



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **113221** (13) **C2**
(51) МПК

G01N 3/08 (2006.01)

G01N 3/28 (2006.01)

G01N 3/32 (2006.01)

C22F 1/18 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки: **а 2015 01611**

(22) Дата подання заявки: **24.02.2015**

(24) Дата, з якої є чинними
права на винахід: **26.12.2016**

(41) Публікація відомостей
про заявку: **10.09.2015, Бюл.№ 17**

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: **26.12.2016, Бюл.№ 24**

(72) Винахідник(и):
**Чаусов Микола Георгійович (UA),
Пилипенко Андрій Петрович (UA)**

(73) Власник(и):
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ,
вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ-41, 03041
(UA)**

(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:
Чаусов Н.Г., Засимчук Е.Э., Маркашова Л.И., Вильдеман В.Э., Турчак Т.В., Пилипенко А.П., Параца В.М. Особенности деформирования пластичных материалов при динамических неравновесных процессах / Заводская лаборатория. Диагностика материалов. - 2009. - Т. - 75. - № 6. - С. 52-59
Засимчук Е.Э., Маркашова Л.И., Турчак Т.В. и др. Особенности трансформации структуры пластичных материалов в процессе резких смен в режиме нагружения / Физическая механика. - Т. 12. - № 2. - С. - 77-82
Чаусов Н.Г., Засимчук Е.Э., Гуцайлюк В.Б., Волянская Е.М. Методы исследования свойств диссипативных структур, образующихся при импульсном вводе энергии в материал / Вісник ТНТУ. - 2011. - Спецвипуск частина 2. - С.92-97
Чаусов Н.Г., Березин В.Б., Бондар М.Н. Особенности деформирования материалов в упругой области при динамических неравновесных процессах / Техническая диагностика и неразрушающий контроль. - № 3. - 2009. - С. 24-27
Чаусов Н.Г., Пилипенко А.П., Бондар М.Н., Порохнюк Е.М. Влияние концентратора напряжений на кинетику разрушения листовой нержавеющей стали с учетом импульсных подгрузок / Вісник НТУУ «КПІ». - Серія Машинобудування. - 2010.- №58. - С.48-52
UA 104053 C2, 25.12.2013
UA 83523 C2, 25.07.2008
UA 81037 C2, 26.11.2007
SU 1404885 A1, 23.06.1988
US 4099408 A, 11.07.1978

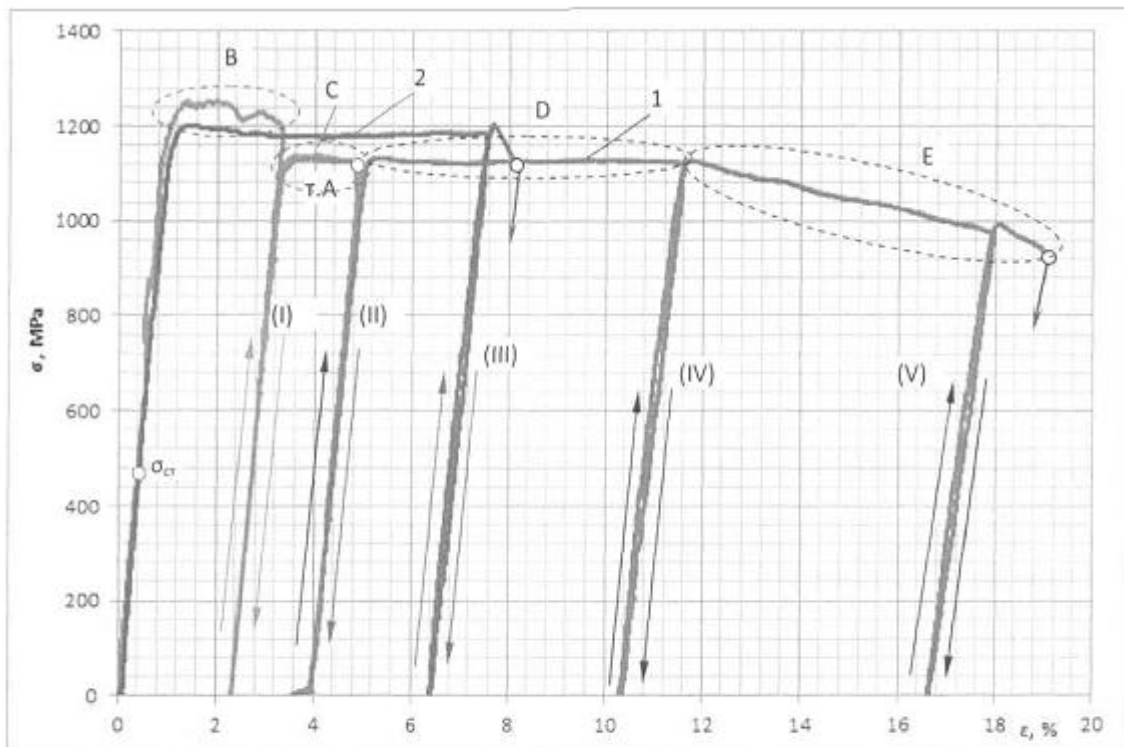
(54) СПОСІБ ОЦІНКИ ІМПУЛЬСНОГО ВВЕДЕННЯ ЕНЕРГІЇ У ТИТАНОВИЙ СПЛАВ

(57) Реферат:

Винахід належить до галузі металургії, а саме до способу імпульсного введення енергії в титановий сплав. У способі оцінки імпульсного введення енергії у конструкційний матеріал, за

UA 113221 C2

який використовують зразки титанового сплаву з наявною вихідною площадкою текучості, останні статично розтягують до заданих ступенів пружної деформації і піддають дії заданих імпульсних підвантажень, при яких при заданому рівні імпульсного підвантаження сумарна величина навантаження на зразку перевищує величину статичного навантаження, яка відповідає вихідній площадці текучості титанового сплаву, а ступінь пластичної деформації при реалізації динамічного незрівноваженого процесу не перевищує величини протяжності вихідної площадки текучості титанового сплаву. Після цього зразки повністю розвантажують і одразу повторно статично навантажують до заданого ступеня пластичної деформації, при якому явно виявляється нова площадка текучості титанового сплаву. Потім зразки остаточно повністю розвантажують, а величину міцності наново створеної дисипативної структури в титановому сплаві оцінюють за величиною межі текучості нової площадки текучості. Застосування способу дозволяє ефективно і достовірно оцінити міцність наново створеної дисипативної структури при подальшому статичному розтягу. Експериментально також встановлено, що в титановому сплаві при імпульсному введенні енергії можна суттєво збільшити пластичні властивості при незначному зменшенні міцнісних властивостей.



Граф. 1

Винахід належить до галузі металургії, а саме до способу імпульсного введення енергії в пластичний титановий сплав.

При динамічних незрівноважених процесах, які можна реалізувати за рахунок ударно-коливального навантаження, практично всі пластичні матеріали проявляють схильність до короткочасної пластифікації з одночасним "аномальним" ефектом знеміцнення за рахунок створення дисипативної структури, у вигляді об'ємно зв'язаних, на різних масштабних рівнях, тонких смуг (каналів), що мають щільність менше щільності основного матеріалу. Дисипативна структура в матеріалах різних класів експериментально зафіксована методом трансмісійної мікроскопії, а висновок про нижчу щільність дисипативної структури зроблений на основі зміни рельєфу спеціального монокристалного сенсора, який наклеювався на основний зразок і де явно виявлені мікро- і макроекструзії основного зразка матеріалу [Чаусов Н.Г., Засимчук Е.Э., Маркашова Л.И. и др. Особенности деформирования пластичных материалов при динамических неравновесных процессах // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2009. - Т. 75. - № 6. - С. 52-59; Засимчук Е.Э., Маркашова Л.И., Турчак Т.В., Чаусов Н.Г. и др. Особенности трансформации структуры пластичных материалов в процессе резких смен в режиме нагружения // Физическая мезомеханика. - 2009. - Т. 12. - № 2 - С. 77-82; Чаусов М.Г., Лучко Й.Й., Пилипенко А.П., та ін. Вплив багаторазових раптових змін в режимі навантаження на деформування пластичних матеріалів // Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій. Збірн. Наук. Праць. Вип. 8. Львів, Каменяр, 2009. – С. 289-298; Чаусов Н., Засимчук Е., Гуцайлюк В., Волянская Е. Методы исследования свойств диссипативных структур, образующихся при импульсном вводе энергии в материал // Вісник ТНТУ, 2011, Спецвыпуск, частина 2. - С. 92-97]

Механічні властивості цих наново створених дисипативних структур суттєво відрізняються від механічних властивостей вихідного матеріалу.

При цьому, при подальшому статичному розтягу пластичність такого гібридного матеріалу (основа, дисипативна структура, прошарки між дисипативними структурами і основним матеріалом), в залежності від об'єму наново створеної дисипативної структури, може суттєво відрізнитись від пластичності вихідного матеріалу, теж відноситься до міцності матеріалу.

Нажаль, жоден з відомих способів імпульсного введення енергії в пластичний матеріал не дозволяє оцінити міцність наново створеної дисипативної структури.

А це принципово важливий момент, так як, вже вище відмічалось, імпульсне введення енергії в пластичний матеріал при конкретних заданих ступенях попередньої статичної деформації супроводжується суттєвими змінами механічних властивостей при подальшому статичному розтягу. Не знаючи механічних властивостей наново створеної дисипативної структури в конструкційному матеріалі, практично не можливо розробити математичні моделі, які достовірно описують механічну поведінку конструкційних матеріалів при динамічних незрівноважених процесах ("хаотична динаміка").

Раніше авторами встановлено, що на механічному рівні проявами створення дисипативної структури в пластичних матеріалах, при імпульсному введенні енергії, є відсутність при реалізації динамічних незрівноважених процесів зміцнення матеріалу в класичному розумінні цього явища.

В даному випадку процес супроводжується або різкими злетами та падіннями напружень при зростаючому напруженні на зразку, або різкими злетами та падіннями напружень при приблизно однаковому усередненому напруженні на зразку, або різкими злетами та падіннями напружень при спадаючому усередненому напруженні на зразку.

На думку авторів, ці характерні прояви механічної поведінки матеріалів при реалізації динамічних незрівноважених процесів пов'язані з об'ємом новоствореної дисипативної структури і вихідною структурою матеріалу.

Таким чином, схильність більшості відомих конструкційних матеріалів до зміцнення при стандартному статичному розтягу може вносити суттєвий елемент непрогнозованості при оцінці міцності наново створеної дисипативної структури в матеріалі.

Найбільш близьким за технічної суттю до рішення, що заявляється, є спосіб оцінки впливу імпульсного введення енергії в пластичний матеріал на механічні властивості при подальшому статичному розтягу, згідно з яким зразки матеріалу статично розтягують до різних ступенів пластичної деформації і додатково піддають дії заданих імпульсних підвантажень, а потім зразки повністю розвантажують і повторно статично розтягують до руйнування, а вплив імпульсного введення енергії в матеріал оцінюють за зміною механічних властивостей на різних стадіях у порівнянні з механічними властивостями матеріалу на аналогічних стадіях при стандартному статичному розтягу [Н.Г. Чаусов, Е.Э. Засимчук, Л.И. Маркашова, В.Э. Вильдеман, Т.В. Турчак, А.П. Пилипенко, В.Н. Параца. Особенности деформирования

пластичних матеріалів при динамічних неравновесних процесах // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. - 2009. - Т.75. - № 6. - С. 52-59].

Головним недоліком відомого способу є те, що за його допомогою неможливо достовірно оцінити міцність наново створеної дисипативної структури в матеріалі.

5 Винаходом ставиться задача розробити ефективний і достовірний спосіб оцінки впливу імпульсного вводу енергії в пластичний титановий сплав на міцність наново створеної дисипативної структури.

Поставлена винаходом задача вирішується тим, що у способі імпульсного введення енергії в пластичний титановий сплав, зразки матеріалу статично розтягують до різних ступенів
10 пластичної деформації і додатково піддають дії заданих імпульсних підвантажень, а потім зразки повністю розвантажують і повторно статично розтягують до руйнування, а вплив імпульсного введення енергії в матеріал оцінюють за зміною міцнісних і пластичних властивостей на різних стадіях в порівнянні з міцнісними і пластичними властивостями пластичного матеріалу на аналогічних стадіях при стандартному статичному розтягу, згідно з
15 запропонованим рішенням, зразки титанового сплаву з наявною вихідною площадкою текучості додатково статично розтягують до заданих ступенів пружної деформації і піддають дії заданих імпульсних підвантажень, при яких при заданому рівні імпульсного підвантаження сумарна величина навантаження на зразку перевищує величину статичного навантаження, яка відповідає вихідній площадці текучості пластичного матеріалу, а ступінь пластичної деформації
20 при реалізації динамічного незрівноваженого процесу не перевищує величини протяжності вихідної площадки текучості титанового сплаву, потім зразки повністю розвантажують і одразу повторно статично навантажують до заданого ступеня пластичної деформації, при якому явно виявляється нова площадка текучості пластичного титанового сплаву, після цього зразки остаточно повністю розвантажують і величину міцності наново створеної дисипативної
25 структури в титановому сплаві оцінюють за величиною межі текучості нової площадки текучості.

У запропонованому способі ефективно використовується технічна можливість усунути непрогнозовані ефекти впливу зміцнення матеріалу при динамічних незрівноважених процесах за рахунок повного виключення процесу зміцнення матеріалу при створенні дисипативної структури, так як випробування проводять на пластичному титановому сплаві, у якого практично
30 відсутня ділянка зміцнення. Також повністю виключається вплив релаксаційних процесів на зміну міцнісних властивостей дисипативної структури, так як практично одразу після реалізації динамічних незрівноважених процесів зразок сплаву розвантажують і повторно статично розтягують. При цьому сам процес розвантаження і повторного навантаження зразку займає всього декілька секунд.

35 Таким чином, вдається практично повністю усунути ефекти, які можуть вплинути на достовірність оцінки міцності наново створеної дисипативної структури.

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

40 Установка також обладнана комп'ютеризованою вимірювальною системою з програмним забезпеченням для проведення і обробки результатів випробувань з частотою вимірювань до 100 кГц.

Випробування проводили на плоских зразках товщиною 3 мм із високоміцного пластичного титанового сплаву типу BT23 з явною вихідною площадкою текучості.

45 На графіку подана реальна діаграма деформацій титанового сплаву (крива 1) при складному режимі навантаження (статичний розтяг - імпульсне підвантаження механічної системи "випробувальна машина-зразок" ($F_{\text{imp}}=57,5$ кН) повне розвантаження (I) - подальший статичний розтяг до величини пластичної деформації $\varepsilon=4,8$ % (т. А на кривій 1) і ще раз повне розвантаження (II)). В даному випадку, реалізуються можливості повної самоорганізації
50 структури в титановому сплаві за динамічних незрівноважених процесів.

Імпульсне підвантаження зразка відбулось, коли він був навантажений в пружній області до напруження $\sigma_{\text{ст}}=433$ МПа. Після імпульсного підвантаження сумарне напруження на зразку сягнуло значення $\sigma_{\Sigma}=1255$ МПа, що перевищує величину статичного напруження, яке відповідає вихідній площадці текучості пластичного матеріалу (див. криву 2, яка відповідає стандартному
55 статичному розтягу дослідженого титанового сплаву), де (III) повне розвантаження і навантаження зразка.

Протяжність вихідної площадки текучості титанового сплаву приблизно 7,6 %. В результаті реалізації динамічного незрівноваженого процесу зразок видовжився на 3,1 % деформації, що значно менше протяжності вихідної площадки текучості. При цьому, після повного розвантаження і повторного статичного розтягу зразка (див. ділянку С на кривій 1) виявляється
60

нова площадка текучості з нижчими показниками міцності, в порівнянні з вихідної площадкою текучості.

У даному випадку σ_T вихідного сплаву складає 1150 МПа, а межа текучості нової площадки текучості, яка в даному випадку відповідає міцності нановоствореної дисипативної структури $\sigma_T=1120$ МПа, на 2,5 % менше величини межі текучості вихідного матеріалу, що і дозволяє матеріалу пластифікуватися.

Причому ця величина є достовірною, так як усунуті всі ефекти, пов'язані із зміцненням матеріалу.

Для оцінки більш значимих інтервалів часу на вплив релаксаційних процесів і, відповідно, на міцність наново створеної дисипативної структури зразок 7 діб витримували в розвантажувальному стані при кімнатній температурі, а потім повторно навантажили до руйнування (ділянки D і E на кривій 1). IV, V - повне розвантаження - навантаження зразка при заданих ступенях деформації.

Аналіз отриманих даних показує, що для даного титанового сплаву навіть такий значний час релаксаційних процесів практично не вплинув на міцність наново створеної дисипативної структури. Межа текучості на ділянках C і D практично однакова.

Ділянки D і E на кривій 1 також наглядно показують ефект імпульсного введення енергії на значне зростання пластичних властивостей сплаву.

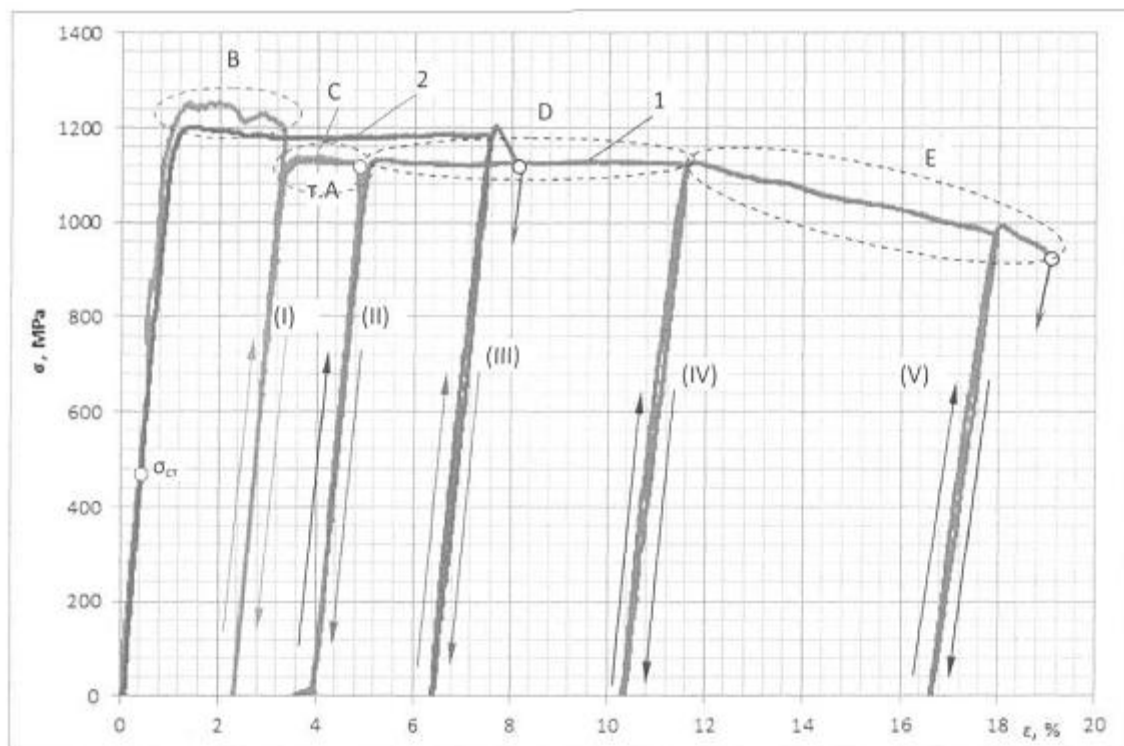
Таким чином, застосування способу дозволяє ефективно і достовірно оцінити міцність наново створеної дисипативної структури при подальшому статичному розтягу.

Експериментально також встановлено, що в титановому сплаві при імпульсному введенні енергії можна суттєво збільшити пластичні властивості при незначному зменшенні міцнісних властивостей.

25

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Спосіб оцінки імпульсного введення енергії у конструкційний матеріал, який включає наступні дії: зразки вихідного матеріалу статично розтягують до різних ступенів деформації, після чого піддають дії заданих імпульсних підвантажень, а потім зразки повністю розвантажують і повторно статично розтягують, який **відрізняється** тим, що як конструкційний матеріал використовують зразки титанового сплаву з наявною вихідною площадкою текучості, які статично розтягують до заданих ступенів пружної деформації і піддають дії заданих імпульсних підвантажень, при яких при заданому рівні імпульсного підвантаження сумарна величина навантаження на зразку перевищує величину статичного навантаження, яка відповідає вихідній площадці текучості титанового сплаву, а ступінь пластичної деформації при реалізації динамічного незрівноваженого процесу не перевищує величини протяжності вихідної площадки текучості титанового сплаву, при цьому після повного розвантаження зразки одразу повторно статично навантажують до заданого ступеня пластичної деформації, при якому явно виявляється нова площадка текучості титанового сплаву, після чого зразки остаточно повністю розвантажують і величину міцності наново створеної дисипативної структури в титановому сплаві оцінюють за величиною межі текучості нової площадки текучості.



Комп'ютерна верстка Г. Паяльніков

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601