края предмета или между центрами соседних отпечатков должно быть не менее трех длин диагоналей отпечатка, минимальная толщина предмета или слоя должна превышать глубину отпечатка не менее чем в 10 раз. При исследовании отдельных структурных составляющих металлических

сплавов действуют те же правила. Границей предмета служит граница исследуемого зерна.

5.2.4. Плавко повернуть предметный столик против часовой стрелки до упора, как показано на рис. 2, не допуская толчков при подведении к упору. Закрепить столик в этом положении винтом 30 (см. рис. 3).

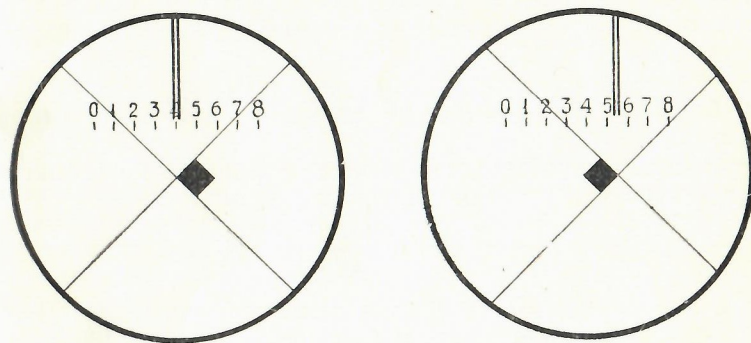


Рис. 6

5.2.5. Медленным поворотом рукоятки 36 (см. рис. 2) против часовой стрелки опустить шток так, чтобы алмаз коснулся поверхности исследуемого предмета. Рукоятку поворачивать приблизительно на  $180^\circ$  в течение 10—15 секунд. После выдержки в течение 5 секунд под нагрузкой повернуть рукоятку в исходное положение.

5.2.6. Отжать винт 30 (см. рис. 3) и повернуть предметный столик в прежнее положение до упора, как показано на рис. 3. Чтобы избежать удара об упор и смещения предмета с установленного положения, столик нужно поворачивать очень осторожно.

5.2.7. Измерить диагональ отпечатка при помощи окулярного микрометра. Винтами 28 и 29 столика и враще-

нием барабанчика окулярного микрометра подвести центр перекрестия к одному краю диагонали отпечатка (рис. 6, слева) и произвести отсчет по шкалам окулярного микрометра. Затем вращением барабанчика окулярного микрометра в ту же сторону (перемещением центра перекрестия по диагонали отпечатка) совместить центр перекрестия со вторым краем диагонали (рис. 6, справа) и снова произвести отсчет по шкалам окулярного микрометра.

Разность отсчетов, умноженная на цену деления барабанчика, даст истинную величину диагонали отпечатка.

Число микротвердости можно определить по таблице (приложение 2) или подсчитать по формуле

$$HV = \frac{1854F}{d^2},$$

где  $F$  — нормальная нагрузка, приложенная к алмазному наконечнику, Н (кгс);

$d$  — среднее арифметическое длин обеих диагоналей квадратного отпечатка, мм.

### 5.3. Фотографирование

Отпечатки, полученные от вдавливания алмазного наконечника, можно сфотографировать. Для этого нужно использовать микрофотонасадку типа МФН-7 (в комплект прибора не входит). Для фотографирования отпечатка к прибору прилагается вертикальный тубус 47 (см. рис. 3).

Для установки фотонасадки снимают с тубуса микроскопа окулярный микрометр, вместо наклонной насадки 41 (см. рис. 2) вставляют вертикальный тубус 47 (см. рис. 3) и закрепляют его при помощи винта 42, за-

тем устанавливают фотоокуляр 7<sup>x</sup>, 10<sup>x</sup> или 15<sup>x</sup> (два первых входят в комплект насадки). На конце вертикального тубуса закрепляют микрофотонасадку и наблюдение за поверхностью предмета ведут через окулярную трубку 48 микрофотонасадки.

Окончательную установку на резкость для фотографирования производят как обычно, т. е. при помощи барашка микрометрического перемещения.

### 6. УХОД ЗА МИКРОТВЕРДОМЕРОМ

Микротвердомер выпускается тщательно проверенным и смазанным особой смазкой. Упаковка обеспечивает сохранность прибора при его перевозке.

Если на приборе появится пыль, ее следует смахнуть мягкой чистой кисточкой, а затем обтереть прибор мягкой чистой салфеткой.

Прибор необходимо периодически протирать мягкой салфеткой, пропитанной бескислотным вазелином, а затем сухой мягкой салфеткой.

В случае, если смазка в направляющих механизма грубого движения тубуса прибора или в подвижной части столика сильно загрязнилась и заустыла, следует смыть ее ксилолом или бензином, протереть трущиеся поверхности чистой тряпочкой, слегка смазать направляющие бескислотным вазелином или специальной смазкой.

Необходимо следить за чистотой оптических частей прибора, особенно объективов. Чтобы предохранить объективы от оседания пыли на их внутренних поверхностях, рекомендуется всегда оставлять окулярный микрометр на тубусе прибора.

Нельзя касаться пальцами поверхностей линз. При чистке внешних поверхностей линз следует удалять

с них пыль мягкой кисточкой, предварительно хорошо промытой в эфире. Если этого окажется недостаточно, нужно протереть линзы мягкой салфеткой, слегка смоченной бензином, эфиром или ксилолом.

При чистке глубоко сидящей в оправе последней линзы объектива после удаления пыли мягкой беличьей кистью поверхность линзы осторожно протереть чистой салфеткой или ватой, намотанной на палочку. Вату и тряпочку нужно слегка смочить спиртом.

Объектив и окуляр с загрязненными внутренними поверхностями линз рекомендуется отправлять для чистки в оптическую мастерскую.

Надо внимательно следить за гранями и острием алмазного наконечника, так как всякое повреждение их нарушит точность измерений. Повреждения граней и острия легко обнаружить при рассматривании отпечатков на мягких материалах (алюминий и др.).

Поврежденный алмазный наконечник необходимо заменить.

Не рекомендуется разбирать прибор для устранения неисправностей. В этом случае следует отправить его в оптическую мастерскую или на предприятие-изготовитель.

## 7. КАТАЛОГ ЧАСТЕЙ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ЗАКАЗА

Наименование	Номер сборки или детали
Алмазный наконечник типа НПМ	ГОСТ 9377—74
Амортизатор	Ю-75.74.653

Продолжение

Наименование	Номер сборки или детали
Винт для крепления столика М5×30	
Винт для центровки объективов	Ю-75.13.891
Винт прижимный	Ю-75.13.417
Винт стопорный	Ю-75.13.907
Винт упорный	Ю-75.09.628
Клемма столика микроскопа	Ю-28.75.513
Колпачок насадки	Ю-26.15.769
Лампа РН8-20 (СЦ61)	
Микрометр окулярный винтовой МОВ-1-16 <sup>х</sup>	ГОСТ 7865—56
Насадка монокулярная наклонная	Ю-28.13.722
Объект-микрометр ОМО	ГОСТ 7513—75
Окуляр симметричный 15 <sup>х</sup>	Ю-41.33.234
Пластинка	Ю-61.85.434
Прессик ПМТ-П	Ю-41.49.717
Призма	Ю-63.78.190
Разновес ПМТ-Р	Ю-42.87.833
Блок питания	Ю-40.29.658
Тубус вертикальный	Ю-28.54.102
Эпιοбъектив $F=6,2$ , $A=0,65$	Ю-41.15.702
Эпιοбъектив $F=23,2$ , $A=0,17$	Ю-41.15.705
Предохранитель ПМ-0,25	

**РЕЗУЛЬТАТЫ**

проверки правильности показаний прибора

Нагрузка  $P=0,196 \text{ Н}$  (20 гс)

Номер отпечатка	Нагрузка $P, \text{ гс}$	Диагональ отпечатка в делениях		Среднее значение диагонали		Микротвердость $HV, \text{ ед. тв.}$
		горизонтальная	вертикальная	деления	мкм	
1	20	$\frac{473}{330}$ 143	$\frac{471}{330}$ 141	142	42,6	20,4
2	20	$\frac{474}{332}$ 142	$\frac{473}{331}$ 142	142	42,6	20,4
3	20	$\frac{474}{326}$ 146	$\frac{474}{328}$ 146	147	44,1	19,1
4	20	$\frac{148}{5}$ 143	$\frac{144}{1}$ 143	143	42,9	20,2

Номер отпечатка	Нагрузка $P, \text{ гс}$	Диагональ отпечатка в делениях		Среднее значение диагонали		Микротвердость $HV, \text{ ед. тв.}$
		горизонтальная	вертикальная	деления	мкм	
5	20	$\frac{158}{16}$ 142	$\frac{158}{14}$ 144	143	42,0	20,2
6	20	$\frac{444}{304}$ 140	$\frac{148}{4}$ 144	142	42,6	20,4
7	20	$\frac{145}{3}$ 142	$\frac{146}{4}$ 142	142	42,6	20,4
8	20	$\frac{207}{67}$ 140	$\frac{209}{69}$ 140	140	42,0	21,0
9	20	$\frac{148}{5}$ 143	$\frac{144}{1}$ 143	143	42,9	20,2
10	20	$\frac{474}{332}$ 142	$\frac{473}{331}$ 142	142	42,6	20,4

Среднее арифметическое значение микротвердости из 10 отпечатков равно  $\pm 20,3 HV 0,02$ .

Обработка результатов наблюдений

Номер отпечатка	$d$ , мкм	$V$ , мкм	$V^2$ , мкм <sup>2</sup>
1	42,6	-0,2	0,04
2	42,6	-0,2	0,04
3	44,1	-1,3	1,69
4	42,9	+0,1	0,01
5	42,9	+0,1	0,01
6	42,6	-0,2	0,04
7	42,6	-0,2	0,04
8	42,0	-0,8	0,64
9	42,9	+0,1	0,01
10	42,6	-0,2	0,04

$$d_{cp} = 42,8 \text{ мкм,}$$

$$\Sigma V^2 = 2,56 \text{ мкм}^2,$$

$$V = d - d_{cp}, \quad S = \pm \sqrt{\frac{\Sigma V^2}{n-1}}$$

$$S = \pm \sqrt{\frac{2,56}{10-1}} = \pm \sqrt{0,284} = \pm 0,53 \text{ мкм.}$$

Коэффициент вариации  $K = \frac{S}{d_{cp}} \cdot 100$ .

$$K = \frac{0,53 \cdot 100}{42,8} = 1,24 \%$$

Приложение 2

ЧИСЛА ТВЕРДОСТИ  
при испытании алмазной пирамидой с углом при вершине 135°

Диагональ отпечатка, мкм	ЧИСЛА ТВЕРДОСТИ									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	—	—	—	—	—	—	5149	3784	2897	2299
10	1854	1532	1288	1097	946	824	724	642	572	514
20	464	420	383	350	322	297	274	254	236	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	68,6	66,0	63,6	61,3	59,1	57,1	55,1	53,3
60	51,5	49,8	47,8	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	9,88	9,74	9,60
140	9,46	9,33	9,20	9,07	8,94	8,82	8,70	8,58	8,47	8,35
150	8,24	8,13	8,03	7,92	7,82	7,72	7,62	7,52	7,43	7,34
160	7,24	7,15	7,07	6,98	6,90	6,81	6,73	6,65	6,57	6,49
170	6,42	6,34	6,27	6,20	6,13	6,06	5,99	5,92	5,85	5,79
180	5,72	5,66	5,60	5,54	5,48	5,42	5,36	5,30	5,25	5,19
190	5,14	5,08	5,03	4,98	4,93	4,88	4,83	4,78	4,73	4,68
200	4,64	4,58	4,54	4,50	4,46	4,42	4,38	4,32	4,28	4,24
210	4,20	4,16	4,12	4,08	4,06	4,02	3,98	3,94	3,90	3,86
220	3,83	3,80	3,76	3,74	3,70	3,66	3,64	3,60	3,56	3,54
230	3,50	3,48	3,44	3,42	3,38	3,36	3,34	3,30	3,28	3,24

Продолжение

Диагональ от- печатка, мкм	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
240	3,22	3,19	3,17	3,14	3,11	3,09	3,06	3,04	3,02	2,99
250	2,97	2,94	2,92	2,90	2,87	2,85	2,83	2,81	2,79	2,76
260	2,74	2,72	2,70	2,68	2,66	2,64	2,62	2,60	2,58	2,56
270	2,54	2,53	2,51	2,49	2,47	2,45	2,43	2,42	2,40	2,38
280	2,36	2,35	2,33	2,32	2,30	2,28	2,27	2,25	2,24	2,22
290	2,21	2,19	2,18	2,16	2,15	2,13	2,12	2,10	2,09	2,07
300	2,06	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечания: 1. Таблица взята из книги Хрушова М. М. и Беркови-  
ча Е. С. «Приборы ПМТ-2 и ПМТ-3 для испытания на микротвердость».

2. Таблица составлена для нагрузки 100 гс; при других нагрузках число  
твердости, полученное по этой таблице, умножают на частное от деления  
выбранной нагрузки на 100.

Пример 1. Определить число твердости  $HV$  для нагрузки  
200 гс при диагонали отпечатка 155 мкм. Число твердости для этого  
отпечатка при нагрузке 100 гс равно 7,72. При нагрузке 200 гс число  
твердости

$$HV = 7,72 \cdot \frac{200}{100} = 15,4 \text{ ед. тв.}$$

Пример 2. Определить число твердости  $HV$  для нагрузки  
25 гс при диагонали отпечатка 15 мкм. Число твердости для этого  
отпечатка при нагрузке 100 гс равно 824. При нагрузке 25 гс и  
той же диагонали число твердости

$$HV = 824 \cdot \frac{25}{100} = 206 \text{ ед. тв.}$$

## СО Д Е Р Ж А Н И Е

1. Назначение . . . . .	3
2. Технические данные . . . . .	3
3. Устройство и работа микротвердомера . . . . .	5
3.1. Оптическая схема . . . . .	5
3.2. Конструкция . . . . .	8
4. Распаковка и монтаж . . . . .	11
5. Порядок работы . . . . .	13
5.1. Подготовка к работе . . . . .	13
5.2. Работа на приборе . . . . .	18
5.3. Фотографирование . . . . .	20
6. Уход за микротвердомером . . . . .	21
7. Каталог частей для дополнительного заказа . . . . .	22
Приложение 1. Результаты проверки правильности показаний прибора . . . . .	24
Приложение 2. Числа твердости при испытании ал- мазной пирамидой с углом при вер- шине $136^\circ$ . . . . .	27

1. Складываем число делений - диаметр отпечатка.
2. Умножаем число делений на 0,3, получаем мм.
3. Смотрим таблицу чисел твердости.
4. Полученное по табл. число умножаем на 2, если нагрузка 200г.
5. Числа твердости делим на 100, получаем ГПа.

Пример: диаметр отпечатка 60 дел.

$$60 \times 0,3 = 18 \text{ мм, по табл. } 18 \text{ мм} \Rightarrow 572 \text{ - число тв.}$$

$$\text{Нагрузка } 200 \text{ г} \Rightarrow 572 \cdot 2 = 1144 \text{ число тв.}$$

$$1144 / 100 = 11,44 \text{ ГПа - твердость}$$



