



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **26013** (13) **U**  
(51) **МПК (2006)**  
**G01N 3/08**  
**B21C 37/08**  
**B21C 37/15**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

### (54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ОПОРУ ТРІЩИНОУТВОРЕННЮ ШТАБОВОГО МЕТАЛУ

1

(21) u200705481

(22) 18.05.2007

(24) 27.08.2007

(46) 27.08.2007, Бюл. № 13, 2007 р.

(72) Лариков Володимир Васильович, Фурманов Валерій Борисович

(73) Лариков Володимир Васильович, Фурманов Валерій Борисович

(57) 1. Спосіб визначення рівня опору тріщиноутворенню (POT) штабового металу, що включає стандартні випробування зразка на розтягування до його розриву під дією миттєвих навантажень, який **відрізняється** тим, що рівень опору тріщиноутворенню визначають за стандартною діаграмою розтягування зразка до його розриву шляхом оцінки величини відносної зміни потенціальної роботи пружного розвантаження перед початком утворення шийки на зразку і потенціальної роботи пружного розвантаження безпосередньо перед розривом зразка і розраховують за формулою:

2

$$POT = \frac{A_1 - A_2}{A_1} = 1 - \left( \frac{P_p}{P_{max}} \right)^2, \text{ де:}$$

$A_1$  - величина потенціальної роботи пружного розвантаження перед початком утворення шийки на зразку;

$A_2$  - величина потенціальної роботи пружного розвантаження безпосередньо перед розривом зразка;

$P_p$  - зусилля розриву зразка;

$P_{max}$  - максимальне зусилля розтягування зразка перед початком утворення шийки на зразку.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що для тріщини, площа якої лежить в поздовжньому напрямку (вздовж прокату), використовують поперечні зразки, а для тріщини, площа якої лежить в поперечному напрямку (поперек прокату), використовують поздовжні зразки.

Корисна модель належить до досліджень міцнісних властивостей металів шляхом прикладення механічних зусиль з метою оцінки надійності різноманітних виробів, які з них виготовляються, та може застосовуватись заводами-виробниками під час вхідного контролю придатності штабової заготовки, зокрема, для профільних (прямокутних і квадратних) труб, з різних марок сталі і будь-яких розмірів, отриманих способом холодного профілювання з круглих труб-заготовок.

Важливим показником властивостей штабового металу для профілювання є його пластичність, а саме - здатність до формоутворення необхідного перерізу без появи тріщин в місцях вигину металу. Схильність сталі до тріщиноутворення змушує збільшити радіус її вигину при профілюванні (що зменшує жорсткість гнутих профілів) і роздільність деформації (що збільшує кількість профілювальних клітей, тим самим підвищуються витрати валків і трудозатрати).

Відомий спосіб оцінки надійності готових профільних труб щодо перевірки їх стійкості до тріщиноутворення у внутрішніх кутах профілю на підставі діагонального сплющування [див. патент України №15727U, МПК<sup>7</sup> G01N 3/08, опубл. 15.07.2006р., Бюл. №7, 2006р.].

Даний спосіб дає можливість визначити як наявність тріщини, яку не видно неозброєним оком, так і рівня опору тріщиноутворенню (POT) у внутрішніх кутах готового профілю.

Проте, в статті Шапіро І.А., Фурманова В.Б. та Ларикова В.В., опублікованій в журналі "Сталь" [№10, 2006р., м. Москва] рівень опору тріщиноутворенню у внутрішніх кутах готового профілю залежить не лише від умов формоутворення та деформації, але й від рівня опору тріщиноутворенню вихідного штабового металу.

Крім цього, у вищезгаданій статті доведено, що холодне профілювання круглих труб є швидкоплинним процесом, в якому за кожною профілю-

(13) **U**(11) **26013**(19) **UA**

вальною кліттю відбувається пружна розрядка напруги за вельми короткий час, що обчислюється частками секунд. Це рівнозначно прикладанню до профілю за кліттю миттєвих навантажень зворотнього знака в порівнянні зі знаком профілюючих навантажень.

Слід зазначити, що стандартні випробування штабового металу не передбачають випробувань на дію миттєвих навантажень, які при однаковості інших умов, є однією з головних причин утворення тріщин у внутрішніх кутах профілю.

Найбільш близьким до заявленого технічного рішення є спосіб розрахунку питомої роботи деформації руйнування зразка при його розтягуванні [див. Гастев В.А. Краткий курс сопротивления материалов. Москва, 1977р., стор. 60-61], обраний авторами за найближчий аналог.

Спосіб характеризує опір металу тріщиноутворенню під дією миттєвих навантажень. При цьому, чим більше питома робота деформації розтягування зразка до його руйнування, тим більше опір металу до тріщиноутворення при миттєвих навантаженнях, що на нього діють, при однаковості інших умов.

Розрахунок питомої роботи деформації руйнування зразка, відповідно до найближчого аналогу, передбачає наступні операції:

1. Одержання стандартної діаграми розтягування зразка до його руйнування (розриву) у координатах: сила розтягування  $P$  - абсолютне видовження  $\Delta L$  (див. дод.1, крива 0авсd).

2. Розрахунок часового опору  $\sigma_b$ .

3. Перерахування та побудова умовної діаграми у координатах: напруга  $\sigma$  - відносне видовження  $\varepsilon$ .

4. Визначення за умовною діаграмою відносного видовження  $\varepsilon_c$  зразка в момент початку утворення на ньому шийки (див. фіг. 1, відрізок cd), тобто відносного видовження, отриманого на ділянці від точки "0" до точки "с".

5. Розрахунок відносного поперечного звуження  $\varphi$ , точне визначення якого має певні труднощі.

6. Розрахунок дійсної напруги  $\sigma_p$  в точці "d" при руйнуванні зразка.

7. Розрахунок питомої роботи  $A_{\text{лит.1}}$  руйнування зразка.

8. Виконання зазначених вище пунктів 1-7 для іншої марки сталі, яка, наприклад, на практиці показала явно інший рівень тріщиноутворення, з метою розрахунку для цієї сталі питомої роботи  $A_{\text{лит.2}}$  руйнування.

9. Порівняння питомої роботи  $A_{\text{лит.1}}$  і  $A_{\text{лит.2}}$  руйнування.

Зазначений спосіб розрахунку питомої роботи руйнування зразків при їх розтягуванні (пункти 1-9) та визначення таким чином критеріїв, які характеризують рівень небезпечності тріщиноутворення штабового металу, може бути використаний тільки під час наукових досліджень. Для промислових випробувань наведений спосіб є складним та громіздким.

Крім цього, в найближчому аналогу не визначено які зразки - поздовжні або поперечні (тобто,

вздовж чи поперек прокату) - надходять на випробування, що є надзвичайно важливим фактором. Випробування, здійснені авторами на БАТ "Дніпропетровський трубний завод" показали, що величини питомої роботи руйнування поздовжніх та поперечних зразків, при однаковості інших умов, суттєво відрізняються, що значно утруднює визначення мінімального (безпечного) рівня питомої роботи руйнування з точки зору тріщиноутворення.

Виходячи з вищезгаданого, задача корисної моделі - підвищення інформативності в поведінці металу шляхом створення простого та, відповідно, більш прийнятного для умов виробництва способу визначення рівня опору тріщиноутворенню (POT) штабового металу під час дії на нього або на виріб, виготовлений з цього металу, миттєвих навантажень.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що в способі визначення рівня опору тріщиноутворенню (POT) штабового металу, що включає стандартні випробування зразка на розтягування до його розриву під дією миттєвих навантажень, відповідно до корисної моделі, рівень опору тріщиноутворенню визначають за стандартною діаграмою розтягування зразка до його розриву шляхом оцінки величини відносної зміни потенційної роботи пружного розвантаження перед початком утворення шийки на зразку і потенційної роботи пружного розвантаження безпосередньо перед розривом зразка і розраховують за формулою:

$$POT = \frac{A_1 - A_2}{A_1} = 1 - \left( \frac{P_p}{P_{\max}} \right)^2,$$

де:  $A_1$  - величина ; потенційної роботи пружного розвантаження перед початком утворення шийки на зразку;  $A_2$  - величина потенційної роботи пружного розвантаження безпосередньо перед розривом зразка;  $P_p$  - зусилля розриву зразка;  $P_{\max}$  - максимальне зусилля розтягування зразка перед початком утворення шийки на зразку. Причому, для тріщини, площа якої лежить в поздовжньому напрямку (вздовж прокату), використовують поперечні зразки, а для тріщини, площа якої лежить в поперечному напрямку (поперек прокату), використовують поздовжні зразки.

Основною відмінністю даного технічного рішення від відомих і найближчого аналогу, зокрема, є визначення рівня опору тріщиноутворенню (POT) безпосередньо із стандартної діаграми розтягування зразка у координатах: сила розтягування  $P$  - абсолютне видовження  $\Delta L$ . Це стало можливим після того, коли авторами було встановлено, що відносна зміна величини питомої роботи руйнування, при однаковості інших умов, адекватна відносній зміні потенційної роботи пружного розвантаження зразка перед початком утворення шийки (на дод.1 точка "с") в порівнянні з потенційною роботою пружного розвантаження безпосередньо перед розривом зразка (на Дод.1 точка "d"). В результаті була отримана залежність:

$$POT = \frac{A_1 - A_2}{A_1} = 1 - \left( \frac{P_p}{P_{\max}} \right)^2 \text{ - для визначення}$$

рівня опору тріщиноутворенню (POT) штабового металу, що дає змогу одержати значення POT

безпосередньо із стандартної діаграми розтягання зразка до його руйнування.

При вирізанні зразків необхідно обов'язково враховувати напрямки площини, в якій лежить тріщина. Якщо площина тріщини лежить в поздовжньому напрямку, тобто вздовж прокату, то випробування здійснюються на поперечних зразках. Коли площина тріщини лежить поперек прокату, то випробування здійснюються на поздовжніх зразках.

На даний час запропонований спосіб використовують при аналізі якості всього штабового металу, що надходить на ВАТ "Дніпропетровський трубний завод".

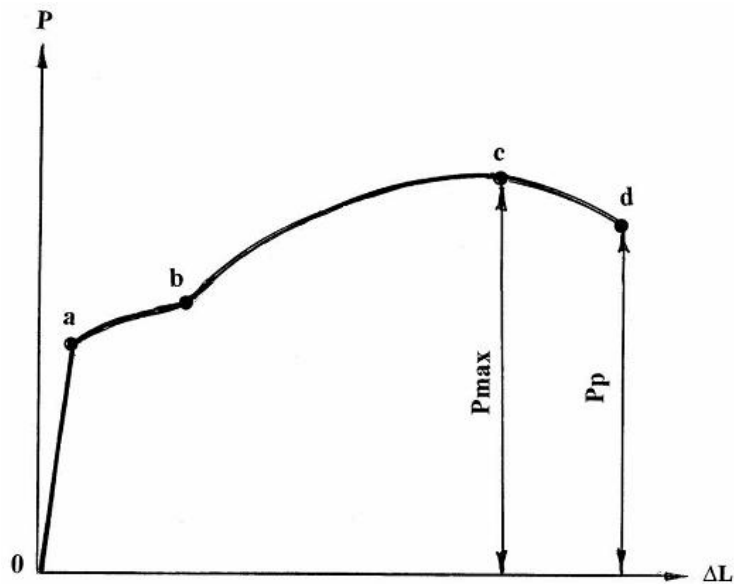
Приклад конкретного виконання способу визначення рівня опору тріщиноутворенню (POT) штабового металу наведено в таблиці 1. Значення POT визначені для штабової сталі 09Г2, яка на практиці показала високу вірогідність утворення тріщин у внутрішніх кутах профілю, та для сталі S355, що показує повну відсутність тріщин у внутрішніх кутах профілю.

Таблиця 1

№ зразка штаби	Марка сталі	POT	Тип зразка
1	S355	0,33	поперечний
2	S355	0,34	поперечний
3	09Г2	0,19	поперечний
4	09Г2	0,10	поперечний

Як видно з таблиці, POT для сталі S355 в 1,8 - 3,4 рази вище, чим для сталі 09Г2, що підтверджено випробуванням готового профілю сплющуванням за патентом №15727 У.

Запропонований підхід до визначення рівня опору тріщиноутворенню в подальшому може бути використаний не тільки для штабового металу.



Дод.1