



12 **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

21 Numéro de dépôt : **91420365.8**

51 Int. Cl.⁵ : **C22F 1/08**

22 Date de dépôt : **16.10.91**

30 Priorité : **18.10.90 FR 9013484**

43 Date de publication de la demande :
22.04.92 Bulletin 92/17

84 Etats contractants désignés :
DE ES GB IT

71 Demandeur : **TREFIMETAUX**
11 bis, rue de l'Hôtel de Ville
F-92400 Courbevoie (FR)

72 Inventeur : **Bohran Tavakoli, Abbas**
55, rue de Paris
F-27140 Gisors (FR)
Inventeur : **Boisgontier, Patrick**
Immeuble Bretagne, Appartement 27
F-76220 Gournay en Bray (FR)

74 Mandataire : **Jacquet, Michel**
PECHINEY 28, rue de Bonnel
F-69433 Lyon Cédex 03 (FR)

54 Procédé d'amélioration de la cintrabilité de tubes de cuivre a l'état dur par traitement thermique dynamique.

57 Procédé d'amélioration de la cintrabilité de tubes de cuivre ou alliage de cuivre durs comprenant un traitement thermique desdits tubes durs caractérisé en ce qu'on fait défiler en continu des tubes durs dans un dispositif de chauffage permettant de porter le tube à une température de traitement comprise entre $T_{Rm}-50^{\circ}C$ et $T_{Rm}-100^{\circ}C$ pendant une durée comprise entre 0,1 et 10 secondes, T_{Rm} étant la température ($^{\circ}C$) à laquelle la courbe d'adoucissement dudit cuivre ou alliage de cuivre, qui donne la charge à la rupture R_m en fonction de la température, présente un point d'inflexion.

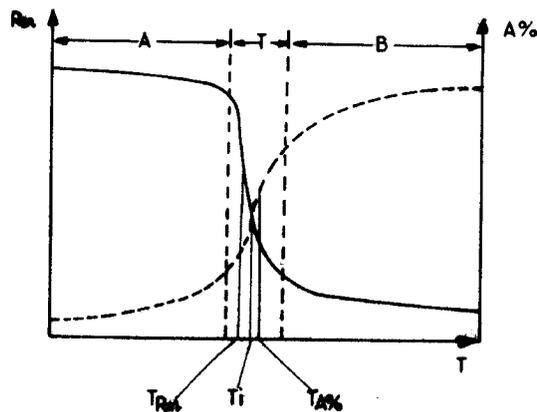


FIG. 1

DOMAINE DE L'INVENTION

L'invention concerne un procédé destiné à améliorer la cintrabilité de tubes de cuivre étirés, à l'état dur.

5 RAPPEL DE L'ART ANTERIEUR

Les tubes de cuivre à l'état dur sont utilisés essentiellement dans les installations sanitaires. Leur taux d'utilisation en eau sanitaire sous pression à l'intérieur des habitations atteint aujourd'hui 90%.

10 Dans la présente demande l'expression "tubes de cuivre durs" comprend les tubes de cuivre ou alliages de cuivres susceptibles d'être utilisés entre autres dans les installations sanitaires.

La mise en oeuvre de ces tubes nécessite des opérations de cintrage qui s'effectuent soit sur chantier avec des cintruses manuelles, soit en atelier avec des cintruses automatiques à commande pneumatique ou hydraulique.

15 Les tubes de cuivres droits sont fabriqués le plus souvent à partir d'une ébauche tubulaire de gros diamètre obtenue par filage à chaud, suivi successivement par un laminage à froid et étirage jusqu'aux dimensions finales sans recuits intermédiaires.

De ce fait, les tubes finis durs présentent une ductilité résiduelle très faible et par conséquent l'opération de cintrage risque de générer des criques, des amorces de rupture et même des casses.

20 Par ailleurs, l'emploi de tubes à l'état recuit est exclu en raison de leur ductilité excessive qui conduit à des déformations inesthétiques dans le cas d'installations où les tubes sont apparents.

Les tubes de cuivre utilisés dans les installations sanitaires sont généralement des tubes durs en cuivre désoxydés au phosphore tels que le Cu_2 (Cu-DLP) et le Cu_1 (Cu-DHP), dont les valeurs moyennes des caractéristiques mécaniques sont les suivantes:

25 * charge à la rupture (R_m) = 450 MPa

* limite élastique ($R_{0,2}$) = 430 MPa

* allongement à la rupture sur une base de 50 mm (A_{50mm} %) = 5 %

Par ailleurs, il existe des normes pour les tubes durs de cuivre :

– selon la norme AFNOR (NF A51-120), les tubes durs (état H14) doivent avoir les propriétés suivantes :

30 * $R_m \geq 310$ MPa

* $A\% \geq 5\%$

– selon le projet de norme européenne (EN 133/22), les tubes durs doivent avoir les propriétés suivantes :

* $R_m \geq 290$ MPa

* $A\% \geq 3\%$

35 * $HV_5 \geq 100$ (dureté)

Il est connu qu'une augmentation de l'allongement traduit une amélioration de la ductilité qui favorise la cintrabilité des tubes en général.

40 On connaît aussi les effets des traitements thermiques sur les propriétés mécaniques telles que la charge à la rupture (R_m) et l'allongement ($A\%$), typiquement représentés par le graphique de la figure 1 qui montre l'évolution de la charge à la rupture (R_m) et de l'allongement ($A\%$) en fonction de la température (T), T étant en abscisse et $R_m, A\%$ en ordonnée.

La courbe $R_m = f(T)$ (appelé aussi dans la suite de la description "courbe d'adoucissement") tout comme la courbe $A\% = F(T)$ a une forme en "S" (voir figure 1). Ces courbes ont chacune un point d'inflexion d'abscisse T_{Rm} et $T_{A\%}$ respectivement, ces points d'inflexion étant également très voisins du point d'intersection des deux courbes, d'abscisse T_i .

45 Tous les alliages de cuivre présentent des courbes d'adoucissement caractéristiques, généralement décalées vers les hautes températures. Ce décalage est, toutes choses égales par ailleurs, essentiellement dû à la présence des éléments d'addition.

D'une manière générale, ce type de graphique montre que la charge à la rupture et l'allongement varient inversement l'un de l'autre et qu'il existe en fait 3 domaines de températures :

50 – domaine noté "A" : R_m élevé et $A\%$ faible (métal écroui)

– domaine noté "T" : domaine transitoire à forte instabilité

– domaine noté "B" : R_m faible et $A\%$ élevé (métal recristallisé)

55 Pour l'homme du métier, un traitement thermique de tubes de cuivre durs visant à améliorer la ductilité tout en conservant l'état dur serait à proscrire dans les zones T et B. En effet, dans la zone T, les transitions sont d'une part trop brutales (dR_m/dT et $dA\%/dT$ trop élevés) et donc difficilement maîtrisables industriellement, et ne permettent pas d'avoir simultanément R_m et $A\%$ élevés. Quant à la zone B, elle est exclue puisqu'elle correspond au domaine d'obtention de tubes recuits ayant une charge à la rupture "faible" et un allongement "élevé". Les traitements connus à ce jour effectués dans la zone A ont conduit à certains résultats. Ainsi, la

demande française N° 83 09942 au nom de la demanderesse décrit un procédé d'amélioration de la cintrabilité de tubes de cuivre durs à l'aide d'un traitement thermique statique de recuit partiel intéressant uniquement la zone corticale du tube, effectué entre 150 et 350°C et pendant une durée comprise entre 5 minutes et 24 heures. Les résultats obtenus après traitement dans un four à air chaud étaient les suivants :

5 * Rm = entre 390 et 420 MPa

* A% = entre 4 et 6%

Ces résultats conduisaient à une amélioration significative de la cintrabilité, mais, outre que ce procédé n'était qu'une solution partielle au problème de la cintrabilité puisque ce procédé réduisait le nombre de défauts apparus lors du cintrage mais sans les éliminer totalement, ce procédé avait aussi le défaut d'être relativement long et coûteux, d'être, à l'usage, peu reproductible, et en particulier d'être très sensible au procédé d'obtention des ébauches tubulaires de départ, ce qui a conduit à limiter fortement voire à abandonner son application industrielle.

OBJET DE L'INVENTION

15

L'invention a pour premier objet un procédé permettant d'augmenter l'allongement (A%) des tubes de cuivre durs à un niveau suffisant pour que n'apparaissent pas les défauts résultant du cintrage de tubes de cuivre durs selon l'art antérieur, et cela, tout en respectant les normes actuelles ou en préparation sur les tubes de cuivre durs.

20

Un autre objet de l'invention est un procédé de fabrication fiable et économique de tubes de cuivre durs cintrables sans apparition de défauts et donnant des résultats reproductibles quels que soient les procédés de fabrication des tubes de cuivre durs utilisés.

DESCRIPTION DE L'INVENTION

25

Selon l'invention, le procédé d'amélioration de la cintrabilité de tubes de cuivre ou alliage de cuivre durs comprend un traitement thermique desdits tubes durs et est caractérisé en ce qu'on fait défiler en continu des tubes durs dans un dispositif de chauffage permettant de porter le tube à une température de traitement comprise entre $T_{Rm}-50^{\circ}C$ et $T_{Rm}-100^{\circ}C$ pendant une durée comprise entre 0,1 et 10 secondes, T_{Rm} étant la température ($^{\circ}C$) à laquelle la courbe d'adoucissement dudit cuivre ou alliage de cuivre, qui donne la charge à la rupture Rm en fonction de la température, présente un point d'inflexion (cette température est appelée température de demi-adoucissement).

30

Selon une modalité préférée de l'invention le dispositif de chauffage est un four à induction ayant une puissance suffisante pour permettre le défilement de tubes à une vitesse comprise entre 30 et 250 m/min. L'homme du métier peut adapter la géométrie de l'inducteur, choisir la puissance et la fréquence pour réaliser l'invention.

35

Dans le cas de tubes de cuivre durs en cuivre désoxydé au phosphore Cu_{b1} ou Cu_{b2} , la température T_{Rm} correspondant au point d'inflexion de la courbe d'adoucissement $Rm = f(T)$ est voisine de $470^{\circ}C$ (pour un chauffage dynamique par induction), de sorte que la température du traitement selon l'invention est comprise dans ce cas entre 370 et $420^{\circ}C$.

40

De préférence, la température de traitement est comprise entre 380 et $415^{\circ}C$.

La demanderesse a observé qu'il était avantageux de contrôler l'atmosphère à l'intérieur et à l'extérieur des tubes durs pendant le court laps de temps où ils sont portés à haute température.

45

Ainsi, de préférence, l'atmosphère gazeuse extérieure des tubes durs pendant le chauffage est constituée d'un gaz neutre alors que celle de l'intérieur des tubes durs contient de l'oxygène. Ainsi, l'atmosphère gazeuse à l'intérieur des tubes durs peut être de l'air ou un mélange d'air et d'oxygène en toutes proportions, que l'on peut éventuellement faire circuler.

50

Il est ainsi possible d'une part de diminuer fortement la teneur en résidus de lubrifiant et d'autre part de former une couche mince de Cu_2O sur la surface intérieure du tube, toutes choses qui améliorent la résistance à la corrosion.

55

L'exemple suivant illustre l'invention sans la limiter :

On a travaillé avec deux couronnes de tubes durs en Cu_{b1} . Ces couronnes, désignées par C1 et C2 sont constituées d'environ 1200 m de tubes durs, de 14 mm de diamètre extérieur et de 0,94 mm d'épaisseur. Leur poids est de 400 Kg.

Propriétés mesurées sur ces couronnes :

55

5

	couronne C1	couronne C2
Charge à la rupture Rm (MPa)	453 ± 4	449 ± 5
Allongement A_{50%}	4,5 ± 0,5	4,0 ± 0,5
Carbone résiduel (mg/dm²)	0,1 ± 0,05	0,1 ± 0,05
Teneur en phosphore (ppm)	273	325
Somme d'impuretés (ppm)	30	25

15

Dans ce tableau, les valeurs de la charge à la rupture, l'allongement et le carbone résiduel sont données avec un intervalle de confiance à 95%.

On a traité les deux couronnes suivant le procédé de l'invention en faisant passer les tubes durs droits dans un four à induction avec les paramètres opératoires suivants :

20

- atmosphère à l'intérieur des tubes : air
- atmosphère à l'extérieur des tubes : azote
- température visée de traitement : 400°C
- durée du traitement : 0,8 s

25

La figure 2 donne le schéma de l'installation. Elle comporte une alimentation en tube de cuivre (9) dur, droit avec des moyens (7) pour assurer un avancement régulier du tube et à vitesse prédéterminée, le passage du tube dans un dispositif de chauffage par induction comprenant le four à induction (1) et le générateur (6), le passage dans un dispositif de refroidissement (2) permettant de faire chuter rapidement la température du tube (trempe).

30

Afin de contrôler l'atmosphère extérieure du tube pendant le traitement thermique, on a fait circuler le tube dans une enceinte (3) munie d'une circulation d'azote.

35

L'installation peut comporter, comme représenté schématiquement sur la figure 2, un dispositif de contrôle de la dureté (5) qui mesure en continu, au défilé, la dureté du tube traité. Comme la dureté varie sensiblement comme la charge à la rupture, il est avantageux d'asservir le temps de séjour et/ou la température de traitement à la dureté mesurée en continu par exemple à l'aide d'un dispositif (10) pilotant l'installation de manière automatique en fonction de valeurs de consigne prédéterminées et en fonction des valeurs des paramètres tels que la dureté (schématisé par le capteur 5) ou la température (capteur non représenté sur la figure), ce qui contribue encore à améliorer la fiabilité et la reproductibilité du procédé.

40

L'installation peut comporter un dispositif (8) de débitage de tubes durs, droits, de longueur constante prédéterminée.

45

On a mesuré les propriétés des tubes durs traités selon l'invention :

	couronne C1	couronne C2
Charge à la rupture Rm (MPa)	391 ± 1	375 ± 2
Allongement A_{50%}	10 ± 0,5	9 ± 0,5
Carbone résiduel (mg/dm²)	0,04 ± 0,005	0,04 ± 0,005

50

On a aussi réalisé des tests de cintrage sur les deux couronnes avant et après le traitement de l'invention avec une cintruse hydraulique et automatique permettant de faire des cintres de rayon (à la fibre neutre) de 52,5mm, 49 mm (valeur normalisée), 42 mm, 35 mm et 28 mm. Ces rayons correspondent respectivement aux rapports de cintrage (rayon de cintrage/diamètre du tube) 3,75, 3,5, 3,0, 2,5 et 2,0.

55

Le diagramme de la figure 3 résume les résultats : en abscisse est porté le rapport de cintrage (= rayon de cintrage/diamètre du tube) qui varie inversement à la sévérité de cintrage, et en ordonnée est porté le pourcentage de cintrages "bons", c'est à dire ne présentant pas de défaut visible.

Chaque point du diagramme correspond à 300 essais de cintrage.

Le diagramme comporte 3 courbes :

- la courbe A correspond au tube non traité
- la courbe B correspond au tube traité selon l'exemple à 400°C.
- la courbe C résulte d'un essai réalisé à partir des mêmes tubes durs de départ, avec le dispositif de l'invention mais à 300°C, c'est à dire à une température plus basse et en dehors du domaine prévu par l'invention.

Ces résultats illustrent tout l'intérêt de l'invention et montrent le progrès considérable que l'invention a permis de réaliser en ce qui concerne la cintrabilité de tubes de cuivre ou alliage de cuivre à l'état dur. Ce progrès est obtenu à l'aide d'un procédé continu, économique, de bonne fiabilité et reproductibilité des résultats, et peu sensible à la manière dont les tubes ont été élaborés, la composition de l'alliage mise à part, qui a, comme cela a déjà été mentionné, une incidence sur la courbe d'adoucissement de l'alliage et donc sur la valeur de T_{Rm} .

Typiquement, l'invention permet d'obtenir de tubes de cuivre ou alliage de cuivre à l'état dur présentant simultanément :

- une charge à la rupture élevée supérieure à 360 MPa
- un allongement élevé, supérieur à 8% entraînant un comportement excellent à la cintrabilité
- une tenue à la corrosion améliorée d'une part par réduction de la teneur en carbone et d'autre part par formation d'une couche de Cu_2O sur la surface intérieure du tube.

De tels tubes de cuivre à l'état dur, aux performances nettement supérieures aux normes en vigueur, présente le plus grand intérêt à la fois d'un point de vue économique et pour l'utilisateur qui doit mettre en forme les tubes par cintrage.

DESCRIPTION DES FIGURES

La figure 1 est un diagramme représentant l'évolution qualitative de la charge à la rupture R_m (axe des ordonnées à gauche) en fonction de la température T (courbe d'adoucissement de l'alliage), et l'évolution qualitative de l'allongement à la rupture $A\%$ (axe des ordonnées à droite) en fonction de la température.

La figure 2 schématise une installation pour mettre en oeuvre l'invention qui comporte :

- des moyens (7) pour assurer le déplacement du tube à vitesse constante contrôlée par le dispositif de commande (10).
- un dispositif de chauffage par induction comportant un four à induction (1) muni d'une enceinte (3) dans laquelle passe le tube (9) et dans laquelle circule un gaz neutre (4), et d'un générateur (6) relié au dispositif de commande (10),
- un dispositif de refroidissement (2) permettant une trempe rapide du tube,
- un appareil de mesure de la dureté (5) en continu, relié au dispositif de commande (10).

A noter que ne figurent pas sur ce schéma, pour ne pas l'alourdir, les capteurs de température et le dispositif permettant d'introduire ou de faire circuler une atmosphère oxydante à l'intérieur du tube.

La figure 3 est un diagramme qui traduit les résultats de cintrabilité, avec en ordonnée le pourcentage d'essais de cintrage reconnus bons et en abscisse le rapport "rayon de cintrage / diamètre du tube". Plus ce rapport est petit, plus le cintrage est sévère.

La courbe A correspond aux tubes avant le traitement selon l'invention.

La courbe B correspond aux tubes obtenus selon l'invention, avec un traitement à 400°C.

La courbe C correspond aux tubes ayant subi un traitement à 300°C (hors du domaine défini par l'invention).

Revendications

1 - Procédé d'amélioration de la cintrabilité de tubes de cuivre ou alliage de cuivre durs comprenant un traitement thermique desdits tubes durs caractérisé en ce qu'on fait défiler en continu des tubes durs dans un dispositif de chauffage permettant de porter le tube à une température de traitement comprise entre $T_{Rm}-50^\circ C$ et $T_{Rm}-100^\circ C$ pendant une durée comprise entre 0,1 et 10 secondes, T_{Rm} étant la température ($^\circ C$) à laquelle la courbe d'adoucissement dudit cuivre ou alliage de cuivre, qui donne la charge à la rupture R_m en fonction de la température, présente un point d'inflexion.

2 - Procédé selon la revendication 1 dans lequel ledit dispositif est un four à induction ayant une puissance suffisante pour permettre le défilement de tubes à une vitesse comprise entre 30 et 250 m/min.

3 - Procédé selon une quelconque des revendications 1 et 2 dans lequel ledit tube de cuivre dur est en cuivre désoxydé au phosphore Cu_{b1} ou Cu_{b2} et chauffé à une température de traitement comprise entre 370 et 420°C.

4- Procédé selon la revendication 3 dans lequel la température de traitement est de préférence comprise entre 380 et 415°C.

5 5 - Procédé selon une quelconque des revendications 1 à 4 dans lequel l'atmosphère extérieure des tubes durs pendant le chauffage est constituée d'un gaz neutre alors que celle de l'intérieur des tubes durs contient de l'oxygène.

6 - Procédé selon la revendication 5 dans lequel l'atmosphère à l'intérieur des tubes durs contient de l'air ou un mélange d'air et d'oxygène en toutes proportions.

7 - Tubes durs en cuivre ou alliage de cuivre obtenus selon le procédé de l'une quelconque des revendications 1 à 6 qui présentent des propriétés améliorées en cintrabilité .

10 8 - Tubes selon la revendication 7 présentant une charge à la rupture R_m supérieure à 360 MPa et un allongement A% supérieur à 8%.

9 - Tubes selon une quelconque des revendications 5 ou 6 dont la surface intérieure est recouverte d'une couche mince de Cu_2O qui présentent des propriétés améliorées en cintrabilité et en résistance à la corrosion.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

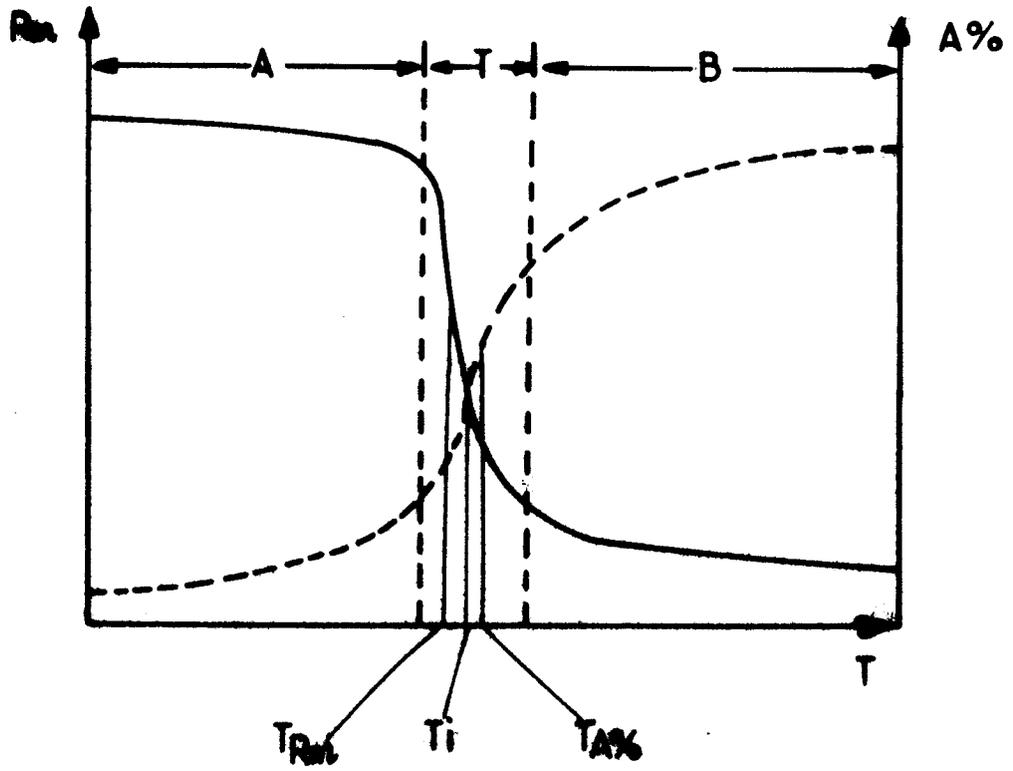


FIG. 1

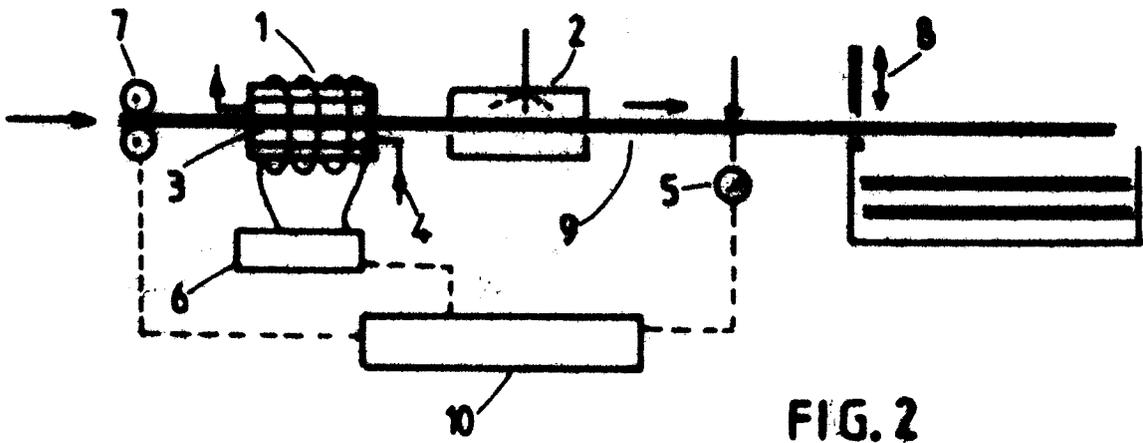


FIG. 2

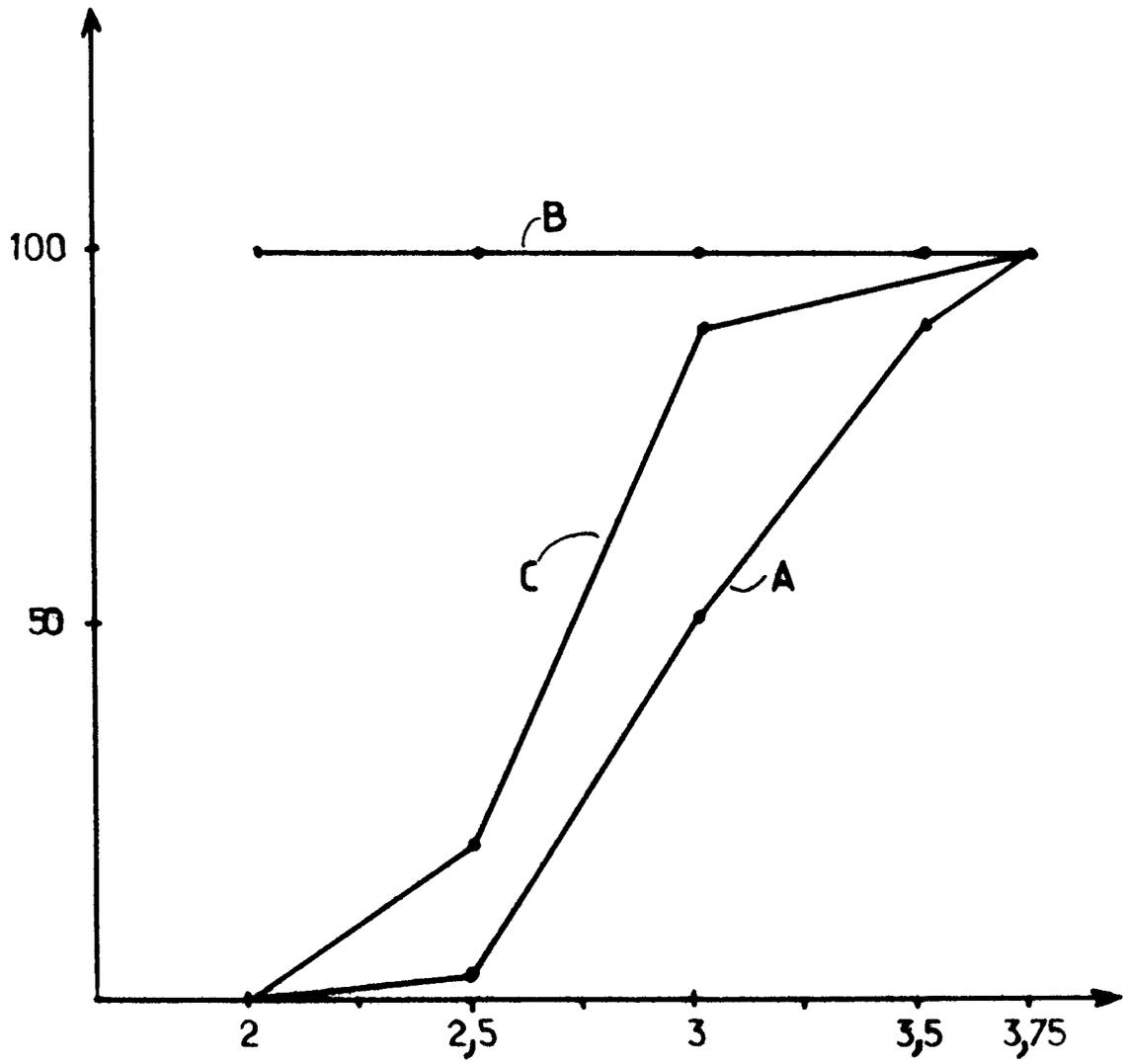


FIG. 3



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 91 42 0365

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.5)
A	FR-A-2 490 116 (INSTITUT SPLAVOV I OBRABOTKI TSVETNYKH METALLOV) * revendications 1,5; exemple 3 * ---	1,3,4	C 22 F 1/08
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 11, no. 75 (C-408)(2522) 6 Mars 1987 & JP-A-61 231 146 (KOBE STEEL LTD) 15 Octobre 1986 * abrégé * ---	1	
A	EP-A-0 213 771 (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP.) * revendications 1,5-8,10,12,13 * ---	1,2	
A	US-A-3 956 027 (D.P. PRAKASH ET AL) * colonne 3, ligne 44 - colonne 4, ligne 8; revendications 1,8; tableau C * ---	1,3,4	
A	BE-A- 841 148 (USINES A CUIVRE ET A ZINC DE LIEGE) * revendications 1,3,4 * ---	5,6	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
A	GB-A-1 138 485 (PHELPS DODGE COPPER PRODUCTS CORP.) * revendications 1,2 * ---	1,3,4	C 22 F
A	AMERICAN SOCIETY FOR METALS 'METALS HANDBOOK EDITION 9 VOL 2' 1979 , ASM , METALS PARK, OHIO, US "HEAT TREATING OF COPPER AND COPPER ALLOYS" * page 252 - page 260; page 253; tableau 1 * -----	1,3,4	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 06-12-1991	Examinateur GREGG N. R.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		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	
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			

EPO FORM 1503 03.82 (P0402)