



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **78162** (13) **U**  
(51) МПК  
**G01N 3/40** (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: <b>u 2012 10463</b>	(72) Винахідник(и): <b>Музика Микола Романович (UA), Швець Володимир Петрович (UA), Масло Олександр Миколайович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>04.09.2012</b>	(73) Власник(и): <b>ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МІЦНОСТІ ІМ. Г.С. ПИСАРЕНКА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ, вул. Тимірязєвська, 2, м. Київ, 01014 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>11.03.2013</b>	(74) Представник: <b>Марченко Віталій Омелянович, реєстр. №10</b>
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>11.03.2013, Бюл.№ 5</b>	

## (54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЧНОЇ ПОШКОДЖУВАНOSTІ МАТЕРІАЛУ

### (57) Реферат:

Спосіб визначення граничної пошкоджуваності матеріалу включає випробування двох однакових зразків матеріалу, визначення після руйнування зразка граничної пошкоджуваності матеріалу. Зразки під час випробування розташовують в захватах послідовно і проводять випробування на міцність або при статичному, або при циклічному навантаженні осьовою силою до руйнування одного із зразків. Після руйнування одного зразка проводять вимірювання твердості у робочій зоні незруйнованого і зруйнованого зразків, а за значеннями твердості визначають граничну пошкоджуваність матеріалу за методом LM-твердості.

UA 78162 U



Корисна модель належить до способів дослідження матеріалів на міцність, зокрема до вимірювання характеристик фізико-механічних властивостей матеріалів та вибору експериментально обґрунтованого критерію оцінки поточної пошкоджуваності й, найголовніше, її граничного рівня, який приводить до в'язкого або крихкого (утворення макротріщини) руйнування.

Відомий спосіб оцінки рівня пошкоджуваності матеріалу в процесі напруження за результатами визначення механічних характеристик та вимірювання фізичних характеристик матеріалу [Дрозд М.О. Определение механических свойств металла без разрушения. М.: Металлургия. - 1965. - С. 147-156].

При застосуванні цього способу дуже складно визначити граничний рівень пошкоджень, оскільки він не забезпечує сталого зв'язку між значеннями напруженості матеріалу і його відповідної пошкоджуваності.

Із відомих способів оцінки рівня пошкоджуваності матеріалу внаслідок накопичення пошкоджень в процесі напруження найбільш близьким за своєю технічною суттю є спосіб, який включає навантаження зразків матеріалу до рівня, що відповідає границі міцності матеріалу і визначення після руйнування зразка граничного рівня пошкоджень [Патент 17862, МПК 6, G013/00. Україна. Спосіб оцінки здатності матеріалу конструкції до деградації. Бюл. № 10, 2006]. Згідно з відомим способом граничний рівень розсіяних пошкоджень матеріалу визначають шляхом розрахунку параметрів розсіювання характеристик твердості зразка матеріалу, які доведені при випробуваннях до руйнування.

Згаданий спосіб є недостатньо точним, оскільки за отриманими результатами випробування зразків матеріалу дуже важко визначити граничну пошкоджуваність матеріалу конструкції, що відповідає критичній концентрації пошкоджень у момент початку мікроруйнування зразка. Це пов'язано з тим, що навіть при рівноважному деформуванні практично неможливо розвантажити зразок у момент старту макротріщини, тобто у момент його руйнування, оскільки в зоні мікроруйнування первісне злиття пор в макротріщини завжди відбувається за рахунок запасу пружної енергії у робочій частині зразка і в елементах системи навантаження, що і приводить до руйнування зразка з великою швидкістю. Таким чином, основні труднощі визначення граничної пошкоджуваності матеріалу виникають внаслідок того, що робоча зона зразка, зона де накопичується найбільша кількість розсіяних пошкоджень, руйнується, особливо коли це руйнування супроводжується викривленням країв зразка, поділом зразка на декілька частин, або осколковим характером, що унеможливорює коректно визначити пошкоджуваність матеріалу зразка безпосередньо в зоні руйнування. Для визначення граничної пошкоджуваності матеріалу потрібно, щоб зразок був доведений до граничного стану за пошкоджуваністю, але не був зруйнованим.

В основу пропонованої корисної моделі поставлено задачу створення такого способу, який би дозволив більш точно визначати граничний рівень пошкоджень, що накопичуються у матеріалі у момент його руйнування при різних схемах напруженого стану за рахунок створення умов для дослідження стану матеріалу безпосередньо в зоні вершини тріщини перед її стартом.

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб визначення граничної пошкоджуваності матеріалу, який містить операції випробування зразків матеріалу до руйнування, визначення після руйнування зразка граничної пошкоджуваності і, відповідно до корисної моделі, проводять одночасне випробування двох однакових зразків матеріалу, які в залежності від схеми напруженого стану розташовують в захватах відносно один одного таким чином, що унеможливорює їх одночасне руйнування, при цьому рівень навантаження, є достатнім для руйнування одного зразка, а граничну пошкоджуваність визначають за незруйнованим зразком.

Суть процесів, які проходять в відповідності з операціями запропонованого способу і їх послідовність полягають у наступному. З матеріалу, який знаходиться у вихідному стані і з якого було виготовлено конструктивний елемент, роблять два однакових зразки. Зразки матеріалу, розташовують в захватах відносно один одного в залежності від схеми напруженого стану таким чином, що унеможливорює їх одночасне руйнування. Наприклад, при схемі випробування, що реалізує лінійний напружений стан при одновісному розтягу або стиску, або при випробуваннях на кручення, зразки розташовуються у захватах послідовно. Це забезпечує при досягненні граничної пошкоджуваності руйнування одного з двох зразків, бо при розміщенні зразків паралельно один до одного, важко забезпечити руйнування тільки одного зразка, для чого потрібно у момент його руйнування миттєво зняти навантаження на зразок. При цьому рівень навантаження є достатнім для руйнування одного зразка.

За пропонованим способом можливо проводити випробування зразків матеріалу при будь-якій схемі навантаження зразка. Це можуть бути статичні випробування чи циклічні випробування на втому або інші. Як параметри пошкоджуваності матеріалу приймають

розсіяння значень електроопору матеріалу, чи швидкості зростання сигналу до максимуму при електроакустичному скануванні, чи його твердості, чи інші. За граничний рівень накопичення пошкоджень при заданому напруженому стані приймають результати вимірювання незруйнованого зразка.

5        Приклад. Визначали граничний рівень пошкоджень сталі 10ГН2МФА, яку використовують для виготовлення обладнання і трубопроводів АЕС.

Сталь була піддана термомеханічній обробці. Із цієї сталі були виготовлені два зразки. Зразки були встановлені і закріплені послідовно у захватах випробувальної машини TF-2 (Угорщина), так що осьові зусилля передавалися від одного зразка до другого. Таким чином  
10        забезпечувалося одночасне випробування двох однакових зразків матеріалу до руйнування одного з них. Зразки піддавали малоцикловому навантаженню осьовою силою по трапецієвидному віднульовому циклу з частотою 20 циклів з витримкою під навантаженням і в розвантаженому стані протягом 1 с. Випробування закінчувалися руйнуванням одного із зразків. Потім проводили вимірювання по 30 значень твердості незруйнованого зразка у його робочій  
15        зоні і зруйнованого зразка, на деякий відстані від місця руйнування, де можливо було коректно проводити вимірювання твердості. Далі за вимірами твердості визначали пошкоджуваність матеріалу зразків у його робочій частині за коефіцієнтом гомогенності  $m$  Вейбулла, відповідно до методу LM-твердості [Патент № 52107А, МКВ 7 G01N 3/00, G01N 3/40. Україна. Спосіб оцінки деградації матеріалу внаслідок накопичення пошкоджень в процесі напрацювання, "LM - метод  
20        твердості". Опубл. 15.01.2003. Бюл. № 1]. Отримане значення коефіцієнта гомогенності  $m$  незруйнованого зразка приймали за граничний рівень пошкоджень, що накопичуються у сталі. Чим менше значення коефіцієнта гомогенності, тим більше накопичилося пошкоджень у матеріалі. У початковому стані матеріалу зразка, тобто, коли накопичена деформація  $\epsilon=0$ , коефіцієнт гомогенності становив  $m=100$ , а після циклічного навантаження до  $N=10^4$  циклів  
25         $m=60$  при  $\epsilon=0,8\%$ , тоді як відповідно до вимірів твердості коефіцієнт гомогенності  $m$  у робочій частині зруйнованого зразка, становив  $m=72$ . Це обумовлено тим, що технічно 30 вимірів твердості дуже важко провести безпосередньо в зоні руйнування, тому твердість визначалася біля цієї зони.

Для визначення граничної пошкоджуваності матеріалу при плоскому напруженому стані на  
30        двовісний розтяг проводили випробування методом випинання алюмінієвого сплаву АМцС, товщиною 1,93 мм, що знайшов широке застосування в криогенній техніці, особливо для деталей, які виготовляються глибокою витяжкою. Механічні характеристики складали  $\sigma_{0,2}=58$  МПа,  $\sigma_B=118$  МПа,  $\delta=30\%$ .

До кільцевої опори з двох торцевих сторін герметично за допомогою плоских притискних  
35        кілець закріплюється по зразку у вигляді диску, що виготовлено з досліджуваного матеріалу. Така схема встановлення зразків унеможлиблює їх одночасне руйнування. Через отвір у стінки опори у порожнину між зразками подається під тиском робоче середовище, внаслідок чого у зразках виникає плоский напружений стан, тобто реалізується схема навантаження зразків  
40        двовісним розтягом з співвідношенням між головними напруженнями  $\sigma_1/\sigma_2=1:1$ . Під дією робочого середовища зразки випинаються до руйнування одного з них, при цьому напруження у полюсі зразка становило  $\sigma_B^{1:1}=118$  МПа. Гранична пошкоджуваність листового матеріалу при двовісному розтягу визначалася за коефіцієнтом гомогенності  $m$  у полюсі незруйнованого зразка і становила  $m=43,3$ , а для зруйнованого зразка -  $m=50,5$ .

Таким чином, спосіб дозволяє зафіксувати стан матеріалу, що передуює руйнуванню при  
45        різних схемах напруженого стану, що дає можливість більш точно визначати граничний рівень пошкоджень, що накопичуються у матеріалі у момент його руйнування. Крім того, спосіб дозволяє вивчати тріщиностійкість матеріалу шляхом дослідження стану матеріалу за його пошкоджуваністю, безпосередньо в зоні вершини тріщини перед її стартом.

Джерела інформації:

50        1. Дрозд М.О. Определение механических свойств металла без разрушения. - М.: Металлургия. - 1965. - С. 147-156.

2. Патент 17862, МПК 6 G013/00. Україна. Спосіб оцінки здатності матеріалу конструкції до деградації. Бюл. № 10, 2006.

3. Патент № 52107А, МКВ 7 G01N3/00, G01N3/40. Україна. Спосіб оцінки деградації  
55        матеріалу внаслідок накопичення пошкоджень в процесі напрацювання, "LM - метод твердості". Бюл. № 1, 2003.

## ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- 5 Спосіб визначення граничної пошкоджуваності матеріалу, який включає випробування двох однакових зразків матеріалу, визначення після руйнування зразка граничної пошкоджуваності матеріалу, який **відрізняється** тим, що зразки під час випробування розташовують в захватах послідовно і проводять випробування на міцність або при статичному, або при циклічному навантаженні осьовою силою до руйнування одного із зразків, після руйнування одного зразка проводять вимірювання твердості у робочій зоні незруйнованого і зруйнованого зразків, а за значеннями твердості визначають граничну пошкоджуваність матеріалу за методом LM-твердості.
- 10

---

Комп'ютерна верстка В. Мацело

---

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

---

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