



УКРАЇНА

(19) UA (11) 53640 (13) U
(51) МПК (2009)
G01N 3/00
G01N 3/40

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ТВЕРДОСТІ МАТЕРІАЛІВ

1

(21) u201005035

(22) 26.04.2010

(24) 11.10.2010

(46) 11.10.2010, Бюл.№ 19, 2010 р.

(72) МОЩЕНОК ВАСИЛЬ ІВАНОВИЧ, КУХАРЕВА
ІРИНА ЄВГЕНІВНА, МОЩЕНОК АНДРІЙ ВАСИ-
ЛЬОВИЧ

(73) ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІ-
ЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ, МОЩЕНОК
ВАСИЛЬ ІВАНОВИЧ

(57) Спосіб визначення відновленої твердості ма-
теріалів, який полягає в тому, що твердість визна-
чається при кінетичному індентуванні поверхні
матеріалу індентором відомої форми з безперерв-
ною фіксацією навантаження на індентор та гли-
бини втискування в матеріал з побудовою кривої

2

індентування в координатах "навантаження - пе-
реміщення індентора", який **відрізняється** тим,
що визначається глибина відновленого відбитка,
після чого визначається твердість за формулою:

$$H_{IT}^{\text{віднов}} = \frac{F_{\text{max}}}{S_{h_{\text{ост.конт}}}},$$

де $H_{IT}^{\text{віднов}}$ - відновлена твердість матеріалу, ви-
значена при кінетичному індентуванні, Н/мм²;

F_{max} - максимальне навантаження на індентор, Н;

$S_{h_{\text{ост.конт}}}$ - площа втиснутої частини індентора в
момент останнього контакту з матеріалом при роз-
вантаженні, мм.

Корисна модель належить до галузі матеріа-
лознавства, а саме до способів визначення меха-
нічних властивостей матеріалів.

Відомі способи визначення твердості матеріа-
лів за методом відновленого відбитку (ГОСТ 2999-
75. Металлы и сплавы. Метод измерения твердос-
ти по Виккерсу; ГОСТ 9012-59 Метод измерения
твердости по Бринеллю), що полягають у втиску-
ванні в поверхню досліджуваного відбитку інден-
тора певної форми (кульки, піраміди) при фіксова-
ному навантаженні. Після витримки втиснутого
індентора протягом певного часу навантаження
знімають та визначають характеристичні розміри
пластичного відбитку: діаметр або довжину діаго-
налі. Твердість визначають як відношення наван-
таження до площі поверхні відновленого відбитку
або за спеціальними таблицями.

Проте, вказані способи не дають задовільних
результатів при визначенні твердості тонких шарів
або дуже твердих матеріалів, коли розміри відбит-
ку визначається нанометрами. Навіть за допомо-
гою сучасних засобів оптичної та електронної мік-
роскопії не завжди можливо з високою точністю
визначити характеристичний розмір відновленого
відбитку.

Відомий спосіб (Applications Bulletin / Editor
Nicholas Randall: [Електрон.ресурс]. - Режим дос-
тупу: <http://www.csm->

[instruments.com/en/webfmsend/29](http://www.instruments.com/en/webfmsend/29)), що полягає у
визначенні твердості за дійсною площею відбитку.
Досліджувана дільниця матеріалу сканується за
допомогою скануючого силового мікроскопу. Після
чого за допомогою індентора певної форми при
фіксованому навантаженні роблять відбиток та
виконують повторне сканування. За одержаними
параметрами дійсного відбитку підраховують його
площу. Твердість визначається відношенням на-
вантаження до відповідної дійсної площі відновле-
ного відбитку.

Недоліком цього способу є те, що голка ска-
нуючого мікроскопу має порівняно значні розміри
та може зазнавати деформацію під час скануван-
ня, що вносить суттєву похибку в кінцевий резуль-
тат. Крім того, постає необхідність у складному та
коштовному обладнанні.

Відомий спосіб визначення твердості при інде-
нтуванні матеріалів (ISO 14577:2002(E) Metallic
materials - Instrumented indentation test for hardness
and materials parameters. Part 1: Test method), що
полягає у втискуванні в поверхню досліджуваного
матеріалу індентора певної форми (частіше піра-
мідального) з фіксацією навантаження та глибини
втискування індентора. Визначається глибина кон-
такту між індентором та зразком за способом Олі-
вера та Фарра (Oliver W.C., Pharr G.M. An improved
technique for determining hardness and elastic

(13) U
(11) 53640
(19) UA

modulus using load and displacement sensing indentation experiments // J. Mater. Res. - 1992. - 7. No 6. - P.1564-1583.) як частина повного переміщення індентора. Повне переміщення індентора дорівнює:

$$h = h_c + h_s + h_f + h_{id},$$

де h - повне переміщення індентора, мм;

h_c - глибина контакту, мм;

h_s - висота пружного прогину матеріалу на краї відбитку, мм;

h_f - пружний прогин силової рами, мм;

h_{id} - теплове розширення стрижня, на якому закріплено індентор, мм.

Для визначення пружного прогину силової рами та теплового розширення стрижня з індентором достатньо знати повну характеристику застосованого приладу. Висота пружного прогину матеріалу на краї відбитка знаходиться розрахунковим шляхом за формулою:

$$h_s = \frac{\varepsilon P_{\max}}{S},$$

де h_s - висота пружного прогину матеріалу на краї відбитку, мм;

ε - коефіцієнт, що залежить від форми індентора,

$P_{\max}$ - максимальне навантаження на індентор, Н;

S - жорсткість контакту визначається за кутом нахилу дотичної до першої третини кривої розвантаження: $S = \frac{dP}{dh}$. Достовірне визначення жорсткості контакту можливе лише з використанням спеціального програмного забезпечення.

Знаючи всі складові знаходиться глибина контакту h_c . Далі визначається площа проекції відбитку при максимальному навантаженні на глибині контакту. Твердість визначається відношенням максимального навантаження на індентор до площі проекції відбитку при максимальному навантаженні.

Даний спосіб є найбільш близький до способу, що заявляється, тому обраний в якості найближчого аналогу.

Недоліком вказаного способу є те, що визначення глибини контакту є надто складним, тому виконується за допомогою комп'ютерної техніки з розробкою спеціального програмного забезпечення. Крім того, беручи до уваги, що жорсткість контакту розраховується графічним методом, а також мають бути враховані багатофакторні параметри, як то прогин силової рами та термічне розширення стрижня індентора, виникає значна похибка у розрахунках.

В основу корисної моделі покладено задачу підвищення точності та технологічності способу визначення твердості шляхом розрахунку твердості відновленого відбитку за площею останнього

контакту індентора з матеріалом, що досліджується.

Поставлена задача досягається тим, що в способі визначення твердості матеріалів, що включає кінетичне ідентування матеріалу, визначення глибини контакту та площі проекції відбитку, згідно корисної моделі, визначають глибину останнього контакту індентора з матеріалом та розраховують відновлену твердість за формулою:

$$H_{IT}^{\text{віднов}} = \frac{F_{\max}}{S_{h_{\text{OCT. KOHT.}}}},$$

де $H_{IT}^{\text{віднов}}$ - відновлена твердість матеріалу, визначена при кінетичному ідентуванні, Н/мм²;

$F_{\max}$ - максимальне навантаження на індентор, Н;

$S_{h_{\text{OCT. KOHT.}}}$ - площа втиснутої частини індентора в момент останнього контакту з матеріалом при розвантаженні, мм. Спосіб виконується наступним чином.

В поверхню матеріалу втискується індентор певної форми при цьому безперервно фіксується навантаження та відповідна глибина втискання. Після досягання максимального навантаження відбувається витримка цього зусилля протягом деякого часу, після чого відбувається поступове зменшення навантаження до нульової позначки, що супроводжується пружним відновленням відбитку. Під час відновлення зменшуються розміри відбитку, а при досягненні навантаженням нульової відмітки фіксується глибина відновленого відбитку. Визначається глибина втискання індентора в момент останнього контакту (глибина відновленого відбитку), наприклад, за діаграмою кінетичного ідентування (Fig.1). За одержаною величиною визначається площа відновленого відбитку з урахуванням форми індентора. Відновлена твердість підраховується як відношення:

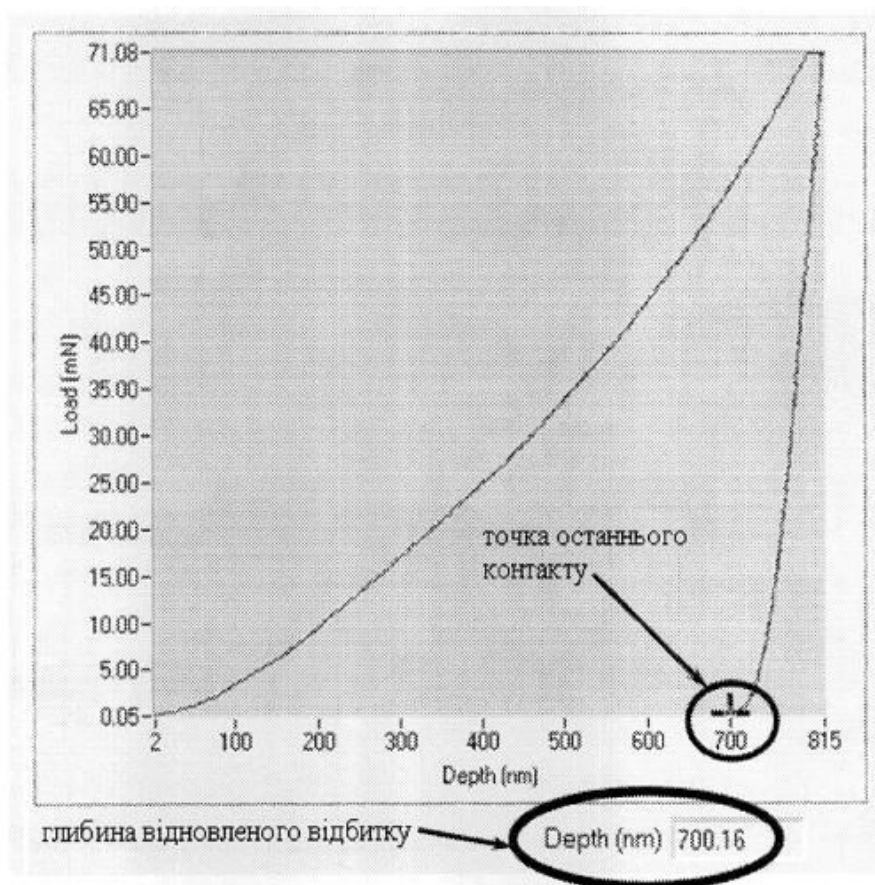
$$H_{IT}^{\text{віднов}} = \frac{F_{\max}}{S_{h_{\text{OCT. KOHT.}}}},$$

де $H_{IT}^{\text{віднов}}$ - відновлена твердість матеріалу, визначена при кінетичному ідентуванні, Н/мм²;

$F_{\max}$ - максимальне навантаження на індентор, Н;

$S_{h_{\text{OCT. KOHT.}}}$ - площа втиснутої частини індентора в момент останнього контакту з матеріалом при розвантаженні, мм.

Запропонований спосіб дозволяє визначати відновлену твердість матеріалу за точкою останнього контакту індентора з матеріалом при розвантаженні, що значною мірою розширює межі застосування способу відновленої твердості та дозволяє визначати нанотвердість матеріалу за відновленням відбитком. Підвищення достовірності одержаних результатів досягається за рахунок значного спрощення методики розрахунку, а також завдяки відмові від графічного визначення невідомих характеристик.



Фіг. 1