



УКРАЇНА

(19) UA (11) 46562 (13) U
(51) МПК (2009)
G01N 3/40МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) УНІВЕРСАЛЬНИЙ ТВЕРДОМІР

1

2

(21) u200907485

(22) 17.07.2009

(24) 25.12.2009

(46) 25.12.2009, Бюл.№ 24, 2009 р.

(72) МОЩЕНОК ВАСИЛЬ ІВАНОВИЧ, БОНДАРЕНКО СВІТЛАНА ІВАНІВНА, ДОЩЕЧКІНА ІРИНА ВАСИЛЬОВНА, КУХАРЕВА ІРИНА ЄВГЕНІВНА

(73) ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) Універсальний твердомір, що містить на нижній частині станини механізм підйому опорного столу, а на верхній - шпindel змінним зафіксованим на ньому індентором, який відрізняється тим, що він додатково містить механізм фіксації величини навантаження на індентор, що включає тензодатчик, механічно жорстко зв'язаний зі шпинделем, а електрично - з аналоговим цифровим перетворювачем, та індикатор глибини переміщення індентора в поверхню зразка, розташованого на столі механізму підйому, який функціонально суміщений з механізмом безперервного навантаження під час одномоментного контакту зразка з індентором і ніжкою індикатора глибини проникнення індентора.

Корисна модель належить до вимірювальної техніки, а саме для визначення твердості різних матеріалів і може застосовуватися для оцінки якості матеріалів в промисловості і в науково-дослідницьких роботах.

Відомий твердомір Роквелла [1], який містить станину, на нижній частині якої розміщено механізм підйому з опорним столом, а в верхній частині - вузол шпинделя з підпружиненим індентором, механічно зв'язаним з важелем, що має підвіску для змінних вантажів механізму навантаження та індикатором твердості. Число твердості читається безпосередньо з індикатора і відповідає формулам:

$$\text{HRC (HRA)} = 100 - \frac{h - h_0}{0,002} \quad (\text{для алмазного конуса в якості індентора}),$$

$$\text{HRB} = 130 - \frac{h - h_0}{0,002} \quad (\text{для сталевий кульки}),$$

де HRC (HRA) - твердість за шкалою C(A), HRB твердість за шкалою B, h - глибина відбитку після зняття основного навантаження, мм; h_0 - глибина проникнення індентора під дією попереднього навантаження, мм; 0,002 - ціна поділки індикатора, мм.

Призначення твердоміра як метрологічного пристрою є вимірювання глибини відбитку індентора в поверхні зразка під дією навантаження. Достовірність і точність результатів вимірювання є основними показниками пристрою і мають велике

значення для визначення якості матеріалу. З цієї точки зору твердомір за прототипом має ряд недоліків, які є наслідком його конструктивного рішення, а саме:

- прилад за прототипом дозволяє одержати число твердості, яке характеризує умовну глибину проникнення індентора в поверхню зразка і не має розмірності, тому його важко зіставити з числами твердості, одержаними на інших твердомірах (Бринелля, Віккерса), що являють собою відношення зусилля втискування індентора до площі поверхні відбитка і мають розмірність Н/мм² (кгс/мм²);

- можливість використання тільки двох типів інденторів (кульки, конуса) через те, що величина навантаження забезпечує функцію тільки таких інденторів;

- неможливість безперервного індентування завдяки тому, що в механізмі передбачено тільки дві стадії навантаження - попереднє за допомогою пружини і основне - через вантажний важіль із змінними фіксованими одиницями вантажу (100кгс для кульки, 60 та 150кгс для конуса). При цьому твердість визначається за відновленим відбитком, тобто після зняття основного навантаження і характеризує тільки пластичну складову деформації матеріалу при вдавлюванні, оскільки пружна деформація зникає після зняття навантаження, в той час, як для багатьох матеріалів (дуже твердих, з високою пружністю) пружна складову деформації досить велика. Таким чином, пристрій не забезпечує можливості вимірювання дійсної глибини про-

(13) U

(11) 46562

(19) UA

никнення індентора в поверхню випробуваного матеріалу. Показники, одержані на пристрої, не враховують пружну складову деформації при випробуванні;

- наслідком того, що в механізмі навантаження передбачено тільки вимірювання при фіксованих за величиною вантажах, можна одержати лише обмежені дані про властивості матеріалу;

- пристрій не дає прямої інформації в цифровому вигляді про глибину проникнення індентора в поверхню досліджуваного матеріалу.

В основу корисної моделі поставлено задачу удосконалення метрологічних властивостей твердоміру Роквелла шляхом забезпечення безперервного індентування досліджуваного зразка при поступовому збільшенні навантаження від 0 до максимальної величини з фіксацією цифрових величин навантаження і глибини проникнення індентора в поверхню матеріалу, що дозволить одержати достовірні вихідні дані для визначення поверхневої $H_{\text{пов}}$ [2], (яку раніше визначали як універсальну H_y [3, 5]) і об'ємної $H_{\text{об}}$ [2], (яку раніше визначали як істинну H_i [4-7, 8], твердості матеріалу за відповідними формулами в залежності від геометрії індентора [5-8] з наступною побудовою кривих залежності твердості і глибини проникнення індентора в поверхню матеріалу від величини навантаження.

Поверхнева твердість $H_{\text{пов}}$ визначається як відношення навантаження на індентор F в Н до площі поверхні відбитку під навантаженням A в мм^2

$$H_{\text{пов}} = \frac{F}{A} \text{ Н/мм}^2,$$

Об'ємна твердість $H_{\text{об}}$ визначається як відношення навантаження на індентор F в Н до об'єму проникної частини індентора під навантаженням V в мм^3

$$H_{\text{пов}} = \frac{F}{V} \text{ Н/мм}^2$$

При цьому A і V підраховують, виходячи з геометрії індентора і глибини його проникнення в поверхню матеріалу h (мм).

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що відомий твердомір, що містить на нижній частині станини механізм підйому опорного столу, а на верхній шпindel з'єднаний змінним зафіксованим на ньому індентором, у відповідності до корисної моделі додатково містить механізм фіксації величини навантаження на індентор, що включає тензодатчик, механічно жорстко зв'язаний зі шпindelом, а електрично - з аналоговим цифровим перетворювачем (АЦП), та індикатор глибини переміщення індентора в поверхню зразка, розташованого на столі механізму підйому, який функціонально суміщений з механізмом безперервного навантаження під час одномоментного контакту зразка з індентором і ніжкою індикатора глибини проникнення індентора.

Однчасна реєстрація величин навантаження і глибини проникнення індентора здійснюється, наприклад, відеокамерою, встановленою з можливістю фіксації показників на АЦП і індикаторі. При випробуванні можуть бути використані індентори з

різних матеріалів та різної форми (кульки різного діаметру, конус, піраміди Віккерса і Берковича).

Показники твердості при різних навантаженнях одержують за формулами, в яких враховано геометрію індентора [5-8].

На Фіг. представлена схема приладу. На нижній частині станини 1, з'єднаний з верхньою частиною 2 стійкою 3, розміщено механізм підйому, який складається з підйомного гвинта 4, маховика 5, втулки 6 і опорного столу 7. В верхній частині станини містяться вузол шпинделя 8, на якому закріплено індентор 9; тензодатчик 10 з аналоговим цифровим перетворювачем 12 і індикатор 13, ніжка якого 14 розташована у отворі тензодатчика і має можливість торкатися поверхні зразка 11. На відстані, що гарантує видимість обох шкал (АЦП та індикатора проникнення індентора), встановлено, наприклад, відеокамеру 15.

Універсальний твердомір працює у такий спосіб. Зразок або виріб 11 встановлюють на опорний стіл 7. Включають АЦП 12 і відеокамеру 15. Підводять зразок до індентора і ніжки індикатора. Навантаження на індентор здійснюють піджимом зразка до індентора за допомогою механізму підйому. При цьому відбувається плавне навантаження від 0 до максимальної величини обертанням маховика. Величина навантаження F в Н фіксується аналоговим цифровим перетворювачем (АЦП) 12, а глибина проникнення індентора h в мм індикатором 13. В момент початку відліку навантаження F на АЦП 12 значення h на шкалі індикатора приймають за 0. Відеокамера 15 зчитує показання АЦП і індикатора і фіксує їх безперервно. Після досягнення F_{max} обертанням маховика 5 відводять опорний стіл 7 із зразком від індентора і знімають зразок.

Поверхневу твердість $H_{\text{пов}}$ визначають за формулами (1-8) [5-7].

Для кульок різного діаметру (1,588; 2,5; 5; 10мм)

$$H_{\text{пов}}^{\text{кул}, 1,588} = \frac{F}{4,99 \cdot h} \text{ Н/мм}^2 \quad (1)$$

$$H_{\text{пов}}^{\text{кул}, 2,5} = \frac{F}{7,854 \cdot h} \text{ Н/мм}^2, \quad (2)$$

$$H_{\text{пов}}^{\text{кул}, 5} = \frac{F}{15,708 \cdot h} \text{ Н/мм}^2, \quad (3)$$

$$H_{\text{пов}}^{\text{кул}, 10} = \frac{F}{31,4159 \cdot h} \text{ Н/мм}^2, \quad (4)$$

Для алмазного конуса з кутом при вершині 120° і радіусом сферичної частини 0,2мм:

$$H_{\text{пов}}^{\text{кон}, 120} = \frac{F}{1,257 \cdot h} \text{ Н/мм}^2, \text{ якщо } h \leq 0,027 \text{ мм}, \quad (5)$$

$$H_{\text{пов}}^{\text{кон}, 120} = \frac{F}{10,88 \cdot h^2 + 0,66824 \cdot h + 0,00796} \text{ Н/мм}^2, \text{ якщо } h > 0,027 \text{ мм}. \quad (6)$$

Для піраміди Віккерса з кутом між протилежними гранями 136° :

$$H_{\text{пов}}^{\text{ВВ}, 136} = \frac{F}{26,428 \cdot h^2} \text{ Н/мм}^2, \quad (7)$$

Для піраміди Берковича:

$$H_{\text{пов}}^{\text{ПБ65,03}} = \frac{F}{26,4342 \cdot h^2} \text{ Н/мм}^2, (8)$$

Об'ємну твердість $H_{\text{об}}$ визначають за формулами (9-16) [7-8]. Для кульок різного діаметра (1,588; 25; 5; 10мм):

$$H_{\text{об}}^{\text{кул}1,588} = \frac{F}{1,04719 \cdot h^2 \cdot (0,382 - h)} \text{ Н/мм}^3, (9)$$

$$H_{\text{об}}^{\text{кул}2,5} = \frac{F}{1,04719 \cdot h^2 \cdot (0,75 - h)} \text{ Н/мм}^3, (10)$$

$$H_{\text{об}}^{\text{кул}5} = \frac{F}{1,04719 \cdot h^2 \cdot (0,5 - h)} \text{ Н/мм}^3, (11)$$

$$H_{\text{об}}^{\text{кул}10} = \frac{F}{1,04719 \cdot h^2 \cdot (5 - h)} \text{ Н/мм}^3, (12)$$

Для алмазного конуса з кутом при вершині 120° і радіусом сферичної частини 0,2мм:

$$H_{\text{об}}^{\text{кон}120} = \frac{F}{1,0472 \cdot h^2 \cdot (0,6 - h)} \text{ Н/мм}^3, \text{ якщо}$$

$h \leq 0,027\text{мм}, (13)$

$$H_{\text{об}}^{\text{кон}120} = \frac{F}{3,1414 \cdot h^3 + 0,2895 \cdot h^2 + 0,0089 \cdot h - 0,000069} \text{ Н/мм}^3$$

, (14)

якщо $h > 0,027\text{мм}$.

Для піраміди Віккерса з кутом між протилежними гранями 136° :

$$H_{\text{об}}^{\text{ПВ}136} = \frac{F}{8,168 \cdot h^3} \text{ Н/мм}^3, (15)$$

Для піраміди Берковича:

$$H_{\text{об}}^{\text{ПБ65,03}} = \frac{F}{10,3107 \cdot h^3} \text{ Н/мм}^3, (16)$$

У вищенаведених формулах F - навантаження на індентор в Н; h - глибина проникнення індентора в мм.

Підраховують $H_{\text{пов}}$ та $H_{\text{об}}$ при різних навантаженнях і будують графіки залежності твердості і глибини проникнення індентора h від величини навантаження F .

Визначені відрізняльні ознаки приладу, що заявляється, знаходяться у причинно-наслідковому зв'язку з технічним результатом, який може бути досягнуто при реалізації приладу.

Забезпечення безперервного плавного навантаження на зразок від 0 до максимального значення і безперервна фіксація даних дозволили усунути ряд недоліків прототипу та одержати декілька позитивних результатів, а саме:

- одержані дані мають розмірність і цифровий вираз, їх можливо зіставляти з числами твердості, одержаних на інших твердомірах;

- можливість одержання дійсних і достовірних значень вимірювання глибини проникнення індентора в поверхню матеріалу, що значно розширює метрологічні можливості приладу, такі як:

- можливість застосовувати індентори різних геометричних форм, що поряд з іншими перевагами надає пристрою універсальний характер.

- можливість одержати показники таких сучасних видів твердості, як поверхнева і об'ємна;

- визначення твердості за відновленим відбитком, що дозволяє врахувати як пластичну, так і пружну складову деформації при вдавлюванні, чим значно розширюється номенклатурний перелік досліджуваних матеріалів;

- можливість застосувати метод кінетичної твердості, обов'язковою умовою якого є безперервна реєстрація процесу безперервного вдавлювання індентора в координатах "навантаження на індентор F - глибина h його проникнення в поверхню матеріалу", внаслідок чого стало можливим збудувати кінетичну криву вдавлювання індентора та одержати на її основі стандартну криву одновісного розтягу з наступним визначенням механічних властивостей матеріалу;

Авторами вивчений достатній об'єм як технічної, так і патентної літератури, але пристрою для вимірювання твердості матеріалів з такими ознаками, як в заявляемому, не виявлено. Пристрій є технічно завершеним і його промислове застосування очевидно.

Просимо надати рішення, що заявляється, юридичну охорону у вигляді патенту України на корисну модель.

Джерела інформації

1. Золоторевский В.С. Механические свойства металлов. Учебник для вузов. 2-е изд. - М.: Металлургия, 1983 - 352с.

2. Мощенко В.И. Современные методы определения нано-, микро-, макротвердости материалов. // Инженерия поверхности и реновация изделий: Материалы 9-й Международной научно-технической конференции, 25-29 мая 2009г., г. Ялта. - К.: АТМ Україна, 2009 - С.139-140.

3. ISO 14577-1: Metallic materials - Instrumented indentation test for hardness and Materials parameters - Part 1: Test method, 2002 (E).

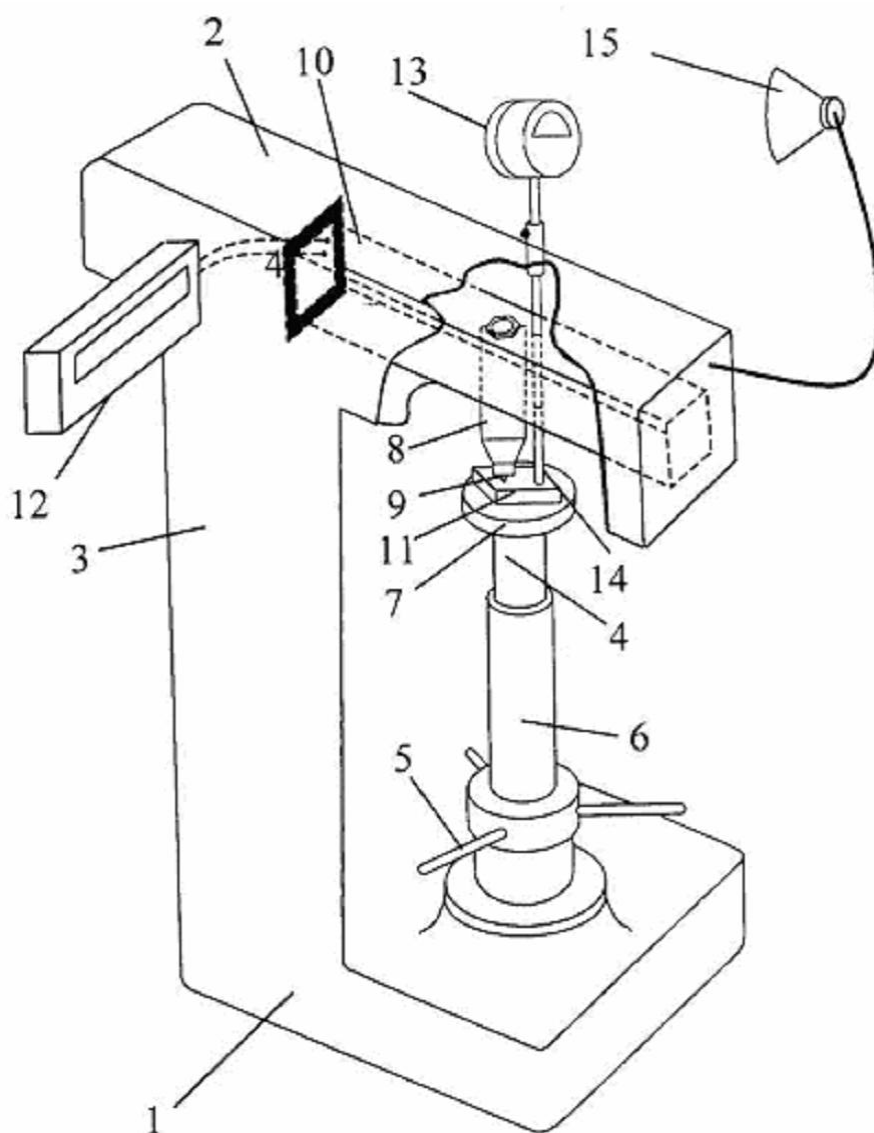
4. Мощенко В.И. Тарабанова В.П., Глушкова Д.Б. Спосіб оцінки твердості матеріалу. Патент України №74564, заяв. 30.12.2003. Опубл. 16.01.2006. Бюл. №1.

5. Мощенко В.И. Определение универсальной твердости конструкционных материалов инденторами различной формы. // Вестник ХНАДУ - Харьков: ХНАДУ, - 2007. - вып.38, - С.127-129.

6. Мощенко В.И., Дощечкина И.В., Бондаренко СИ., Ляпин А.А., Татаркина И.С. Зависимость размерного эффекта при определении универсальной твердости от геометрии индентора // Вестник ХНАДУ. - Харьков: ХНАДУ. - 2008. вып. 42. - С.55-57.

7. Мощенко В.И., Лалазарова Н.А. Определение универсальной и истинной нанотвердости материалов // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов: Сб. Научных трудов. - Харьков: Национальный аэрокосмический институт им. Жуковского "ХАИ". - 2008. Вып. 2(53) - С.87-92.

8. Мощенко В.И. История, современные достижения и перспективы развития твердометрии // Вестник ХНАДУ. - Харьков: ХНАДУ. - 2008. - вып.42. - С.42-48.



Фіг.