



УКРАЇНА

(19) UA (11) 41818 (13) U  
(51) МПК (2009)  
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 ОЦІНКИ ДЕФОРМАЦІЙНОГО ЗМІЦНЕННЯ МІКРООБ'ЄМІВ ЗЕРЕН ПОЛІКРИСТАЛІВ

1

2

(21) u200900017

(22) 05.01.2009

(24) 10.06.2009

(46) 10.06.2009, Бюл.№ 11, 2009 р.

(72) ВАКУЛЕНКО ЛЕОНІД ІГОРОВИЧ, ГРИЩЕНКО  
МИКОЛА АНАТОЛІЙОВИЧ, ЧЕПЕЛЄВА ДАР'Я  
МИХАЙЛІВНА

(73) ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ  
ІМЕНІ АКАДЕМІКА В.ЛАЗАРЯНА

(57) Спосіб оцінки деформаційного зміцнення мікрооб'ємів зерен полікристалів, що включає визначення вигляду співвідношення між напруженням, яке є відношенням навантаження на індентор у вигляді піраміди до бокової площини відбитка, і деформацією, яка є натуральним логарифмом відношення текучого значення діагоналі відбитка до мінімального початкового, який **відрізняється** тим, що вимірювання проводять при послідовному зануренні індентора в одне і те ж місце при неухильно зростаючому навантаженні.

Корисна модель може бути застосована в металургійній та машинобудівній галузях господарства, зокрема для оцінки деформаційного зміцнення мікрооб'ємів зерен металів та сплавів, які є полікристалами.

В сучасних умовах неухильне підвищення інтенсивності експлуатації агрегатів і механізмів супроводжується необхідністю підвищення надійності їх роботи. Одне із можливих напрямків вирішення наведеної проблеми - це розробка методик оцінки поведінки металів на рівні мікрооб'ємів під час навантаження, наприклад характеристик деформаційного зміцнення. Враховуючи, що наведені характеристики визначаються із аналізу кривої навантаження, отже її побудова для мікрооб'ємів, з яких складається окреме зерно полікристалу, є достатньо актуальним завданням.

Існує проблема оцінки деформаційного зміцнення в середині зерен полікристала, яка обумовлена існуванням малокутових границь розподілу, які відокремлюють фрагменти - складові зерен.

Методичне забезпечення стосовно оцінки деформаційного зміцнення в межах одного зерна полікристала може бути вирішене, якщо стане можливим визначення співвідношення між напруженням і деформацією для окремих мікрооб'ємів, як складових визначеного зерна.

Відомий спосіб оцінки полікристалів, який полягає в оцінці структурної неоднорідності по зовнішньому вигляду співвідношення між напруженнями і деформаціями, побудованому для окремих мікрооб'ємів металу, обмежених великокутовими

границями. Напруження визначають по відношенню навантаження на індентор, у вигляді піраміди, до бокової площини відбитка, що являє собою значення мікротвердості ( $H_{\mu}$ ), а деформацію - як натуральний логарифм відношення текучого значення діагоналі відбитка до мінімального початкового [Патент. №18369, 2006, Бюл. №11].

Недоліком наведеного способу являється обмеження його застосування. У випадку існування малокутових границь, які розподілять фрагменти - складові зерна полікристала, спостерігається виникнення відхилень на монотонному вигляді кривої навантаження, побудованої для окремого зерна. Чим вище буде ступінь розорієнтації між фрагментами, тим значніше будуть відхилення в значеннях на кривій співвідношення.

Технічна задача, яка розв'язується корисною моделлю, полягає в оцінці деформаційного зміцнення мікрооб'ємів зерна полікристала по зовнішньому вигляду співвідношення між напруженнями і деформаціями, які вимірюють при послідовному зануренні індентора в одне і те ж місце при неухильно зростаючому навантаженні.

Поставлена задача вирішується способом оцінки деформаційного зміцнення мікрооб'ємів зерен полікристалів, що включає визначення вигляду співвідношення між напруженням, яке є відношенням навантаження на індентор у вигляді піраміди до бокової площини відбитка, і деформацією, яка є натуральним логарифмом відношення текучого значення діагоналі відбитка до мінімального початко-

(19) UA (11) 41818 (13) U

вого, який відрізняється тим, що вимірювання проводять при послідовному зануренні індентора в одне і те ж місце при неухильно зростаючому навантаженні.

Приклад використання способу.

Застосування способу виконано для полікристалічного зразка низьковуглецевої сталі (0,02 % С). Рівномірну структуру сталі отримували після нормалізації (нагрів до температури 1000°C, для вимірювання температури по перерізу зразка, охолодження витримка 20 хв. на вільному повітрі).

Для визначення мікротвердості був використаний прилад ПМТ-3 з індентором у вигляді чотиригранної піраміди, з кутом у вершині 136° між поверхнями. Значення величин навантажень, яким піддавали індентор та відповідні розміри діагоналей (прототип) та після послідовного занурення в одне і те ж місце індентора, з неухильно зростаючою величиною навантаження ( $P_i$ ) і відповідні значення діагоналі відбитка ( $d_i$ ), (заявляємої корисної моделі) наведені в таблиці.

Таблиця

Параметри визначення співвідношення між напруженням ( $H_{\mu}^i$ ) і  $\varepsilon_i$ .

| Прототип |           |             |                 |                                 | Корисна модель |             |                 |                                 |                                    |
|----------|-----------|-------------|-----------------|---------------------------------|----------------|-------------|-----------------|---------------------------------|------------------------------------|
| № п/п    | $P_i$ , г | $d_i$ , мкм | $\varepsilon_i$ | $H_{\mu}^i$ , н/мм <sup>2</sup> | $P_i$ , г      | $d_i$ , мкм | $\varepsilon_i$ | $H_{\mu}^i$ , н/мм <sup>2</sup> | $H_{\mu}^{i*}$ , н/мм <sup>2</sup> |
| 1        | 1         | 6,6         | -               | -                               | 1              | 8,1         | -               | 300                             | -                                  |
| 2        | 1,5       | 11,4        | 0,548           | 190                             | 1+1,5          | 11,4        | 0,34            | 360                             | 60                                 |
| 3        | 2,0       | 12,2        | 0,61            | 200                             | 2,5+2          | 12,6        | 0,44            | 520                             | 220                                |
| 4        | 2,5       | 13,2        | 0,69            | 230                             | 4,5+2,5        | 13,8        | 0,53            | 580                             | 280                                |
| 5        | 3,0       | 14,0        | 0,75            | 240                             | 7+3            | 16,2        | 0,69            | 650                             | 350                                |
| 6        | 3,5       | 14,5        | 0,78            | 270                             | 10+3,5         | 18,1        | 0,804           | 710                             | 410                                |
| 7        | 4,0       | 14,9        | 0,81            | 330                             | 13,5+4         | 19,8        | 0,89            | 760                             | 460                                |
| 8        | 4,5       | 15,0        | 0,82            | 410                             | 17,5+4,5       | 22,2        | 1,008           | 770                             | 470                                |
| 9        | 5,0       | 15,1        | 0,83            | 450                             | 22+5           | 23,7        | 1,075           | 780                             | 480                                |

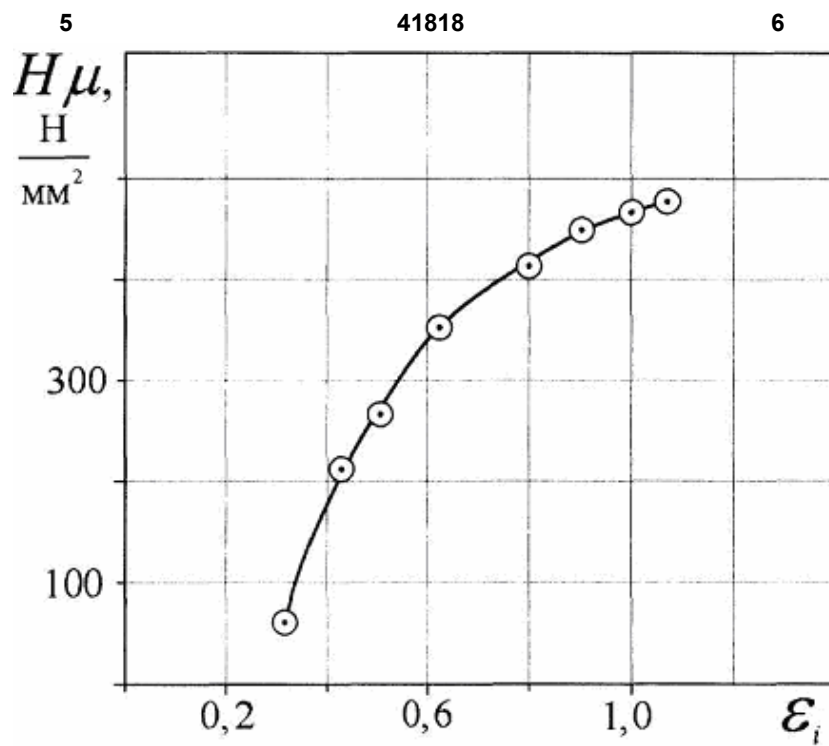
По розміру діагоналі відбитка для визначеного навантаження знаходять значення мікротвердості ( $H_{\mu}$ ), яка відповідає рівню істинного напруження в металі під дією індентора. Істинну деформацію визначали за співвідношенням

$$\varepsilon = \ln \left( \frac{d_i}{d_0} \right), \text{ де } d_i - \text{текуче значення діагоналі}$$

відбитка,  $d_0$  - початкове (мінімальне). Для методики за прототипом  $d_0 = 6,6$  мкм. по заявляемому способу  $d_0 = 8,1$  мкм. З метою урахування деформаційного зміцнення металу при початковому навантаженні та релаксації дефектів кристалічної будови під час розвантаження початкове значення  $H_{\mu}^i$  уточнюється на початкову величину 300 н/мм<sup>2</sup>. Отримане таким чином значення  $H_{\mu}^i$  (позначаємо в таблиці, як  $H_{\mu}^{i*}$ ) використовується для побудови кривої навантаження для мікро-

об'ємів металу значно менших в порівнянні з зерном, зовнішній вигляд якої дозволяє оцінювати деформаційне зміцнення фериту. На кресленні показано зовнішній вигляд кривої навантаження. При навантаженнях менших 1,5 г отримуються значення з високими відхиленнями від середнього значення. При одноразових навантаженнях більше 6-7 г починають виконуватися умови насичення - приблизно однакові значення мікротвердості [Глазов В. М. и др. Микротвердость металлов. - М.: ГНТИ Чер. цвет. мет.. 1962].

Таким чином, проведення вимірювань діагоналей відбитків при послідовному зануренні індентора в одне і те ж місце, при неухильному зростаючому навантаженні, дозволяє визначити співвідношення між напруженнями і деформаціями в мікрооб'ємах (фрагментах) значно менших окремого зерна полікристалу. По зовнішньому вигляду кривої навантаження визначають спроможність мікрооб'ємів (фрагментів) зерен до деформаційного зміцнення.



Фіг.