



УКРАЇНА

(19) UA (11) 80491 (13) C2  
(51) МПК (2006)  
G01N 19/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПОРОЖНИННИХ МІКРОКАПІЛЯРНИХ ДЕФЕКТІВ У ЗАГАРТОВАНОМУ СКЛІ

1

(21) a200601466  
(22) 13.02.2006  
(24) 25.09.2007  
(46) 25.09.2007, Бюл. №15, 2007р.  
(72) Качалін Віктор Іванович, Розов Валерій Аркадійович, Корхов Олег Юрійович  
(73) ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ "ЛВІВСЬКА ІЗОЛЯТОРНА КОМПАНІЯ"  
(56) SU 1511768 A1, 30.09.1989  
RU 2263900 C1, 10.11.2005  
US 4641518, 10.02.1987  
FR 2492399, 23.04.1982  
(57) Спосіб ідентифікації порожнинних мікрокапілярних дефектів в загартованому скловиробі, який

2

складається з операції їх заповнення проникаючим дефектоскопічним матеріалом та наступної обробки цієї поверхні проявним складом і розшифровки отриманих результатів, який відрізняється тим, що мікрокапілярні дефекти заповнюють дефектоскопічним матеріалом шляхом занурення загартованого скловиробу, який має температуру  $130 \div 170^\circ\text{C}$ , в охолоджуючу рідину, яка містить в собі розчинений дефектоскопічний барвник, має температуру нижче температури скловиробу на величину близько  $120^\circ\text{C}$  і знаходиться у ванні від'ємного термічного удару.

Спосіб стосується галузі виробництва загартованих скляних виробів, зокрема тих, що є деталями підвісних високовольтних ізоляторів.

Відомо, що міцність виробів зі скла визначають, переважно, по стану його поверхні, а картина руйнування скла при виготовленні скляних ізолюючих деталей ізоляторів, в певній мірі пов'язана з процесом утворення тріщин, який у переважній більшості, відбувається в поверхневих шарах матеріалу. Розміри тріщин дуже часто бувають настільки малі, що виявити їх неозброєним оком, практично неможливо. Крім того, виявлення поверхневих тріщин у загартованому склі ускладнюється тим, що напруги стиску, утворені в поверхневих шарах скла під час його гартування, «закривають» тріщини.

Відомий спосіб контролю загартованих скляних ізоляційних деталей високовольтних ізоляторів [1], що полягає в одночасному впливі на деталь негативного термоудара та електрогідрравлічного впливу від електричного розряду в рідині. Даний спосіб вимагає індивідуального випробування кожної деталі протягом  $20 \div 260$  сек. і складного випробувального електроустаткування, через що його використання при конвеєрному виготовленні ізоляторів неприйнятне. Крім того, при цьому способі руйнуються вироби не тільки з мікрокапілярними дефектами, але й із гартівними залишковими напругами, які протягом

декількох днів після виготовлення виробу звичайно зникають, тобто відбувається відбраковування потенційно придатних для експлуатації скловиробів.

Відомі численні методи виявлення дефектів у виробках, виготовлених з різних матеріалів методом капілярної дефектоскопії [2], що базуються на заповненні порожнини тріщин під впливом капілярних сил світло- і кольоро-контрастними розчинами з наступним проявленням тріщин речовинами, що мають високу поглинальну здатність [3-7]. Всі ці методи мають спільну суть і відрізняються, переважно, лише складом проникаючої та виявляючої речовин.

Всі вони складаються з двох стадій, а тому неприйнятні для конвеєрної діагностики.

Одним з варіантів даного методу (який ще зветься - «метод фарб») є спосіб, коли на чисту поверхню скла накладають проникаючу рідину, надлишки якої видаляють, після чого поверхню покривають виявляючим складом. Цей склад, усмоктує в себе з порожнини тріщини проникаючу рідину й відмальовує контури тріщин. Проникаюча рідина переважно має наступний склад: гас+бензол+жиророзчинний темно-червоний аніліновий барвник «Судан-4», що зафарблює проникаючу рідину в червоний колір, внаслідок чого тріщини й подряпини відмальовуються червоними лініями [8]. Звичайно, у якості проявляючого, за-

(13) C2

(11) 80491

(19) UA

стосовують один із наступних складів: «коло-дій+розріджувач РДВ+бензол+цинкові білила», або «вода+спирт етиловий+крейда».

Однак, для проведення відбраковування дефектних складових ізоляторів, даний спосіб дефектоскопії не прийнятний, тому що йому властиві наступні недоліки:

- утворені при гартуванні в тілі складових порожнини тріщин закриваються напругами стиску й не заповнюються індикаторною рідиною, у результаті чого значна кількість мікро капілярних тріщин залишається не ідентифікованими;

- накладання індикаторної та виявляючої рідини на скло деталей ізолятора, через його специфічну форму вкрай незручне і тривале в часі;

- виявляючий склад, що, відмальовує профіль мікро капілярних тріщин на поверхні складових легко стирається при роботі з ними, роблячи саму фіксацію дефектів і відбраковування виробів ненадійним;

- через те, що процес дефектоскопії складається з двох стадій, у промисловому застосуванні він трудомісткий і незручний.

У той же час відомо, що при виробництві високовольних скляних ізоляторів технологічний процес виготовлення для них загартованих скляних деталей закінчується операцією від'ємного термоудара, тобто впливом на складову водою, температура якої на 120°C нижче температури складової (температура залежить від типу й хімічного складу скла, у цьому прикладі розглядається лужне скло). Після цього деталі проходять дефектоскопію (візуальне контроль-сортування), під час якої визначається їхня придатність для подальшої обробки та виявляються й відбраковуються дефектні вироби. По сьогоденній технології візуальне контроль-сортування деталей із загартованого скла контролери проводять неозброєним оком - «на просвіт».

В основу винаходу поставлена мета підвищення надійності відбраковування дефектних виробів із загартованого скла.

Поставлена мета досягається за рахунок того, що мікро капілярні дефекти заповнюються дефектоскопічним матеріалом при зануренні загартованого скловиробу, який має температуру 130÷170°C, в охолоджуючу рідину, яка містить в собі розчинений дефектоскопічний барвник, має температуру нижче температури скловиробу на величину близько 120°C і знаходиться у ванні від'ємного термічного удару.

Спосіб реалізується у наступній послідовності. Загартований скловиріб, що має температуру 130÷170°C, занурюють на 2-3 хвилини у воду з температурою 10÷50°C, яка містить барвник, розчинений у воді в співвідношенні 1:1000. Оскільки при різниці температури скловиробу й води в 120°C, що відповідає параметрам термічного контролю при виробництві складових ізоляторів [9], відбувається швидке охолодження складової, то на її поверхні виникають значні по величині термомеханічні напруги розтягання, які «розкривають» мікро капілярні тріщини, що утворилися при його гартуванні. В результаті створюються сприятливі умови для їхнього заповнення зафарбованою проникаючою рідиною, тобто процес відмальовування тріщин відбувається без додаткового накладання на поверхню складової виявляючого складу. Після цього скловиріб витягають з охолоджувальної рідини і розшифровують результати контролю.

Слід також зазначити, що операція заповнення порожнин мікро капілярних тріщин зафарбованою проникаючою рідиною у цьому випадку, відбувається водночас з операцією термічного контролю - від'ємним термоударом, під час якого за рахунок виникнення «ефекту розклинення» (ефект Ребіндера [8]) підвищується ймовірність руйнування дефектних виробів і забезпечується їхнє надійне відбраковування.

Реалізація способу здійснювалася наступним чином. З ізоляторного скла наступного складу, %:

Si <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ca	Mg	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	F <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>
72,5	2,5	7,6	3,6	9,4	4,0	0,1	0,3

були виготовлені загартовані скляні зразки діаметром 120мм, при товщині 14÷15мм., що відповідає середній товщині складових ізоляторів. За допомогою вищезгаданого методу фарб (проникаючої гасо-бензольної суміші, що містить барвник Судан-4 і речовини, що проявляє - суміші води, етилового спирту та крейди) вони були розбраковані і з тих, що пройшли контроль відібрано 150 зразків. Далі зразки, що були визнані придатними, відмили від дефектоскопічних матеріалів і знову перевірили пропонуваним способом. Для цього їх помістили в термостат, де протягом 10 хвилин нагріли до 140°C, після чого занурили у воду, підфарбовану барвником у співвідношенні барвник : вода = 1:1000 з температурою 20°C. Тобто одночасно з дефектоскопією - заповненням порожнин мікро капілярних дефектів, зразки провели через операцію від'ємного термоудару. Після двох з половиною хвилин перебування у воді, зразки витя-

гали з води й проводили розшифровку результатів контролю. Після розбраковування пропонуваним способом, у зразках раніше визнаних придатними, було виявлено додатково 12 штук дефектних, причому два з них зруйнувалися під час знаходження у воді.

Перевірку якості відбраковування робили шляхом порівняння термостійкості зразків з двох груп: перша - які пройшли контроль пропонуваним способом і друга - які були забраковані їм, тобто які визнали придатними за методом фарб, але в дійсності вони мали не ідентифіковані мікро капілярні дефекти. Для цього з кожної групи було взято по 10 зразків. Термостійкість кожного зразка визначали, піддавши його декільком циклам «нагрівання-охолодження», під час кожного з яких після 15 хвилин нагрівання в електропечі його занурювали у воду. Температура печі в першому циклі нагрівання становила 120°C, а води - 20°C,

тобто різниця з температурою води становила 100°C. Після охолодження зразка у воді протягом 10 хвилин цикл «нагрівання-охолодження» повторювали знову, але зразок щораз нагрівали до температури на 5°C вищої за попередню, доти, поки він не руйнувався. Термостійкість кожної групи з десяти зразків визначили, як середньоарифметичне значення максимальних температур циклу «на-

грівання-охолодження», які зразки витримали не зруйнувавшись. Значення термостійкості визначили, віднімаючи від цього середньоарифметичного значення температуру охолоджувальної води. Добутки визначення термостійкості зразків, відбракованих і тих, що витримали контроль, наведені в таблиці.

Таблиця

Зразки 1 <sup>ої</sup> групи, що пройшли контроль				Зразки 2 <sup>ої</sup> групи - забраковані			
№ зраз.	Температура, °C		Термічна стійкість, °C	№ зраз.	Температура, °C		Термічна стійкість, °C
	печі *	води			печі *	води	
1	165	15	150	1	140	15	125
2	160	15	145	2	150	15	135
3	165	20	145	3	120	20	100
4	170	20	150	4	150	20	130
5	155	15	140	5	130	15	115
6	160	15	145	6	130	20	110
7	170	20	150	7	115	15	100
8	165	20	145	8	135	15	120
9	165	15	150	9	135	20	115
10	155	15	140	10	140	20	120
Середня температура 146,0°C				Середня температура 117,0°C			

\* максимальна температура циклів «нагрівання-охолодження», витримана зразками без їхнього руйнування

З таблиці видно, що термостійкість зразків 1<sup>ої</sup> групи, які пройшли контроль пропонованим способом на 24,8% вище, ніж у зразків 2<sup>ої</sup> групи, які пройшли контроль за методом фарб, але були забраковані пропонованим способом, що свідчить про значно більшу надійність пропонованого способу, ніж відомий.

Промислове використання пропонованого способу не вимагає зміни технології виробництва складових деталей, або застосування додаткового устаткування. Воно також не подовжує процес їхнього виготовлення, оскільки операція заповнення мікро капілярних дефектів відбувається водночас з проходженням загартованих складових деталей через існуючу на лінії ванну від'ємного термоудара, в охолоджувальній воді якої міститься необхідна кількість розчиненого барвника. Після витягання складових деталей з ванни справджується їхнє розбраковування.

Використання пропонованого способу ідентифікації дефектів у загартованих стеклах, забезпечує в порівнянні з відомим способом капілярної дефектоскопії наступні переваги:

а) пропонований спосіб є більш чутливим і тому його застосування підвищить надійність виробів із загартованого скла;

б) операція дефектоскопічного контролю на потребує додаткового часу на її справдження, оскільки поєднується з операцією термічного контролю - від'ємним термоударом;

в) за рахунок «ефекту розклинання» (ефект Ребіндера), що виникає при дефектоскопічному контролі пропонованим способом, підвищується ефективність термоудара, тобто збільшується

імовірність руйнування виробів, які мають саме мікро капілярні дефекти, що зменшує імовірність їх саморуйнування з цієї причини в подальшому і приводить до загального підвищення надійності роботи скловиробів.

Джерела інформації:

1. Спосіб контролю загартованих скляних ізоляційних деталей високовольтних ізоляторів. С.И. Дяківський, Н.А. Миколаїв, Б.В. Жуків, Качалін В.І. та ін. SU 1511768. Опубл. у Б.И. №36, 30.09.89р.

2. Держстандарт 18442-80. Контроль не руйнуючий. Капілярні методи. // М.: В-во стандартів. 1980 - 24с.

3. Боробіков А.С. та ін. // Фізичні основи й засоби капілярної дефектоскопії // Мінськ., «Наука й техніка», 1983 - 256 с.

4. Спосіб визначення розмірів дефектів. В.І. Лебедев, В.В. Тананаєв. SU1125516. Опубл. у Б.И. №43, 23.11.84р.

5. Спосіб капілярного контролю поверхневих і наскрізних дефектів. Семенов Г.П, Антіпов В.С. RU 2107285. Опубл. 20.03.1998р.

6. Composition penetrante d'indicateur la defectoscopie capillaire. Григор'єв Б. Н., Сідоров В. А., Сурікова Г.Н, Федотов С. Н. FR 2 492 399. Опубл. 23.04.1982г.

7. Process for non-destructive inspection of surface defects. Hutchings David J. US4641518. Publication date 1987-02-10.

8. Солнцев С.С., Морозов Е.М. // Руйнування скла. // М., «Машинобудування», 1978, с.59.

9. Цимберов А.И., Штерн А.В. // Скляні ізолятори. // М., «Енергія», 1973, с.135,136,152.

