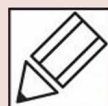


Краткое руководство по высокоточным измерительным приборам



Твердомеры

Методы определения твердости и рекомендации по выбору твердомера

Метод определения	Микротвердость (Микро-Викерс)	Характеристики микро-поверхности материала	По Виккерсу	По Роквеллу	По Супер-Роквеллу	По Бринеллю	По Шору	Для губки, резины, и пластика	По отскоку бойка
Материал									
Полупроводниковая пластина	●	●							
Карбид, керамика (режущий инструмент)		▲	●	●					
Сталь (термически обработанная и необработанная)	●	▲	●	●	●		●		●
Цветной металл	●	▲	●	●	●				●
Пластик		▲		●				●	
Шлифовальный круг				●					
Отливки						●			
Губка, резина								●	
Форма									
Тонкий металлический лист (безопасная бритва, металлическая фольга)	●	●	●		●				
Тонкая пленка, покрытие, покраска, поверхностный слой (нитридный слой)	●	●							
Мелкие детали, игольчатые детали (стрелки часов, игла швейная)	●	▲							
Крупные образцы (структура)						●	●		●
Форма металлического материала (твердость каждого слоя многослойного сплава)	●	●							
Пластина из пластика	▲	▲		●				●	
Губка, резиновая пластина								●	
Применение									
Прочность или физические свойства материала	●	●	●	●	●	●	●	●	▲
Процесс термообработки	●		●	●	●		▲		▲
Глубина науглероженного слоя	●		●						
Глубина обезуглероженного слоя	●		●		●				
Глубина пламенной и высокочастотной закалки	●		●	●					
Испытание на прокаливаемость			●	●					
Максимальная твердость сварочной точки			●						
Твердость сварного шва			●	●					
Высокотемпературная твердость (высокотемпературные характеристики, способность поддаваться обработке в горячем состоянии)			●						
Трещиностойкость (керамика)	●		●						

Обозначения: ● хорошо подходит ▲ умеренно подходит

Методы измерения твердости

(1) По Виккерсу

Твердость по Виккерсу – это метод определения твердости, который шире всего применяется, позволяя провести испытание на твердость с применением произвольного испытательного усилия. Это испытание имеет исключительно большое количество областей применения, в частности, для проведения испытаний на твердость с испытательным усилием менее **9.807Н** (1кгс). Как показано в нижеследующей формуле, твердость по Виккерсу – величина, определяемая путем деления испытательного усилия F (Н) на область контакта S (мм²) между образцом и индентором, которая вычисляется из диагональной длины d (мм, средняя между двух направляющих длин) выемки, образованной при помощи индентора (квадратного пирамидального алмаза, с противоположным углом конуса $\theta=136^\circ$) в образце с использованием испытательного усилия F (Н). k – константа ($1/g=1/9.80665$).

$$HV = k \frac{F}{S} = 0.102 \frac{F}{S} = 0.102 \frac{2F \sin^2 \frac{\theta}{2}}{d^2} = 0.1891 \frac{F}{d^2} \quad \begin{matrix} F: \text{Н} \\ d: \text{мм} \end{matrix}$$

Погрешность в вычисляемой твердости по Виккерсу задана следующей формулой. В ней $\Delta d1$, $\Delta d2$, и 'a' представляют погрешность измерений, возникающая из-за использования микроскопа, погрешность в данных выемки, а длина линии границы созданной противоположными гранями наконечника индентора, соответственно. Единица измерения $\Delta \theta$ – градусы.

$$\frac{\Delta HV}{HV} \approx \frac{\Delta F}{F} - 2 \frac{\Delta d1}{d} - 2 \frac{\Delta d2}{d} - \frac{a^2}{d^2} \cdot 3.5 \times 10^{-3} \Delta \theta$$

(2) По Кнупу

Как показано в следующей формуле, твердость по Кнупу - величина, полученная путем деления испытательного усилия на расчетную площадь A (мм²) выемки, которая вычисляется от наибольшей длины по диагонали d (мм) выемки, образованной путем надавливания ромбоидальным алмазным индентором (Углы противоположного края - $172^\circ 30'$ и 130°) на образец с приложением испытательного усилия F . Твердость по Кнупу может также быть измерена путем замены индентора Виккерса прибором для определения микротвердости с помощью индентора Кнупа.

$$HK = k \frac{F}{A} = 0.102 \frac{F}{A} = 0.102 \frac{F}{\frac{d^2}{\cos^2 \frac{\theta}{2}}} = 1.451 \frac{F}{d^2} \quad \begin{matrix} F: \text{Н} \\ d: \text{мм} \\ c: \text{константа} \end{matrix}$$

(3) Твердость по Роквеллу и Супер-Роквеллу

Для измерения твердости по Роквеллу или Супер-Роквеллу, сначала применяется предварительное усилие, а затем испытательное усилие к образцу и снова усилие предварительной нагрузки с использованием алмазного индентора (угол конуса наконечника: 120° , радиус: 0.2мм) или сферического индентора (стального или твердосплавного шарика). Эта величина твердости получается из формулы твердости, выраженной в виде разницы глубины выемки h (мкм) между усилиями предварительной нагрузки и испытательным усилием. При методе Роквелла используется усилие предварительной нагрузки 98.07 Н, а при методе Супер-Роквелла 29.42Н. Специальное обозначение используемое в сочетании с типом индентора, испытательного усилия, и формулы твердости, известная, как шкала. Японский промышленный стандарт (JIS) определяет различные шкалы твердости.