



CONFÉDÉRATION SUISSE
OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

① CH 671 237 A5

⑤ Int. Cl. 4: C 22 C 21/10
F 17 C 1/14

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

⑫ FASCICULE DU BREVET A5

⑲ Numéro de la demande: 2808/87

⑳ Date de dépôt: 23.07.1987

⑳ Priorité(s): 24.07.1986 FR 86 10930

㉔ Brevet délivré le: 15.08.1989

④ Fascicule du brevet
publié le: 15.08.1989

㉗ Titulaire(s):
Société Métallurgique de Gerzat, Paris (FR)

㉘ Inventeur(s):
Meyer, Philippe, Voiron (FR)

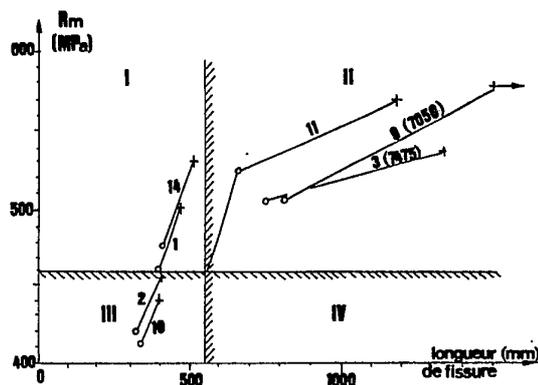
㉚ Mandataire:
William Blanc & Cie conseils en propriété
industrielle S.A., Genève

⑤④ Alliage à base d'Al pour corps creux sous pression.

⑤⑦ On décrit un alliage d'Al pour corps creux sous pression contenant du Zn, du Cu et du Mg comme éléments d'alliage principaux et destiné, en particulier, à la fabrication de bouteilles métalliques pour gaz sous pression.

La composition de cet alliage est la suivante (en poids %):

6,25 \leq Zn \leq 8	Mn \leq 0,20
1,2 \leq Mg \leq 2,2	Zr \leq 0,05
1,7 \leq Cu \leq 2,8	Ti \leq 0,05
0,15 \leq Cr \leq 0,28	Autres chacun \leq 0,05
	" total \leq 0,15
Fe \leq 0,20	reste Al
Fe + Si \leq 0,40	



Cet alliage, à l'état T73, remplit les exigences techniques très sévères de résistance et de ductilité, imposées pour ce genre d'application.

REVENDICATIONS

1. Alliage d'Al pour corps creux sous pression, coulable par coulée semi-continue, caractérisé en ce qu'il contient, en poids % :

$6,25 \leq \text{Zn} \leq 8,0$	$\text{Mn} \leq 0,20$
$1,2 \leq \text{Mg} \leq 2,2$	$\text{Zr} \leq 0,05$
$1,7 \leq \text{Cu} \leq 2,8$	$\text{Ti} \leq 0,05$
$0,15 \leq \text{Cr} \leq 0,28$	Autres chacun $\leq 0,05$
$\text{Fe} \leq 0,20$	Autres total $\leq 0,15$
$\text{Si} + \text{Fe} \leq 0,40$	Reste Al

2. Alliage d'Al selon la revendication 1, caractérisé en ce que $\text{Mg} \leq 1,95$.

3. Alliage d'Al selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que $\text{Zn} \geq 6,75$.

4. Alliage selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que $\text{Fe} \leq 0,12\%$ et $\text{Fe} + \text{Si} \leq 0,25\%$.

5. Alliage selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que $\text{Mn} \leq 0,10\%$.

DESCRIPTION

L'invention se rapporte à un alliage d'Al pour corps creux sous pression contenant du Zn, Cu, Mg comme éléments d'alliage principaux (série 7000 selon les désignations de l'Aluminium Association) et destiné, en particulier, à la fabrication des bouteilles métalliques pour gaz sous pression.

Jusqu'ici aucun des alliages d'Al connus, à haute résistance, n'a pu satisfaire de manière sûre et reproductible les exigences techniques sévères correspondant à cette dernière application et qui sont les suivantes :

— Caractéristiques mécaniques (sens long): $R_p 0,2 \geq 370 \text{ MPa}$
 $R_m \geq 460 \text{ MPa}$
 $A\% \geq 12\%$

— Tenue à la corrosion sous tension, sous 75% de R0,2 garanti, soit 280 MPa, durée supérieure à 30 jours en immersion-émersion alternée 10 min/50 min dans une solution aqueuse à 3,5% NaCl à température ambiante sur éprouvette en C dans les conditions de la norme ASTM G-38-73 (réapprouvée en 1984).

— Déchirure ductile du corps creux de forme cylindrique à la suite d'une épreuve d'éclatement hydraulique à l'eau; la déchirure doit être:

— longitudinale dans sa plus grande partie (parallèle aux génératrices);

— ne pas être ramifiée.

— Ne pas s'étendre de plus de 90° de part et d'autre de la partie principale de la déchirure.

— Ne pas s'étendre dans une partie du corps dont l'épaisseur dépasse 1,5 fois l'épaisseur maximale mesurée au milieu du corps.

On a tenté de résoudre ce problème par utilisation d'un alliage type 7475 (selon la nomenclature de l'Aluminium Association), mais cet alliage s'est révélé non fiable lors d'essais industriels étendus (voir FR-A-2 510 231), et ce malgré son niveau de ténacité très élevée, sa bonne résistance mécanique et sa remarquable tenue à la corrosion sous tension à l'état T73.

Ce problème difficile est résolu selon l'invention par l'utilisation d'un alliage de composition suivante (en poids %):

$6,25 \leq \text{Zn} \leq 8,0$	$\text{Mn} \leq 0,20$
$1,2 \leq \text{Mg} \leq 2,2$	$\text{Zr} \leq 0,05$
$1,7 \leq \text{Cu} \leq 2,8$	$\text{Ti} \leq 0,05$
$0,15 \leq \text{Cr} \leq 0,28$	Autres chacun $\leq 0,05$
$\text{Fe} \leq 0,20$	Autres total $\leq 0,15$
$\text{Si} + \text{Fe} \leq 0,40$	Reste Al

Les teneurs sont tenues, de préférence, dans le domaine suivant, individuellement ou en combinaison: $\text{Zn} \geq 6,75$, $\text{Mg} \leq 1,95$, $\text{Fe} \leq 0,12$, $\text{Fe} + \text{Si} \leq 0,25$, $\text{Mn} \leq 0,10$.

Les alliages selon l'invention sont coulables par les procédés classiques, tels que la coulée semi-continue, et les caractéristiques exigées sur les bouteilles sont respectées.

L'invention sera mieux comprise à l'aide des exemples suivants, illustrés par les fig. 1 et 2.

La fig. 1 représente le compromis limite élastique-ténacité (KIC sens travers court) d'alliages d'Al à haute résistance connus et résistant à la corrosion sous tension.

La fig. 2 représente les résultats des caractéristiques charge de rupture (R_m)-longueur de fissure lors des essais d'éclatement sur bouteilles pour divers alliages.

Exemple 1 (hors invention — fig. 1):

Des alliages 7475, dont les compositions chimiques sont reportées au tableau I, ont été élaborés et transformés en bouteilles de 6 litres suivant la gamme de fabrication rapportée ci-après:

Coulée de billettes $\varnothing 164,5 \text{ mm}$ en semi-continu	Mise à longueur Ogivate à chaud
Sciage des lopins	Perçage du goulot et usinage
Réchauffage des lopins	Décapage
Filage inverse d'étuis	Mise en solution
Etirages à chaud et à froid	Trempe à l'eau froide
Usinage du fond	Revenu type T73

Les résultats d'essais de traction sens long (moyenne de 6 éprouvettes $\times 2$ bouteilles), de corrosion sous tension (1 bouteille) et d'éclatement hydraulique (3 bouteilles) sont reportés au tableau II.

On peut constater le comportement instable de cet alliage, en particulier en ce qui concerne l'aspect de la déchirure.

Cette composition ne convient donc pas à une production industrielle fiable, malgré son bon compromis ténacité-résistance mécanique.

Exemple 2:

On a coulé en billettes 7 alliages dont les compositions sont reportées au tableau III; celles-ci ont été transformées en bouteilles de 6 litres (hauteur totale: 565 mm; \varnothing extérieur: 152 mm; \varnothing intérieur: 127 mm) selon la gamme de fabrication analogue à celle de l'exemple 1, sauf en ce qui concerne le revenu. Deux des alliages (repérés 1 et 14) sont conformes à l'invention, les autres sont hors invention.

Trois revenus ont été pratiqués:

R_1 : 6 h 105° C + 5 h 30 177° C (survenu peu poussé)
R_2 : 6 h 105° C + 9 h 177° C (fortement survenu)
R_3 : 6 h 105° C + 24 h 177° C (très fortement survenu, dans un cas)

Les résultats d'essais de caractéristiques mécaniques (sens long) et des essais d'éclatement sont reportés au tableau IV. On peut constater que seules les compositions selon l'invention permettent de satisfaire toutes les exigences techniques.

Les coulées repérés 1 et 14 ont également une bonne tenue à la corrosion sous tension (non-rupture en 30 jours dans les conditions indiquées).

Les longueurs moyennes des fissures développées sur les 3 bouteilles d'essai par cas sont reportées au tableau V.

La fig. 2 fait apparaître que seuls les alliages selon l'invention permettent de respecter l'ensemble des critères imposés.

La zone I correspond à un comportement acceptable à l'éclatement avec des caractéristiques mécaniques suffisantes.

La zone II correspond à des caractéristiques mécaniques suffisantes, mais à un mauvais comportement à l'éclatement.

La zone III correspond à des caractéristiques mécaniques insuffisantes et à un bon comportement à l'éclatement.

La zone IV correspond à des caractéristiques mécaniques insuffisantes et à un mauvais comportement à l'éclatement.

Tableau I — Composition du 7475 (% en poids)

	Fe	Si	Cu	Mg	Zn	Cr	Remarques
A	0,10	0,06	1,45	2,20	5,60	0,20	répétitions
B	0,11	0,06	1,43	2,16	5,40	0,22	
C	0,11	0,05	1,44	2,20	5,40	0,21	
D	0,10	0,06	1,44	2,20	5,56	0,20	
E	0,05	0,03	1,32	2,36	5,70	0,21	base plus pure

Tableau II — Résultats d'essais du 7475 T73

Repère	R0,2	Rm	A%	Aspect Eclatement	Pression d'éclatement (MPa)	CST* 280 MPa
A	392	462	14,1	bon bon bon	87 86 87	NR à 30 j
B	386	460	14,3	mauvais mauvais mauvais	87,2 87,2 86	NR à 30 j
C	395	464	15,0	mauvais bon mauvais	87,6 88 88	NR à 30 j
D	396	464	14,1	bon mauvais bon	88 88 88	NR à 30 j
E	411	480	15,2	bon bon mauvais	89,2 90 89	NR à 30 j

* CST = corrosion sous tension

NR = non-rupture

Tableau III — Compositions chimiques (% en poids)

Repère							
	Cu	Mg	Zn	Fe	Si	Cr	Ti
*							
1 (a)	1,70	1,75	7,00	0,04	0,04	0,20	< 0,02
14 (a)	2,40	1,85	7,00	0,04	0,03	0,20	0,02
2 (b)	1,20	1,35	6,00	0,03	0,04	0,20	0,02
3 (7475) (b)	1,30	2,50	6,00	0,04	0,03	0,21	0,02
9 (7050) (b) (au Cr)	2,25	2,35	6,10	0,05	0,03	0,19	0,02
10 (b)	2,20	1,10	8,00	0,03	0,03	0,20	< 0,02
11 (b)	2,20	2,40	8,00	0,05	0,04	0,10	0,02

* (a) selon l'invention

(b) hors invention

Tableau V — Longueurs moyennes de fissures (en mm)

	Coulées repère	Revenu R ₁	Revenu R ₂	Revenu R ₃
Selon l'invention	1	470	400	—
	14	510	421	—
Hors invention	2	418	335	—
	3	1330	876	—
	9	≥ 1500	778	—
	10	390	342	—
	11	1182	667	562

Tableau IV — Caractérisation des bouteilles

Repères	6 h 105° + 5 h 30 177°				6 h 105° + 9 h 177°				6 h 105° + 24 h 177°			
	Rm (MPa)	R0,2 (MPa)	A%	E*	Rm (MPa)	R0,2 (MPa)	A%	E*	Rm (MPa)	R0,2 (MPa)	A%	E*
1 (a)	504	466	14,8	B	460	395	16,7	B		—		
14 (a)	530	480	14,3	B	479	403	15,4	B		—		
2 (b)	458	415	15,6	B	420	353	16,0	B		—		
3 (b)	538	500	13,6	M	508	458	14,5	M		—		
9 (b)	581	544	13,6	M	532	478	14,7	M		—		
10 (b)	442	406	15,5	B	411	342	16,1	B		—		
11 (b)	570	525	13,5	M	525	462	14,7	M	462	400	15	**

* Eclatements (3 bouteilles): B = bon; M = mauvais

** Dans ce cas: deux bonnes déchirures et une mauvaise

(a) selon l'invention

(b) hors invention

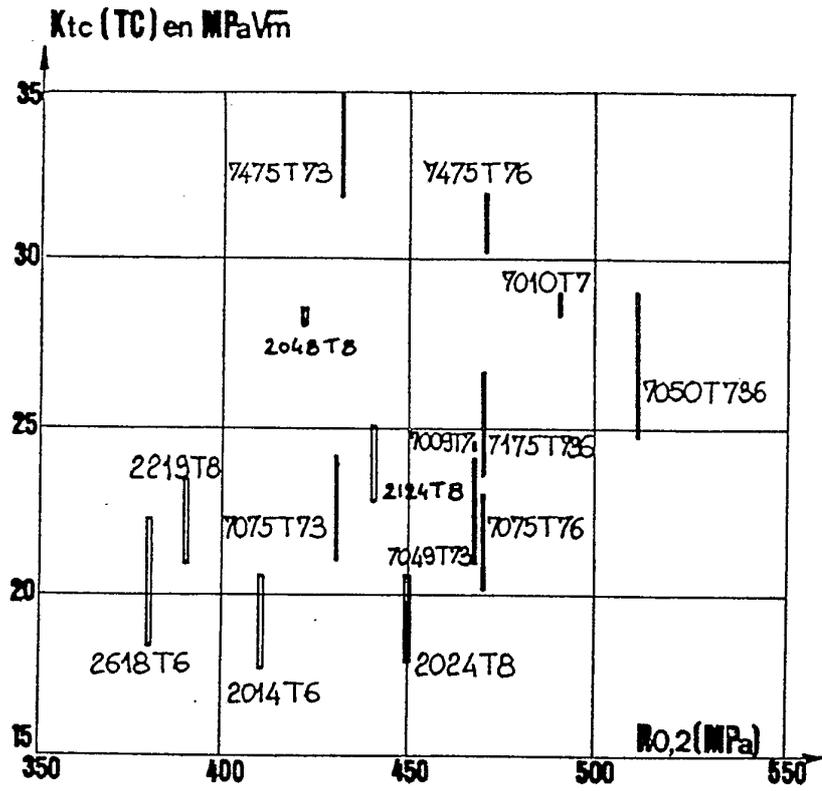


FIG.1

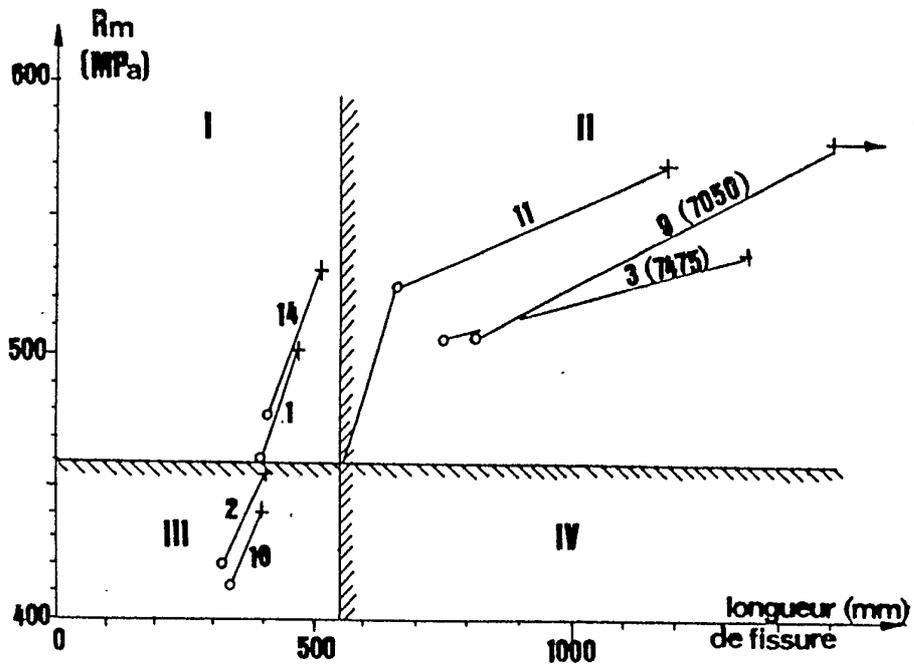


FIG.2