



MD 443 Y 2011.11.30

REPUBLICA MOLDOVA



(19) Agenția de Stat
pentru Proprietatea Intelectuală

(11) **443** (13) **Y**
(51) Int.Cl: *G01L 1/24* (2006.01)
G01B 9/00 (2006.01)

(12) **BREVET DE INVENȚIE
DE SCURTĂ DURATĂ**

În termen de 6 luni de la data publicării mențiunii privind hotărârea de acordare a brevetului de invenție de scurtă durată, orice persoană poate face opoziție la acordarea brevetului

(21) Nr. depozit: s 2011 0039
(22) Data depozit: 2011.02.24

(45) Data publicării hotărârii de
acordare a brevetului:
2011.11.30, BOPI nr. 11/2011

(71) Solicitant: INSTITUTUL DE FIZICĂ APLICATĂ AL ACADEMIEI DE ȘTIINȚE A
MOLDOVEI, MD

(72) Inventatori: ABAȘKIN Vladimir, MD; ACHIMOVA Elena, MD

(73) Titular: INSTITUTUL DE FIZICĂ APLICATĂ AL ACADEMIEI DE ȘTIINȚE A
MOLDOVEI, MD

(74) Mandatar autorizat: ANISIMOVA Liudmila

(54) **Procedeu de măsurare a tensiunilor remanente în sticlă plană și instalație
pentru realizarea acestuia**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la procedee de control indestructibil și diagnosticarea stării tehnice a obiectelor din sticlă plană prin metoda polarizării optice.

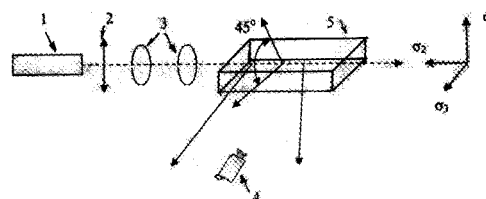
Procedeu de măsurare a tensiunilor remanente în sticlă plană include iluminarea suprafeței frontale a sticlei cu radiație laser polarizată și colimată și înregistrarea difuziunii Rayleigh a radiației laser. Iluminarea suprafeței frontale a sticlei se realizează de-a lungul ei prin radiație laser colimată în formă de bandă orientată sub un unghi de 45° față de planul sticlei. Înregistrarea difuziunii Rayleigh se realizează simultan pe toată grosimea sticlei în direcția radiației laser și perpendicular față de radiația laser. În baza analizei computerizate a imaginii înregistrate se calculează profilul tensiunilor remanente pe toată grosimea sticlei.

Instalația pentru măsurarea tensiunilor remanente în sticlă plană (5) conține o sursă de

iluminare laser (1), un polarizor (2), un colimator (3), amplasate consecutiv, și o cameră video (4) pentru înregistrarea difuziunii Rayleigh a radiației laser unită cu un calculator pentru prelucrarea difuziunii Rayleigh. Colimatorul (3) este executat cu posibilitatea formării unei benzi de radiație laser, ce asigură lățimea benzii egală cu grosimea sticlei.

Revendicări: 2

Figuri: 3



MD 443 Y 2011.11.30

(54) Method for measuring residual stresses in sheet glass and device for its realization

(57) Abstract:

1
The invention relates to methods of nondestructive testing and diagnostics of technical condition of sheet glass objects by the polarization-optical method.

The method for measuring residual stresses in sheet glass includes illumination of the end surface of glass with polarized and collimated laser radiation and registration of the Rayleigh scattering of laser radiation. The illumination of the end surface of glass is carried out along it by laser radiation, collimated in the form of a band oriented at an angle of 45° to the glass plane. Registration of Rayleigh scattering is carried out simultaneously throughout the thickness of the glass in the direction of the laser radiation and perpendicular to the band of laser radiation. On the basis of the computer analysis of the recorded image is calculated the

2
residual stress profile throughout the thickness of the glass.

The device for measuring residual stresses in sheet glass (5) contains a laser illumination source (1), a polarizer (2), a collimator (3), arranged in series, and a video camera (4) for registration of the Rayleigh scattering of laser radiation, which is connected to a computer for processing of Rayleigh scattering. The collimator (3) is made with the possibility to form a band of laser radiation, providing the width of the band equal to the thickness of glass.

Claims: 2

Fig.: 3

(54) Способ измерения остаточных напряжений в листовом стекле и установка для его осуществления

(57) Реферат:

1
Изобретение относится к способам неразрушающего контроля и диагностике технического состояния объектов из листового стекла поляризационно-оптическим методом.

Способ измерения остаточных напряжений в листовом стекле включает освещение торцевой поверхности стекла поляризованным и коллимированным лазерным излучением и регистрацию Рэлеевского рассеяния лазерного излучения. Освещение торцевой поверхности стекла осуществляют вдоль него лазерным излучением, коллимированным в виде полосы, направленной под углом 45° к плоскости стекла. Регистрацию Рэлеевского рассеяния проводят одновременно по всей толщине стекла по направлению лазерного излучения и нормально к полоске лазерного излучения. На основе компьютерного

2
анализа зарегистрированного изображения вычисляют профиль остаточных напряжений по всей толщине стекла.

Установка для измерения остаточных напряжений в листовом стекле (5) содержит источник лазерного освещения (1), поляризатор (2), коллиматор (3), расположенные последовательно, и видеокамеру (4) для регистрации Рэлеевского рассеяния лазерного излучения, соединенную с компьютером для обработки Рэлеевского рассеяния. Коллиматор (3) выполнен с возможностью формирования полосы лазерного излучения, обеспечивающего ширину полосы, равную толщине стекла.

П. формулы: 2

Фиг.: 3

Descriere:

Invenția se referă la procedee de control indestructibil și diagnosticarea stării tehnice a obiectelor din sticlă plană prin metoda polarizării optice.

5 Este cunoscut un procedeu de polarizare optică și un dispozitiv pentru aplicarea acestuia, în care sunt măsurate tensiunile remanente și grosimea pereților în obiectele tubulare (cave în interior). Pentru realizarea procedurii dat obiectul este introdus în lichid de imersiune și iradiat cu o lumină polarizată. Imaginile observate la birefringența razelor de lumină polarizată la trecerea prin obiectul menționat se analizează. Ca rezultat, se determină tensiunea circulară în obiectul menționat. Totodată, pentru determinarea tensiunilor circulare, obiectul
10 tubular scufundat într-un lichid se iradiază cu lumină polarizată din interior, iar analiza imaginilor observate la birefringența razelor de lumină polarizată se realizează la trecerea prin unul dintre pereții diametral opuși ai obiectului menționat. Pentru măsurarea tensiunii circulare a peretelui unui obiect tubular prin procedeul polarizării optice este utilizat un dispozitiv ce conține o sursă de lumină, o baie cu lichid de imersiune ce are pereți transparenți, un polarizor și un analizor amplasate pe aceeași axă în interiorul băii cu lichid de imersiune [1].

Dezavantajul procedurii și dispozitivului menționate este precizia insuficientă a măsurărilor.

În calitate de cea mai apropiată soluție servește un procedeu de măsurare a tensiunilor remanente în sticlă plană și instalația pentru realizarea acestuia, care include iluminarea suprafeței frontale a sticlei cu radiație laser polarizată și colimată, orientată paralel cu sticla și polarizată la 45° față de suprafața superioară a sticlei. Raza de lumină intră într-o sticlă birefringentă și se împarte în două componente perpendiculare cu viteze diferite ce corespund la două valori ale indicelui de refracție și respectiv diferitelor axe de tensiuni reziduale σ_1 și σ_3 . Aceste două componente oscilează între ele cu sau fără coincidența fazelor, creând
20 modularea intensității luminii împrăștiată.

Diferența fazelor duce la formarea unei rețineri liniare δ . În fiecare punct de trecere a razei are loc difuziunea luminii (numită și Rayleigh scattering), care este maximă atunci când fazele coincid și minimă - când diferă. Polarizarea radiației laser din sticlă determină modularea periodică a intensității $I_{sc}(a)$ a luminii împrăștiată, adică dispersia razei.

Difuziunea Rayleigh a radiației laser se fixează sub forma unei linii punctiforme cu ajutorul unei camere video. Intensitatea radiației laser este distribuită în conformitate cu legea cosinusului. Distanța dintre maximele intensității a caracterizează tensiunea în sticlă pentru
30 locurile de trecere a radiației laser. Supravegherea difuziunii radiației cu ajutorul camerei video se realizează sub un anumit unghi în raport cu suprafața sticlei, unde difuziunea radiației laser este maximă.

Pentru măsurarea tensiunilor remanente este utilizat dispozitivul ce conține o sursă de iluminare laser, un polarizor, un colimator, amplasate consecutiv, și o cameră video pentru înregistrarea difuziunii Rayleigh a radiației laser [2].

40 Dezavantajul procedurii și instalației menționate constă în necesitatea controlului poziției razei cu o precizie micrometrică la capătul sticlei, motiv pentru care este nevoie și de un microscop cu cameră video. Camera video suplimentară, dotată cu microscop, sporește costul dispozitivului și complică procesul de prelucrare a datelor.

Problema pe care o rezolvă invenția constă în elaborarea unui procedeu de măsurare a tensiunilor remanente în sticlă plană și a instalației pentru realizarea acestuia, care vor asigura o precizie înaltă de măsurare și prelucrare simplă a datelor cu cheltuieli minime.

Problema se soluționează prin aceea că procedeul de măsurare a tensiunilor remanente în sticlă plană include iluminarea suprafeței frontale a sticlei cu radiație laser polarizată și colimată și înregistrarea difuziunii Rayleigh a radiației laser. Iluminarea suprafeței frontale a sticlei se realizează de-a lungul ei prin radiație laser colimată în formă de bandă orientată sub un unghi de 45° față de planul sticlei. Înregistrarea difuziunii Rayleigh se realizează simultan pe toată grosimea sticlei în direcția radiației laser și perpendicular față de radiația laser. În baza analizei computerizate a imaginii înregistrate se calculează profilul tensiunilor remanente pe toată grosimea sticlei.

55 Instalația pentru măsurarea tensiunilor remanente în sticlă plană conține o sursă de iluminare laser, un polarizor, un colimator, amplasate consecutiv, și o cameră video pentru înregistrarea difuziunii Rayleigh a radiației laser. Colimatorul este executat cu posibilitatea

formării unei benzi de radiație laser, ce asigură lățimea benzii egală cu grosimea sticlei, iar camera video este unită cu un calculator pentru prelucrarea difuziunii Rayleigh.

Rezultatul tehnic al invenției constă în ridicarea productivității nemijlocit pe linia de producere a sticlei călite prin măsurarea fără contact și micșorarea volumului de lucru al procesului de determinare a tensiunilor remanente atât în procesul de efectuare a măsurării, cât și la prelucrarea datelor măsurate. Ideea de bază a procedurii constă în utilizarea fenomenelor fizico-mecanice, la care unele plan-polarizate, trecând prin sticla plană cu o anumită tensiune remanentă, se defazează și apare o diferență de drum optic, mărimea căreia depinde de starea de deformare a sticlei.

De asemenea, o importanță mare are simplitatea, fiabilitatea și vizibilitatea rezultatelor obținute prin procedeul propus. Caracteristica esențială a procedurii solicitat constă în faptul că caracterul distribuției tensiunilor remanente poate fi stabilit după prelucrarea computerizată a informațiilor obținute din imaginile difuziunii Rayleigh înregistrate. Procedeul solicitat permite de a obține estimări cantitative ale distribuției tensiunilor, iar din punct de vedere al simplității și vizibilității, procedeul dat este favorabil comparativ cu alte metode experimentale de determinare a tensiunilor remanente.

Invenția se explică prin desenele din fig. 1-3, care reprezintă:

- fig. 1, schema instalației pentru măsurarea tensiunilor remanente în sticlă plană;
- fig. 2, imaginea difuziunii Rayleigh a radiației laser din sticla plană cu tensiune remanentă, în care cu săgeată este indicată lungimea benzii luminoase măsurată cu camera video;
- fig. 3, graficul dependenței tensiunii remanente în funcție de grosimea sticlei plane.

Instalația pentru măsurarea tensiunilor remanente conține o sursă de iluminare laser 1, un polarizor 2, un colimator 3, executat în formă de un sistem de lentile pentru colimarea radiației laser, o cameră video 4 pentru înregistrarea difuziunii Rayleigh a radiației laser, sticlă plană 5 și imagine obținută cu ajutorul camerei video și ulterior prelucrată cu un calculator.

Procedeul se realizează în modul următor.

Radiația din sursa de iluminare laser 1 trecând prin polarizorul 2 se polarizează și cu ajutorul colimatorului 3 se iluminează suprafața laterală a sticlei plane 5. Raza intră în sticla 5 birefringentă și se separă în două componente perpendiculare cu diferite viteze ale luminii, ce corespund diferiților coeficienți de refracție și, respectiv, diferitelor tensiuni remanente σ_1 și σ_3 ale sticlei. Aceste componente oscilează între ele. Ca rezultat, cu camera video se obține imaginea din fig. 2.

Deoarece grosimea sticlei 5 este de câteva ori mai mică decât suprafața sticlei, influența tensiunii remanente σ_1 la capătul sticlei plane este mică. Aceasta înseamnă că $\sigma_3 \gg \sigma_1$. Adică, difuziunea caracterizează profilul componentei σ_3 după grosimea sticlei, care este mărimea măsurabilă a tensiunii remanente după grosimea sticlei. Imaginea difuziunii Rayleigh a radiației laser se înregistrează cu camera video 4, benzile luminoase (fig. 2) dintre fantele închise sunt măsurate discret cu ajutorul calculatorului, după care este determinată caracteristica profilului tensiunii remanente pe grosimea sticlei, luând în considerație grosimea benzilor luminoase.

Radiația laser, fiind modulată de tensiunea din sticla plană, determină modularea periodică a intensității radiației laser dispersate la trecerea prin sticlă în formă de benzi luminoase și închise, în funcție de valoarea tensiunii remanente σ_3 și unghiul de observație δ a difuziunii:

$$I_{sc}(a_n) = 0,5 I_{sc}(1 + \cos \delta),$$

unde I_{sc} - intensitatea radiației laser dispersate, a_n - numărul n de măsurări ales de către operator, care arată grosimea benzii luminoase, δ - unghiul de observație a difuziunii.

Caracteristica cantitativă a profilului tensiunii remanente pe grosimea sticlei se obține din relația prezentată mai jos. Relația pentru calculul tensiunii este:

$$\sigma_3 = \frac{\lambda}{Ca_n},$$

unde λ - lungimea de undă a laserului, C - coeficientul Brewster pentru tipul de sticlă dat, a_n - numărul n de măsurări ales de către operator, care arată grosimea benzii luminoase la măsurarea după imaginea înregistrată cu camera video.

Exemplu de efectuare a procedurii

Pentru cercetarea profilului tensiunii remanente s-a luat o sticlă plană de marca FLOAT GLASS cu grosimea 12 mm obținută prin metoda Pilkington. Conform compoziției chimice sticla este de tip soda lime. Preventiv, sticla a fost încălzită într-un cuptor electric până la 600°C, fiind călită cu aer rece. Astfel, sticla plană cu o anumită tensiune remanentă a fost pregătită pentru cercetări experimentale.

Radiația laser se împrăștie pe sticlă. Valoarea profilului tensiunii remanente se determină după imaginea luminii împrăștiată. S-a utilizat un laser cu puterea de 1 W și lungimea de undă 514 nm. Camera video monocromă de tip Guppy F-036 s-a instalat sub un unghi de 45° față de suprafața sticlei, pentru ca radiația laser împrăștiată după trecerea prin sticlă să cadă în câmpul de vedere a ei. Semnalul de la ieșirea camerei video conform standardului IEEE+1394 se transmite la calculator.

Pentru obținerea profilului tensiunii remanente, cu ajutorul programului NI Vision Software LabVIEW 2010 se prelucrează imaginile obținute. Algoritmul de prelucrare a imaginii include:

1. Sumarea a 5...10 imagini similare pentru minimizarea zgomotului din imagini.
2. În baza imaginilor obținute după eliminarea zgomotului se realizează analiza în plan orizontal pentru obținerea frecvențelor cosinusului.
3. Calculul distanțelor a_n se realizează pentru o secțiune a sticlei plane pe o frecvență cosinusoidală de bază.
4. Construirea profilului tensiunilor remanente în funcție de adâncimea suprafeței.

(56) Referințe bibliografice citate în descriere:

1. RU 2373504 C2 2009.11.20
2. Abaşkin Vladimir. PhD Thesis from Mechanical Department of Universita Polytechnica delle Marche. Development of Innovative Laser Technique for Secure Glass Production and Quality Control Using Laser Techniques, Ancona, Italy, 2006

(57) Revendicări:

1. Procedeu de măsurare a tensiunilor remanente în sticlă plană, care include iluminarea suprafeței frontale a sticlei cu radiație laser polarizată și colimată, înregistrarea difuziunii Rayleigh a radiației laser, **caracterizat prin aceea că** iluminarea suprafeței frontale a sticlei se realizează de-a lungul ei prin radiație laser colimată în formă de bandă orientată sub un unghi de 45° față de planul sticlei, înregistrarea difuziunii Rayleigh se realizează simultan pe toată grosimea sticlei în direcția radiației laser și perpendicular față de radiația laser, totodată în baza analizei computerizate a imaginii înregistrate se calculează profilul tensiunilor remanente pe toată grosimea sticlei.

2. Instalație pentru măsurarea tensiunilor remanente în sticlă plană, care conține o sursă de iluminare laser, un polarizor, un colimator, amplasate consecutiv, și o cameră video pentru înregistrarea difuziunii Rayleigh a radiației laser, **caracterizată prin aceea că** colimatorul este executat cu posibilitatea formării unei benzi de radiație laser, ce asigură lățimea benzii egală cu grosimea sticlei, iar camera video este unită cu un calculator pentru prelucrarea difuziunii Rayleigh.

Şef Secție:

SĂU Tatiana

Examinator:

ANDREEVA Svetlana

Redactor:

CANȚER Svetlana

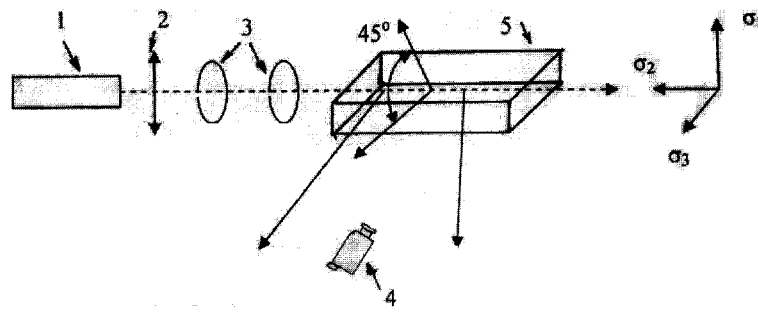


Fig. 1

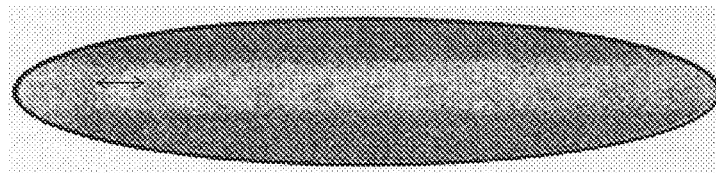


Fig. 2

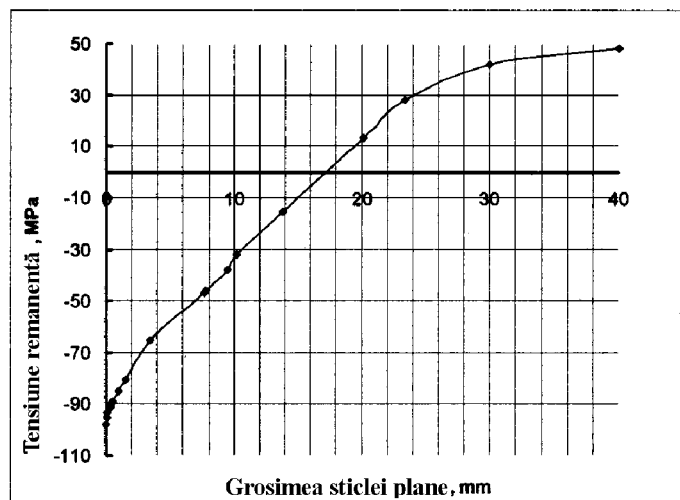


Fig. 3

RAPPORT DE DOCUMENTARE

I. Datele de identificare a cererii		
(21) Nr. depozit: s 2011 0039		
(22) Data depozit: 2011.02.24		
(54) Titlul: Procedeu de măsurare a tensiunilor remanente în sticlă plană și instalație pentru realizarea acestuia		
(71) Solicitant: INSTITUTUL DE FIZICĂ APLICATĂ AL ACADEMIEI DE ȘTIINȚE A MOLDOVEI, MD		
(51) (Int.Cl): Int.Cl: G01L 1/24 (2006.01) G01B 9/00 (2006.01)		
II. Condiții de unitate a invenției:		☐ satisface
Note:		
III.Revendicări: claritatea, susținerea de descriere		
Note:		☐ satisface
IV. Colecții și Baze de date de brevete cercetate (denumirea, termeni caracteristici, ecuații de căutare)		
MD (Documentare Invenții (inclusiv cereri nepublicate)) - G01L 1/24,G01B 9/00 , polarizare optică		
EA, CIS (Eapatis) – G01L 1/24,G01B 9/00 , поляризации* AND оптический*		
V. Baze de date și colecții de literatură nonbrevet cercetate		
VI. Documente considerate a fi relevante		
Categoria*	Date de identificare ale documentelor citate si, unde este cazul, indicarea pasajelor pertinente	
	Numărul revendicării	
vizate		
A	MD 172 Z 2010.03.31	1,2
A	SU 1787266 A3 1993.01.07	1,2
A	SU 1265472 A1 1986.10.23	1,2
A	RU 2353925 C1 2009.04.27	1,2
A	RU 2319941 C1 2008.03.20	1,2
A	RU 2240501 C2 2004.11.20	1,2
A,D	RU 2373504 C2 2009.11.20	1,2
A,D,C	Abaşkin Vladimir. PhD Thesis from Mechanical Department of Universita Polytechnica delle Marche. Development of Innovative Laser Technique for Secure Glass Production and Quality Control Using Laser Techniques, Ancona, Italy, 2006	1,2
* categoriile speciale ale documentelor citate:		
A – document care defineşte stadiul anterior	T – document publicat după data depozitului sau	

general	a priorității invocate, care nu aparține stadiului pertinent al tehnicii, dar care este citat pentru a pune în evidența principiul sau teoria pe care se bazează invenția
X – document de relevanță deosebită: invenția revendicată nu poate fi considerată nouă sau implicând activitate inventivă când documentul este luat în considerație de unul singur	E – document anterior dar publicat la data depozit național reglementar sau după aceasta dată
Y – document de relevanță deosebită: invenția revendicată nu poate fi considerată ca implicând activitate inventivă când documentul este asociat cu unul sau mai multe documente de aceeași categorie	D – document menționat în descrierea cererii de brevet
O - document referitor la o divulgare orală, un act de folosire, la o expoziție sau la orice alte mijloace de divulgare	C – document considerat ca cea mai apropiată soluție
	& – document, care face parte din aceeași familie de brevete
P - document publicat înainte de data de depozit, dar după data priorității invocate	L – document citat cu alte scopuri
Data finalizării documentării	
2011.09.12	
Examinator,	
ANDREEVA Svetlana	