



CONFÉDÉRATION SUISSE  
OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

Int. Cl.<sup>3</sup>: B 21 C 23/08

**Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein**  
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein



**FASCICULE DU BREVET** A5

11

**627 382**

21 Numéro de la demande: 8025/78

73 Titulaire(s):  
CEGEDUR Société de Transformation de  
l'Aluminium Péchiney, Paris 8e (FR)

22 Date de dépôt: 25.07.1978

30 Priorité(s): 29.07.1977 FR 77 24130

72 Inventeur(s):  
Michel Denoux, Montreuil Juigne (FR)  
Richard Deschamps, Avrille (FR)  
Francis Guitton, Montreuil Juigne (FR)  
Jean-Mary Wattier, Coublevie (FR)

24 Brevet délivré le: 15.01.1982

45 Fascicule du brevet  
publié le: 15.01.1982

74 Mandataire:  
William Blanc & Cie conseils en propriété  
industrielle S.A., Genève

**54 Procédé de filage et de trempé d'alliages d'aluminium à haute résistance.**

57 Pour permettre d'effectuer avec une vitesse élevée, supérieure à 15 m/minute et même, de préférence, supérieure à 30 m/minute, le filage d'alliages d'aluminium à haute résistance, notamment d'alliages des séries 2000 et 7000, avec un rapport de filage compris entre 20 et 200, en obtenant des produits filés ayant de bonnes caractéristiques mécaniques et un excellent état de surface, on utilise un lubrifiant et on règle la température de début de filage à une valeur comprise entre  $T_s - 50^\circ\text{C}$  et  $T_s - 180^\circ\text{C}$ ,  $T_s$  étant la température de solidus d'équilibre de l'alliage, cette température étant ajustée dans cet intervalle de sorte que la température de sortie soit comprise entre  $T_s$  et  $T_m$ ,  $T_m$  étant la température minimale de mise en solution. Finalement, le métal subit une trempé sur chaleur de filage.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé de filage et de trempe d'alliages d'aluminium à haute résistance, des séries 2000 et 7000, dans lequel le rapport de filage est compris entre 20 et 200, caractérisé en ce que:

- le filage est fait à l'aide d'un lubrifiant, à une vitesse supérieure à 15 m/min;
- la température de filage est comprise entre  $T_s - 50^\circ\text{C}$  et  $T_s - 180^\circ\text{C}$ ,  $T_s$  étant la température de solidus d'équilibre de l'alliage, et ajustée dans cet intervalle de telle sorte que la température du métal à la sortie de la filière soit comprise entre  $T_m$  et  $T_s$ ,  $T_m$  étant la température minimale de mise en solution de l'alliage;
- le métal est trempé sur chaleur de filage aux vitesses de refroidissement habituelles pour l'alliage considéré.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la vitesse de filage est supérieure à 30 m/min.

3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que la température du métal à la sortie de la filière est comprise entre  $T_m$  et  $T_s - 30^\circ\text{C}$ .

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le temps total de filage est inférieur à 30 s.

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que le temps total de filage est inférieur à 20 s.

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le début de la trempe intervient après une attente comprise entre 15 et 90 s à partir de la sortie de la filière, et à une température supérieure à la température critique de précipitation.

7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que la billette est réchauffée à une température supérieure d'au moins  $20^\circ\text{C}$  à la température de filage, puis refroidie jusqu'à la température de filage, de telle sorte que le temps total entre la sortie du four de réchauffage et le début du filage n'excède pas 3 min.

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le lubrifiant est soluble dans le milieu de trempe.

9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que le lubrifiant est un produit vitreux soluble dans l'eau, à base de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ .

10. Application du procédé selon l'une des revendications 1 à 9 au filage d'alliages d'aluminium constitués, outre l'aluminium, des éléments suivants, dont les teneurs sont exprimées en pourcentage pondéral:

Cu	= 3,5 à 5%
Mg	= 0,4 à 1%
Si	= $\leq 1,2\%$
Pb	= de zéro à 1,4%

et d'impuretés ou d'éléments secondaires, caractérisée en ce que la température de début de filage est comprise entre  $350$  et  $480^\circ\text{C}$ , et la température de sortie de la filière est comprise entre  $480$  et  $530^\circ\text{C}$ .

11. Application selon la revendication 10, caractérisée en ce que la température de sortie de la filière est comprise entre  $480$  et  $500^\circ\text{C}$ .

12. Application selon l'une des revendications 10 et 11, caractérisée en ce que la billette est soumise à un traitement d'homogénéisation pendant 1 h à 24 h à une température comprise entre  $480$  et  $520^\circ\text{C}$ .

13. Produit filé trempé, obtenu par le procédé selon l'une des revendications 1 à 9.

particulier les alliages Al/Cu/Mg (Cu > 3%, Mg > 0,5%), dont les plus connus sont le 2014, le 2017 A, le 2030 et le 2024, et les alliages Al/Zn/Mg/Cu dont le plus connu est le 7075, selon les désignations de la norme française Afnor NF A-02-104.

5 Le filage chemisé direct de ces alliages se fait de manière habituelle à des vitesses assez faibles, de l'ordre de 2 à 8 m/min avec des rapports de filage ne dépassant pas 40 en général. En effet, en filage chemisé, si l'on opère à des vitesses élevées et/ou avec des rapports de filage élevés, la température du produit sortant de la filière est telle qu'il y a apparition de criques en surface ou surchauffe du métal, au moins en surface (phénomène dit de brûlure).

10 Il arrive, assez rarement, que l'on cherche à tremper sur presse, c'est-à-dire à tremper le produit filé dès sa sortie de la filière, certains de ces alliages, comme le 2030. Dans ce cas, la vitesse de filage est en général plus faible que la vitesse de filage utilisée lorsqu'il n'y a pas de trempe sur presse. En effet, pour que le métal soit convenablement mis en solution, il est nécessaire que la température de sortie du métal soit exactement contrôlée et comprise entre la température de mise en solution solide de l'alliage et la température d'apparition de criques ou de brûlure; d'autre part, la mise en solution solide doit être convenable. Pour ces raisons, la température de début de filage est en général très proche de la température de mise en solution solide, afin que la billette ne présente pas une précipitation intense qui rendrait difficile la mise en solution solide; d'autre part, la vitesse de filage est ralentie soit pour éviter un échauffement trop grand au cours du filage qui risquerait d'entraîner l'apparition de criques ou la brûlure (fusion partielle des eutectiques métastables ou non), soit précisément parce qu'une température de filage élevée, proche de la température de mise en solution, est moins favorable à une vitesse rapide qu'une température plus basse, en raison des risques d'apparition de criques ou de brûlure.

Enfin, le bon compromis, déjà difficile à obtenir pour les rapports de filage habituels de 10 à 25, devient encore plus difficile à atteindre pour les rapports de filage plus élevés en raison de l'échauffement plus important qui leur est associé.

De toute manière, la température de sortie est difficile à maîtriser en raison de l'évolution tout au long du filage des forces de frottement, et donc des échauffements.

15 Il existe des techniques qui permettent d'augmenter la vitesse de filage. On a cherché, par exemple, à augmenter la vitesse de filage en réduisant le frottement dans le conteneur et contre la filière, et en particulier en utilisant un lubrifiant.

On peut le faire avec un lubrifiant classique, par exemple une graisse additionnée de bisulfure de molybdène et/ou de graphite, en prenant certaines précautions pour que le lubrifiant reste en permanence en contact avec le métal.

20 Mais on peut utiliser également un lubrifiant vitreux dont la viscosité est comprise entre  $10^3$  et  $10^4$  Po entre  $400$  et  $650^\circ\text{C}$  par exemple. Un lubrifiant vitreux contenant des éléments tels que  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  permet d'atteindre, dans ces conditions, des vitesses supérieures à 100 m/min. Ce procédé n'est pas encore utilisé industriellement.

25 Le procédé selon l'invention constitue un perfectionnement à ces techniques de filage rapide, et permet d'obtenir des produits présentant un excellent état de surface et de bonnes caractéristiques mécaniques et métallurgiques dans des conditions économiques très favorables.

Ce procédé résulte de l'observation du fait que, sous certaines conditions, il est possible d'associer, pour ces alliages, la trempe sur presse à des rapports de filage élevés et à une vitesse de filage élevée, cette vitesse de filage élevée étant même, à condition qu'elle soit suffisamment élevée, un élément favorable à un bon contrôle de la mise en solution solide avant trempe.

30 Le procédé selon l'invention présente les caractéristiques spécifiques dans la revendication 1.

De préférence, la vitesse de filage est supérieure à 30 m/min. L'expression: «le métal est trempé sur chaleur de filage» signifie que la trempe est effectuée sans qu'il y ait un refroidissement suivi d'un

La présente invention concerne un procédé de filage et de trempe d'alliages d'aluminium à haute résistance pour fabriquer des barres, tubes ou profilés.

Par alliages d'aluminium à haute résistance, on entend des alliages permettant d'obtenir, après corroyage et traitement thermique, une résistance à la rupture supérieure à  $35 \text{ kg/mm}^2$ , en

nouveau réchauffage avant trempe, à la sortie de la presse, aux vitesses de refroidissement habituelles pour cet alliage. Eventuellement, la trempe est effectuée après une attente telle que la température ne descende pas au-dessous de la température critique avant introduction dans le milieu de trempe, c'est-à-dire la température à laquelle apparaît une précipitation détruisant la mise en solution (450°C environ pour le 2017 A et le 2030).

A titre indicatif, des valeurs moyennes de  $T_s$  et  $T_m$  pour les principaux alliages à haute résistance sont mentionnées dans le tableau ci-dessous:

Alliage	$T_s$ (°C)	$T_m$ (°C)
2014	535	490
2017 A	535	490
2024	515	480
2030	530	490
7075	535	450

Ces valeurs dépendent, bien entendu, de la composition exacte de l'alliage. Dans le cas des alliages de la série 2000, de composition suivante:

Cu 3,5 à 5%  
Mg 0,4 à 1%  
Si < 1,2%  
éventuellement Pb 0,3 à 1,4%

le reste étant de l'aluminium avec des impuretés ou des éléments secondaires d'addition tels que Fe, Cr, Ti, Mn aux teneurs habituelles, la température de filage est comprise entre 350 et 480°C, et la température de sortie de la filière est comprise entre 480 et 530°C, de préférence 480 à 500°C.

On constate qu'avec cette technique, la température de sortie après filage peut être convenablement contrôlée, du fait que les vitesses de filage élevées et/ou le frottement réduit permettent d'obtenir des conditions quasi adiabatiques au cours du filage, de telle sorte qu'à l'exception d'une petite partie à l'extrémité du produit filé, qui pourra être éliminée, la température est uniforme avec un écart ne dépassant pas 10°C d'un bout à l'autre du filage. Il est également avantageux que le filage se passe en un temps très court, inférieur à 30 s, et même 20 s, quelle que soit la longueur de la billette, choisie parmi les longueurs industrielles.

Les temps de filage très courts permettent en outre une lubrification plus uniforme d'un bout à l'autre du filage et un meilleur aspect. Il peut être intéressant de ne pas introduire le métal dans le fluide de refroidissement immédiatement à la sortie de filière. L'attente avant trempe, lorsqu'elle est pratiquée, permet de parfaire la mise en solution. Sa durée, comprise entre 15 et 90 s, est déterminée par deux exigences opposées: d'une part, accroître le temps de mise en solution pour améliorer la qualité métallurgique du produit filé; d'autre part, ne pas séjourner dans le domaine critique de précipitation, ce qui diminue les caractéristiques mécaniques et sensibilise l'alliage à la corrosion intercrystalline.

Une homogénéisation préalable de la billette est en général favorable à la fois à un bon aspect et à une bonne mise en solution, cette homogénéisation se faisant entre 480 et 520°C pendant une durée de 1 à 24 h.

Il peut être également avantageux de réchauffer la billette avant filage à une température voisine de la température normale de mise en solution solide de l'alliage, qui est souvent supérieure de plus de 20°C à la température de filage. Dans ce cas, la billette est refroidie rapidement, en moins de 3 min, et de préférence moins de 1 min, par exemple par un dispositif de pulvérisation permettant d'éviter les tapures jusqu'à la température de filage. Cette disposition assure une mise en solution plus complète de l'alliage et permet d'éviter des précipités trop importants au cours du filage. De cette manière, la chaleur dégagée par le filage va permettre une mise en solution du métal après la sortie de la filière dans un temps très court.

On peut utiliser pour le filage tout lubrifiant et toute technique de lubrification permettant les rapports et vitesses de filage indiqués, le filage hydrostatique pouvant également être assimilé à un filage lubrifié.

Il est particulièrement avantageux d'avoir recours à un lubrifiant soluble dans le milieu de trempe, ce qui permet de combiner, en une seule opération sur presse, la trempe et l'enlèvement du lubrifiant.

Par exemple, on peut utiliser comme lubrifiant le produit vitreux mentionné ci-dessus ( $P_2O_5 + B_2O_3 + K_2O + Na_2O$ ) qui est soluble dans l'eau ou dans un liquide contenant plus de 80% d'eau, le reste étant des additifs de trempe; l'élimination du lubrifiant du produit filé se fait alors instantanément.

La trempe peut se faire de manière connue en soi par aspersion ou par immersion.

L'invention sera illustrée par les exemples de réalisation suivants qui sont donnés à titre indicatif, et non limitatif.

#### Exemple 1:

Des billettes de diamètre 100 mm en 2017 A et 2030 ont été homogénéisées 6 h à 500°C dans un four à air dormant, puis refroidies à l'air ambiant sans précautions particulières. Les billettes découpées en lopins ont été réchauffées à 400°C en 5 min, puis filées à la presse avec un lubrifiant sous forme de barres de diamètre 22 mm (rapport de filage 22), à une vitesse de 70 m/min. Dans ces conditions, le filage se fait en 15 s.

La température de sortie des barres était comprise entre 490 et 500°C pour les 2 alliages, cela d'un bout à l'autre des barres. La trempe à l'eau a été effectuée alors dans les trois cas suivants:

- immédiatement après filage,
- 45 s après filage,
- 90 s après filage.

Après trempe, les barres ont subi un étirage de 3% de façon à obtenir un état T3 au diamètre de 21,7 mm.

Différents essais de caractérisation ont été faits comparativement à des alliages traités de manière conventionnelle, c'est-à-dire:

- homogénéisation à 500°C,
- filage chemisé à 350°C à 4-5 m/min,
- étirage 30% environ,
- mise en solution séparée, durée 30 min à 490°C et trempe à l'eau,
- dressage.

Pour tous les cas de barres filées avec lubrifiant (qu'il s'agisse de verre ou d'un produit graphité contenant du sulfure de Mo), les tolérances sont telles que, même après un simple calibrage de 3%, les barres sont conformes à des caractéristiques de barres étirées.

Les caractéristiques obtenues sont données dans le tableau ci-dessous dans lequel sont rappelées les conditions de transformation:

(Tableau en tête de la page suivante)

Des essais de corrosion intercrystalline ont été pratiqués dans tous les cas. On ne note aucune susceptibilité, hormis pour les cas où le temps d'attente entre trempe et filage est de 90 s. Cela s'explique par le fait que l'on est passé dans le domaine de précipitation de Al/Cu/Mg et qu'aux températures envisagées (= 400°C), la précipitation est intense.

Des essais de fatigue en flexion rotative n'ont pas permis de mettre en évidence des écarts significatifs entre les produits issus du filage lubrifié et du filage chemisé.

On constate que, dans tous les cas, les caractéristiques mécaniques sont conformes aux normes en vigueur. Néanmoins, dans le cas de l'alliage 2017 A, les caractéristiques mécaniques sont un peu inférieures à ce que l'on obtient après mise en solution au four, en particulier au niveau des allongements à la rupture. Les allongements les plus élevés sont obtenus quand il existe entre filage et trempe un temps d'attente de 45 s. Or, pour cette durée, la température de la barre est d'environ 450°C, c'est-à-dire à la limite du seuil de précipitation. Il s'agit donc d'un temps optimal pour le cas de filage envisagé permettant une mise en solution plus complète.

Alliage	Filage	Temps d'attente entre filage et trempe	Caractéristiques mécaniques		
			Limite élastique R 0,2 (MPa)	Charge de rupture Rm (MPa)	Allongement A5 (%)
2017 A	lubrifié	0	286	393	12
		45 s	307	416	16
90 s		287	392	13,2	
	chemisé		369	459	15,8
2030	lubrifié	0	348	445	12
		45 s	338	440	14,5
90 s		341	443	13,6	
	chemisé		374	448	16,7

**Exemple 2:**

Des billettes de diamètre 100 mm en 2017 A et 2030 ont été homogénéisées 6 h à 500°C puis refroidies à l'air ambiant, sans précautions particulières.

Les billettes découpées en lopins ont été réchauffées à 490°C pendant ½ h, puis refroidies rapidement à 400°C (1 min), enfin filées à cette température à une vitesse de 70 m/min dans des conditions similaires à celles de l'exemple 1, c'est-à-dire filage lubrifié de barres de diamètre 22 mm.

La température de sortie des barres ainsi obtenues se situe entre 490 et 500°C. La trempe à l'eau a été effectuée alors immédiatement après filage. Enfin, les barres ont été étirées de 3%. Elles présentent des caractéristiques dimensionnelles propres aux barres étirées.

Les caractéristiques mécaniques suivantes ont été obtenues:

Alliages	R 0,2 (MPa)	Rm (MPa)	A <sub>5</sub> (%)
2017	407	536	15,5
2030	396	500	16

On note le gain important sur les caractéristiques mécaniques réalisé par rapport à celles de l'exemple 1, dû au traitement thermique préalable avant filage.

**Exemple 3:**

Des billettes en alliage 2030 de diamètre 145 mm ont été filées sous forme de barres carrées de 20 × 20 mm (rapport de filage 44) dans les conditions suivantes:

— filage lubrifié au verre,

— réchauffage 410°C,

— vitesse 50 m/min, soit environ 20 s de filage,

— trempe à l'eau après 30 s de maintien après filage.

20 Compte tenu des tolérances dimensionnelles et de l'aspect de surface obtenu, un simple calibrage de 3% a été suffisant pour obtenir des barres carrées répondant aux normes des barres étirées. Les caractéristiques mécaniques obtenues après calibrage de 3% sont:

25 R 0,2 = 404 MPa; Rm = 491 MPa; A<sub>5</sub> = 14,8%.

Cet exemple illustre bien le fait qu'il est possible d'obtenir, dans de bonnes conditions, des formes autres que cylindriques.

**Exemple 4:**

30 Des billettes en alliage 2030 de diamètre 145 mm ont été homogénéisées puis refroidies à l'air ambiant sans précautions particulières. Les billettes découpées en lopins ont été réchauffées à 370°C, filées à cette température avec une graisse graphitée à une vitesse de 100 m/min, sous forme de barres de diamètre 12 mm. La température de sortie du fil obtenu se situe vers 510°C et reste constante tout au long du filage qui dure 30 s environ. La trempe à l'eau a été effectuée 20 s après filage. Enfin, les barres ont été étirées de 3% pour obtenir un diamètre de 11,8 mm. Les tolérances dimensionnelles sont toujours compatibles avec celles des produits étirés.

40 Les caractéristiques mécaniques obtenues sont les suivantes:

R 0,2 = 339 MPa; Rm = 444 MPa; A<sub>5</sub> = 14%.

Ces caractéristiques mécaniques sont tout à fait comparables à celles obtenues dans les autres exemples.

45 Le procédé qui vient d'être décrit peut être notamment appliqué pour effectuer le filage d'alliages à base d'aluminium des séries 2000 et 7000.