

Котречко О.О.

Національний університет біоресурсів і
природокористування України
oleksiykotrechko@gmail.com

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ СТАТИЧНОЇ І УДАРНОЇ
МІКРОТВЕРДОСТІ МЕТАЛІВ ТА ЇХ СПЛАВІВ ПО
КОТРЕЧКУ

УДК 620.178.153.2

Розроблені методи визначення статичної і ударної мікротвердості металів та їх сплавів з використанням інденторів нових конструкцій, виконаних відповідно у вигляді чотиригранної піраміди з кутами між гранями $\alpha = 90^\circ$ і тригранної піраміди з кутами при її вершині $\alpha = 105^\circ$, які забезпечують в процесі випробувань перехід від пружних деформацій до пластичних при менших значеннях величини наклепу. Показники статичної і ударної мікротвердості металів і їх сплавів, отримані при дослідженнях за запропонованими методами, є більші точними в порівнянні з існуючими стандартними по Кнупу і Віккерсу. Новизна запропонованих методів підтверджена патентами України

Ключові слова: метал, статична і ударна мікротвердість, індентор, чотиригранна піраміда, тригранна піраміда.

Постановка проблеми

Мікротвердість поверхневих шарів металевих виробів після хіміко-термічної обробки, лазерного і плазмового наплавлення, металізації, наклепу тощо пов'язана з їх зносостійкістю, втомною міцністю, а також надійністю і довговічністю роботи готових виробів. Тому, з метою порівняльної оцінки окремо взятих зміцнюючих видів обробки металів та їх сплавів, розробка нових методів визначення достовірних значень мікротвердості, є доцільною.

Мета статті

Головною метою статті даної роботи є підвищення точності визначення статичної і ударної мікротвердості металів та їх сплавів за рахунок розробки нових конструкцій інденторів, які забезпечують процес їх втиснення у досліджуваний виріб перехід від пружних деформацій до пластичних при менших значеннях величин наклепу металу.

1. Визначення статичної мікротвердості металів і їх сплавів.

Відомі методи визначення статичної мікротвердості металів по Кнупу і Віккерсу. Перший запропонований і найбільш розповсюджений метод визначення мікротвердості по Кнупу [1] був розроблений Національним бюро стандартів США в 1939 році. Згідно цього методу при дослідженнях використовують ромбічно-пірамідальний індентор, з кутами між гранями $172^\circ 30'$ і 130° .

Число твердості по Кнупу становить: $HK = P/0,7028 d^2$, Н/мм²,

де P – прикладене навантаження, Н; d – довжина довгої діагоналі відбитка, мм².

Недоліком методу Кнупа є те, що відношення глибини відбитка (h) до його довжини великої діагоналі (d) становить приблизно $\frac{h}{d} = \frac{1}{30}$, внаслідок чого в більшості випадків відбитки не завжди симетричні і при їх вимірюванні можливі похибки.

Існуючий стандартний метод визначення мікротвердості металів по Віккерсу [2] передбачає при випробуваннях використовувати правильну чотиригранну піраміду з кутом між протилежними гранями при вершині $\alpha = 136^\circ$.

Значення мікротвердості по Віккерсу розраховують за формулою:

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

де P – прикладене навантаження, кН ;

d – середнє арифметичне значення довжин двох діагоналей відбитку піраміди, мм .

Відомо, що втискування індентора в метал супроводжується його наклепом [3]. При цьому опір проникненню індентора в зразок постійно зростає і залежить від його геометрії, а отримані значення твердості перевищують дійсні.

Проведений аналіз існуючих стандартних методів визначення статичної мікротвердості металів та їх сплавів свідчить про необхідність розробки нових конструкцій інденторів, які забезпечать перехід від пружних до пластичних деформацій при менших значеннях величини наклепу.

Для визначення статичної твердості металів розроблена і пропонується конструкція індентора [4] у формі правильної чотиригранної піраміди з кутом при вершині $\alpha = 90^\circ$ (рис. 1).

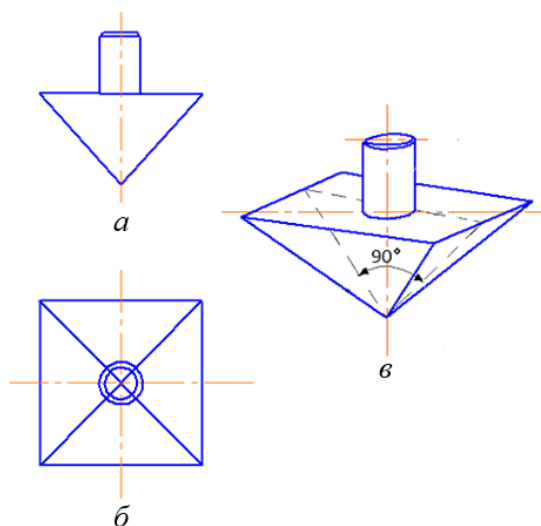


Рис. 1. Конструкція індентора :
 a і b – відповідно фронтальна і горизонтальна проєкції; $в$ – загальний вигляд.

Метод розрахунку статичної мікротвердості металів та їх сплавів [5] заснований на вимірі середніх арифметичних значень двох діагоналей (d_1 і d_2) відбитку 1 піраміди 2 на досліджуваному виробі 3, отриманого від її втискування в зразок (рис. 2).

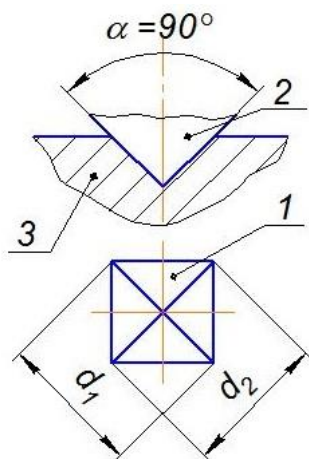


Рис. 2. Схема виміру відбитку піраміди.

Значення статичної мікротвердості (HK_{μ}) визначають відношенням навантаження (P) до площі відбитку (F) піраміди, тобто:

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

Площу отриманого відбитку розраховують за формулою:

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

де d – середнє арифметичне значення довжин двох діагоналей відбитку піраміди, мм;
 α – кут між протилежними гранями при вершині піраміди, $\alpha = 90^{\circ}$.

Тоді статична мікротвердість буде дорівнювати:

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

2. Визначення ударної мікротвердості металів і їх сплавів.

При визначенні ударної мікротвердості металів і їх сплавів [6] використовують в якості індентора правильну тригранну піраміду з кутом при вершині $\alpha = 105^{\circ}$ (рис. 3).

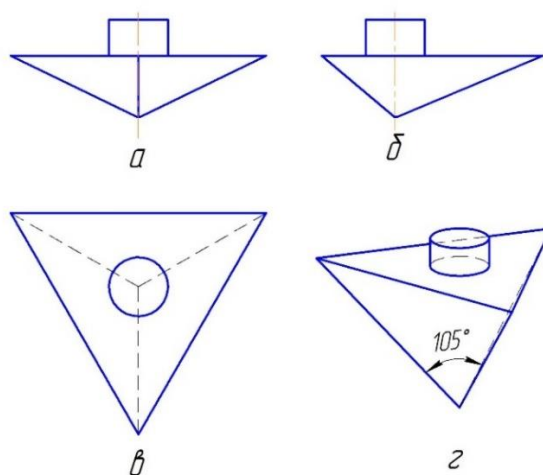


Рис. 3. Конструкція тригранної піраміди:
 a, b і c – відповідно фронтальна, профільна і горизонтальна проєкції індентора; d – загальний вид.

Перевага запропонованої правильної тригранної піраміди в порівнянні з відомими полягає в тому, що має більш гостру вершину і в процесі випробувань перехід від пружних деформацій до пластичних відбувається при менших значеннях величин наклепу при однаковій глибині її втиснення у метал.

Схема вимірювання глибини відбитка, отриманого під час ударного навантаження представлена на рис. 4.

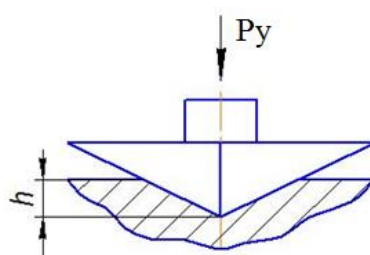


Рис. 4. Схема виміру відбитка піраміди.

Значення ударної мікротвердості металів та їх сплавів визначають за формулою:

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

де P_y – величина прикладеного ударного навантаження, кН; F – площа відбитку індентора, мм².

Площа отриманого відбитка тригранної піраміди з кутом при вершині $\alpha=105^\circ$ становить: $F=9h^2$, мм², де h – глибина відбитка, мм.

Тоді:

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

Висновки і пропозиції.

Використання запропонованих конструкцій інденторів зменшує величину наклепу під час їх втиснення у метал, внаслідок чого показники значень статичної і ударної мікротвердості отримані за розробленими методами є більш точними, ніж стандартні по Кнупу і Віккерсу. З метою розробки оптимальних розмірів і геометрії готових виробів та забезпечення їх надійності і довговічності, застосування розроблених методів визначення статичної і ударної мікротвердості металів при дослідженнях механічних властивостей металів є доцільним і може бути рекомендовано заводським і конструкторським бюро машинобудівних галузей.

Література

1. Кнооп F., Peters Ch.G., Emerson W.G.I., Res. 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. Испытания металлов. Сборник статей под редакцией К. Нитцше. Перевод с немецкого Е.В.Лайнер и др. М.: Металлургия, 1967, - 452 с.
4. Патент України №104631. Бюл. №3 від 10.02.2016р. Індентор для визначення мікротвердості металів та їх сплавів по Котречку.
5. Патент України №103685. Бюл. №24 від 25.12.2015р. Спосіб визначення мікротвердості металів та їх сплавів по Котречку.
6. Патент України №110576. Бюл. №10 від 10.10.2016р. Метод визначення ударної твердості металів та їх сплавів за Котречком.

Summary

Kotrechko A.A. Methods of static and percussion microhardness metals and alloys in Kotrechku

Methods for determining the static and dynamic micro-hardness of metals using the new designs indenter. These indenter are four-sided pyramid with the angles between the faces of $\alpha = 90^\circ$ and three-edged pyramid with its top corners at $\alpha = 105^\circ$. This geometry of an indenter reduces the value of work hardening during a measurement of hardness. Values of static and dynamic microhardness of metals and alloys, obtained by the proposed methods are more accurate

than the conventional Knoop and Vickers methods. The novelty of the proposed method is confirmed by patents of Ukraine

Keywords: *metal, static and impact microhardness, indenter, four-sided pyramid, triangular pyramid.*

References

1. Knoop F., Peters Ch.G., Emerson W.G.I., Res. Bur. Standarts, 1939, v. 23, #1. National Bureau of the United States.
2. GOST 2999-75, ST SЭV 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. Успытанья металлов. Сборник статей под редакцией К. Нитцше. Перевод с немецкого Е.В.Лайнер и др. М.: Металлургия, 1967, - 452 с.
4. Patent Ukrainy` №104631. Byul. №3 vid 10.02.2016r. Indentor dlya vy`znachennya mikrotverdosti metaliv ta yix splaviv po Kotrechku.
5. Patent Ukrainy` №103685. Byul. №24 vid 25.12.2015r. Sposib vy`znachennya mikrotverdosti metaliv ta yix splaviv po Kotrechku
6. Patent Ukrainy` №110576. Byul. №10 vid 10.10.2016r. Metod vy`znachennya udarnoyi tverdosti metaliv ta yix splaviv za Kotrechkom