



УКРАЇНА

(19) UA (11) 96388 (13) C2
(51) МПК (2011.01)
G01N 3/00
G01N 3/08 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ОЦІНКИ СХИЛЬНОСТІ ДИСИПАТИВНОЇ СТРУКТУРИ В МАТЕРІАЛІ ДО ОКРИХЧУВАННЯ

1

(21) а201011087
(22) 15.09.2010
(24) 25.10.2011
(46) 25.10.2011, Бюл.№ 20, 2011 р.
(72) ЧАУСОВ МИКОЛА ГЕОРГІЙОВИЧ, ВОЛЯНСЬКА КАТЕРИНА МИХАЙЛІВНА
(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
(56) SU 1538095, 23.01.1990
CN 2449218 Y, 19.09.2001
SU 1744568, 30.06.1992
UA 88031 C2, 25.11.2008
UA 83523 C2, 10.01.2008
«ОСОБЕННОСТИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ПЛАСТИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ НЕРАВНОВЕСНЫХ ПРОЦЕССАХ». Чаусов Н.Г., Засимчук Е.Э., Маркашова Л.И., Вильдеман В.Э. и др. Заводская лаборатория. Диагностика материалов. - 2009. - Т. 75, № 6. - С. 52-59.
(57) Спосіб оцінки схильності матеріалів, що містять дисипативну структуру, до окрихчування, який

2

полягає в тому, що зразки матеріалу, статично розтягнуті при кімнатній температурі до різних ступенів деформації, послідовно піддають імпульсним підвантаженням різної величини, і після проскоку деформації при спадаючих напруженнях, викликаного процесом створення дисипативної структури в матеріалі, зразки повторно статично розтягують до повного розділення їх на частини, а схильність матеріалів, що містять дисипативну структуру, до окрихчування оцінюють за зменшенням загальної деформації зразків при руйнуванні при досліджуваному складному режимі навантаження порівняно з "чистим" статичним розтягом, який відрізняється тим, що після проскоку деформації, викликаного процесом створення дисипативної структури в матеріалі, перед повторним статичним розтягом зразки повністю розвантажують, заливають рідким азотом, витримують в рідкому азоті не менше 15 хвилин, зливають рідкий азот і відігрівають на повітрі до кімнатної температури.

Винахід належить до галузі випробування матеріалів, а саме до способів підсилення схильності матеріалів, що містять дисипативні структури до окрихчування.

При динамічних незрівноважених процесах практично всі пластичні матеріали проявляють схильність до короточасної пластифікації з одночасним "аномальним" ефектом розміцнення за рахунок створення дисипативної структури, у вигляді об'ємно зв'язаних, на різних масштабних рівнях, тонких смуг (каналів), що має щільність менше щільності основного матеріалу [Засимчук Е.Э., Маркашова Л.И., Турчак Т.В., Чаусов Н.Г., Пилипенко, А.П. Параца В.Н. Особенности трансформации структуры пластичных материалов в процессе резких смен в режиме нагружения // Физическая мезомеханика - 2009. - Т. 12. - № 2. - С. 77-82; Чаусов Н.Г., Засимчук Е.Э., Пилипенко А.П., Порохнюк Е.М. Самоорганизация структур листовых материалов при динамических неравновесных процессах / Вестник Тамбовского универ-

ситета. Серия: Естественные и технические науки. - 2010. - Т. 15. - № 3. - С. 892-894].

Механічні властивості цих новоутворених тонкопалосових дисипативних структур суттєво відрізняються від механічних властивостей вихідного матеріалу.

При цьому, при наступному статичному розтягу пластичність тонкого гібридного матеріалу (основа, дисипативна структура, прошарки між дисипативними структурами і основним матеріалом), в залежності від об'єму новоутвореної дисипативної структури, може суттєво відрізнитись від пластичності вихідного матеріалу.

Слід звернути особливу увагу на той факт, що в залежності від ступеня попередньої статичної деформації, за якої зразки матеріалу піддають імпульсним підвантаженням різної величини, загальна деформація зразка при такому складному режимі навантаження (попередній розтяг до заданого ступеня деформації - динамічний незрівноважений процес - остаточний статичний розтяг до

(13) C2

(11) 96388

(19) UA

руйнування) може або суттєво збільшуватись до десятків відсотків, або зменшуватись.

Зменшення загальної пластичності матеріалу пов'язано з тим, що дисипативні структури утворюються за рахунок концентрації вакансійних дефектів і тому при досліджуваних складних умовах навантаження, які залежать від ступеня попередньої статичної деформації, при якій зразки матеріалу піддають імпульсним підвантаженням різної величини, підсилюється роль прошарків між основним матеріалом і дисипативною структурою на проявлення крихкості матеріалу, так як в них можуть концентруватися багаточисленні мікропори і мікротріщини.

Найбільш близьким за технічною суттю до рішення, що заявляється, є спосіб оцінки схильності матеріалів, що містять дисипативну структуру до окрихчування, який полягає в тому, що зразки матеріалу, статично розтягнуті при кімнатній температурі до різних ступенів деформації, послідовно піддають імпульсним підвантаженням різної величини, і після проскоку деформації при спадаючих напруженнях, викликаного процесом створення дисипативної структури в матеріалі, зразки повторно статично розтягують до повного розділення їх на частини, а схильність матеріалів, що містять дисипативну структуру, до окрихчування оцінюють за зменшенням загальної деформації зразків при досліджуваному складному режимі навантаження порівняно з "чистим" статичним розтягом [Чаусов Н.Г., Засимчук Е.Э., Маркашова Л.И., Вильдеман В.Э., Турчак Т.В., Пилипенко А.П., Параца В.Н... Особенности деформирования материалов при динамических неравновесных процессах / Заводская лаборатория. Диагностика материалов. - 2009. - Т. 75. - № 6. - С. 52-59.]

Головним недоліком відомого способу є те, що при його використанні випробування проводять тільки при кімнатній температурі і тому оцінюють тільки схильність матеріалів, що містять дисипативну структуру, створену при кімнатній температурі, до окрихчування при тій же кімнатній температурі при подальшому статичному розтягу.

Задачею винаходу є розробка ефективного способу підсилення схильності матеріалів, що містять дисипативну структуру, до окрихчування з урахуванням впливу температурних режимів навантаження.

Поставлена задача вирішується тим, що після проскоку деформації, викликаного процесом створення дисипативної структури в матеріалі, зразки повністю розвантажують, заливають рідким азотом, витримують в рідкому азоті не менше 15 хвилин, заливають рідкий азот і відігрівують на повітрі до кімнатної температури.

У запропонованому способі вдало використовується ефект впливу додаткових стискаючих температурних напружень на підвищення об'єму пошкоджень в дисипативній структурі, яка має щільність менше щільності основного матеріалу, і в прошарках між основним матеріалом і дисипативною структурою. Таким чином, спосіб дозволяє ефективно підсилити схильність матеріалів, що містять дисипативну структуру, до окрихчування в багатьох класах матеріалів, що не схильні до

окрихчування при простих режимах навантаження за низьких температур.

Як випливає з багаточисельних експериментальних робіт, присвячених дослідженню синергетичного структуроутворення, не дивлячись на релаксуючі процеси, що відбуваються в матеріалі після зняття навантаження, морфологія самоорганізованої (синергетичної) структури, як правило зберігається. Тому, пропонується для стабілізації релаксацийних процесів в матеріалі в процесі дії теплового удару при температурі рідкого азоту зразки матеріалу витримувати в рідкому азоті не менше 15 хвилин. Потім заливають рідкий азот, зразки відігрівують на повітрі до кімнатної температури і повторно їх навантажують до повного розділення на частини. В даному випадку, дисипативна структура в матеріалі, створена при кімнатній температурі, і прошарки додатково окрихчуються при температурі рідкого азоту за рахунок значних стискаючих напружень, а тому, схильність матеріалів, що містять дисипативну структуру, до окрихчування значно підвищується. На практиці це означає, що механічна поведінка пластичних матеріалів при динамічних незрівноважених процесах з урахуванням впливу температурних режимів навантаження стає ще більше непередбачуваною з явною тенденцією до підсилення окрихчування.

Методика випробувань реалізована на базі модернізованої випробувальної гідравлічної машини ZD-100Pu. Машина обладнана пристосуванням, що дозволяє забезпечити імпульсні підвантаження зразка матеріалу різної величини на будь-якій стадії статичного навантаження.

Установка також обладнана комп'ютеризованою вимірювальною системою з програмним забезпеченням для проведення і обробки результатів випробувань.

Використовували плоскі зразки із алюмінієвого сплаву 2024-T3 товщиною 3 мм.

Імпульсним підвантаженням різної величини зразки матеріалу піддавались при різних ступенях статичної деформації в точках A_1 (ступінь попередньої статичної деформації $\varepsilon_{пр}=2,3\%$, $P_{имп}=118$ кН), A_2 (ступінь попередньої статичної деформації $\varepsilon_{пр}=0,7\%$, $P_{имп}=111,8$ кН) (фіг.). Причому крива 1 відповідає умовам випробування матеріалу, при яких оцінюється схильність матеріалу, що містить дисипативну структуру, до окрихчування відповідно до відомого способу. Температура випробувань і в процесі створення дисипативної структури, і в процесі подальшого статичного розтягу залишається незмінною - кімнатною.

Крива 2 відповідає умовам випробування матеріалу відповідно запропонованого способу. Слід звернути увагу, що в даному випадку був спеціально вибраний менший імпульс підвантаження ($P_{имп}=111,8$ кН), щоб зменшити об'єм новоствореної дисипативної структури, який напрямом пов'язаний з величиною імпульсу підвантаження. Таким чином більш наглядно можна продемонструвати додатковий вплив підсилення окрихчування матеріалу, що містить менший об'єм дисипативної структури, за рахунок температурних умов навантаження. Після повного розвантаження зразка матеріалу в т. В₂, зразок повністю заливався рідким

азотом через спеціальну форму, витримувався в рідкому азоті 15 хвилин, потім рідкий азот зливався, зразок відігрівався на повітрі до кімнатної температури і повторно статично розтягувався до повного розділення його на частини.

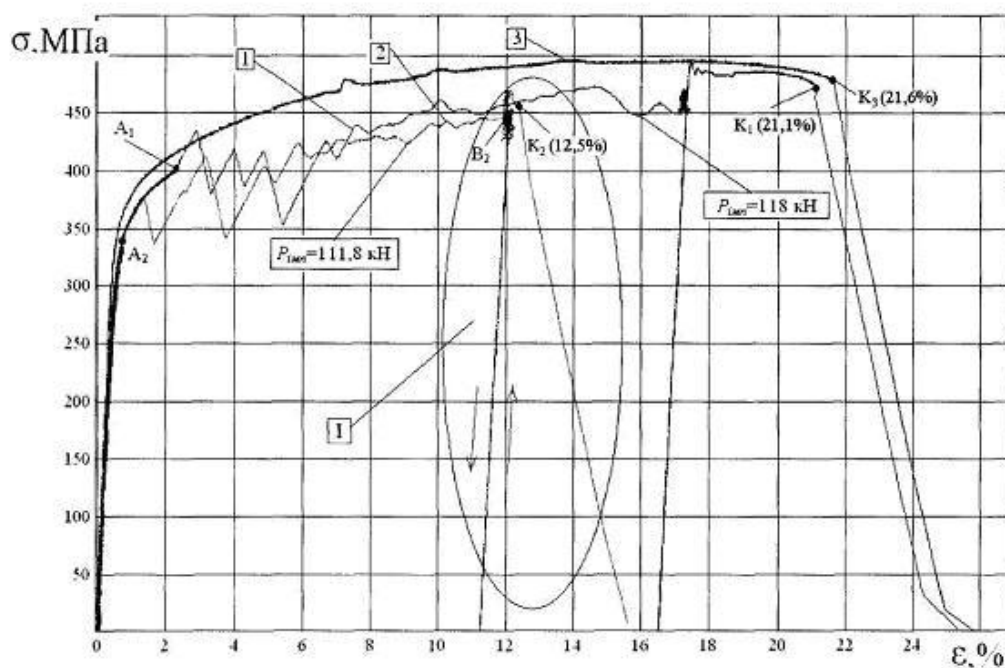
Тут же на кресленні для порівняння приведена крива деформування матеріалу при "чистому" статичному розтягу (крива 3).

Аналіз отриманих результатів показує, що відповідно до відомого способу, матеріал, що містить дисипативну структуру, дійсно може проявляти схильність до окрихчування, про що свідчить зменшення загальної деформації зразка з 21,6 % (т. K_3 на кривій 3), до 21,1 % (т. K_1 на кривій 1).

Однак, введення додаткового запропонованого температурного режиму навантаження призвело до суттєвого підсилення схильності матеріалу, що містить дисипативну структуру, до окрихчування. Зразок матеріалу при повторному статичному розтягу руйнувався практично крихко (див. ділянку

I на кривій 2). При цьому (див. криву 2), після динамічного незрівноваженого процесу від т. A_2 до т. B_2 на діаграмі деформацій і зміни температурного режиму навантаження, відповідно заявленого винаходу, при повторному статичному розтягу матеріал практично немає ресурсу пластичності і загальна деформація зразка при руйнуванні (т. K_2 на кривій 2) складає ~12,6 %, що суттєво менше загальної деформації зразка, що відповідає умовам випробувань матеріалу згідно з відомим способом 21,1 % (т. K_1 на кривій 1) і "чистому" статичному розтягу 21,6 % (т. K_3 на кривій 3). Слід звернути особливу увагу на той факт, що зазвичай подібні класи матеріалів не схильні до окрихчування при простих режимах навантаження для низьких температур.

Таким чином, застосування способу дозволяє значно підсилити схильність дисипативної структури в матеріалі до окрихчування, аж до повного окрихчування матеріалу.



Фіг.