



УКРАЇНА

(19) UA (11) 77554 (13) C2
(51) МПК (2006)
G01N 3/08

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ВИНИКНЕННЯ МЕХАНІЧНИХ НАПРУГ ДОПУСТИМОЇ ВЕЛИЧИНИ І НАПРЯМУ ЇХ ДІЇ В ЛИСТОВОМУ ІЗОТРОПНОМУ МАТЕРІАЛІ КОНСТРУКЦІЙ

1

2

(21) а200500199

(22) 10.01.2005

(24) 15.12.2006

(46) 15.12.2006, Бюл. № 12, 2006 р.

(72) Шокарев Віктор Семенович, Рижиков Олександр Миколаєвич, Чаплигін Валерій Іванович

(73) НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗАПОРІЗЬКЕ ВІДДІЛЕННЯ

(56) SU 819618, 07.04.1981

RU 2194968 C2, 20.12.2002

Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Справочник по сопротивлению материалов. Изд. второе. - Киев: Наукова думка, 1988. - С. 146 - 150, 162 - 165.

Разрушение. Редактор Либовиц Г. Том 3. - М.: Мир, 1976. С.391 - 394.

(57) 1. Спосіб визначення виникнення механічних напруг допустимої величини і напрямку їх дії в листовому ізотропному матеріалі конструкцій, по якому виготовляють для досліджень на розтягування із листового матеріалу суцільний зразок, отримують діаграму його деформування, визначають по діаграмі допустиму величину механічних напруг, який **відрізняється** тим, що із листового матеріалу виготовляють партію зразків, подібних суцільному зразку, в центрі кожного зразка виконують симетрично і перпендикулярно осі симетрії зразка по одному прорізу різної для кожного зразка довжини з радіусом закруглення на його кінцях, для кожного зразка із партії отримують діаграму деформування і фіксують величину руйнівних напруг, вибирають із партії зразків еталонний зразок, механічна напруга руйнування якого відповідає допустимій величині напруги для суцільного зразка, виготовляють партію еталонних зразків, закріплюють на поверхні листового матеріалу конструкції в місцях контролю по три еталонних зразки в формі прямокутної розетки, поздовжні осі яких відносно одна одної складають кут 45°, в зоні прорізів на еталонних зразках закріплюють індуктивні вимірювальні перетворювачі, виходом підключені до пристрою вимірювання індуктивності, виникнення до-

пустимої величини механічної напруги в листовому матеріалі конструкції визначають по екстремуму зміни індуктивності при виникненні тріщини в еталонному зразку і напрямку їх дії, співпадаючому з напрямом поздовжньої осі еталонного зразка з тріщиною.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що при визначенні виникнення механічних напруг допустимої величини і напрямку їх дії в листовому діелектричному матеріалі конструкцій використовують індуктивні вимірювальні перетворювачі контролю виникнення тріщини, кожний із яких складається із двох феромагнітних пластин, розташованих на одній поверхні зразка з обох сторін прорізу, на одній із пластин намотана обмотка індуктивності.

3. Спосіб за одним з пп. 1, 2, який **відрізняється** тим, що при визначенні виникнення механічних напруг допустимої величини і напрямку їх дії в листовому феромагнітному матеріалі конструкцій використовують індуктивні вимірювальні перетворювачі, кожний із яких складається із циліндричного магнітопроводу з намотаною на ньому обмоткою індуктивності і установлений симетрично в прорізі.

4. Спосіб за будь-яким з пп. 1-3, який **відрізняється** тим, що при визначенні виникнення механічних напруг допустимої величини і напрямку їх дії в листових матеріалах, закріплених на основі, із сторони поверхні основи, що прилягає до поверхні листового матеріалу, виконують некріпні вибірки матеріалу, які мають площину, більшу площини листового матеріалу, зайнятої індуктивним вимірювальним перетворювачем.

5. Спосіб за будь-яким з пп. 1-4, який **відрізняється** тим, що пристрій вимірювання індуктивності складається із індуктивних вимірювальних перетворювачів, виходами підключених до входів блока установки еталонної величини початкової індуктивності перетворювачів, виходи блока підключені до входів комутатора, вихід якого з'єднаний з входом блока обробки і вимірювання величини індуктивності.

(13) C2

(11) 77554

(19) UA

Винахід відноситься до способів дослідження матеріалів конструкцій, зокрема визначення виникнення механічних напруг допустимої величини і напрямку їх дії в листовому ізотропному діелектричному і феромагнітному матеріалі конструкцій.

Відомий спосіб визначення механічних напруг допустимої величини листового матеріалу, по якому виготовляють для досліджень на розтягування із листового матеріалу суцільний зразок, здобувають діаграму його деформування, визначають по діаграмі допустиму величину механічних напруг. [Довідник по опору матеріалів. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. - 2-е вид., перероб. і доп. - Київ: Наук. думка, 1988. - 736с., с. 146-151, с. 163-164].

Відомий спосіб приводить до великих похибок, оскільки діаграма деформування зразка не відповідає діаграмі листового матеріалу конструкцій, так як практично ніколи не відомо напружено-деформований стан матеріалу конструкції /Фрідман Я.Б. Механічні властивості матеріалів. Вид. 3-є. Частина друга. М., "Машинобудування", 1974, 368 с./, тому більш достовірні результати здобувають, коли вирізають зразок із конструкції, що практично неможливо. Крім того відомий спосіб не дозволяє провести оцінку напрямку дії механічних напруг, ці недоліки різко понижують точність визначення допустимої величини механічних напруг в листовому матеріалі конструкцій, а також обмежує область його практичного застосування.

Із відомих способів визначення механічних напруг допустимої величини в листовому матеріалі найбільш близьким за своєю технічною суттю є спосіб, по якому виготовляють для досліджень на розтягування із листового матеріалу зразок, в центрі зразка виконують симетрично і перпендикулярно осі його симетрії проріз, здобувають діаграму деформування, визначають по діаграмі допустиму величину механічних напруг [Руйнування. Редактор Г.Либовиць. Том 3. Переклад з англійського. Вид. "Мир." Москва, 1976, 797с., с.391-397. Прототип].

Відомий спосіб має суттєвий недолік, він може бути використаний тільки в лабораторних умовах для експериментальних досліджень і для матеріалів конструкцій, що мають прорізи подібні в зразку, тобто він має обмежене практичне застосування.

У винаході постає задача здобуття технічного результату, який дозволяє поширити область застосування способу визначення механічних напруг допустимої величини за рахунок визначення виникнення механічних напруг допустимої величини і напрямку їх дії в листовому ізотропному матеріалі конструкцій, що поширює область його практичного застосування.

Технічний результат досягається тим, що в способі визначення виникнення механічних напруг допустимої величини і напрямку їх дії в листовому ізотропному матеріалі конструкцій, по якому виготовляють для досліджень на розтягування із листового матеріалу суцільний зразок, здобувають діаграму його деформування, визначають по діаграмі допустиму величину механічних напруг, із

листового матеріалу виготовляють партію зразків, подібних суцільному зразку, в центрі кожного зразка виконують симетрично і перпендикулярно осі їх симетрії по одному прорізу різної довжини з радіусами закруглення на їх кінцях, для кожного зразка із партії здобувають діаграму деформування і фіксують величину руйнівних напруг, вибирають із партії зразків еталонний зразок механічна напруга руйнування якого відповідає допустимій величині напруги для спільного зразка, виготовляють партію еталонних зразків, закріплюють на поверхні листового матеріалу конструкції в місцях контролю по три еталонних зразка в формі прямокутної розетки, поздовжні осі яких відносно одне одного складають кут 45° , в області прорізів на еталонних зразках закріплюють індуктивні вимірювальні перетворювачі, виходом підключені до пристрою вимірювання індуктивності, визначають виникнення допустимої механічної напруги в листовому матеріалі конструкції по екстремуму зміни індуктивності при виникненні тріщини в еталонному зразку і напрямку їх дії, співпадаючому з напрямком поздовжньої осі еталонного зразка з тріщиною.

Порівнювальний аналіз розробленого способу визначення виникнення механічних напруг допустимої величини і напрямку їх дії в листовому ізотропному матеріалі конструкцій з прототипом показує, що спосіб, по якому виготовляють для досліджень на розтягування із листового матеріалу суцільний зразок, здобувають діаграму його деформування, визначають по діаграмі допустиму величину механічних напруг, відрізняється тим, що із листового матеріалу виготовляють партію зразків, подібних суцільному зразку, в центрі кожного зразка виконують симетрично і перпендикулярно осі їх симетрії по одному прорізу різної довжини з радіусом закруглення на його кінцях, для кожного зразка із партії здобувають діаграму деформування і фіксують величину руйнівних напруг, вибирають із партії зразків еталонний зразок, механічна напруга руйнування якого відповідає допустимій величині напруги для спільного зразка, виготовляють партію еталонних зразків, закріплюють на поверхні листового матеріалу конструкції в місцях контролю по три еталонних зразка в формі прямокутної розетки, поздовжні осі яких відносно одне одного складають кут 45° , в області прорізів на еталонних зразках закріплюють індуктивні вимірювальні перетворювачі, виходом підключені до пристрою вимірювання індуктивності, визначають виникнення допустимої величини механічної напруги в листовому матеріалі конструкції по екстремуму зміни індуктивності при виникненні тріщини в еталонному зразку і напрямку їх дії, співпадаючому з напрямком поздовжньої осі еталонного зразка з тріщиною, розроблений спосіб відрізняється також тим, що при визначенні виникнення механічних напруг допустимої величини і напрямку їх дії в листовому діелектричному матеріалі конструкцій використовують індуктивні вимірювальні перетворювачі контролю виникнення тріщини, кожний із яких складається із двох феромагнітних пластин, розташованих на одній поверхні зразка з обох сторін прорізу, на одній із пластин намотана

обмотка індуктивності, а при визначенні виникнення механічних напруг допустимої величини і напрямку їх дії в листовому феромагнітному матеріалі конструкцій використовують індуктивні вимірювальні перетворювачі, кожний із яких складається із циліндричного магнітопроводу з намотаною на ньому обмоткою індуктивності і встановленого симетрично в прорізі; при визначенні виникнення механічних напруг допустимої величини і напрямку їх дії в листових матеріалах, закріплених на основі, із сторони поверхні основи, що прилягає до поверхні листового матеріалу, виконують некрізні вибірки матеріалу, які мають площину, більшу площини листового матеріалу, зайнятою індуктивним вимірювальним перетворювачем; розроблений спосіб відрізняється також тим, що пристрій вимірювання індуктивності складається із індуктивних вимірювальних перетворювачів, виходами підключених до входів блоку установки еталонної величини початкової індуктивності перетворювачів, виходи блоку підключені до входів комутатора, вихід якого з'єднаний з входом блоку обробки і вимірювання величини індуктивності.

Розроблений спосіб пояснюють Фіг.1-6.

Фіг.1. а/ Конструктивне виконання зразків із суцільного листового матеріалу; б/ діаграма деформування суцільного зразка.

Фіг.2. а/ Конструктивне виконання зразків з прорізом; б/ діаграми деформування зразків з прорізом.

Фіг.3. Схема установки еталонних зразків в формі прямокутної розетки на поверхні контрольованого матеріалу і структурна схема пристрою обробки та вимірювання величини індуктивності.

Фіг.4. Конструкція вимірювальних перетворювачів для контролю допустимих механічних напруг в діелектричних листових матеріалах.

Фіг.5. Конструкція вимірювальних перетворювачів для контролю допустимих механічних напруг в феромагнітних листових матеріалах.

Фіг.6. Експериментальні результати при використанні розробленого способу.

При практичному використанні розробленого способу визначення виникнення механічних напруг допустимої величини і напрямку їх дії в листовому ізоотропному матеріалі конструкцій виготовляють для досліджень на розтягування зусиллям P із листового матеріалу суцільний зразок 1 /Фіг.1а/ з подовжною віссю симетрії O_1 , здобувають діаграму його деформування /Фіг.1б/ у вигляді залежності $\sigma = \varphi(\Delta\ell)$ механічних напруг σ від деформацій $\Delta\ell$, визначають по діаграмі $\sigma = \varphi(\Delta\ell)$ допустиму величину механічних напруг σ_d , із листового матеріалу виготовляють партію зразків $2_1 \div 2_n$ /Фіг.2а/ подібних суцільному зразку 1, в центрі кожного зразка $2_1 \div 2_n$ симетрично і перпендикулярно осі їх симетрії O_2 виконують по одному прорізу $3_1 - 3_n$ різної довжини $a_{3_1} \div a_{3_n}$ з радіусом закруглення r на його кінцях, для кожного зразка $2_1 \div 2_n$ із партії здобувають діаграму деформування $\sigma_{2_1} = \varphi(\Delta\ell) \div \sigma_{2_n} = \varphi(\Delta\ell)$ (Фіг.2б),

фіксують величину руйнівних напруг $\sigma_{P_{2_1}} \div \sigma_{P_{2_n}}$, вибирають із партії зразків $2_1 \div 2_n$ еталонний зразок 4_3 , механічна напруга руйнування $\sigma_{P_{4_3}}$ якого відповідає допустимій величині напруги σ_d для суцільного зразка 1 /Фіг.1а/, виготовляють партію еталонних зразків $4_{3_1} \div 4_{3_i}$, закріплюють на поверхні листового матеріалу /Фіг.3/ конструкції 5 в місцях контролю групами $\Gamma_1 \div \Gamma_k$ по при еталонних зразка 4_3 в формі прямокутної розетки /Фіг.4/, поздовжні осі O_2 яких відносно одне одного складають кут 45° , в області прорізів 3 на еталонних зразках 4_3 закріплюють ідентичні індуктивні вимірювальні перетворювачі $ИП_{\Gamma_1} \div ИП_{\Gamma_n}$, виходом підключені до пристрою 6 вимірювання їх індуктивності $L_{ИП}$, який складається із блоку 7 формування початкових еталонних індуктивностей $L_{ИП}$ вимірювальних перетворювачів $ИП$, виходами підключеного до входів комутатора 8, вихід якого з'єднаний з входом блоку 9 обробки і вимірювання величини індуктивностей $L_{ИП}$, визначають виникнення допустимої механічної напруги σ_d в листовому матеріалі конструкції 5 по екстремуму зміни індуктивності $L_{ИП_n}$ при виникненні тріщини в еталонному зразку 4_3 і напрямку дії σ_d , співпадаючому з напрямком поздовжньої осі O_2 еталонного зразка 4_3 з тріщиною.

При контролі листових діелектричних матеріалів конструкцій використовують індуктивні вимірювальні перетворювачі $ИП_{\Gamma}$ /Фіг.4/ контролю виникнення тріщин, кожний із яких складається із двох феромагнітних пластин 10, 11, розташованих на одній поверхні еталонного зразка 4_3 з обох сторін прорізу 3, на одній пластині 10 намотана обмотка індуктивності $L_{ИП}$, яка створює електромагнітний потік Φ , що різко зменшується при виникненні тріщини вздовж осі O_3 . При контролі листових феромагнітних матеріалів конструкцій використовують індуктивні вимірювальні перетворювачі $ИП_{\Gamma}$ /Фіг.5/, кожний із яких складається із циліндричного магнітопроводу 12, встановленого симетрично в прорізу 3 з намотаною на ньому обмоткою індуктивності $L_{ИП}$, яка створює магнітний потік Φ , що різко зменшується при виникненні тріщини вздовж осі O_3 . Листові матеріали можуть закріплюватися на поверхні різних конструкцій, наприклад, в якості гідроізоляції, тому зменшення впливу деформацій матеріалу конструкцій на індуктивні вимірювальні перетворювачі в поверхневому шарі конструкцій виконують некрізні вибірки 13 /Фіг.4/, які мають площину, більше площини листового матеріалу, зайнятою індуктивним вимірювальним перетворювачем.

На Фіг.6 приведені експериментальні результати при використанні розробленого способу визначення механічних напруг допустимої величини σ_d і напрямку їх дії в листовому ізотропному матеріалі типа рубероїдроїд. При експерименті використовувались суцільні і зразки з прорізом у вигляді полоски, шириною 50 мм і довжиною 200 мм. Ці розміри використовуються при дослідженнях листових матеріалів /Покровський В.М. Гідроізоляційні праці. - М.: Будів., 1965. - 320с.с.96-99/. Результати досліджень суцільних зразків показали, що середня величина руйнівного зусилля для рубероїда типа РКК-350Б дорівнює 42 кг. Допустимо, що по умовам експлуатації для рубероїда установлена допустима величина зусилля /або напруги/ складає $P_d = 28$ кг. В результаті досліджень на розривній машині еталонних зразків з різною довжиною прорізу шириною 2 мм був вибраний еталонний зразок 4₃ з довжиною прорізу 8 мм, руйнівне зусилля для якого складає 28 кг. В незруйнований еталонний зразок з довжиною прорізу 8 мм розташували феромагнітний магнітопровід із пластин 10, 11, на одній була намотана обмотка індуктивності $L_{ип}$,

яка містить 100 витків. Цей еталонний зразок разом із суцільним зразком був закріплений в розривній машині. Вихід котушки був підключений до пристрою вимірювання індуктивності типу УТ-70А. Результати розтягування зразків до руйнування показані на Фіг.6 у вигляді залежностей зміни індуктивності $L_{ип}$ котушки від деформації $\Delta \ell$ зразків $L_{ип} = \psi(\Delta \ell)$, зміна зусилля P_1 від деформації $P_1 = \varphi(\Delta \ell)$ для суцільного зразка, зміни зусилля P_4 від деформації еталонного зразка $P_4 = \varphi(\Delta \ell)$. Як видно із Фіг.6 індуктивність котушки $L_{ип}$ надійно реєструє момент розриву зусиллям $P_{4р}$ еталонного зразка по екстремуму зміни індуктивності $L_{жк}$. Розроблений спосіб визначення виникнення механічних напруг допустимої величини і напрямку їх дії може бути використаний при автоматизованому контролі напруженого стану різних листових матеріалів, як для індикації моменту виникнення допустимої напруги, так і для оцінки величини і напрямку її дії.



