



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **26386** (13) **U**  
(51) МПК (2006)  
**G01N 3/00**  
**G01N 3/24** (2007.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

**(54) ЗРАЗОК ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИКЛІЧНОЇ ТРІЩИНОСТІЙКОСТІ НОРМАЛЬНОГО ВІДРИВУ ТА ПОПЕРЕЧНОГО ЗСУВУ**

1

2

(21) а200610467

(22) 02.10.2006

(24) 25.09.2007

(46) 25.09.2007, Бюл. № 15, 2007 р.

(72) Іваницький Ярослав Лаврентійович, Штаюра Степан Теодорович, Костів Ростислав Богданович, Мольков Юрій Валерійович

(73) ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Г.В. КАРПЕНКА НАН УКРАЇНИ

(57) Зразок для визначення характеристик тріщиностійкості нормального відриву і поперечного

зсуву, який виконано у формі порожнистого циліндра з потовщенням та лисками для прикладання крутного моменту, з радіальним отвором у середній його частині, надрізом у стінці отвору, який **відрізняється** тим, що у зовнішній стінці просвердлено наскрізний радіальний отвір, в якому виконано надріз довжиною 5 мм і шириною 0,5 мм, та вздовж поверхні твірної перпендикулярно до радіального отвору з обох сторін виготовлено площадки глибиною 3 мм по всій робочій частині зразка.

Корисна модель відноситься до експериментальної техніки і може бути використаний для визначення характеристик тріщиностійкості матеріалу при комбінованому статичному або циклічному навантаженні поперечним зсувом і нормальним відривом, а також для визначення розміру пластичної зони деформування за таких силових схем випробувань.

Відомо ряд засобів [1,2], у яких наведено зразки та силові схеми випробувань, що використовують для визначення характеристик опору матеріалу руйнуванню за механізмом нормального відриву і поперечного зсуву. Загалом, дослідження на циклічну тріщиностійкість матеріалу за механізмом поперечного зсуву реалізують розтягом компактного зразка з спеціальними захоплювачами, і тріщинами, які розміщені вздовж прикладання зусилля [2]. Руйнування за механізмом поперечного зсуву реалізують також при крученні порожнинного циліндричного зразка з двома осесиметричними надрізами у кільцевих концентраторах [3]. Недоліком цього технічного винаходу є ускладнене вимірювання довжини тріщини у чотирьох надрізах концентратора. У процесі росту втомної тріщини збільшується площа контакту берегів тріщини і, відповідно зростає сила тертя, що призводить до галуження підростаючої тріщини. Це негативно впливає на точність вимірювання, а також на коректність визначення характеристик тріщиностійкості матеріалів.

Найбільш близьким за технічним рішенням для визначення характеристик тріщиностійкості матеріалу за поперечного зсуву є використання порожнинного циліндричного зразка з поздовжнім надрізом і V- подібним концентратором від вершини надрізу [3], який закручують крутним моментом. При досягненні моментом граничного значення відбувається прямолінійний ріст тріщини для крихких та квазікрихких матеріалів. Недоліком цього технічного винаходу є ускладнена процедура нарізання V- подібного концентратора, а також викривлення росту траєкторії тріщини у високо пластичних матеріалах, що призводить до некоректних результатів.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення пристрою для визначення характеристик статичної та циклічної тріщиностійкості за нормального відриву та поперечного зсуву (змішане навантаження) при дослідженні циліндричного порожнинного зразка з наскрізним радіальним отвором та надрізом вздовж твірної циліндра завдяки силовій схемі кручення і стиску та спостереження за кінетикою росту тріщини з метою встановлення розмірів і форми зони пластичності на основі оптико-цифрових підходів. У результаті визначають характеристики тріщиностійкості матеріалу за змішаного навантаження, яке створює у матеріалі біля вершини тріщини складний напружено-деформований стан.

(19) **UA** (11) **26386** (13) **U**

Пристрій для визначення характеристик статичної та циклічної тріщиностійкості за змішаного навантаження виконано у вигляді порожнинного циліндричного зразка з потовщенням та лисками у захватній частині, де перпендикулярно до осі циліндра виконано наскрізний отвір діаметром 2,5 мм. Від отвору на зовнішній стінці вздовж твірної циліндра прорізано паз шириною 0,4-0,5 мм з двох сторін із загостреною вершиною (кут 60°, радіус  $\rho = 0,1$  мм), а також зфрезеровано робочу поверхню циліндра з двох сторін у площині перпендикулярно до отвору і надрізу на глибину 3 мм. На відміну від прототипу лиски на робочій частині зразка дозволяють застосовувати нові методи контролю росту втомної тріщини і кінетику розвитку пластичних зон в матеріалі біля її вершини, а наскрізний отвір з надрізами забезпечує симетричність навантаження крутним моментом та стискальним зусиллям, і створює однаковий напружено-деформований стан у вершинах двох тріщин, як за статичних так і циклічних випробувань.

На Рис.1 зображено зразок для визначення характеристик статичної та циклічної тріщиностійкості матеріалу за комбінованого навантаження.

Зразок виготовлено у вигляді порожнинного циліндра 1, з потовщеннями 2 та лисками 6 на кінцях для передачі крутного моменту, з наскрізним отвором 4 і надрізом 5 вздовж твірної, лисками робочої частини 6 у площині перпендикулярній до наскрізного отвору, втомної тріщини 7 у надрізах, де: D - зовнішній діаметр зразка, M - крутний момент, L - довжина надрізу, d - внутрішній діаметр зразка, d<sub>1</sub> - діаметр отвору,  $\ell$  - довжина лиски, P<sub>ст</sub> - стискаючі зусилля, U - зсув берегів тріщини.

Робота пристрою полягає в наступному:

Пристрій працює наступним чином: порожнинний циліндричний зразок 1 з отвором 4 і надрізами 5, лисками 6, встановлюють захоплювачами 3 у траверсу установки. Спочатку у зразку 1 із вершини надрізу 5 циклічним закручуванням створюють втомну тріщину 7 довжиною 2-3 мм впродовж 40-50 тис. циклів. Після чого зразок навантажують стискаючим зусиллям P<sub>ст</sub> або крутним моментом M<sub>кр</sub>: при статичному стисканні за величиною критичного зусилля старту тріщини P<sub>ст\*</sub> визначають характеристику тріщиностійкості K<sub>IC</sub>, а при закручуванні за величиною критичного моменту M<sub>кр\*</sub> - K<sub>IIIC</sub>, де K<sub>IC</sub>, K<sub>IIIC</sub> - критичні коефіцієнти інтенсивності напружень при нормальному відриві і поперечному зсуві, які визначали за формулами:

$$K_{IC} = P_{cm} F_i \sqrt{\ell} \frac{tf(\varepsilon)}{\pi(D-d)^2} \quad (1)$$

де  $\varepsilon = \ell/L$

$$K_{IIIC} = M_{kr} \sqrt{\frac{\ell}{\pi}} \frac{32F_{II}(\ell/R)}{d^3(1-d^4/D^4)} \quad (2)$$

При циклічному навантаженні будують кінетичні діаграми втомного руйнування:  $V = f(K_I, K_{II})$

Приклад.

Випробовували зразок зі сталі 40X у вигляді порожнинного циліндра з лисками на робочій частині зразка зовнішнім діаметром 25 мм і внутрішнім діаметром 18 мм. В зразку просвердлено наскрізний отвір діаметром 2,5 мм, після чого вздовж твірної виконано надріз довжиною 5 мм, який служить концентратором для підростання втомної тріщини. На зовнішній робочій частині зразка з фрезерованої площадки по всій довжині зразка, для спостереження за ростом втомної тріщини і кінетику розвитку пластичних смуг і встановлення величини пластичної зони в околі вершини тріщини, за допомогою методу спекл-кореляції зображень. Застосування даного методу дає можливість отримати поле пружно-пластичних переміщень біля вершини тріщини виходячи з якого розраховуємо деформації і напруження у вершині тріщини на різних базах вимірювання.

Зразок випробовували на експериментальній установці EUS-20 за схемою складного навантаження. В результаті статичних випробувань та розрахунків за формулами (1) і (2) отримали характеристики тріщиностійкості за нормального відриву і поперечного зсуву відповідно:

$$K_{IC} = 87 \text{ МПа} \sqrt{\text{м}}, K_{IIIC} = 113 \text{ МПа} \sqrt{\text{м}}.$$

Використання запропонованого пристрою для визначення характеристик статичної та циклічної тріщиностійкості за силовою схемою кручення та стиску циліндра (поперечний зсув, нормальний відрив) дає можливість підвищити точність оцінки характеристик тріщиностійкості за вказаних способів випробувань.

Джерела інформації.

1. Методы механических испытаний металлов. Определение характеристик трещиностойкости при циклическом нагружении. Методические указания. - М, 1993.-53с.

2. Справочник по коэффициентам интенсивности напряжений: В 2<sup>х</sup> томах Т1, Т2. Пер. с английского Ю.Мураками - М.: Мир, 1990.- 942с.

3. А.с. UA 71772 А. Зразок для визначення характеристики циклічної тріщиностійкості при поперечному зсуві. /Я. Л. Іваницький, С. Т. Штаюра, Д. В. Рудавський, Р.Б. Костів, В.М. Бойко/ Опубл. 15.12.2004, Бюл. №12, 2004.

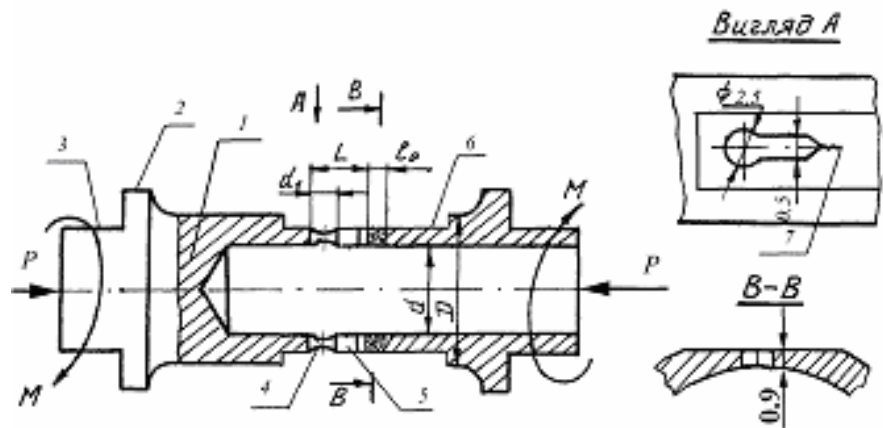


Рис. 1