



(11) **EP 2 017 364 A2**

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:  
**21.01.2009 Bulletin 2009/04**

(51) Int Cl.:  
**C22F 1/00 (2006.01) C22F 1/05 (2006.01)**  
**B62D 21/15 (2006.01) B62D 29/00 (2006.01)**  
**B21C 23/01 (2006.01) B60R 19/02 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **08356083.9**

(22) Date de dépôt: **13.06.2008**

(84) Etats contractants désignés:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR**  
Etats d'extension désignés:  
**AL BA MK RS**

- **Bompard Serge,**  
**Le Jardin de Juliette 38500 Voiron, (FR)**
- **Hubert, Benoit,**  
**3965 Chippis (CH)**
- **Raynaud, Guy Michel,**  
**38500 Voiron, (FR)**
- **Varanda, Fernando,**  
**78224 D Singen, (DE)**

(30) Priorité: **18.06.2007 FR 0704316**

(71) Demandeurs:  
• **Alcan International Ltd.**  
**Montreal QC H3A 3G2 (CA)**  
• **Alcan France sas**  
**69451 Lyon cedex 06 (FR)**

(74) Mandataire: **Marsolais, Richard**  
**Alcan France S.A.S.**  
**Propriété Industrielle**  
**217, cours Lafayette**  
**69451 Lyon Cedex 06 (FR)**

(72) Inventeurs:  
• **Beslin, Emmanuel,**  
**38090 Vaulx Milieu, (FR)**

(54) **Procédé de fabrication d'un demi-produit en alliage d'aluminium notamment pour structure de véhicule automobile**

(57) Procédé de fabrication d'un demi-produit en alliage d'aluminium destiné notamment à former un composant de structure de véhicule automobile permettant l'absorption d'énergie de façon irréversible lors d'une collision contre un obstacle ou choc, comprenant les étapes consistant en une extrusion (E6) d'alliage d'aluminium sur presse à travers une filière afin d'obtenir un demi-produit, une étape de traitement thermique de revenu du demi-produit (E13). Avant l'étape de revenu (E13), un échantillon (e) est prélevé (E10) sur un lot (L) comprenant un ensemble de demi-produits possédant des paramètres de fabrication communs, afin de subir un test (E11) d'au moins une de ses caractéristiques fonctionnelles (F), les conditions (T, Δt) de l'étape de revenu (E13) étant déterminées (E12) en fonction de la valeur mesurée (Fm) lors du test (E11) et d'une valeur cible (Fc) de l'au moins une caractéristique fonctionnelle (F), l'étape de traitement thermique de revenu (E13) étant appliqué dans les conditions (T, Δt) déterminées à l'ensemble du lot (L) dont est issu l'échantillon (e).

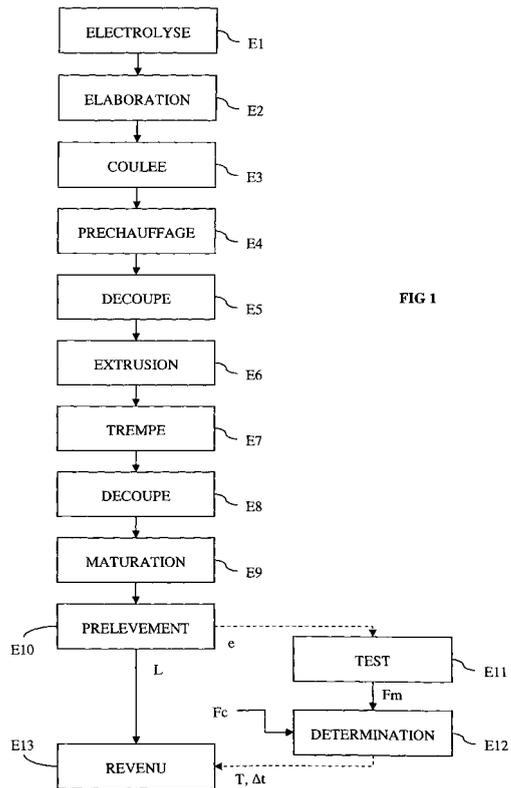


FIG 1

**EP 2 017 364 A2**

## Description

### Domaine de l'invention

**[0001]** L'invention concerne un procédé de fabrication d'un demi-produit constitué d'une tôle ou d'un profilé en alliage d'aluminium, destiné notamment à former un composant de structure de véhicule automobile permettant l'absorption d'énergie de façon irréversible lors d'une collision contre un obstacle ou choc. On citera par exemple le cas de l'absorbeur de choc réalisé à partir d'un profilé et utilisé, en association avec une poutre, pour constituer l'ensemble pare-chocs dudit véhicule. La poutre est disposée transversalement par rapport à la direction de déplacement du véhicule, et le ou les absorbeurs sont généralement disposés soit transversalement, soit longitudinalement par rapport à cette direction. Un absorbeur de chocs est désigné parfois sous le terme « élément de déformation » ou « crashbox ».

**[0002]** D'autres types de profilés ou de tôles en alliage d'aluminium peuvent également être fabriqués à partir du procédé selon l'invention.

### Etat de la technique

**[0003]** Jusqu'au milieu des années 90, les composants destinés à absorber de l'énergie de façon irréversible lors d'une collision contre un obstacle, ou choc, notamment les poutres de pare-chocs, étaient constitués d'une tôle mise en forme, en général en acier. Les exigences plus sévères des constructeurs d'automobiles, notamment avec l'apparition des tests de réparabilité, ont conduit à faire évoluer cette fonction et amené deux types d'évolution.

**[0004]** D'une part, la géométrie et les matériaux constituant les composants de structure ou poutres ont évolué, conduisant à l'utilisation de poutres tubulaires, multicellulaires ou non, en alliage d'aluminium ou en acier.

**[0005]** D'autre part, dans le cas notamment des poutres de pare-chocs, une interface absorbante entre les poutres et les supports longitudinaux des véhicules a été introduite: les absorbeurs de chocs, encore appelés éléments de déformation ou "crash boxes".

**[0006]** Cette double évolution a répondu à la nécessité, en Europe notamment, de disposer d'un système poutre/absorbeur ou poutre/support ou encore composant de structure/support, non plus seulement résistant, c'est-à-dire qui se déforme sans plastifier, mais absorbant c'est-à-dire qui se déforme en absorbant de l'énergie de manière maîtrisée.

**[0007]** Le composant de structure de caisse automobile a donc un double rôle : d'une part se déformer de façon élastique lors de faibles chocs ou collisions contre un obstacle, d'autre part absorber l'énergie et transmettre l'effort de façon maîtrisée, en particulier sans s'effondrer de façon brutale en cours de déformation, aux absorbeurs ou aux supports.

**[0008]** De façon connue, le procédé de fabrication d'un

demi-produit constitué d'une tôle ou d'un profilé en alliage d'aluminium, destiné notamment à former un tel composant comprend les étapes consistant en :

- 5 - une étape de fabrication du demi-produit, constituée par un laminage et une trempe ou par une extrusion d'alliage d'aluminium, et
- une étape de traitement thermique de revenu du demi-produit,

**[0009]** La variabilité industrielle des paramètres des étapes du procédé de fabrication entraîne une variabilité des caractéristiques des demi-produits obtenus telles que la capacité d'absorption d'énergie et par conséquent une variabilité de leur comportement en cas de collision. La variabilité des caractéristiques du demi-produit est dépendante de plusieurs facteurs dont les deux principaux sont les propriétés mécaniques et la géométrie du demi-produit. Les variations des propriétés mécaniques sont liées à la variabilité de la matière dont ils sont issus, par exemple la variabilité sur la composition chimique du métal. Les variations de géométrie sont liées au procédé d'extrusion ou de laminage, par exemple à la qualité géométrique des filières utilisées dans le cas d'un procédé d'extrusion.

**[0010]** De façon connue, la vérification des demi-produits obtenus après le traitement thermique nécessite la réalisation de tests de qualité fréquents et poussés. Lors de ces tests, les caractéristiques intrinsèques du demi-produit, c'est-à-dire, les caractéristiques mécaniques comme la charge de rupture, la limite d'élasticité ou l'allongement, les caractéristiques géométriques et/ou les caractéristiques de composition chimique sont mesurées, par exemple lors de mesures géométriques manuelles, de tests de traction ou de tests de bottelage. Ces expériences destructives sont le plus couramment réalisées sur les produits finis. En cas de non-conformité, les produits jugés défectueux peuvent être séparés des autres produits.

**[0011]** Toutefois cette opération de séparation étant difficile à réaliser, il est souvent décidé de rebuter l'ensemble de la production dont le produit jugé défectueux est issu, ou d'accepter une variabilité importante et difficilement maîtrisable des caractéristiques fonctionnelles du produit fini.

### Problème posé

**[0012]** L'invention vise à résoudre ces inconvénients en proposant un procédé de fabrication permettant de maîtriser et de diminuer la variabilité d'au moins une caractéristique fonctionnelle du demi-produit et par suite du produit fini, notamment composant de structure, issu de ce demi-produit.

### Objet de l'invention

**[0013]** L'invention concerne un procédé de fabrication

du type précité caractérisé en ce que, avant l'étape de revenu, un échantillon est prélevé sur un lot comprenant un ensemble de demi-produits possédant des paramètres de fabrication communs, afin de subir un test d'au moins une de ses caractéristiques fonctionnelles, les conditions de l'étape de revenu étant déterminées en fonction de la valeur mesurée lors du test et d'une valeur cible de l'au moins une caractéristique fonctionnelle, l'étape de traitement thermique de revenu étant appliquée dans les conditions déterminées à l'ensemble du lot dont est issu l'échantillon.

**[0014]** Grâce aux dispositions selon l'invention, les conditions du traitement thermique de l'étape de revenu sont déterminées en fonction de la valeur des caractéristiques mesurées sur l'échantillon prélevé et de la valeur cible que l'on souhaite obtenir pour ces caractéristiques, les conditions du traitement thermique de revenu étant ainsi spécifiques à chaque lot. Il est ainsi possible de maîtriser et diminuer la variabilité de la caractéristique fonctionnelle finale.

**[0015]** Cette diminution de la variabilité permet par exemple d'optimiser le comportement des éléments destinées à absorber de l'énergie.

**[0016]** Il est à noter que l'utilisation de mesures de caractéristiques fonctionnelles lors du test vise à réaliser des demi-produits conçus sur mesure vis à vis du résultat fonctionnel recherché, ce type de procédé pouvant encore être appelé "Tailored extrusion", dans le cas d'un profilé.

**[0017]** Avantagusement, l'ensemble des demi-produits d'un même lot est issu d'un même alliage et d'une même coulée de cet alliage.

**[0018]** Avantagusement, l'ensemble des demi-produits, constitués de tôles ou de profilés, d'un même lot est réalisé sur respectivement un même laminoir ou une même presse d'extrusion.

**[0019]** Avantagusement, l'ensemble des demi-produits d'un même lot est réalisé à travers respectivement les mêmes cylindres de laminoir ou une même filière.

**[0020]** Avantagusement, l'ensemble des demi-produits d'un même lot est issu respectivement soit du laminage et de la trempe soit de l'extrusion d'une même quantité de métal dont la masse est limitée et pour laquelle l'interruption respectivement soit du laminage et/ou de la trempe soit de l'extrusion entre deux portions de la quantité de métal ne dépasse pas une durée déterminée.

**[0021]** Avantagusement, une période de maturation à température ambiante est observée avant le test des caractéristiques fonctionnelles d'un échantillon extrait d'un lot.

**[0022]** La période de maturation permet de diminuer la dispersion de la mesure des caractéristiques fonctionnelles du demi-produit.

**[0023]** Selon un mode de mise en oeuvre, le test des caractéristiques fonctionnelles de l'échantillon prélevé est un test d'écrasement d'un échantillon de longueur donnée par une presse, lors duquel le déplacement de

la tête d'écrasement de la presse et les efforts appliqués par la tête d'écrasement de la presse sont enregistrés.

**[0024]** Selon un autre mode de mise en oeuvre, le test des caractéristiques fonctionnelles de l'échantillon prélevé est un test de traction d'un échantillon.

**[0025]** Selon encore un autre mode de mise en oeuvre, le test des caractéristiques fonctionnelles de l'échantillon prélevé est un test de pliage d'un échantillon.

**[0026]** Selon une possibilité, la caractéristique fonctionnelle mesurée de l'échantillon prélevé lors du test d'écrasement est la valeur de l'effort maximal à exercer sur le demi-produit pour obtenir une déformation du demi-produit correspondant à un déplacement prédéterminé.

**[0027]** Selon une autre possibilité, la caractéristique fonctionnelle mesurée de l'échantillon prélevé lors de ce même test est la valeur de l'énergie absorbée pour obtenir une déformation du demi-produit correspondant à un déplacement prédéterminé.

**[0028]** Grâce aux dispositions des deux possibilités décrites ci-dessus, le procédé de fabrication permet d'empêcher le dépassement d'un effort cible et de diminuer la dispersion d'énergie associée.

**[0029]** Selon encore une autre possibilité, la caractéristique fonctionnelle mesurée de l'échantillon prélevé lors du test est une caractéristique mécanique représentative du comportement en traction du type limite d'élasticité, charge de rupture et/ou allongement.

**[0030]** Selon encore une autre possibilité, la caractéristique fonctionnelle mesurée de l'échantillon prélevé lors du test est une caractéristique mécanique représentative du comportement en flexion du type angle limite de pliage.

**[0031]** Avantagusement, les conditions du traitement thermique de revenu déterminées en fonction des résultats du test sont au minimum un couple durée du traitement et température de traitement.

**[0032]** Selon un mode de mise en oeuvre, la température et la durée du traitement sont déterminées en :

- choisissant la valeur de l'une des deux conditions,
- prenant en compte la valeur mesurée de la caractéristique fonctionnelle de l'échantillon prélevé et la valeur cible de la caractéristique,
- mettant en correspondance ces valeurs et des courbes de référence afin de déterminer la seconde condition.

**[0033]** Avantagusement, la relation entre la durée du traitement thermique de revenu  $\Delta t$ , la température  $T$  lors de ce traitement, la valeur mesurée de la caractéristique fonctionnelle  $C_m$  et la valeur souhaitée de la caractéristique fonctionnelle  $C_c$ , est calculée par la formule suivante :

$$\Delta t = \frac{C_c - C_m}{aT^2 + bT + c}, \text{ les paramètres } a, b \text{ et } c$$

étant des constantes déterminées de façon empirique.

**[0034]** Selon un mode de mise en oeuvre, les demi-produits sont destinés à la fabrication d'absorbeurs de choc d'un système d'absorption d'énergie de type "pare-chocs automobile", assurant l'interface entre une poutre de pare-chocs et les autres composants de la structure de caisse.

**[0035]** Selon un autre mode de mise en oeuvre, les demi-produits sont destinés à la fabrication de poutres de pare-chocs.

**[0036]** De toute façon, l'invention sera bien comprise à l'aide de la description qui suit, en référence aux dessins schématiques annexés représentant, à titre d'exemple non limitatif, deux formes de mise en oeuvre de ce procédé.

### Description des figures

**[0037]** La figure 1 est un organigramme représentant les étapes d'un premier procédé selon l'invention.

**[0038]** La figure 2 représente un exemple de section d'un profilé fabriqué par le procédé de la figure 1.

**[0039]** La figure 3 représente l'évolution d'un effort appliqué sur un échantillon en fonction d'un déplacement lors d'un test de bottelage.

**[0040]** La figure 4 représente l'évolution de l'effort maximal d'un profilé en fonction de la durée d'un traitement thermique de revenu et de la température de ce traitement.

**[0041]** La figure 5 représente l'évolution de l'effort appliqué sur un lot d'ensembles de pare-chocs selon l'état de la technique en fonction d'un déplacement lors d'un test de bottelage.

**[0042]** La figure 6 représente l'évolution de l'effort appliqué sur un lot d'ensembles de pare-chocs comprenant des profilés obtenus par le procédé de la figure 1 en fonction d'un déplacement lors d'un test de bottelage.

**[0043]** La figure 7 représente l'évolution de la charge de rupture d'un profilé en fonction de la durée d'un traitement thermique de revenu et de la température de ce traitement, les courbes ainsi formées étant utilisées dans un second procédé selon l'invention.

**[0044]** La figure 8 représente l'évolution de la limite d'élasticité d'un profilé en fonction de la durée d'un traitement thermique de revenu et de la température de ce traitement, les courbes ainsi formées étant utilisées dans un troisième procédé selon l'invention.

### Description de l'invention

**[0045]** Selon un premier mode de mise en oeuvre de l'invention décrit sur la figure 1, un procédé de fabrication d'un profilé en alliage d'aluminium comprend de façon connue les étapes suivantes :

- une étape d'électrolyse E1 pour produire de l'aluminium
- une étape d'élaboration E2 du métal en fonderie, consistant notamment en l'ajout d'éléments d'alliage à l'aluminium, par exemple du magnésium Mg, du manganèse Mn ou du Silicium Si,
- une étape de coulée du métal E3 pour former des billettes,
- une étape de préchauffage E4 des billettes,
- une étape de découpe E5 des billettes,
- une étape de filage/extrusion E6 du métal à travers une filière à l'aide d'une presse pour obtenir la section voulue des profilés,
- une étape optionnelle de trempe E7 à l'air ou à l'eau,
- une étape de découpe des profilés E8.

**[0046]** Selon ce premier mode de mise en oeuvre, l'alliage d'aluminium utilisé est conforme à la norme EN AW-6060. La section du profilé est représentée sur la figure 2. La forme extérieure de la section constitue un hexagone, les milieux de trois côtés de l'hexagone étant joints par trois cloisons se rencontrant au centre de l'hexagone.

**[0047]** Après l'étape d'extrusion E6, l'étape de découpe E8 ou l'étape de trempe E7, les profilés obtenus sont mis en attente à température ambiante pendant une période prédéterminée constituant une étape dite de maturation E9.

**[0048]** Cette étape de maturation dure de préférence au moins deux jours. Selon le premier mode de mise en oeuvre de la figure 1, cette étape de maturation dure de trois à cinq jours.

**[0049]** De façon connue, les profilés subissent ultérieurement une étape de traitement thermique dans un four, dite étape de revenu.

**[0050]** Toutefois, dans le procédé selon l'invention, les étapes complémentaires ci-dessous sont prévues avant l'étape de revenu.

**[0051]** Dans une étape suivante E10 de prélèvement, les profilés sont constitués en lots L, chaque lot comprenant un ensemble de profilés possédant des paramètres de fabrication communs.

**[0052]** En particulier, selon le premier mode de mise en oeuvre de la figure 1, l'ensemble des profilés d'un même lot L sont :

- (a) issus d'un même alliage et d'une même coulée,
- (b) réalisés sur une même presse d'extrusion,
- (c) réalisés à travers une même filière, et
- (d) issus de l'extrusion d'une même quantité de métal dont la masse est limitée et pour laquelle l'interruption de l'extrusion entre deux portions de billette ne dépasse pas une durée déterminée.

**[0053]** Si l'une des conditions (a) à (d) n'est plus respectée, un changement de lot est opéré.

**[0054]** Il est à noter que la masse de métal limitée est de l'ordre de la tonne ou de la dizaine de tonnes, et que la durée à ne pas dépasser pour l'interruption entre deux

portions de billette est de l'ordre de grandeur de la minute.

**[0055]** Lors de l'étape de prélèvement, un échantillon e est prélevé dans chaque lot de profilés comprenant par exemple un profilé.

**[0056]** Dans une étape suivante de test de caractéristique fonctionnelle E11, au moins une caractéristique fonctionnelle de l'échantillon e est mesurée.

**[0057]** Par exemple, la caractéristique fonctionnelle mesurée  $F_m$  du profilé prélevé lors du test est la valeur de l'effort maximal  $F_m$  ou force maximale à exercer sur le profilé pour obtenir une déformation du profilé correspondant à un déplacement prédéterminé  $d_0$ .

**[0058]** Toujours selon cet exemple de mise en oeuvre, le test utilisé pour mesurer les caractéristiques fonctionnelles du profilé prélevé est un test de bottelage.

**[0059]** La figure 3 donne un exemple du type de courbes obtenues lors d'un test de bottelage qui consiste en l'écrasement d'un échantillon e d'une longueur donnée du profilé. L'échantillon e est déposé sur une presse afin que cette dernière puisse lui appliquer une force de compression dans une direction. La base sur laquelle il repose sur la presse est plane et orthogonale à la direction d'écrasement. Lors de l'écrasement, le déplacement  $d$  de la tête d'écrasement de la presse et les efforts appliqués  $F$  par la tête d'écrasement de la presse sont enregistrés.

**[0060]** L'effort maximal  $F_m$  du test d'écrasement correspond au premier pic ou maximum local de la courbe représentant l'effort d'écrasement  $F$  de la presse en fonction du déplacement  $d$  de la tête de la presse. Il est généralement relevé dans les premiers instants du test d'écrasement.

**[0061]** Sur la courbe de la figure 3, la valeur de l'effort maximal  $F_m$  est de l'ordre de 95 kN soit 95000 N.

**[0062]** Il est à noter que l'énergie absorbée par le profilé lors de la mesure correspond à l'aire située sous la courbe, c'est-à-dire à l'intégrale de la courbe. Afin de pouvoir comparer les tests d'écrasement entre eux, il est utile de fixer une valeur de déplacement maximal  $d_0$  de la tête de la presse.

**[0063]** Dans une étape suivante de détermination E12 des conditions de l'étape de revenu, une valeur cible souhaitée est prise en compte pour chaque caractéristique fonctionnelle dont la valeur est mesurée lors de l'étape de test.

**[0064]** Dans le premier mode de mise en oeuvre de la figure 1, la valeur cible  $F_c$  de l'effort maximal pour le profilé est prise en compte.

**[0065]** Les conditions de l'étape de revenu sont ensuite déterminées en fonction de la valeur mesurée  $F_m$  et d'une valeur cible  $F_c$  des caractéristiques fonctionnelles.

**[0066]** Les conditions du traitement thermique déterminées sont au minimum un couple durée  $\Delta t$  / température  $T$ .

**[0067]** La détermination peut notamment être réalisée en considérant la valeur mesurée  $F_m$  de la caractéristique fonctionnelle du profilé prélevé et la valeur cible  $F_c$

de la caractéristique, puis en corrélant ces valeurs ou l'écart  $E$  calculé de ses valeurs et des courbes de référence obtenues de manière empirique afin de proposer un traitement thermique adapté en termes de durée et de température.

**[0068]** Un ensemble de configurations possibles de durées et de températures est ainsi obtenu. En choisissant une valeur de température ou de durée donnée, la valeur de l'autre condition est déduite des courbes.

**[0069]** La figure 4 montre des courbes de référence permettant de décrire l'évolution de l'effort  $F_m$  en fonction de la température  $T$  et de la durée du traitement thermique  $t$ . En particulier, trois segments de droites représentent l'évolution de l'effort maximal  $F_m$  pour trois températures  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  correspondant respectivement dans l'exemple à 100, 110 et 120°C.

**[0070]** En choisissant une valeur de température  $T_3$ , si la valeur de l'effort mesurée  $F_m$  est de 95000 N et que la valeur souhaitée  $F_c$  est de 100000 N, il apparaît en reportant ces valeurs sur la courbe que la durée de revenu nécessaire  $\Delta t$  est de l'ordre de 8 heures.

**[0071]** La relation exprimée par les courbes représentées sur la figure 4 entre la durée du traitement thermique de revenu  $\Delta t$ , la température  $T$  lors de ce traitement, l'effort maximal mesuré  $F_m$  et l'effort maximal souhaitée  $F_c$  peut être calculée également par la formule suivante :

$$\Delta t = \frac{F_c - F_m}{aT^2 + bT + c}, \text{ les paramètres } a, b \text{ et } c$$

étant des constantes déterminées de façon empirique.

**[0072]** La durée du traitement thermique de revenu  $\Delta t$  est exprimée en heures (h), la température  $T$  lors de ce traitement en degrés Celsius (°C), la force mesurée  $F_m$  et la force souhaitée  $F_c$  en Newton (N).

**[0073]** En particulier, selon le premier mode de mise en oeuvre de la figure 1, pour une durée de l'étape de revenu comprise entre 0 et 7h, et une température comprise entre 100°C et 135°C, et pour la géométrie selon la figure 2, les valeurs de ces constantes sont les suivantes :

$$\begin{aligned} a &= 1.74 \\ b &= -328 \\ c &= 16012 \end{aligned}$$

**[0074]** Une fois que les conditions du traitement thermique de l'étape de revenu sont déterminées, dans une étape suivante E13, le traitement thermique ainsi défini est appliqué à tout le lot  $L$  dont est issu l'échantillon e.

**[0075]** Les figures 5 et 6 représentent l'évolution de l'effort appliqué sur un lot d'ensembles de pare-chocs en fonction d'un déplacement lors d'un test de bottelage respectivement :

- pour un lot d'ensembles de pare-chocs formé à partir

d'un lot de profilés obtenu par un procédé selon l'état de la technique, et

- pour un lot d'ensembles de pare-chocs comprenant des profilés obtenus par le procédé selon l'invention.

**[0076]** De façon connue, un ensemble de pare-chocs comprend une poutre, au moins deux absorbeurs de chocs ou « crashboxes » reliés par la poutre, et des platines de fixation des absorbeurs sur la caisse du véhicule.

**[0077]** Il apparaît par comparaison des courbes sur les figures 5 et 6 que le procédé de fabrication des profilés formant les absorbeurs de chocs permet d'empêcher le dépassement d'un effort cible et de diminuer la dispersion d'énergie associée. La dispersion d'énergie est divisée par deux et passe dans l'exemple illustré par les figures 5 et 6 de 1600 à 800 J.

**[0078]** Il est à noter que les courbes décrites en référence à la figure 4, ainsi que la formule correspondante, sont dépendantes d'une géométrie donnée de profilé et d'un type d'alliage utilisé.

**[0079]** Il est possible de déterminer facilement de nouvelles courbes pour une géométrie différente et/ou un alliage différent en soumettant un ensemble de profilés à des traitements thermiques de revenu avec des conditions différentes de durée et de température, puis en réalisant des tests pour déterminer l'effort maximal correspondant sur chaque profilé. On obtient ainsi un ensemble de points permettant de tracer les courbes souhaitées.

**[0080]** Selon une variante du premier mode de mise en oeuvre, la caractéristique fonctionnelle mesurée du profilé prélevé lors du test peut être la valeur de l'énergie absorbée pour un déplacement prédéterminé ou une autre caractéristique fonctionnelle déterminante dans la réponse fonctionnelle du profilé.

**[0081]** Selon un second mode de mise en oeuvre, un procédé selon l'invention est appliqué à la fabrication d'un profilé de même type que celui décrit pour le premier mode de mise en oeuvre, et dont la section est représentée à la figure 2. Toutefois, dans ce second mode de mise en oeuvre, la caractéristique fonctionnelle prépondérante choisie est la charge à la rupture  $R_m$ , le test de caractéristique utilisé étant un test de traction statique, parfaitement connu de l'homme du métier.

**[0082]** La figure 7 montre des courbes de référence permettant de décrire l'évolution de la charge de rupture  $R_m$  d'un profilé en fonction de la température  $T$  et de la durée du traitement thermique  $t$ . En particulier, trois segments de droites représentent l'évolution de la charge à la rupture pour trois températures  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  correspondant respectivement dans l'exemple à 100, 110 et 120°C.

**[0083]** Il est ainsi possible de déterminer le temps de revenu nécessaire pour atteindre une valeur cible de la charge à la rupture comme décrit pour le premier mode de réalisation.

**[0084]** La relation exprimée par les courbes représentées sur la figure 7 entre la durée du traitement thermique de revenu  $\Delta t$ , la température  $T$  lors de ce traitement, la

charge à la rupture mesurée  $R_{m_m}$  et la charge à la rupture souhaitée  $R_{m_c}$  peut être calculée également par la formule suivante :

$$\Delta t = \frac{R_{m_c} - R_{m_m}}{aT^2 + bT + c}, \text{ les paramètres } a, b \text{ et } c$$

étant des constantes déterminées de façon empirique.

**[0085]** La durée du traitement thermique de revenu  $\Delta t$  est exprimée en heures (h), la température  $T$  lors de ce traitement en degrés Celsius (°C), la charge à la rupture mesurée  $R_{m_m}$  et la charge à la rupture souhaitée  $R_{m_c}$  en Méga Pascal (MPa).

**[0086]** En particulier, selon le second mode de mise en oeuvre, pour une durée de l'étape de revenu comprise entre 0 et 7h, et une température comprise entre 100°C et 135°C, les valeurs de ces constantes sont les suivantes :

$$\begin{aligned} a &= 0.0018 \\ b &= -0.3143 \\ c &= 14.545 \end{aligned}$$

**[0087]** Comme précédemment pour le premier mode de mise en oeuvre, une fois que les conditions du traitement thermique de l'étape de revenu sont déterminées, dans une étape suivante, le traitement thermique ainsi défini est appliqué à tout le lot  $L$  dont est issu l'échantillon  $e$ .

**[0088]** Selon un troisième mode de réalisation, un procédé selon l'invention est appliqué à la fabrication d'un profilé de même type que celui décrit pour le premier mode de mise en oeuvre, et dont la section est représentée à la figure 2. Toutefois, dans ce troisième mode de mise en oeuvre, la caractéristique fonctionnelle prépondérante choisie est la limite d'élasticité  $R_{p_{0,2}}$  noté par la suite  $R_p$ , le test de caractéristique utilisé étant également un test de traction statique.

**[0089]** La figure 8 montre des courbes de référence permettant de décrire l'évolution de la limite d'élasticité  $R_p$  d'un profilé en fonction de la température  $T$  et de la durée du traitement thermique  $t$ . En particulier, trois segments de droites représentent l'évolution de la limite d'élasticité  $R_p$  pour trois températures  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  correspondant respectivement dans l'exemple à 100, 110 et 120°C.

**[0090]** Il est possible ainsi de déterminer le temps de revenu nécessaire pour atteindre une valeur cible de la limite d'élasticité comme décrit pour le premier mode de réalisation.

**[0091]** La relation exprimée par les courbes représentées sur la figure 8 entre la durée du traitement thermique de revenu  $\Delta t$ , la température  $T$  lors de ce traitement, la limite d'élasticité mesurée  $R_{p_m}$  et la limite d'élasticité souhaitée  $R_{p_c}$  peut être calculée également par la formule suivante :

$\Delta t = \frac{1}{aT^2 + bT + c}$ , les paramètres a, b et c étant des constantes déterminées de façon empirique.

**[0092]** La durée du traitement thermique de revenu  $\Delta t$  est exprimée en heures (h), la température T lors de ce traitement en degrés Celsius (°C), la limite d'élasticité mesurée  $R_{p_m}$  et la limite d'élasticité souhaitée  $R_{p_c}$  en Méga Pascal (MPa).

**[0093]** En particulier, selon le troisième mode de mise en oeuvre, pour une durée de l'étape de revenu comprise entre 0 et 7h, et une température comprise entre 100°C et 135°C, les valeurs de ces constantes sont les suivantes :

a= 0.0035  
b= -0.697  
c= 35.135

**[0094]** Selon un quatrième mode de mise en oeuvre, un procédé de fabrication selon l'invention est appliqué à la fabrication de tôles en alliage d'aluminium par laminage.

**[0095]** Ce procédé comprend une étape de laminage entre deux cylindres d'un laminoir d'une masse d'alliage d'aluminium et un traitement thermique de trempe, dénommé par la suite « la trempe », pour obtenir une tôle.

**[0096]** De façon connue, les tôles subissent ultérieurement, comme précédemment décrit dans le premier mode de mise en oeuvre, une étape de traitement thermique dans un four, dite étape de revenu.

**[0097]** Comme nous l'avons vu précédemment pour les premier à troisième modes de réalisation, des étapes complémentaires sont prévues avant l'étape de revenu.

**[0098]** Ainsi, le procédé comporte une étape de prélèvement, dans laquelle les tôles sont constituées en lots L, chaque lot comprenant un ensemble de tôles possédant des paramètres de fabrication communs.

**[0099]** En particulier, l'ensemble des tôles d'un même lot L sont :

- (a) issues d'un même alliage et d'une même coulée,
- (b) réalisées sur un même laminoir,
- (c) réalisées à travers les mêmes cylindres de laminoir, et
- (d) issues du laminage et de la trempe d'une même quantité de métal dont la masse est limitée et pour laquelle l'interruption du laminage et/ou de la trempe ne dépasse pas une durée déterminée.

Si l'une des conditions (a) à (d) n'est plus respectée, un changement de lot est opéré.

Lors de l'étape de prélèvement, un échantillon e est prélevé dans chaque lot de tôles comprenant par exemple une tôle.

Dans une étape suivante de test de caractéristique fonctionnelle, au moins une caractéristique fonction-

nelle de l'échantillon e est mesurée.

En particulier, dans ce quatrième mode de réalisation, la caractéristique fonctionnelle mesurée est un angle limite de pliage A, représentatif du comportement en flexion de la tôle.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

**[0100]** Le test utilisé pour réaliser la mesure de cette caractéristique est un test de pliage ou de flexion. Ce test consiste à réaliser une découpe d'éprouvettes dans une ou plusieurs tôles, de préférence de forme carrée, d'identifier le sens de laminage, pour choisir un test de pliage dans le sens long ou dans le sens travers par rapport au sens de laminage, et de la positionner sur un banc de test, comprenant :

- deux cylindres horizontaux sur lesquels est posée l'éprouvette, l'entrefer entre les cylindres étant fonction de l'épaisseur de la tôle, et
- un poinçon destiné à former un appui localisé sur l'éprouvette, entre les deux cylindres, pour provoquer un pliage de l'éprouvette entre les cylindres.

**[0101]** Les critères d'arrêt du test sont :

- la pénétration du poinçon jusqu'à une profondeur prédéfinie, par exemple de l'ordre de 15 mm, ou
- la chute d'effort d'une valeur prédéterminée, par exemple de 15 N après avoir observé un effort maximal.

**[0102]** Lorsque le test est arrêté, l'angle limite de pliage A formé par l'échantillon est mesuré à l'aide d'un rapporteur d'angle.

**[0103]** A la suite de l'étape de test, il est possible ainsi de déterminer le temps de revenu nécessaire pour atteindre une valeur cible de l'angle limite de pliage  $A_c$  à partir d'une valeur mesurée  $A_m$  pour le lot de tôles en utilisant des courbes obtenues de façon similaire à celles décrites pour le premier mode de réalisation.

**[0104]** Bien entendu, quelque-soit le mode de mise en oeuvre, un échantillon e peut comprendre plusieurs éprouvettes. De même, plusieurs échantillons e issus de lots L distincts peuvent donner les mêmes résultats lors du test E11. Dans ce cas, il est possible de rassembler ces lots en un ensemble auquel sera appliqué le même traitement thermique de revenu.

**[0105]** Comme il va de soi, l'invention ne se limite pas aux formes de mise en oeuvre préférentielles décrites ci-dessus, à titre d'exemples non limitatifs ; elle embrasse au contraire toutes les variantes.

**[0106]** D'autres applications du procédé, en dehors de la fabrication d'absorbeurs de chocs ou de poutres de pare-chocs, sont également possibles. En particulier, il est possible de fabriquer des profilés ou des tôles en alliage d'aluminium destinés à former des renforts de portières ou renforts latéraux, rails anti-intrusion, longerons, et de manière générale, tous les profilés ou les tôles en alliage d'aluminium dont la caractéristique fonctionnelle

prépondérante est une caractéristique mécanique statique du type limite d'élasticité, charge de rupture et/ou allongement, ou dont la caractéristique fonctionnelle prépondérante est le comportement en flexion par exemple angle limite de pliage.

**[0107]** Selon les applications, les tests de caractéristiques fonctionnelles peuvent être adaptés au type de demi-produit utilisé ou à la caractéristique fonctionnelle à mesurer.

### Revendications

1. Procédé de fabrication d'un demi-produit constitué d'une tôle ou d'un profilé en alliage d'aluminium, destiné notamment à former un composant de structure de véhicule automobile permettant l'absorption d'énergie de façon irréversible lors d'une collision contre un obstacle ou choc, comprenant les étapes consistant en :

- une étape de fabrication du demi-produit, constituée par un laminage et une trempe ou par une extrusion (E6) d'alliage d'aluminium afin d'obtenir un demi-produit,
- une étape de traitement thermique de revenu du demi-produit (E13),

#### caractérisé en ce que,

avant l'étape de revenu (E13), un échantillon (e) est prélevé (E10) sur un lot (L) comprenant un ensemble de demi-produits possédant des paramètres de fabrication communs, afin de subir un test (E11) d'au moins une de ses caractéristiques fonctionnelles (F), les conditions (T,  $\Delta t$ ) de l'étape de revenu (E13) étant déterminées (E12) en fonction de la valeur mesurée ( $C_m$ ,  $F_m$ ,  $R_{m_m}$ ,  $R_{p_m}$ ,  $A_m$ ) lors du test (E11) et d'une valeur cible ( $C_c$ ,  $F_c$ ,  $R_{m_c}$ ,  $R_{p_c}$ ,  $A_c$ ) de l'au moins une caractéristique fonctionnelle (F), l'étape de traitement thermique de revenu (E13) étant appliquée dans les conditions (T,  $\Delta t$ ) déterminées à l'ensemble du lot (L) dont est issu l'échantillon (e).

2. Procédé de fabrication selon la revendication 1, dans lequel l'ensemble des demi-produits d'un même lot (L) est issu d'un même alliage et d'une même coulée (E3) de cet alliage.
3. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 ou 2, dans lequel l'ensemble des demi-produits d'un même lot (L) est réalisé sur respectivement un même laminoir ou une même presse d'extrusion.
4. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel l'ensemble des demi-produits d'un même lot (L) est réalisé à travers respectivement les mêmes cylindres de laminoir ou une même

filière.

5. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel l'ensemble des demi-produits d'un même lot (L) est issu respectivement soit du laminage et de la trempe soit de l'extrusion d'une même quantité de métal dont la masse est limitée et pour laquelle l'interruption respectivement soit du laminage et/ou de la trempe soit de l'extrusion entre deux portions de la quantité de métal ne dépasse pas une durée déterminée.
6. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel une période de maturation à température ambiante (E9) est observée avant le test (E11) des caractéristiques fonctionnelles d'un échantillon (e) extrait d'un lot (L).
7. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel le test (E11) des caractéristiques fonctionnelles de l'échantillon (e) prélevé est un test d'écrasement d'un échantillon (e) de longueur donnée par une presse, lors duquel le déplacement (d) de la tête d'écrasement de la presse et les efforts appliqués (F) par la tête d'écrasement de la presse sont enregistrés.
8. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel le test (E11) des caractéristiques fonctionnelles de l'échantillon (e) prélevé est un test de traction d'un échantillon (e).
9. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel le test (E11) des caractéristiques fonctionnelles de l'échantillon (e) prélevé est un test de pliage d'un échantillon (e).
10. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel la caractéristique fonctionnelle mesurée de l'échantillon (e) prélevé lors du test (E11) est la valeur de l'effort maximal ( $F_m$ ) à exercer sur le demi-produit pour obtenir une déformation du demi-produit correspondant à un déplacement prédéterminé (do).
11. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel la caractéristique fonctionnelle mesurée de l'échantillon (e) prélevé lors du test est la valeur de l'énergie absorbée pour obtenir une déformation du demi-produit correspondant à un déplacement prédéterminé (do).
12. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 6 et selon la revendication 8, dans lequel la caractéristique fonctionnelle mesurée de l'échantillon (e) prélevé lors du test est une caractéristique mécanique représentative du comportement en traction du type limite d'élasticité ( $R_p$ ), charge de rupture

(Rm) et/ou allongement.

13. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 6 et selon la revendication 9, dans lequel la caractéristique fonctionnelle mesurée de l'échantillon (e) prélevé lors du test est une caractéristique mécanique représentative du comportement en flexion du type angle limite de pliage (A). 5
14. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 13, dans lequel les conditions du traitement thermique de revenu (E13) déterminées en fonction des résultats du test (E11) sont au minimum un couple durée du traitement ( $\Delta t$ ) et température de traitement (T). 10  
15
15. Procédé de fabrication d'un demi-produit selon la revendication 14, dans lequel la température (T) et la durée du traitement ( $\Delta t$ ) sont déterminées en : 20
- choisissant la valeur de l'une des deux conditions (T,  $\Delta t$ ),
  - prenant en compte la valeur mesurée ( $F_m$ ,  $R_{m_m}$ ,  $R_{p_m}$ ,  $A_m$ ) de la caractéristique fonctionnelle de l'échantillon prélevé (e) et la valeur cible ( $F_c$ ,  $R_{m_c}$ ,  $R_{p_c}$ ,  $A_c$ ) de la caractéristique, 25
  - mettant en correspondance ces valeurs et des courbes de référence afin de déterminer la seconde condition (T,  $\Delta t$ ). 30
16. Procédé de fabrication d'un demi-produit selon la revendication 14, dans lequel la relation entre la durée du traitement thermique de revenu  $\Delta t$ , la température T lors de ce traitement, la valeur mesurée de la caractéristique fonctionnelle  $C_m$  et la valeur souhaitée de la caractéristique fonctionnelle  $C_c$  est calculée par la formule suivante : 35
- $$\Delta t = \frac{C_c - C_m}{aT^2 + bT + c}, \text{ les paramètres } a, b \text{ et } c \text{ étant des constantes déterminées de façon empirique.} \quad 40$$
17. Procédé selon l'une des revendications 1 à 16, dans lequel les demi-produits sont destinés à la fabrication d'absorbeurs de choc d'un système d'absorption d'énergie de type "pare-chocs automobile", assurant l'interface entre une poutre de pare-chocs et les autres composants de la structure de caisse. 45  
50
18. Procédé selon l'une des revendications 1 à 16, dans lequel les demi-produits sont destinés à la fabrication de poutres de pare-chocs. 55

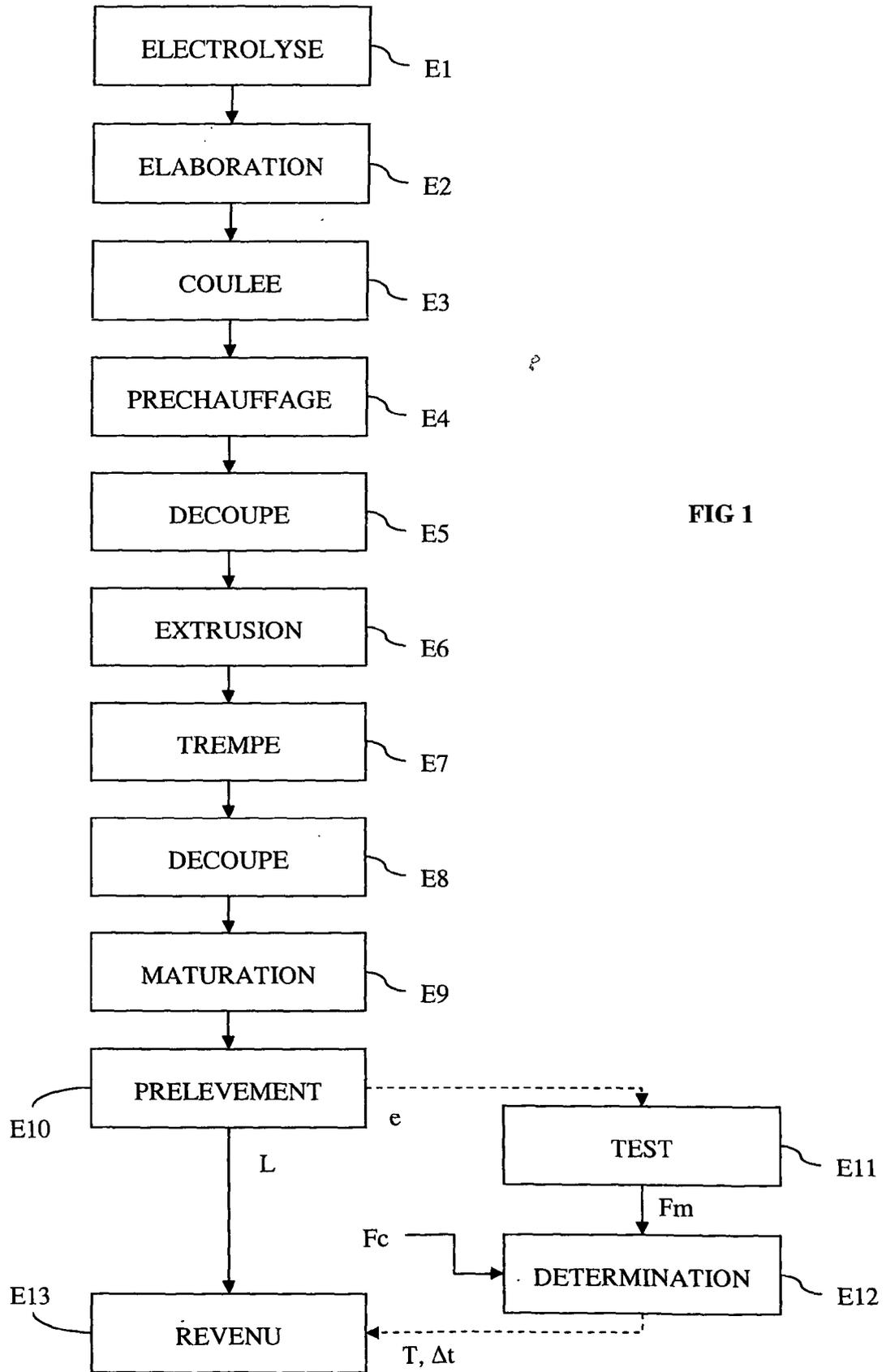


FIG 1

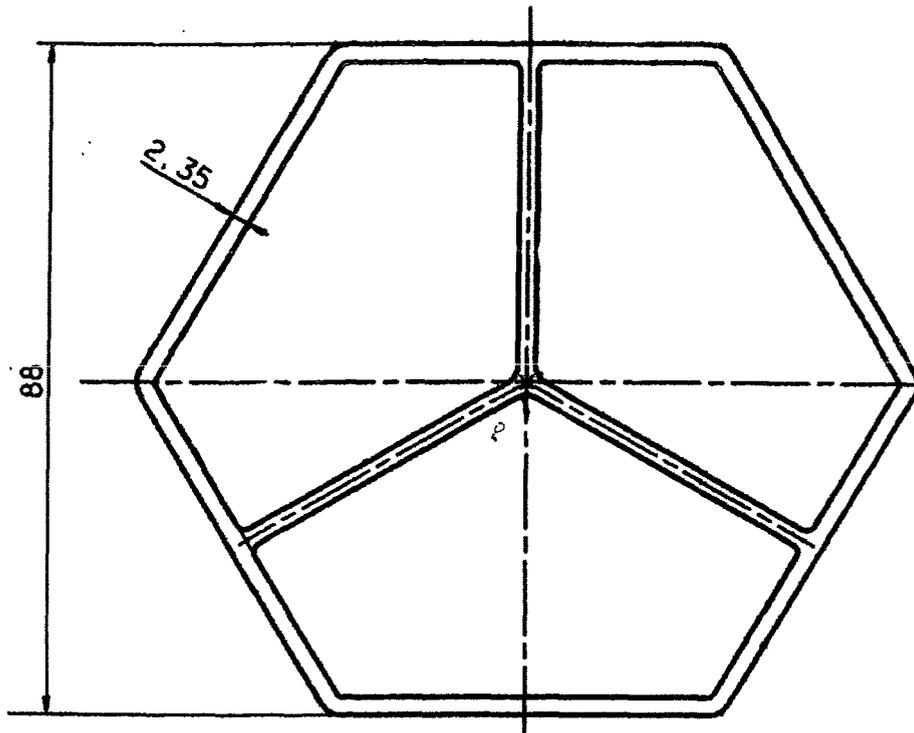


FIG 2

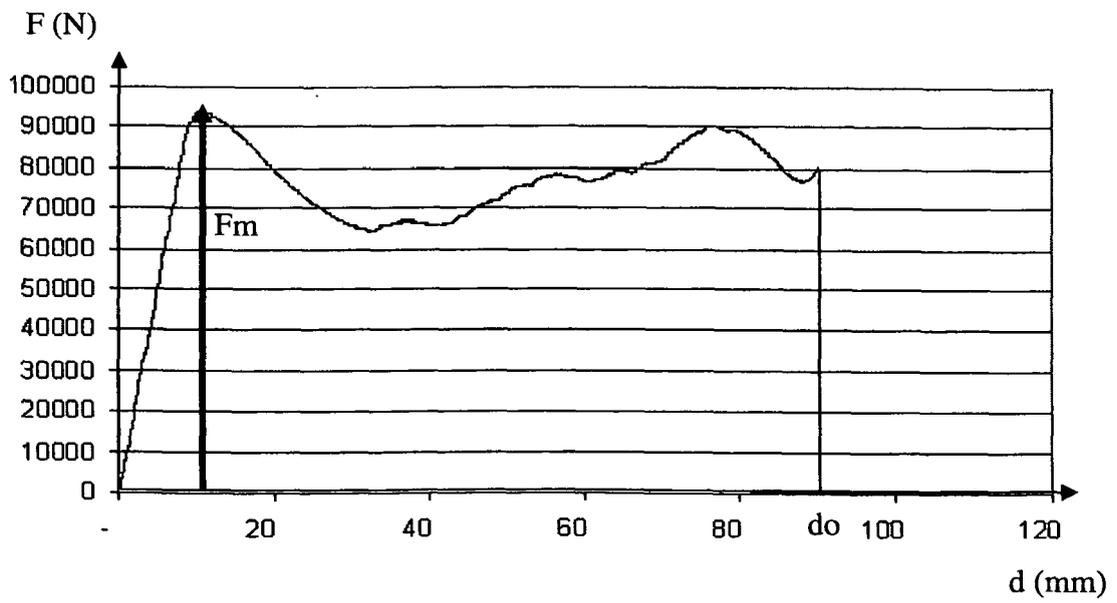


FIG. 3

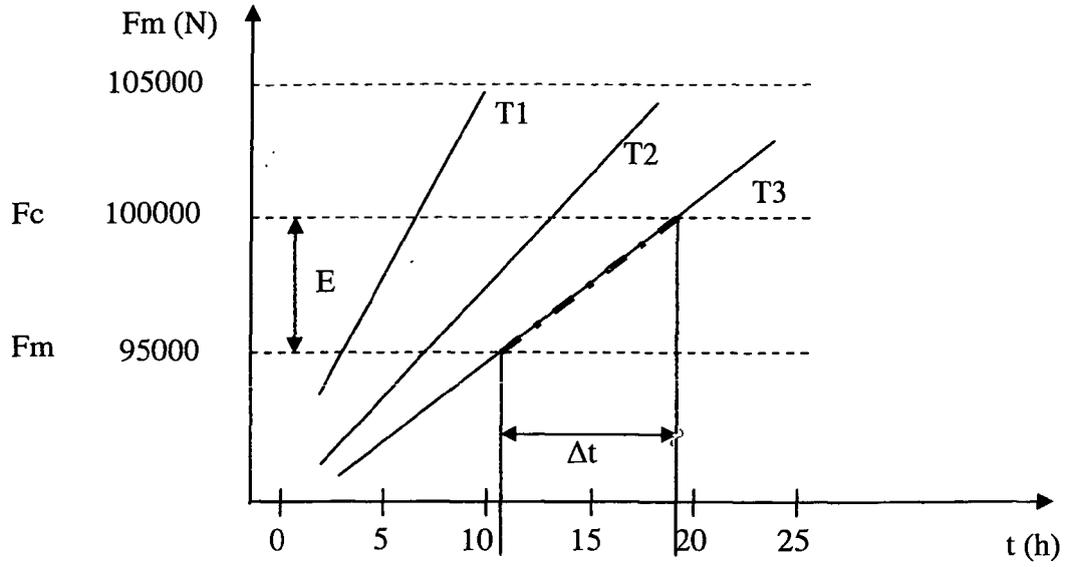


FIG. 4

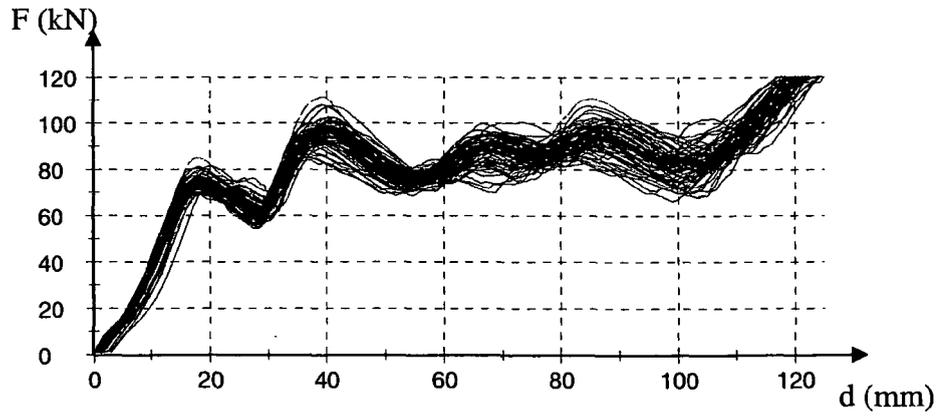


FIG. 5

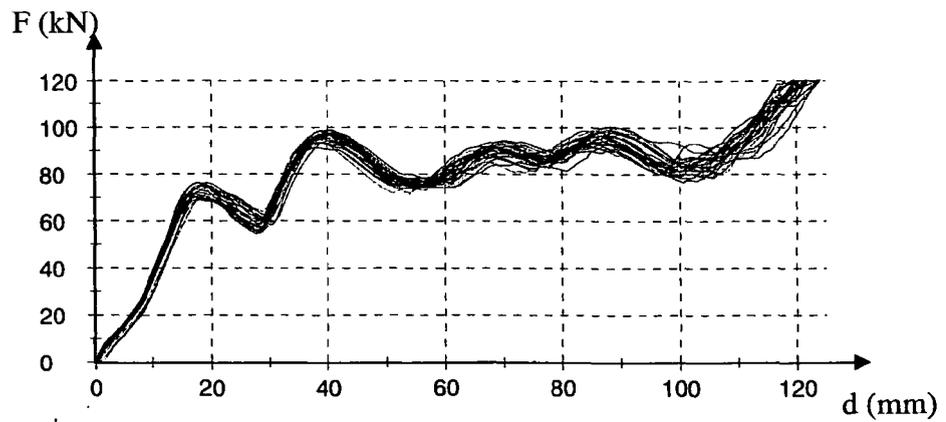


FIG. 6

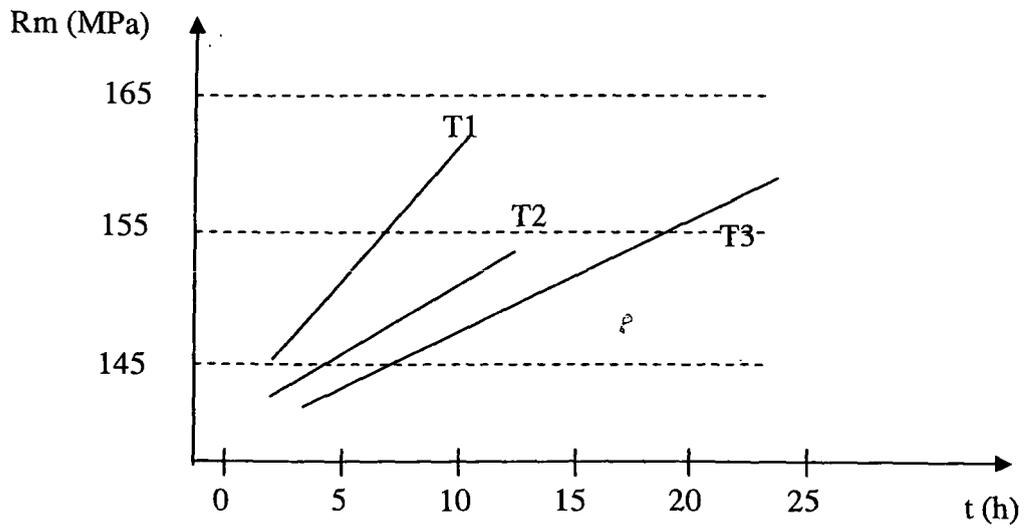


FIG. 7

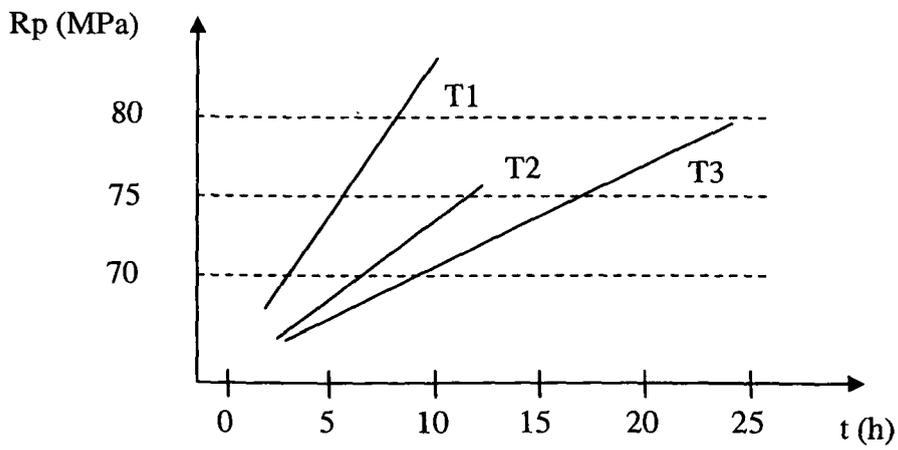


FIG. 8