



(12) FASCICULE DE BREVET

(11) N° de publication :
MA 34189 B1

(51) Cl. internationale :
G01B 13/00; G01B 21/32

(43) Date de publication :
02.05.2013

(21) N° Dépôt :
34264

(22) Date de Dépôt :
14.10.2011

(71) Demandeur(s) :
**UNIVERSITE HASSAN II AIN CHOCK, PRESIDENCE DE L'UNIVERSITE HASSAN II,
AIN CHOCK, 19 RUE TARIK BNOU ZIAD CASABLANCA (MA)**

(72) Inventeur(s) :
FARID HICHAM ; EL GHORBA MOHAMED ; ERCHIQUI FOUAD ; CHERGUI M'HAMED

(74) Mandataire :
SANAA MAJID

(54) Titre : **Machine d'essai pour contrôle d'endommagement des membranes**

(57) Abrégé : DANS LES DOMAINES INDUSTRIELS, TELS L'INDUSTRIE AÉRONAUTIQUE, AUTOMOBILE, MISE EN FORME DES MATÉRIAUX...LES PIÈCES ET LES ORGANES SONT SOUMIS À DES CHARGEMENTS ET DES SOLlicitATIONS DE DIFFÉRENTS TYPES; THERMIQUES, CHIMIQUES, MÉCANIQUES... CES CHARGEMENTS CAUSENT UNE DÉGRADATION PROGRESSIVE DES CARACTÉRISTIQUES DU MATÉRIAU, EN CONDUISANT PAR SUITE À UNE RUPTURE BRUTALE, ET ON PARLE D'ENDOMMAGEMENT. LA MESURE DE DEGRÉ D'ENDOMMAGEMENT FAIT INTERVENIR PLUSIEURS ASPECTS ET PLUSIEURS MODÈLES MATHÉMATIQUES. LA PLUPART DES CES MODÈLES REPOSENT SUR UNE MESURE DE LA DÉGRADATION LOCALE DES PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES OU CHIMIQUES. EN REVANCHE, L'INFORMATION QU'ON PEUT AVOIR PAR LA SUITE SUR L'ÉTAT D'ENDOMMAGEMENT DE LA STRUCTURE MÉCANIQUE RESTE INCOMPLÈTE, CAR ON A PRESQUE TOUJOURS FACE À DES STRUCTURES HÉTÉROGÈNES. LA PRÉSENTE INVENTION EST RELATIVE À UNE MACHINE D'ESSAI POUR LA CARACTÉRISATION DE L'ENDOMMAGEMENT GLOBALE DES MEMBRANES EN SOUFFLAGE LIBRE. DONC AU LIEU DE MESURER LOCALEMENT LE DEGRÉ DE DOMMAGE, ON PROPOSE DE LE MESURER GLOBALEMENT DANS LA STRUCTURE TOUTE ENTIÈRE, À TRAVERS LA VARIATION D'UNE MESURANDE PHYSIQUE QUI EST LE VOLUME, CETTE VARIATION VOLUMIQUE NOUS DONNERA UNE INFORMATION PLUS COMPLÈTE SUR L'ÉTAT D'ENDOMMAGEMENT DE LA

STRUCTURE. MOTS CLÉS : MEMBRANE, ENDOMMAGEMENT, SOUFFLAGE LIBRE,
INSTRUMENTATION.

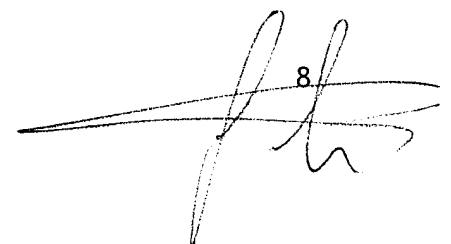
Abrégé :

Dans les domaines industriels, tels l'industrie aéronautique, automobile, mise en forme des matériaux...les pièces et les organes sont soumis à des chargements et des sollicitations de différents types ; thermiques, chimiques, mécaniques... Ces chargements causent une dégradation progressive des caractéristiques du matériau, en conduisant par suite à une rupture brutale, et on parle d'endommagement.

La mesure de degré d'endommagement fait intervenir plusieurs aspects et plusieurs modèles mathématiques. La plupart des ces modèles reposent sur une mesure de la dégradation locale des propriétés mécaniques ou chimiques. En revanche, l'information qu'on peut avoir par la suite sur l'état d'endommagement de la structure mécanique reste incomplète, car on a presque toujours face à des structures hétérogènes.

La présente invention est relative à une machine d'essai pour la caractérisation de l'endommagement globale des membranes en soufflage libre. Donc au lieu de mesurer localement le degré de dommage, on propose de le mesurer globalement dans la structure toute entière, à travers la variation d'une mesurande physique qui est le volume, cette variation volumique nous donnera une information plus complète sur l'état d'endommagement de la structure.

Mots clés : membrane, endommagement, soufflage libre, instrumentation.

A handwritten signature in black ink, consisting of several fluid, overlapping strokes. A small number '8' is written above the signature.

Machine d'essai pour contrôle d'endommagement des membranes.

I. Domaine de l'invention :

La présente invention est relative à une machine d'essai pour la caractérisation de l'endommagement des membranes en soufflage libre.

Elle concerne le procédé de mesure dommage dans ces membranes, des mesures qui entrent dans le domaine de contrôle et de caractérisation mécanique des matériaux et des structures.

II. Etat de l'art :

Généralement, l'endommagement est un phénomène de modification des caractéristiques mécaniques et géométriques d'une structure causé par l'usure ou une attaque physique ou chimique, tendant à diminuer sa capacité à résister aux efforts qu'elle doit normalement supporter et pouvant conduire à sa rupture.

II.1 Le dommage associé à une défaillance

Le dommage, ou le niveau d'endommagement, est un nombre qui caractérise le degré d'avancement de la dégradation qui précède une défaillance. Historiquement cette notion a été introduite lors de l'étude de la fatigue des matériaux.

En premier lieu il nous faut définir la variable endommagement. La difficulté de sa définition repose sur le fait que l'endommagement n'est pas directement mesurable : il nous faut donc tout d'abord introduire des procédures pour sa mesure; à partir de la méthode d'évaluation, on pourra donner une définition de l'endommagement. D'après Mazars on peut indiquer les définitions suivantes :

a. Observation de la microstructure :

Définition de l'endommagement à partir de l'observation des défauts irréversibles dans la microstructure. Les problèmes posés lors de l'utilisation de cette définition, sont tels que les mesures prises sont destructives, que l'observation des défauts est complexe et que la quantification doit être faite en fonction des variables macroscopiques utilisables dans les calculs.

b. Changement des paramètres physiques :

L'endommagement d'un matériau est un phénomène d'abord physique, que l'on peu déterminer quantitativement et qualitativement par la mesure de certaines propriétés physiques (comme la résistance électrique par exemple) et mécaniques (caractéristiques mécaniques monotones, cycliques...) du matériau. Les variables d'endommagement généralement utilisées pour exprimer le dommage d'un matériau sont :

- **Des variables liées à la sollicitation** : ce sont des contraintes et les déformations qui traduisent le chargement appliqué au composant mécanique,
- **Des caractéristiques mécaniques monotones** (ν , E , R_e , R_m , R_u) **et cycliques** (σ_D , N_r ...). Ces caractéristiques, qui par essence sont intrinsèques au matériau, peuvent être modifiées en fonction de la nature de la sollicitation,
- **Des paramètres de service** : ces derniers traduisent les conditions de fonctionnement du composant mécanique (température, surcharge, fréquence de la sollicitation, agressivité du milieu, etc.). La plupart de ces paramètres servent à définir les conditions initiales et finales du problème.

Une définition du dommage doit se baser sur un ou plusieurs paramètres physiquement quantifiables.

II-2. Dommage et propriétés physiques

Un niveau d'endommagement peut être relié directement à des propriétés physiques parce que l'endommagement est caractérisé par des modifications en principe observables :

- Les microdéformations, l'augmentation de la densité des dislocations, la dégradation des surfaces, les microfissures, les microcavités, la corrosion, le déchaussement, le vieillissement par relaxation... tous ces phénomènes sont observables, mais parfois ils sont difficiles à mettre en évidence, et ils ne permettent pas toujours de définir aisément un dommage.
- Dans certains cas, il est facile de mesurer une grandeur caractéristique de l'endommagement : l'usure d'une surface est mesurée par l'épaisseur de matériau disparu...
- Pour certains matériaux, certaines grandeurs physiques mesurables (tension de rupture, conductivités thermique, électrique, ...) peuvent varier en fonction de l'endommagement subi.

De ce fait, la détermination des niveaux d'endommagement est aussi bien délicate, pour déterminer avec certitude le degré de dommage dans le matériau avant la rupture qui se produit généralement d'une façon brutale.

Pour mesurer le degré de dommage dans un matériau donné, on procède généralement par des essais mécaniques, **figure I**, statiques ou dynamiques, ces essais peuvent répondre, plus ou moins, à une large gamme de chargements, et peuvent reproduire l'état de contraintes subi par le matériau dans les conditions de chargement industriel.

Or, la plupart des essais de traction uni ou bi-axial s'effectuent généralement sur des éprouvettes plates, qui ne reproduisent pas aussi fidèlement l'état de chargement lors des procédés industriels tels l'injection soufflage par exemple. Des systèmes plus évolués basés sur la corrélation d'image, permettent de déterminer le dommage local dans les zones où il y a concentration des contraintes.

III. Exposé de l'invention :

La présente invention, donne une caractérisation de l'endommagement, à travers la variation d'une caractéristique physique, qui est le volume dégagé par une membrane au cours du soufflage (gonflement de la membrane).

A cet effet, on propose un dispositif de détermination de degré d'endommagement dans les membranes soufflées (polymériques, composites, élastomériques...), en ce qui comporte :

- Un bloc de soufflage, pour recevoir la membrane et injecter de l'air dans son plan facial, ce module est constitué de deux anneaux métalliques amovibles et fixés sur un cylindre métallique **Figure II**, qui joue le rôle d'un réservoir tampon. Deux joints d'étanchéité en silicone résistant à la haute température sont placés entre la membrane et les anneaux pour empêcher toute fuite d'air (ou de fluide soufflant) vers l'extérieur.
- Un bassin métallique contenant un liquide incompressible **Figure IV**, muni d'une vanne de remplissage, robinet de vidange, burette graduée pour visualiser le volume dégagé par la variation volumique due au gonflement de la membrane.
- La jonction entre le bassin et le bloc de soufflage, se fait à l'aide d'un anneau métallique **Figure III**, contenant un système de fixation et muni d'un joint en silicone pour empêcher toute fuite du liquide lors de l'opération du soufflage.

L'invention concerne alors une mesure et étude de l'état d'endommagement des membranes soufflées sous diverses conditions de chargement (pression de soufflage, temps de maintien...),

Donc, au lieu de mesurer localement l'endommagement dans la structure (membrane), avantageusement, notre méthode s'intéresse par une mesure de la variation de la résistance dans la globalité de cette structure, et rendre sa réponse plus fidèle vis-à-vis aux sollicitations pendant l'essai, que dans les vraies conditions de chargements pour des divers types de membrane que ce soit dans l'industrie de mise en forme des polymères (procédé d'injection-soufflage...), dans la biomécanique (membranes artères...) ou autre...

La membrane à laquelle on veut faire l'essai est fixée initialement, entre le bloc de soufflage et le bassin rempli d'un fluide incompressible (souvent de l'eau), on gonfle la membrane jusqu'à sa limite élastique (une limite prédéfinie par des essais de résistance élastique), après, la variation du volume d'eau lue sur la burette graduée nous donne le volume dégagé par le gonflement de la membrane, l'endommagement cette fois est calculé par la variation volumique engendrée par plastification de la membrane, et on définit la grandeur :

$$D = \frac{\Delta V}{V_e}$$

Comme étant indicateur de l'état d'endommagement de la membrane.

Avec, ΔV est la variation volumique engendrée par le gonflement de la membrane en dépassant sa phase élastique.

$$\Delta V = V_e - V_0$$

V_e étant le volume noté pour chaque niveau de chargement, c'est le volume lu sur la burette.

V_0 est le volume initial de la membrane,

Donc :

$$D = \frac{V_e - V_0}{V_e}$$

Où D est le degré de dommage dans la membrane, il est compris entre 0 pour une structure vierge, et 1 pour une structure rompue, alors :

$D = 0$ pour $V_e = V_0$, c'est-à-dire lorsque la membrane n'est pas sollicitée.

$D = 1$ pour $V_e \gg V_0$, c'est-à-dire lorsque la membrane

Ainsi, pour donner une quantification à ce dommage, on peut le tracer en fonction des divers paramètres agissant sur la membrane tout au long de la sollicitation, telle la pression interne de soufflage, le temps de maintien de cette pression, débit d'injection...

IV. Description des dessins :

D'autres caractéristiques, buts et avantages de l'invention ressortiront de la description qui suit, qui est purement illustrative et non limitative, et qui doit être lue en regard des dessins annexés sur lesquels :

- **La figure II** déjà commentée, représente le bloc de soufflage, qui reçoit la membrane à souffler et injecte de l'air (ou autre fluide) dans son plan facial, ce module est constitué de deux anneaux métalliques amovibles et fixés sur un cylindre métallique, qui joue le rôle d'un réservoir tampon. Deux joints d'étanchéité en silicone résistant à la haute température sont placés entre la membrane et les anneaux pour empêcher toute fuite d'air (ou de fluide soufflant) vers l'extérieur. Le bloc est lié directement à un système d'injection de fluide, muni d'un régulateur de pression pour contrôler la pression de fluide soufflant, et aussi d'un régulateur de débit pour contrôler aussi bien le débit de fluide.
- **La figure III** déjà commentée, présente l'anneau métallique de fixation, pour le bloc de soufflage, pour fixer la membrane, et pour le montage tout entier pour fixer le bloc de soufflage sur le bassin métallique de soufflage.
- **La figure IV** déjà commentée, présente le bassin métallique de soufflage, qui contient ; une vanne de remplissage, un robinet de vidange et une burette graduée pour la visualisation du niveau de fluide contenu dans le bassin, la jonction entre le bassin et la burette fait intervenir un clapet anti-retour pour empêcher le retour du niveau du liquide après l'éclatement de la membrane.
- **La figure V**, présente le dispositif expérimental complet avec les différentes composantes,

V. Revendications :

1. Dispositif (1) de caractérisation d'endommagement d'un matériau formant une membrane (2), caractérisé en ce qu'il comporte :
 - Un bloc de soufflage (3) pour recevoir la membrane (2) et la solliciter selon son plan facial.
 - Un bassin de soufflage (4) entourant la membrane (2) en cours de son soufflage.
 - System de visualisation (5) de la variation volumique de liquide contenu dans le bassin (4), variation due au gonflement de la membrane (2).
 - Système (6) de fixation de volume du liquide dans le bassin (4) après éclatement de la membrane (2).

2. Dispositif selon la revendication 1, comportant deux modules (1) agencés entre eux, de sorte que la membrane (2) soit comprise entre eux.
3. Dispositif selon les revendications 1 et 2, utilisant un fluide incompressible pour le soufflage d'un matériau constituant une membrane (2).
4. Procédé de contrôle d'endommagement d'un matériau constituant une membrane (2), comportant selon les revendications 1, 2 et 3, les étapes suivante :
 - un bloc de soufflage (3) reçoit la membrane (2) et la sollicite dans son plan facial (7).
 - un bassin de soufflage (4) rempli de fluide incompressible reçoit la membrane (2) soufflée.
 - Un système de mesure et de visualisation du volume dégagé (5) par la membrane soufflée.
5. Procédé selon la revendication 4, dans lequel, on détermine le niveau du dommage subit par la membrane (2), selon la grandeur :

$$D = \frac{V_e - V_0}{V_e}$$

Ou :

V_e étant le volume noté pour chaque niveau de chargement, c'est le volume lu sur la burette.

V_0 est le volume initial de la membrane,

La grandeur D décrit le dommage subit par la structure.

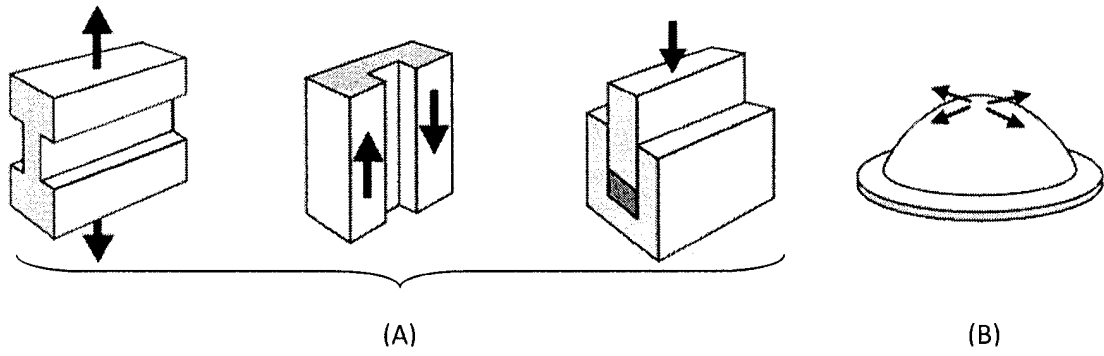


Figure I : Différents essais mécaniques de caractérisation.

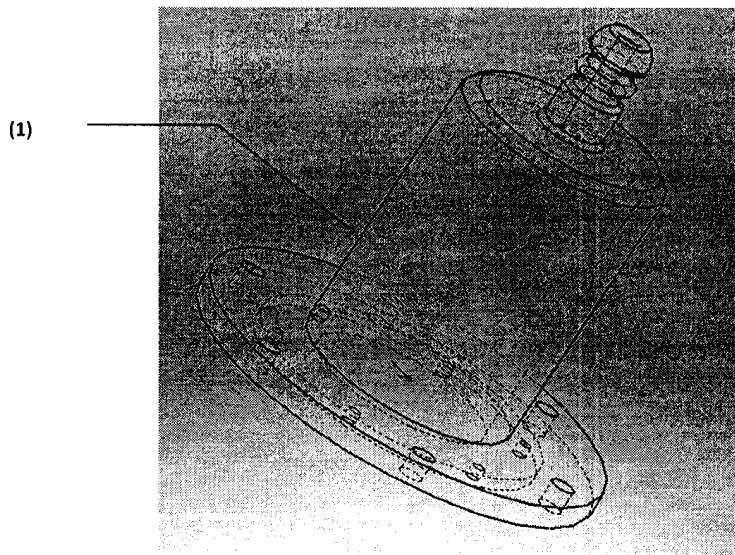


Figure II : Bloc de soufflage.

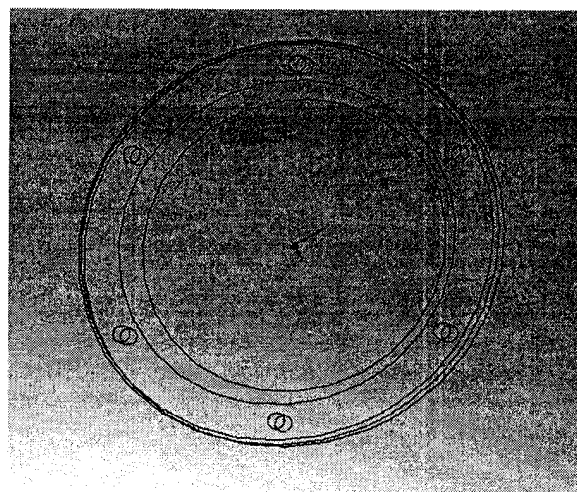


Figure III : Anneau.

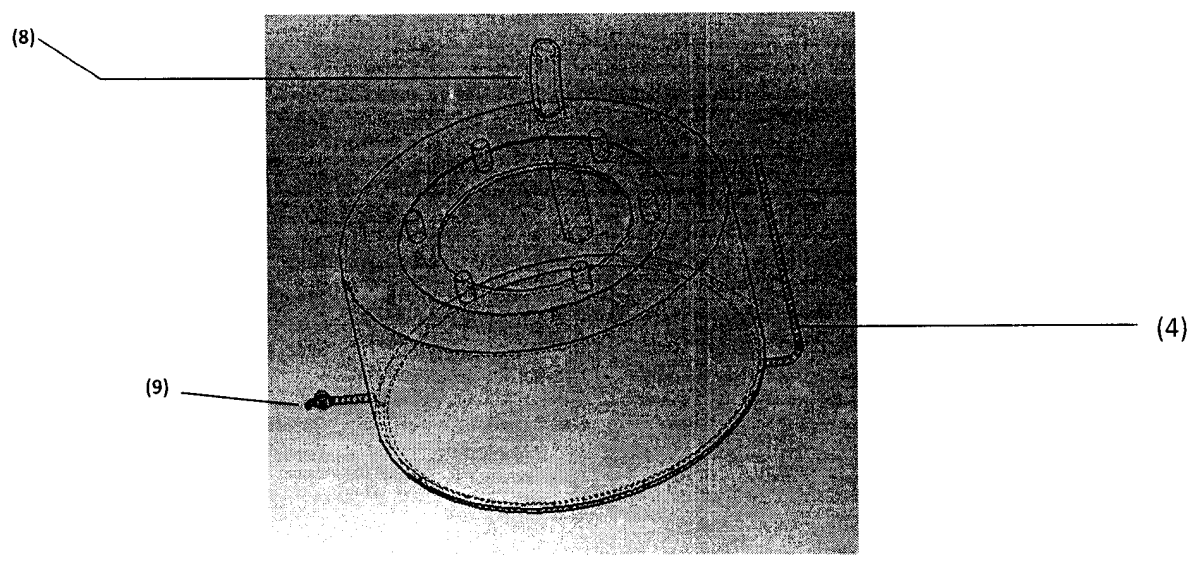


Figure IV : Bassin métallique.

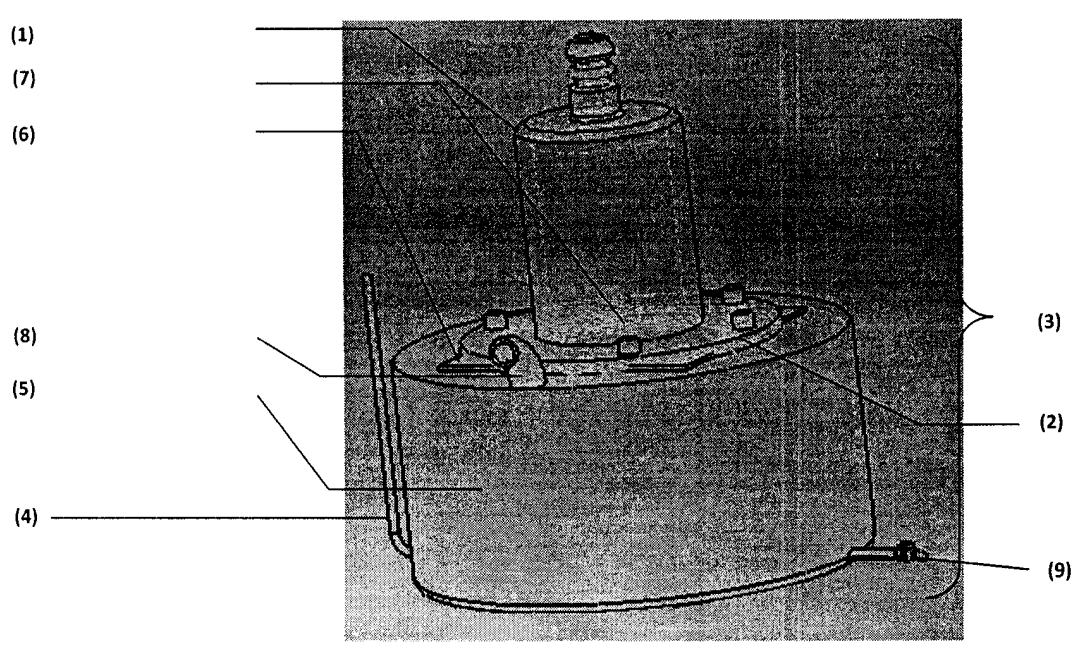


Figure V : Montage.

A handwritten signature or mark, possibly a stylized 'H' or 'L', located in the bottom right corner of the page.