

Котречко О.О.

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТАТИЧЕСКОЙ И УДАРНОЙ МИКРОТВЕРДОСТИ МЕТАЛЛОВ И ИХ СПЛАВОВ

Разработаны методы определения статической и ударной микротвердости металлов и их сплавов с использованием инденторов новых конструкций, выполненных в виде четырехгранной пирамиды с углами между гранями $\alpha = 90^\circ$ и трехгранной пирамиды с углами при ее вершине $\alpha = 105^\circ$ соответственно, которые обеспечивают в процессе испытаний переход от упругих деформаций к пластическим при меньших значениях величины наклепа. Показатели статической и ударной микротвердости металлов и их сплавов, полученные при исследованиях по предложенным методам, являются более точными по сравнению с существующими стандартными по Кнупу и Виккерсу. Их использование целесообразно для расчета оптимальных размеров и геометрии готовых деталей. Новизна разработанных и предложенных методов подтверждена патентами Украины.

Ключевые слова: металлы, статическая и ударная микротвердость, индентор, пирамида.

Постановка проблемы. Микротвердость поверхностных слоев металлических изделий после химико-термической обработки, лазерной и плазменной наплавки, металлизации и т. п. связана с их износостойкостью, усталостной прочностью, а также надежностью и долговечностью работы готовых изделий. Поэтому для сравнительной оценки отдельно взятых упрочняющих видов обработки металлов и их сплавов целесообразна разработка новых методов определения достоверных значений микротвердости.

Постановка задания. Главной целью работы является повышение точности определения статической и ударной микротвердости металлов и их сплавов за счет разработки новых конструкций инденторов, которые обеспечивают в процессе их вжатия в исследуемое изделие переход от упругих деформаций к пластическим при меньших значениях величин наклепа металла.

Изложение основного материала исследования. Определение статической микротвердости металлов и их сплавов. Известны методы определения статической микротвердости металлов по Кнупу и Виккерсу. Первый и наиболее распространенный метод определения микротвердости по Кнупу [1] был разработан Национальным бюро стандартов Соединенных Штатов Америки (далее – США) в 1939 г. При исследованиях по этому методу используют ромбически-пирамидальный индентор с углами между гранями $172^\circ 30'$ и 130° .

Число твердости по Кнупу составляет:

$$HK = P/0,7028 d^2, \text{ Н/мм}^2,$$

где P – приложенная к образцу нагрузка, H, d – длина длинной диагонали отпечатка, мм.

Недостатком метода Кнупа является то, что отношение глубины отпечатка (h) к длине его большей диагонали (d) составляет примерно $\frac{h}{d} = \frac{1}{30}$, из-за чего в большинстве случаев отпечатки не всегда симметричны, а при их измерении возможны погрешности.

Существующий стандартный метод определения микротвердости металлов по Виккерсу [2] предполагает использование при испытаниях правильной четырехгранной пирамиды с углом между противоположными гранями при вершине $\alpha = 136^\circ$.

Значение микротвердости по Виккерсу рассчитывают по формуле:

$$HV_\mu = 1,8544 \cdot \frac{P}{d^2}, \text{ кН/мм}^2,$$

где P – приложенная к образцу нагрузка, кН; d – среднее арифметическое значение длин двух диагоналей отпечатка пирамиды, мм.

Известно, что вдавливание индентора в металл сопровождается его наклепом [3]. При этом сопротивление проникновению индентора в образец постоянно возрастает и зависит от его геометрии, а полученные значения твердости превышают действительные.

Проведенный анализ существующих стандартных методов определения статической микро-

твердости металлов и их сплавов свидетельствует о необходимости разработки новых конструкций инденторов, которые обеспечат переход от упругих к пластическим деформациям при меньших значениях величины наклепа.

Для определения статической твердости металлов разработана и предлагается конструкция индентора [4] в форме правильной четырехгранной пирамиды с углом при вершине $\alpha = 90^\circ$ (рис. 1).

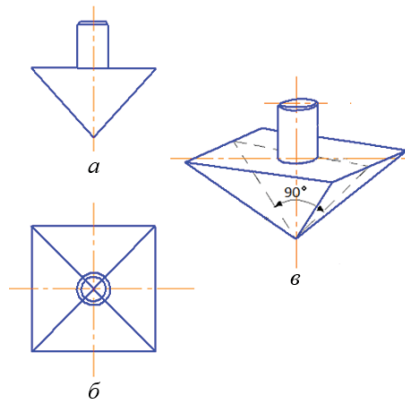


Рис. 1. Конструкция индентора, а и б – соответственно фронтальная и горизонтальная проекции, в – общий вид

Метод расчета статической микротвердости металлов и их сплавов [5] основан на измерении средних арифметических значений двух диагоналей (d_1 и d_2) отпечатка 1 пирамиды 2 в исследуемом изделии 3, полученного от ее вдавливания в образец (рис. 2).

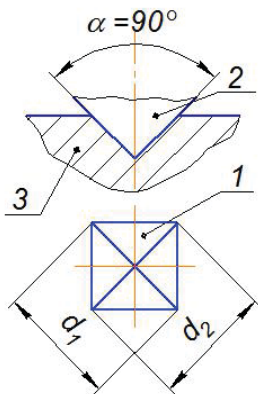


Рис. 2. Схема измерения отпечатка пирамиды. Значение статической микротвердости (HK_μ) определяют отношением нагрузки (P) к площади отпечатка (F) пирамиды, то есть:

$$HK_\mu = \frac{P}{F}, \text{ кН / мм}^2.$$

Площадь полученного отпечатка рассчитывается по формуле:

$$F = \frac{d^2}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{d^2}{1,4142}, \text{ мм}^2,$$

где d – среднее арифметическое значение длин двух диагоналей отпечатка пирамиды мм; α – угол между противоположными гранями при вершине пирамиды, $\alpha = 90^\circ$.

Тогда статическая микротвердость будет равна:

$$HK_\mu = 1,4142 \frac{P}{d^2}, \text{ кН / мм}^2.$$

Определение ударной микротвердости металлов и их сплавов. При определении ударной микротвердости металлов и их сплавов [6] используют в качестве индентора правильную трехгранную пирамиду с углом при вершине $\alpha = 105^\circ$ (рис. 3).

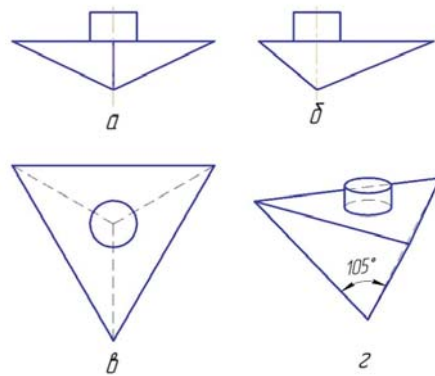


Рис. 3. Конструкция трехгранной пирамиды, а, б и в – фронтальная профильная и горизонтальная проекции индентора соответственно; г – общий вид

Преимущество предлагаемой правильной трехгранной пирамиды по сравнению с известными заключается в том, что она имеет более острую вершину и в процессе испытаний переход от упругих деформаций к пластическим происходит при меньших значениях величин наклепа при одинаковой глубине ее вжатия в металл.

Схема измерения глубины отпечатка, полученного во время ударной нагрузки, представлена на рис. 4.

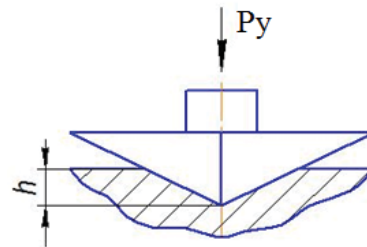


Рис. 4. Схема измерения отпечатка пирамиды

Значение ударной микротвердости металлов и их сплавов определяют по формуле:

$HK_\mu = \frac{P_y}{F}, \text{ кН/мм}^2$, где P_y – величина прилагаемой ударной нагрузки, кН; F – площадь отпечатка индентора, мм².

Площадь полученного отпечатка трехгранной пирамиды с углом при вершине $\alpha = 105^\circ$ составляет:

$$F = 9h^2, \text{ мм}^2,$$

где h – глубина отпечатка, мм.

Тогда ударная микротвердость будет равна:

$$HK_{\mu} = \frac{P_y}{9h^2}, \text{ кН/мм}^2.$$

Выводы. Использование предложенных конструкций инденторов уменьшает величину наклепа в процессе их вдавливания в металл, в результате чего показатели значений статической и ударной микротвердости, полученные разрабо-

танными методами, являются более точными по сравнению с используемыми стандартными по Кнупу и Виккерсу. Для разработки оптимальных размеров и геометрии готовых изделий и обеспечения их надежности и долговечности целесообразно применение разработанных методов определения статической и ударной микротвердости металлов при исследованиях достоверных механических свойств целесообразно, которое может быть рекомендовано заводским и конструкторским бюро машиностроительных отраслей.

Список литературы:

1. Knoop F., Peters Ch.G., Emerson W.G.I. Bur. Standarts. 1939. V. 23, № 1. National Bureau of the United States.
2. ГОСТ 2999–75, СТ СЭВ 470–77. Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Виккерсу. Metals and alloys. Vickers hardness test by diamond pyramid.
3. Werkstoffprüfung von Metallen. Von einem Autorenkollektiv Federführung / Dr. Karl Nitzsche. Veb Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie. Leipzig. 1963.
4. Испытания металлов: сборник статей / под ред. К. Нитцше. Перевод с нем. Е. Лайнер и др. М.: Металлургия, 1967. 452 с.
5. Патент Украины № 104631. Бюл. №3 от 10 февраля 2016 г. Индентор для определения микротвердости металлов и их сплавов по Котречку.
6. Патент Украины № 103685. Бюл. № 24 от 25 декабря 2015 г. Способ определения микротвердости металлов и их сплавов по Котречку.
7. Патент Украины № 110576. Бюл. № 10 от 10 октября 2016 г. Метод определения ударной твердости металлов и их сплавов по Котречку.

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ СТАТИЧНОЇ ТА УДАРНОЇ МІКРОТВЕРДОСТІ МЕТАЛІВ ТА ЇХ СПЛАВІВ

Розроблено методи визначення статичної й ударної микротвердості металів та їх сплавів із використанням індентора нових конструкцій, виконаних у вигляді чотиригранної піраміди з кутами між гранями $\alpha = 90^\circ$ і тригранної піраміди з кутами при її вершині $\alpha = 105^\circ$, які забезпечують у процесі випробувань перехід від пружних деформацій до пластичних за менших значень величини наклепу. Показники статичної і ударної микротвердості металів та їх сплавів, отримані під час досліджень запропонованими методами, є більш точними порівняно з наявними стандартними за Кнупом і Віккерсом. Їх використання ядочільне для розрахунку оптимальних розмірів і геометрії готових деталей. Новизна розроблених і запропонованих методів підтверджена патентами України.

Ключові слова: метали, статична і ударна микротвердість, індентор, піраміда.

METHODS FOR THE DETERMINATION OF STATIC AND PERCUSSIONS MICROHARDNESS OF METALS AND THEIR ALLOYS

Methods have been developed for determining the static and shock microhardness of metals and their alloys using indentors of new structures made in the form of a tetrahedral pyramid with corners between the faces $\alpha = 90^\circ$ and a triangular pyramid with corners at its apex $\alpha = 105^\circ$, which ensure the transition from elastic deformations to plastic ones at smaller values of plastic hardening. Values of static and shock microhardness of metals and their alloys obtained in the studies by the proposed methods are more accurate than the existing standard Knoop and Vickers. Their use is useful for calculating the optimal dimensions and geometry of finished parts. The novelty of the developed and proposed methods is confirmed by the patents of Ukraine.

Key words: metals, static and percussions microhardness, indenter, pyramid.