

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

11 Numéro de publication:

0 092 492
A1

12

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

21 Numéro de dépôt: 83420063.6

51 Int. Cl.³: C 22 F 1/04

22 Date de dépôt: 11.04.83

30 Priorité: 13.04.82 FR 8206705

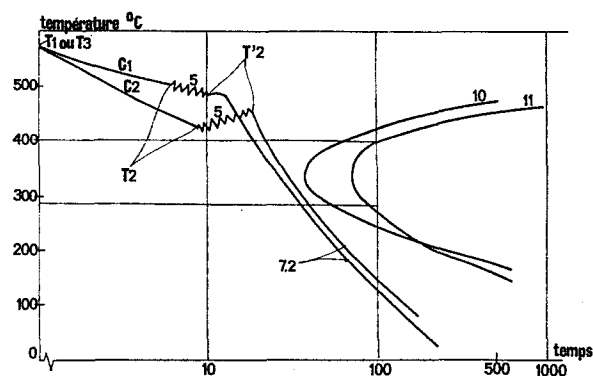
71 Demandeur: **ALUMINIUM PECHINEY**, 23, rue Balzac,
F-75008 Paris (FR)43 Date de publication de la demande: 26.10.83
Bulletin 83/4372 Inventeur: **Develay, Roger**, 11, rue Lionel Terray
Seyssins, F-38170 Seyssinet Pariset (FR)84 Etats contractants désignés: **BE CH DE FR GB IT LI NL**
SE74 Mandataire: **Seraphin, Léon et al, PECHINEY UGINE**
KUHLMANN 28, rue de Bonnel, F-69433 Lyon
Cedex 3 (FR)

54 Procédé de fabrication de pièces matricées ou forgées en alliage d'aluminium.

57 L'invention se rapporte à un procédé de fabrication de pièces matricées ou forgées en alliage d'aluminium à haute résistance, en particulier ceux correspondant aux séries 2000, 6000 ou 7000 de l'Aluminium Association.

Le procédé, applicable aux fabrications automatisées en grande série, consiste à tremper les produits à partir de la chaleur de déformation à chaud (T'₂), celle-ci ayant lieu après réchauffage des lopins à la température d'homogénéisation (T₁) ou de mise en solution (T₃).

Les produits obtenus possèdent des caractéristiques d'utilisation analogues à celles des produits obtenus de façon classique.



EP 0 092 492 A1

- 1 -

PROCEDE DE FABRICATION DE PIECES MATRICEES OU FORGEES
EN ALLIAGE D'ALUMINIUM

L'invention se rapporte à un procédé de fabrication de pièces matricées ou forgées en alliages d'aluminium à durcissement structural et à haute résistance, en particulier ceux correspondant aux séries 2000, 6000 et 7000 de l'Aluminium Association, dont la charge de rupture (R_m) à l'état 5 traité est supérieure ou égale à 280 MPa.

La technique courante de fabrication de pièces forgées ou matricées en alliages d'Al à haute résistance comprend les étapes suivantes :

1. Produit de départ : Métal coulé par le procédé classique de coulée
10 semi-continue.
 2. Homogénéisation : Ce traitement consiste à maintenir pendant des temps assez longs (4 à 48 h) l'alliage à une température élevée (490°C à 620°C, suivant les alliages). Ce traitement est généralement nécessaire, d'une part, pour conférer au métal une plasticité suffisante pour
15 sa transformation à chaud ultérieure et, d'autre part pour obtenir sur les produits finis des caractéristiques d'utilisation correctes.
 3. Refroidissement à la température ambiante.
 4. Réchauffage à la température de matriçage : Ce réchauffage consiste à amener le métal à la température à laquelle il peut être déformé
20 plastiquement.
 5. Opération de déformation à chaud proprement dite : Cette opération est réalisée couramment par forgeage et matriçage.
 6. Refroidissement de la pièce à la température ambiante.
 7. Traitement thermique : Dans le cas des alliages d'aluminium à haute
25 résistance faisant l'objet de la présente demande, un traitement thermique est nécessaire pour obtenir un durcissement structural.
- Ce traitement comporte les phases ci-après :
- 7.1. Mise en solution solide de l'alliage (dont la température et la durée sont fonction de la nature de l'alliage);
 - 30 7.2. Trempe, c'est-à-dire passage de la température de mise en solution à la température ambiante à une vitesse suffisante (supérieure à la vitesse dite critique) pour obtenir, à la température ambiante, la solution solide à l'état métastable;

7.3 : précipitation de la (ou des) phase(s) durcissante(s)

- a) soit par maturation à la température ambiante,
- b) soit par traitement de revenu.

5 Cette gamme n'est pas adaptée à la production en grande série de pièces par suite de la multiplicité des étapes et de l'incompatibilité de certaines d'entre elles, en particulier en ce qui concerne la durée relative des différentes opérations.

10 Cependant, l'existence de presses rapides de matriçage ou de forgeage à un ou plusieurs postes de travail et, dans ce dernier cas, transfert automatique de la pièce en cours de déformation d'un poste à l'autre, permet d'appliquer la méthode suivante, objet de l'invention, pour la production en grande série sur lignes continues automatisées.

15 Si on part de lopins coulés, après homogénéisation à la température T_1 , ceux-ci sont refroidis à la température de déformation T_2 (si $T_1 \neq T_2$) à une vitesse de refroidissement accélérée, puis immédiatement déformés à chaud et trempés directement à la fin de cette opération.

20 Si on part de lopins d'alliages homogénéisés et précorroyés ou d'alliages ne nécessitant pas d'homogénéisation préalable, la méthode est sensiblement identique sauf que le réchauffage avant déformation se fait aux températures T_3 et pendant des temps habituellement utilisés pour la mise en solution classique avant trempe (au lieu de la température T_1).

25 La température T_1 est la température habituelle d'homogénéisation des alliages considérés. On en trouvera, par exemple, une liste dans l'ouvrage "ALUMINIUM" de VAN HORN, ASM 1967, volume III, page 325, pour différents alliages. La durée du maintien à cette température doit être suffisante pour permettre la mise en solution solide des principaux éléments d'alliage.

35 La température T_2 est la température à laquelle a lieu le début de la mise en forme. Cette température est choisie de telle façon que l'alliage considéré présente une plasticité ou aptitude à la mise en forme suffisante pour l'obtention de la pièce à réaliser. Durant la

déformation, cette température peut d'ailleurs évoluer en fonction de, l'importance de cette déformation, de la vitesse de déformation, de la température des outillages et de la nature de l'alliage et atteindre la valeur T'_2 .

5

La température T_3 est la température de mise en solution de l'alliage ; on en trouvera par exemple une liste dans l'ouvrage de VAN HORN déjà cité, p. 332 et suivantes.

- 10 Le refroidissement entre la température T_1 d'homogénéisation (ou la température T_3 de mise en solution) et la température T_2 de début de déformation doit être effectué dans un temps aussi bref que possible.

- 15 Le refroidissement accéléré entre T_1 (ou T_3) et T_2 est obtenu, de préférence, par refroidissement du lopin par l'air pulsé ou un brouillard.

- 20 D'une façon générale, la vitesse moyenne de refroidissement entre la température d'homogénéisation T_1 ou de mise en solution T_3 et la température ambiante doit être suffisante (supérieure à la vitesse critique de trempe) pour assurer de bonnes caractéristiques à la pièce finale. Il est habituel, pour les alliages d'aluminium à durcissement structural des séries 2000, 6000 et 7000, d'utiliser cette notion de vitesse critique de trempe qui dépend essentiellement de la composition de l'alliage et de sa microstructure, en particulier dans
- 25 l'intervalle critique de trempe, aussi variable suivant la nature de l'alliage ; cet intervalle critique est généralement compris entre la température de mise en solution et une température voisine de 200-250°C et se situe particulièrement entre 400 et 290°C. La vitesse critique de trempe peut être définie comme la vitesse moyenne de refroidissement qu'il est nécessaire de dépasser dans l'intervalle critique
- 30 pour éviter une précipitation grossière, préjudiciable pour les caractéristiques finales.

- 35 La vitesse moyenne de refroidissement de la pièce entre la fin de la déformation à chaud (T'_2) et l'ambiante (en pratique 200°C) doit être supérieure à la vitesse critique de trempe de l'alliage, et ceci en particulier dans l'intervalle critique de trempe. Cette condition de

refroidissement permet d'éviter la décomposition de la solution solide et, par suite, la précipitation des composés durcissants, précipitation qui peut se révéler préjudiciable pour les caractéristiques du produit et, en particulier, la résistance mécanique et la résistance à la corrosion.

En fait, le cycle de refroidissement peut être défini par utilisation des courbes TTP (temps, température, propriétés). Ces courbes, caractéristiques d'un alliage donné, présentent une allure en C. Il est alors nécessaire que la courbe qui donne le cycle de refroidissement du produit soit toujours située à gauche du (ou des) nez de la (ou des) courbe(s) TTP relative(s) à la (aux) propriété(s) considérée(s).

La vitesse critique de trempe des alliages d'aluminium dépend de la nature de l'alliage, de sa microstructure, mais également de la propriété finale considérée. Par exemple, pour les alliages des séries 2000 et 7000 avec cuivre, la vitesse critique de trempe est comprise entre 20°C et 100°C/s si l'on considère uniquement les caractéristiques mécaniques de traction, mais elle peut dépasser 100°C/s si l'on considère la résistance à la corrosion intergranulaire (par exemple 150°C/s pour l'alliage 7075 T6 et 500°C/s pour l'alliage 2024 T4). Pour les alliages 7000, sans cuivre, la vitesse critique de trempe est beaucoup plus faible (0,5 à 1°C/s pour l'alliage 7020, par exemple). Pour les alliages 6000, la vitesse critique de trempe varie entre 1 et 10°C/s (par exemple 1°C/s pour l'alliage 6063 et 10°C/s pour l'alliage 6061).

L'invention sera mieux comprise à l'aide des figures et exemples suivants :

La figure 1 représente schématiquement la gamme de transformation classique suivant l'art antérieur, de lopins coulés à partir du point (1) - cycle A - ou de lopins homogénéisés et précorroyés à partir du point (1') - cycle B -, les étapes étant répertoriées dans la première partie de la description (voir page 1).

La figure 2a représente schématiquement la gamme de fabrication suivant l'invention, à partir de lopins coulés - cycle C - et la figure 2b, de lopins homogénéisés et précorroyés - cycle D -.

La figure 3 représente la position de deux cycles de fabrication (C_1 et C_2) vis-à-vis des courbes TTP (10 ou 11).

Les exemples suivants illustrent les résultats obtenus :

5

EXEMPLE 1. Alliages 6061

Composition (% en poids)

	Si	:	0,60
	Mg	:	1,05
10	Cu	:	0,25
	Cr	:	0,20
	Fe	:	0,19
	Mn	≤	0,01
	Ti	:	0,02

15 Des billettes coulées au diamètre de 60 mm, de même composition, ont subi respectivement chacun des cycles ci-après :

- Cycle A (classique)

	.homogénéisation	:	6 h à 590°C
	.refroidissement à la température		
20	ambiante à l'air calme		
	.réchauffage	:	à 500°C
	.matriçage		
	.refroidissement à l'air		
	.mise en solution	:	1 h à 540°C
25	.trempe à l'eau		
	.revenu 24 h après trempe	:	8 h à 175°C

- Cycle C (suivant l'invention)

	.homogénéisation	:	6 h à 580°C
	.refroidissement à l'air soufflé	:	de 580°C à 500°C
30	.matriçage	:	(température des outillages 450° C)
	.trempe à l'eau		
	.revenu 24 h après trempe	:	8 h à 175°C

Durant ce cycle, la vitesse moyenne de trempe a été supérieure à la
35 vitesse critique de trempe de l'alliage qui est de l'ordre de 10°C/seconde.

Les caractéristiques obtenues sur les pièces matricées sont :

	CYCLE	RO,2 MPa	Rm MPa	A %
5	A	277	310	13,6
	C	282	321	15,5

Ainsi, les caractéristiques suivant cycle C sont supérieures à celles obtenues suivant cycle A.

10

EXEMPLE 2. Alliage 2017

Composition (% en poids)

	Cu	: 3,85
	Mg	: 0,61
15	Mn	: 0,54
	Si	: 0,35
	Fe	: 0,41
	Cr	< 0,01
	Zn	: 0,01
20	Ti	: 0,02

Des billettes coulées au diamètre de 55 mm, de même composition, ont subi respectivement chacun des cycles ci-après :

- Cycle A (classique)

	.homogénéisation	: 8 h à 490°C
25	.refroidissement à la température ambiante à l'air calme	
	.réchauffage	: à 420°C
	.matriçage en une frappe	
	.refroidissement à la température ambiante à l'air calme	
30	.mise en solution	: 1 h à 495°C
	.trempe à l'eau	
	.maturation à la température ambiante	

- 7 -

- Cycle C (suivant invention)

- .homogénéisation : 8 h à 490°C
- .refroidissement à l'air soufflé : de 490°C à 410°C
- .matriçage en une frappe : (température des outillages
410°C)
- .trempe à l'eau froide aussitôt
après matriçage
- .maturation à la température ambiante

Durant ce cycle, la vitesse moyenne de refroidissement entre 450°C et
250°C a été supérieure à 20°C/seconde.

Les caractéristiques obtenues sur les pièces matriçées sont :

CYCLE	RO,2 MPa	Rm MPa	A %
A	317	455	18,6
C	322	461	18,5

EXEMPLE 3. Alliages Al-Zn-Mg

Quatre alliages ont été expérimentés

Composition (% en poids)

Alliage (dénomination AA)	A-Z5G0,8 (7003)	A-Z5G (7020)	A-Z4G1,5 (7005)	A-Z3G2 (7051)
Zn	5,06	4,71	4,1	3,59
Mg	0,76	1,20	1,35	2,10
Mn	0,15	0,08	0,22	0,12
Cr	0,18	0,25	0,18	0,22
Zr	0,12	0,12	-	-
Fe	0,23	0,24	0,23	0,22
Si	0,07	0,07	0,07	0,07
Ti	0,04	0,04	0,04	0,04

Pour chacun des alliages, des billettes de diamètre 190 mm ont été obtenues par coulée semi-continue.

Ces billettes ont été homogénéisées 6 h à 480°C, refroidies à l'air réchauffées à 420°C par forgeage en deux chaudes :

- 5 - première chaude : étirage des billettes sous forme de barre carrée 50 x 50 mm
- deuxième chaude : mise sous forme d'octogone de 50 mm.

Après tronçonnage de lopins de volumes capables de transformation sous forme de bielles, le cycle D a été appliqué, à savoir :

- 10 . mise en solution : 1 h 15 mn à 450°C
- . matriçage en une passe sous forme de bielle à 450°C : (température des outillages 420°C)
- . trempe à l'eau froide
- 15 . soit maturation : 125 jours à la température ambiante
- . soit revenu : 4 h 100°C + 24 h 130°C

Les caractéristiques mécaniques obtenues sont les suivantes :

20		ETAT MURI			ETAT REVENU		
		RO,2 MPa	Rm MPa	A %	RO,2 MPa	Rm MPa	A %
	A-Z5G0,8	210	330	19	305	335	19
25	A-Z5G	250	370	20	350	390	19
	A-Z4G1,5	210	335	21	325	370	20
	A-Z3G2	240	380	22	340	400	20

30 Ces caractéristiques sont conformes à celles obtenues couramment sur mêmes alliages d'une façon traditionnelle - cycle B.

Il faut remarquer que ces alliages Al-Zn-Mg sont particulièrement adaptés au procédé revendiqué parce que présentant :

- 35 - un grand intervalle de température de mise en solution (360°C-550°C au moins)
- une vitesse critique de trempe faible (de l'ordre de 0,5-2°C/seconde).

REVENDEICATIONS

1. - Méthode de fabrication de pièces matricées ou forgées en alliage d'Al à durcissement structural et à haute résistance ($R_m \gg 280$ MPa) comprenant le réchauffage de lopins coulés à une température T_1 équivalente à celle de l'homogénéisation de l'alliage considéré ou le réchauffage
5 de lopins coulés ou homogénéisés et précorroyés à une température T_3 équivalente à celle de la mise en solution de l'alliage considéré, suivi immédiatement d'une déformation à chaud à une température $T_2 \leq T_1$ (ou T_3), suivie immédiatement par une trempe, puis par une maturation et/ou un revenu, caractérisée en ce que le refroidissement entre T_1 (ou T_3)
10 et T_2 est effectué à l'air pulsé ou par brouillard.
2. - Méthode selon la revendication 1, caractérisée en ce que la vitesse moyenne de trempe entre 400 et 290°C est supérieure à la vitesse critique de trempe de l'alliage considéré.
15
3. - Méthode selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que la vitesse moyenne de trempe entre la fin de la déformation à chaud (T'_2) et 200° C est supérieure à la vitesse critique de trempe de l'alliage considéré.
20
4. - Méthode selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que la vitesse moyenne de refroidissement entre la fin de la période de réchauffage à la température T_1 (ou T_3) et 200°C est supérieure à la vitesse critique de trempe de l'alliage considéré.
25
5. - Méthode selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que le cycle de fabrication compris entre la fin du réchauffage des lopins T_1 ou T_3 et la fin de la trempe est situé entièrement, sur un diagramme température temps, dans la zone antérieure à la (ou aux)
30 courbe(s) TTP de l'alliage considéré.

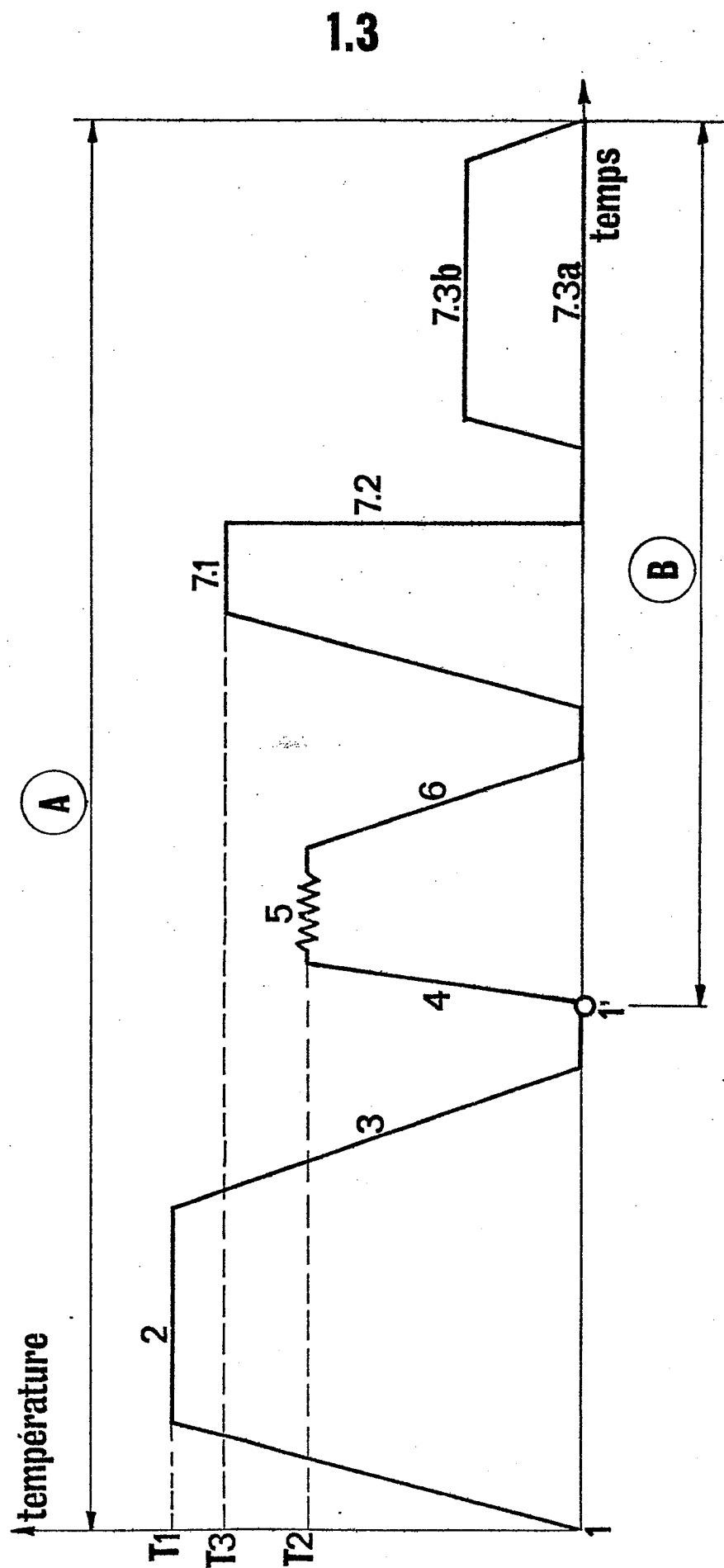


FIG.1

2.3

FIG. 2b

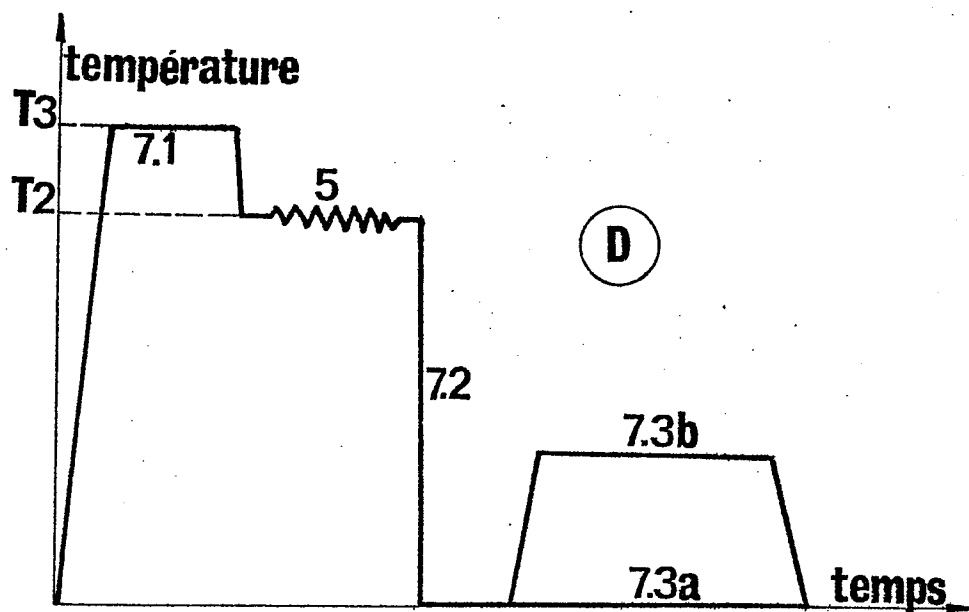
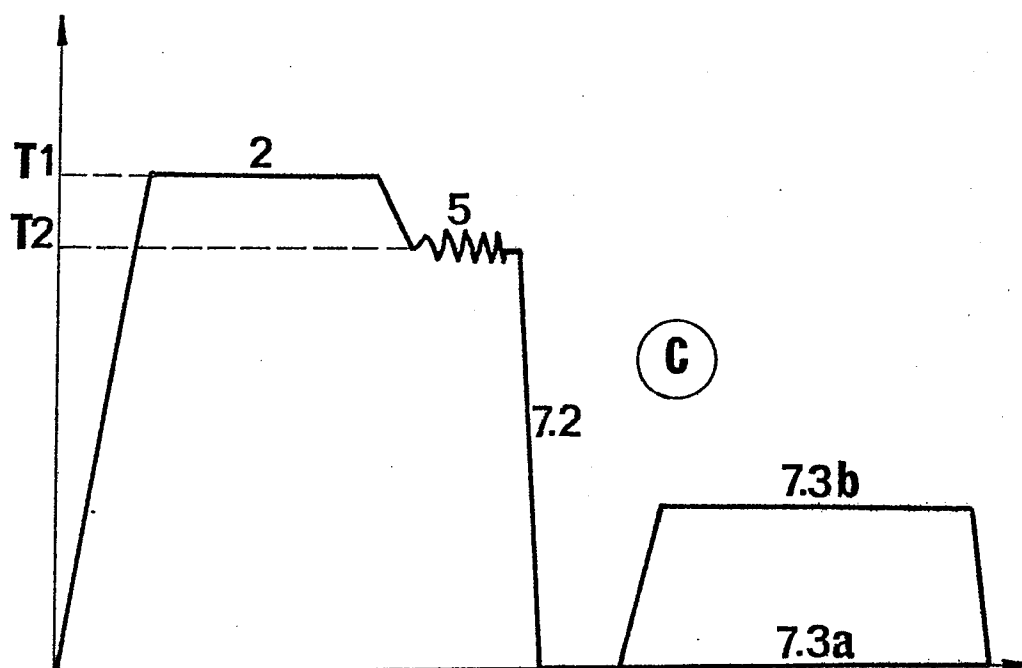
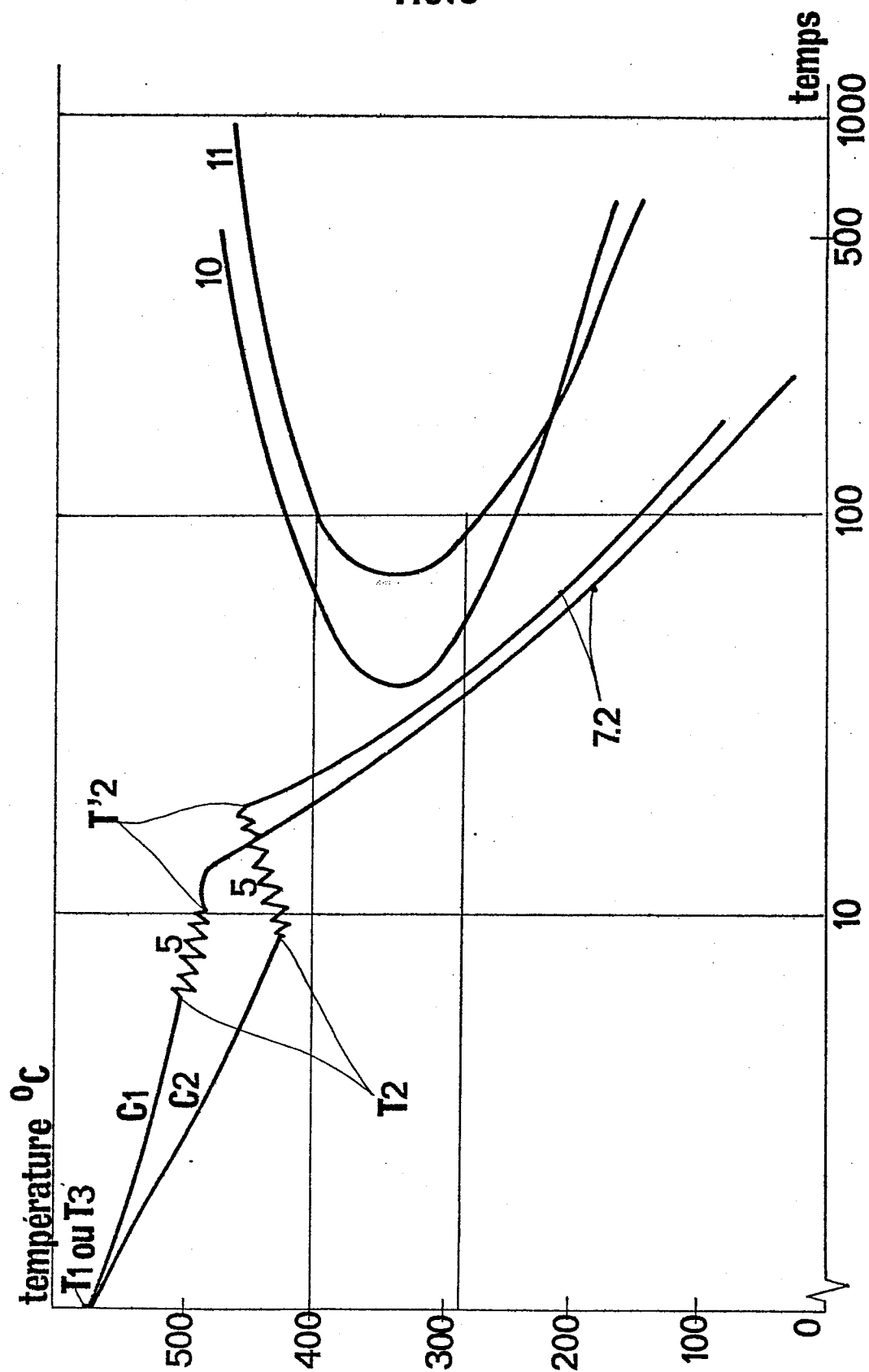


FIG. 2a



3.3

FIG. 3





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

0092492

Numéro de la demande

EP 83 42 0063

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. ³)
X	US-A-3 180 806 (HOLLINGSWORTH) * Revendications 1,15; colonne 3, lignes 17-61 *	1	C 22 F 1/04
Y	* Colonne 3, lignes 62-68 * ---	2	
Y	GB-A- 780 570 (OESTERREICHISCHE METALLWERKE) * Revendication 1; page 1, lignes 41-47 * ---	1	
A	FR-A-2 027 699 (OLIN CORP.) * Revendications 1,3; page 2, lignes 5-18 * ---	1	
A	US-A-2 262 696 (NOCK et al.) * Revendication 1 * -----	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. ³) C 22 F 1/04
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 20-07-1983	Examineur LIPPENS M.H.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	