



УКРАЇНА

(19) UA (11) 28383 (13) U
(51) МПК
G01L 1/06 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ СТРУКТУРНИХ І ТЕМПЕРАТУРНИХ СКЛАДОВИХ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ В ПОКРИТТЯХ

1

2

(21) u200707507

(22) 04.07.2007

(24) 10.12.2007

(72) АНТОНЮК ВІКТОР СТЕПАНОВИЧ, UA,
СОРОКА ОЛЕНА БОРИСІВНА, UA, КЛИМЕНКО
СЕРГІЙ АНАТОЛІЙОВИЧ, UA, КОПЕЙКІНА
МАРИНА ЮРІЇВНА, UA

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ
ІНСТИТУТ", UA

(56)

(57) Спосіб визначення структурних і температурних складових залишкових напружень в покриттях, що включає реєстрацію параметра відхилення зразка від прямолінійного положення і визначення залишкових напружень, який відрізняється тим, що як параметр відхилення від

прямолінійного положення вибирають прогин зразка довжиною a , вимірюють його величину в холодному стані f_1 , нагрівають зразок до температури нанесення покриття, реєструють прогин зразка f_2 , враховують товщину основи H_0 та покриття h_n , визначають величину залишкових напружень $\sigma_{зал}$ в покритті для f_1 , визначають величину структурної складової залишкових напружень для f_2 , знаходять величину температурної складової залишкових напружень як різницю між $\sigma_{зал}$ для f_1 та для f_2 .

Корисна модель відноситься до вимірювань напружень і деформацій, зокрема, до визначення залишкових напружень в покриттях.

Метою корисної моделі є визначення структурних і температурних складових залишкових напружень та їх складових в покриттях.

Відомий спосіб визначення залишкових напружень [Козлов М.Л., Подстригач І.Я. К вопросу об определении остаточных напряжений методом отверстия // Остаточные технологические напряжения. - Тр 2 Всесоюзного симпозиума. - М.: 1985 - С.198-204], суть якого полягає в визначенні залишкових напружень за величинами деформацій, які визначаються шляхом вимірювання у точках поверхні навколо нескрізного отвору, що висвердлюється з метою пружного розвантаження залишкових напружень.

Недоліком відомого способу визначення залишкових напружень на основі висвердлювання отворів слід вважати неможливість визначення залишкових напружень в тонких покриттях. Складові залишкових напружень в покриттях визначити неможливо.

Відомий спосіб і пристрій для визначення залишкових поверхневих напружень, дивися наприклад, [а. с. РФ №2282164 С1, кл. G01L 1/00, Опубл. 20.08.2006 Бюл. №23], суть якого полягає в підготовці зразка необхідної форми і розмірів, жорсткому закріпленні в держачі, нанесенні захисного покриття на поверхні зразка, які не підлягають травленню, і завантаження зразка в посуд з агресивною рідиною на глибину не менш 2мм, вимірювання результатів деформації і обробка їх за допомогою комп'ютера, додатково встановлено пристрій передачі деформації, який складається з кварцевої капілярної трубки з електропровідною фольгою на вільному кінці, при цьому створюють зазор між фольгою і індуктивним датчиком і підтримують його постійним за рахунок зворотнього зв'язку і фіксують пікові зміни деформацій.

Недоліком відомого способу визначення залишкових поверхневих напружень можна вважати необхідність травлення зразка, яке спричиняє вплив агресивного середовища і ускладнює технологічний процес. Спосіб не дає можливості визначити складові структурних і температурних напружень в покриттях.

(19) UA (11) 28383 (13) U

Найбільш близький до запропонованого способу за сукупністю ознак є відомий спосіб визначення залишкових напружень в покриттях за [а. с. СССР №1805307А1, кл. G01L1/00, Опубл. 30.03.1993 Бюл. №12], суть якого полягає в видаленні з полосової заготовки досліджуваного зразка, визначенні параметра кривизни відхилення від прямолінійного положення і визначенні величини залишкових напружень за формулою з урахуванням модуля пружності та коефіцієнта Пуасона матеріала основи.

Недоліками цього способу є те, що необхідно вирізати зразок з полоси, внаслідок чого відбувається перерозподіл залишкових напружень і знижується точність їх визначення, а також неможливість встановити величини структурних і температурних складових залишкових напружень в покриттях.

В основу корисної моделі поставлено задачу вдосконалити спосіб визначення залишкових напружень в покриттях шляхом вимірювання параметра відхилення зразка від прямолінійного положення в холодному стані, потім при температурі нанесення покриття, визначенні величин залишкових напружень в покриттях та їх структурних і температурних складових.

Поставлена задача вирішується тим, що для одержання значень залишкових напружень в покриттях, як параметри відхилення від прямолінійного положення досліджуваного зразка довжиною a , вибирають прогини зразка f_1 , які визначають в холодному стані f_1 , а потім, при температурі нанесення покриття f_2 , визначають величину залишкових напружень $\sigma_{\text{зал}}$ в покритті для f_1 , визначають величину структурної складової залишкових напружень для f_2 , знаходять величину температурної складової залишкових напружень, як різницю між $\sigma_{\text{зал}}$ для f_1 та для f_2 .

На фігурі представлено креслення, що пояснює суть корисної моделі.

Сутність способу полягає в тому, що після нанесення на зразок 1 у формі балки товщиною H_0 покриття 2 товщиною h_n , при умові самоврівноваження залишкових напружень, зразок 1 під дією невідновлених залишкових напружень деформується, приймаючи криволінійну форму. Виникнення залишкових напружень в покритті 2 може бути обумовлено різницею температурних коефіцієнтів розширення матеріалів покриття 2 і основи 1, наявністю атомів газу, які захоплені в процесі нанесення та неповним структурним упорядкуванням в покритті при формуванні останнього; "заморожуванням" дефектів решітки при конденсації; утворенням на поверхні розділу системи "основа-покриття" проміжних фаз, що обумовлено взаємною дифузією. Тобто, залишкові напруження в покритті можна поділити на структурні та температурні.

Для визначення величин залишкових напружень використовують рівняння пружної лінії для балки

$$\sigma_{\text{п}}^{\text{зал}} = \frac{32E_0H_0^3f}{3a^2h_n(1-\nu_0)(2H_0+h_n)}, \quad (1)$$

де E_0 , ν_0 - модуль пружності основи першого роду і коефіцієнт Пуасона матеріалу основи; H_0 , h_n - товщини основи та покриття; f - прогин зразка.

Формула (1) дозволяє за відомими величинами E_0 , $2H_0$, ν_0 , h_n і визначеній величині f

визначити залишкові напруження $\sigma_{\text{п}}^{\text{зае}}$ в покритті.

При цьому приймаємо, що залишкові напруження у тонкому покритті (наприклад, вакуум-плазмовому) постійні по товщині.

Вимірюючи прогин f_1 після нанесення покриття і охолодження зразка з покриттям, визначаємо величину загальних залишкових напружень. Після цього нагріваємо зразок до температури нанесення покриття, у цьому стані вимірюємо прогин f_2 і згідно з ним визначаємо величину структурних залишкових напружень. Різниця між значеннями загальних та структурних залишкових напружень становить величину температурних залишкових напружень.

Наприклад: На зразок із швидкорізальної сталі Р6М5 ($E_0 = 220 \text{ ГПа}$, $\nu_0 = 0,29$) товщиною ($2H_0 = 0,5 \text{ мм}$), шириною ($b = 5 \text{ мм}$) і довжиною ($a = 120 \text{ мм}$) на одну із сторін наносили вакуум-плазмове покриття TiN. Після нанесення покриття під дією залишкових напружень зразок приймав криволінійну форму.

На Фіг.1 зображено зразок після нанесення на нього покриття товщиною (1 - основа, 2 - покриття).

Вимірювання прогину зразка з товщиною покриття TiN ($h_n = 6 \text{ мкм}$), дало $f_1 = 2,8 \text{ мм}$, що відповідає загальним залишковим напруженням

$$\sigma_{\text{п}}^{\text{зае}} = (-2,6) \text{ ГПа}.$$

Нагрівання зразка до температури нанесення покриття (480°C) спричиняє зменшення прогину до величини $f_1 = 1,8 \text{ мм}$. Цей прогин відповідає структурним залишковим напруженням

$$\sigma_{\text{п}}^{\text{зае}} = (-1,7) \text{ ГПа}.$$

Різниця між значеннями загальних та структурних залишкових напружень відображає складову залишкових напружень

$$\sigma_{\text{п}}^{\text{зае}} = (-0,9) \text{ ГПа}, \quad \text{обумовлених різницею}$$

температурних коефіцієнтів розширення матеріалів покриття і основи.

Запропонований спосіб визначення залишкових напружень в покриттях дозволяє: визначити величини загальних залишкових напружень в тонких покриттях незалежно від методів формування покриттів; виділити структурну і температурну складові залишкових напружень в покриттях різної природи (металеві, керамічні, полімерні, композитні тощо).

Таким чином, спосіб, що заявляється, дозволяє визначити загальні залишкові напруження в покриттях, а також їх структурну і температурну складові, що можна вважати достатнім для практичного використання.

Джерела інформації:

Аналоги - Козлов М.Л., Подстригач И.Я К вопросу об определении остаточных напряжений

методом отверстия // Остаточные технологические напряжения. - Тр 2 Всесоюзного симпозиума. - М.: 1985 - С.198-204.

- Спосіб і пристрій для визначення залишкових поверхневих напружень. РФ №2282164 С1, кл. G01L 1/00, Опубл. 20.08.2006 Бюл. №23

Прототип - Способ нанесения износостойких покрытий. Авторское свидетельство СССР №1805307 А1, кл. G01L 1/00, Опубл. 30.03.1993 Бюл. №12.

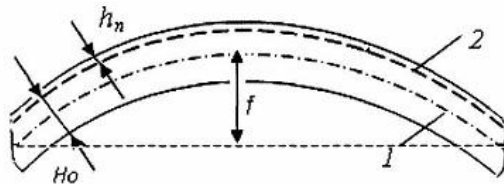


Fig. 1