

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 0 717 116 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
19.06.1996 Bulletin 1996/25

(51) Int Cl.⁶: **C21D 1/20**

(21) Numéro de dépôt: **95402754.6**

(22) Date de dépôt: **07.12.1995**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LI LU NL PT SE

(30) Priorité: **13.12.1994 FR 9414941**

(71) Demandeur: **ASCOMETAL (Société anonyme)**
F-92800 Puteaux (FR)

(72) Inventeurs:
• **Bellus, Jacques**
F-57160 Scy-Chazelles (FR)
• **Pichard, Claude**
F-42240 Unieux (FR)

• **Jolly, Pierre**
F-42100 Saint-Etienne (FR)
• **Forest, Daniel**
F-42700 Firminy (FR)
• **Robat, Daniel**
F-57070 Saint-Julien Les Metz (FR)

(74) Mandataire: **Ventavoli, Roger**
TECHMETAL PROMOTION (Groupe USINOR
SACILOR),
Immeuble " La Pacific ",
11/13 Cours Valmy - La Défense 7,
TSA 10001
F-92070 Paris La Défense Cédex (FR)

(54) **Procédé de fabrication d'une pièce en acier de construction mécanique et pièce ainsi fabriquée**

(57) L'invention a pour objet un procédé de fabrication d'une pièce en acier de construction mécanique, selon lequel on soumet une ébauche en acier microallié comportant, en pourcentages pondéraux, $0,05\% \leq C \leq 0,5\%$; $1\% \leq Mn \leq 2\%$; $0,05\% \leq Si \leq 1,5\%$; $0,1\% \leq Cr \leq 1\%$; $0\% \leq Mo \leq 0,5\%$; $0 \leq V \leq 0,30\%$, $0 \leq B \leq 0,010\%$; $0 \leq Ti \leq 0,030\%$, $0 \leq Nb \leq 0,1\%$, à un traitement thermique ou thermomécanique, caractérisé en

ce que ladite ébauche a une structure bainitique et en ce que ledit traitement comporte une étape de chauffage imposant à une portion au moins de ladite ébauche une température comprise entre 500 et 900 °C, suivie par une étape de refroidissement de ladite portion à une vitesse supérieure à 500 °C/heure.

L'invention a également pour objet une pièce en acier de construction mécanique fabriquée par ce procédé.

EP 0 717 116 A1

Description

L'invention concerne les traitements thermomécaniques des pièces à hautes caractéristiques en acier microallié, tels que le forgeage, le soudage et les traitements thermiques superficiels.

Les aciers microalliés ayant la composition (les pourcentages sont des pourcentages pondéraux) $0,05\% \leq C \leq 0,5\%$; $1\% \leq Mn \leq 2\%$; $0,05\% \leq Si \leq 1,5\%$; $0,1\% \leq Cr \leq 1\%$; $0\% \leq Mo \leq 0,5\%$; $0 \leq V \leq 0,30\%$; $0 \leq B \leq 0,010\%$; $0 \leq Ti \leq 0,030\%$, $0 \leq Nb \leq 0,1$, le reste étant du fer, des impuretés inévitables résultant de l'élaboration, et éventuellement d'autres éléments d'alliage compatibles avec les utilisations envisagées pour les produits, sont utilisés notamment pour fabriquer des pièces forgées à hautes caractéristiques. Ces pièces doivent, par exemple, présenter une résistance à la rupture comprise entre 900 et 1200 MPa et une bonne tenue aux chocs. Ces aciers sont classiquement utilisés avec une structure ferrito-perlitique qui résulte naturellement d'un durcissement secondaire au cours du refroidissement qu'ils ont subi lors de leur dernière mise en forme. Ils peuvent aussi être utilisés, avec la même structure ferrito-perlitique, pour d'autres applications nécessitant divers traitements thermiques ou thermomécaniques.

Ce type de métallurgie est bien adapté aux forgeages et autres traitements qui sont pratiqués à des températures élevées (supérieures à 1000 °C par exemple), pour lesquelles l'austénitisation de la pièce est complète. En revanche, cette métallurgie pose problème lorsque la pièce est soumise localement ou en totalité à des températures de chauffage inférieures, entre 500 et 900 °C. C'est le cas, en particulier, lorsque le traitement de forge vise à ne mettre en forme qu'une extrémité d'une barre d'acier, et où l'action de chauffage est donc limitée à cette extrémité. La région de la barre qui n'est pas chauffée directement mais avoisine la zone à forger est, de fait, portée à une température inférieure, mais suffisamment élevée pour imposer des transformations métallurgiques à cette région. Un phénomène similaire se produit lorsque la pièce subit un soudage, un traitement de nitruration ou un traitement thermique superficiel, tel qu'une trempe laser, ou une trempe par induction: les couches subsurfaciques de la pièce sont affectées par le traitement d'une manière qui peut être indésirable. Le problème est que les portions de ces pièces qui ont subi un tel réchauffage entre 500 et 900 °C présentent un adoucissement préjudiciable à la bonne tenue mécanique de la pièce, notamment à son comportement en fatigue. Une explication de ce phénomène d'adoucissement est que, pour ces températures de chauffage relativement faibles, l'effet durcissant des précipitations interphases est annihilé, et que la trempabilité est fortement diminuée du fait de la très faible taille des grains. Le résultat est que la pièce n'a donc plus dans la totalité de son volume des propriétés à la fois élevées et homogènes.

On a jusqu'ici remédié à ce problème en recourant

à des nuances au chrome-molybdène trempées-revenues, ou à des aciers peu alliés ayant subi un traitement de normalisation. Mais ces solutions limitent la gamme de nuances utilisables. De plus, lorsqu'un traitement thermique de restauration des propriétés mécaniques est nécessaire, il induit généralement des déformations inacceptables de la pièce qui nécessiteront un redressage de celle-ci. Cela augmente sensiblement les durées et les coûts de fabrication des pièces.

Le but de l'invention est de proposer une méthode de fabrication de pièces en acier microallié à hautes caractéristiques mécaniques permettant de s'affranchir de ce problème d'adoucissement, quelles que soient les conditions locales de chauffage des pièces en question.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de fabrication d'une pièce en acier de construction mécanique, selon lequel on soumet une ébauche en acier microallié comportant, en pourcentages pondéraux, $0,05\% \leq C \leq 0,5\%$; $1\% \leq Mn \leq 2\%$; $0,05\% \leq Si \leq 1,5\%$; $0,1\% \leq Cr \leq 1\%$; $0\% \leq Mo \leq 0,5\%$; $0 \leq V \leq 0,30\%$, $0 \leq B \leq 0,010\%$; $0 \leq Ti \leq 0,030\%$, $0 \leq Nb \leq 0,1\%$, à un traitement thermique ou thermomécanique, caractérisé en ce que ladite ébauche a une structure bainitique et en ce que ledit traitement comporte une étape de chauffage imposant à une portion au moins de ladite ébauche une température comprise entre 500 et 900 °C, suivie par une étape de refroidissement de ladite portion à une vitesse supérieure à 500 °C/heure.

L'invention a également pour objet une pièce en acier de construction mécanique fabriquée par ce procédé.

Comme on l'aura compris, l'invention consiste à partir d'une ébauche en acier de construction mécanique microallié ayant une structure bainitique pour réaliser une pièce à laquelle on doit appliquer un chauffage qui, de manière subie ou voulue, portera au moins localement sa température entre 500 et 900 °C. En partant d'une telle ébauche qui possède à la fois la composition spécifiée et une structure bainitique, on n'obtient pas, pour les portions de l'ébauche ainsi chauffées, l'adoucissement indésirable que l'on observe lorsque l'ébauche présente une structure ferrito-perlitique.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit, donnée en référence à la figure unique qui illustre un exemple de mise en oeuvre de l'invention.

Sur la figure unique, on a représenté une barre 1 dont une portion 2 est chauffée. Cette barre 1 a un diamètre de 40 mm et une longueur L de 800 mm environ. Elle est en un acier de construction dont la composition, exprimée en pourcentages pondéraux, est $C = 0,35\%$; $Mn = 1,8\%$; $Si = 0,25\%$; $V = 0,12\%$; $Mo = 0,050\%$; $B \leq 0,0005\%$; $Ti = 0,012\%$, le reste étant du fer et des impuretés résultant du processus d'élaboration habituel de ce type de nuances d'acier. Dans un des cas envisagés sur la figure unique, les conditions du refroidissement de la barre dans la chaude de laminage ont conduit, comme il est connu, à l'établissement d'une struc-

ture ferrito-perlitique. Dans l'autre cas envisagé, on a, selon l'une des caractéristiques de l'invention et comme l'homme du métier sait le réaliser à l'aide des diagrammes Temps-Températures-Transformation, obtenu une structure bainitique.

Pour le traitement de la barre 1, on réalise par induction un chauffage de sa portion centrale 2, par exemple en vue d'un forgeage ultérieur. On obtient ainsi dans l'épaisseur de la pièce 1 et sur toute la longueur de ladite portion centrale 2 une température homogène de 1200 °C environ. En dehors de cette portion centrale 2 qui subit directement l'influence des moyens de chauffage, on assiste à une décroissance de la température de la pièce 1 au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la portion centrale 2, et ce jusqu'à une température proche de la température ambiante de 20 °C. C'est ainsi que, sur des portions 3, 3' de la pièce 1, s'établit une température comprise entre les températures dites classiquement Ac3 et Ac1 de la nuance constituant la barre 1. Dans l'exemple envisagé, ces températures sont respectivement de 790 et 740 °C, et les portions 3, 3' concernées s'étendent chacune sur une longueur d'environ 30 mm. Cette évolution de la température le long de la barre 1 est traduite par la courbe 4 de la figure unique.

Dans le cas de référence où la barre 1 a initialement une structure ferrito-perlitique, on observe dans des portions de la barre 1, qui couvrent notamment celles dont la température est comprise entre Ac3 et Ac1, un adoucissement de la structure. Il se traduit par une chute sensible de la dureté Vickers qui passe de 300 à 250 Hv environ. Cette chute de dureté, dont les raisons ont été données plus haut, est illustrée par la courbe 5 de la figure unique. Mais dans le cas de l'invention où on a conféré à la barre 1 une structure initiale bainitique dans la chaude de laminage, on n'observe pas cet adoucissement localisé, comme le montre la courbe 6. Ainsi, les propriétés mécaniques qui auraient été affectées par un tel adoucissement demeurent homogènes sur toute la longueur de la pièce forgée. C'est notamment le cas de sa tenue en fatigue et de sa résistance aux chocs.

On a ici donné un exemple où les températures de 500-900 °C, auxquelles est susceptible de se produire le phénomène d'adoucissement à éviter, étaient obtenues de manière indirecte et subie, en ce que l'action de chauffage elle-même s'exerçait sur une autre partie de la pièce que celles où elles règnent. Mais, bien entendu, il est également dans l'esprit de l'invention d'exercer une action de chauffage conduisant elle-même à de telles températures sur tout ou partie d'une ébauche de pièce, et, pour éviter un adoucissement de sa structure, de prendre soin de conférer à cette ébauche la composition et la structure bainitique dont on vient de parler.

L'action de chauffage dont, selon l'invention, on veut éviter qu'elle ne conduise à un adoucissement localisé ou généralisé de la structure de la pièce, peut être de diverses natures et exercée dans différents buts. Outre le forgeage, l'invention peut aussi concerner les

traitements thermiques superficiels tels que la trempe laser, la trempe à induction, le bombardement par faisceau d'électrons et les traitements de nitruration. Le chauffage peut aussi être une conséquence d'une opération de soudage. Une fois le traitement effectué, le refroidissement de la pièce doit se faire à une vitesse pas trop faible, à savoir au moins 500 °C/heure, de manière conserver la structure bainitique précédemment obtenue, afin d'éviter un éventuel adoucissement.

La liste des éléments entrant dans la composition de l'acier telle qu'elle a été spécifiée plus haut n'est, bien entendu, pas limitative. Tout en restant dans l'esprit de l'invention, on peut y ajouter d'autres éléments dans la mesure où ces ajouts ne sont pas incompatibles avec l'obtention des propriétés désirées pour la pièce à fabriquer.

L'invention permet d'élargir la gamme de nuances utilisables pour la fabrication de pièces en acier de construction mécanique à caractéristiques élevées et homogènes. Elle évite d'avoir recours à des traitements thermiques ultérieurs pour restaurer les propriétés mécaniques qui auraient été affectées par un adoucissement de la structure tel qu'on l'a décrit, d'où un gain de temps pour la fabrication de la pièce et pour son coût de fabrication.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'une pièce en acier de construction mécanique, selon lequel on soumet une ébauche en acier microallié comportant, en pourcentages pondéraux, $0,05\% \leq C \leq 0,5\%$; $1\% \leq Mn \leq 2\%$; $0,05\% \leq Si \leq 1,5\%$; $0,1\% \leq Cr \leq 1\%$; $0\% \leq Mo \leq 0,5\%$; $0 \leq V \leq 0,30\%$; $0 \leq B \leq 0,010\%$; $0 \leq Ti \leq 0,030\%$; $0 \leq Nb \leq 0,1\%$; à un traitement thermique ou thermomécanique, caractérisé en ce que ladite ébauche a une structure bainitique et en ce que ledit traitement comporte une étape de chauffage imposant à une portion au moins de ladite ébauche une température comprise entre 500 et 900 °C, suivie par une étape de refroidissement de ladite portion à une vitesse supérieure à 500 °C/heure.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit chauffage est exercé en vue d'un forgeage.
3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit chauffage est exercé lors d'un traitement de nitruration.
4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit chauffage est un traitement thermique superficiel.
5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce

que ledit traitement thermique est une trempe laser.

6. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que ledit traitement thermique est une trempe à induction. 5
7. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que ledit traitement thermique est un bombardement par un faisceau d'électrons. 10
8. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit chauffage résulte d'une opération de soudage. 15
9. Pièce en acier de construction mécanique, caractérisée en ce qu'elle est fabriquée par le procédé selon l'une des revendications 1 à 8. 20

20

25

30

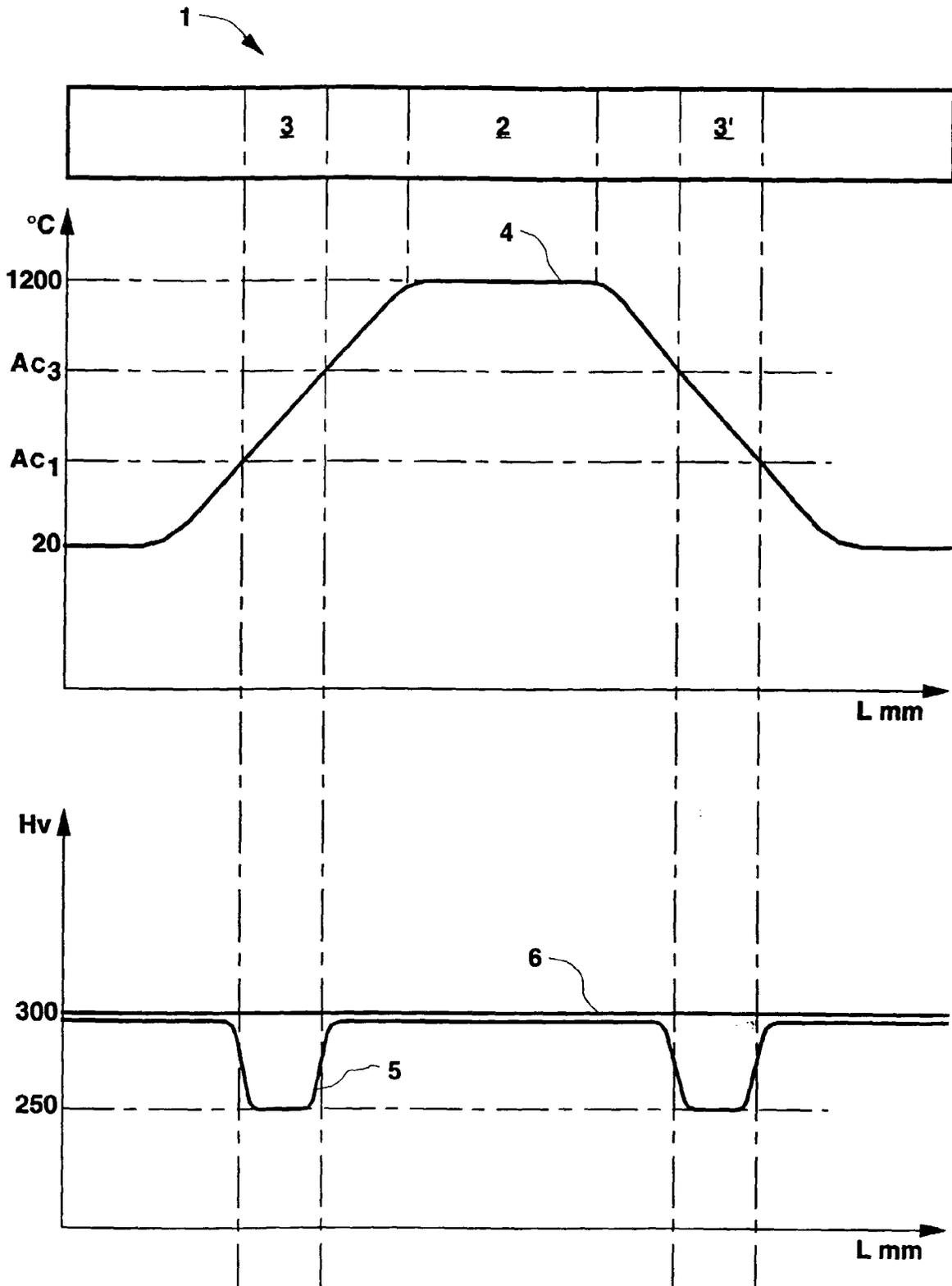
35

40

45

50

55





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande
EP 95 40 2754

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.6)
A	FR-A-2 028 325 (AEG-ELOTHERM) * revendication 1 * ---	1	C21D1/20
A	EP-A-0 092 629 (UGINE ACIERS) * revendications 1,6 * ---	1	
A	US-A-5 041 167 (Y. MIWA) * revendications 5,7 * ---	1	
A	DE-B-12 25 217 (DEUTSCHE EDELSTAHLWERKE) * revendication * ---	1	
A	DE-B-12 63 051 (THYSSEN-RÖHRENWERKE) * revendications 1,2 * ---	1	
A	US-A-4 812 182 (H. FANG ET AL.) * revendications 1,8 * ---	1	
A	EP-A-0 526 330 (ASCOMETAL ET AL.) * revendication 1 * -----	1	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
			C21D
Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examineur	
BERLIN	5 Février 1996	Sutor, W	
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 [F04C03]