

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 717 116 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
13.06.2001 Bulletin 2001/24

(51) Int Cl.7: **C21D 1/20**

(21) Numéro de dépôt: **95402754.6**

(22) Date de dépôt: **07.12.1995**

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

Verfahren zum Herstellen eines Werkstückes aus Maschinenbaustahl und nach diesem Verfahren
hergestelltes Werkstück

Process for producing a work piece of machine construction steel and work piece produced by this
process

(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**

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

(73) Titulaire: **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: **Moncheny, Michel et al**
c/o Cabinet Lavoix
2 Place d'Estienne d'Orves
75441 Paris Cedex 09 (FR)

(56) Documents cités:
EP-A- 0 092 629 EP-A- 0 526 330
DE-B- 1 225 217 DE-B- 1 263 051
FR-A- 2 028 325 US-A- 4 812 182
US-A- 5 041 167

EP 0 717 116 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] 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.

[0002] 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, 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.

[0003] 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.

[0004] On a jusqu'ici remédié à ce problème en recourant à des nuances au chrome-molybdène trem-

pées-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.

[0005] 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.

[0006] DE-A-1 225 217 ou US-A-5 041 167 décrivent des procédés de fabrication des pièces en acier microallié en structure bainitique soumis aux traitements de nitruration ou forgeage.

[0007] 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, comme il est défini dans la revendication 1.

[0008] L'invention a également pour objet une pièce en acier de construction mécanique fabriquée par ce procédé.

[0009] 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.

[0010] 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.

[0011] 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 structure 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.

[0012] Pour le traitement de la barre 1, on réalise par induction un chauffage de sa partie 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 partie centrale 2 une température homogène de 1200 °C environ. En dehors de cette partie 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 partie 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.

[0013] 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.

[0014] 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.

[0015] 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.

[0016] 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, $0,05 \% \leq C \leq 0,5 \%$; $1 \% \leq Mn \leq 2 \%$; $0,05 \% \leq Si \leq 1,5 \%$; $0,1 \% \leq Cr \leq 1 \%$; $0 \% \leq Mo \leq 0,5 \%$; $0 \leq V \leq 0,30 \%$; $0 \leq B \leq 0,010 \%$; $0 \leq Ti \leq 0,030 \%$; $0 \leq Nb \leq 0,1 \%$; le reste étant du fer et des impuretés inévitables, ladite ébauche ayant une structure bainitique, à un traitement thermique ou thermomécanique, ledit traitement comportant une étape de chauffage imposant à une portion seulement de ladite ébauche une température comprise entre 500 et 900 °C, caractérisé en ce que ledit chauffage est suivi par une étape de refroidissement de ladite portion à une vitesse supérieure à 500 °C/heure, de manière à conserver la structure bainitique et d'éviter un éventuel adoucissement dans au moins une partie de la pièce en dehors de la partie de la pièce qui subit directement l'influence des moyens de chauffage.
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.
7. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que ledit traitement thermique est un bombardement par un faisceau d'électrons.
8. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit chauffage résulte d'une opération de sou-

dage.

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.

5

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Stückes aus Maschinenbaustahl, wobei man einen Rohling aus Mikrolegierstahl, der in Gew. %:
 $0,05\% \leq C \leq 0,5\%$; $1\% \leq Mn \leq 2\%$; $0,05\% \leq Si \leq 1,5\%$;
 $0,1\% \leq Cr \leq 1\%$; $0\% \leq Mo \leq 0,5\%$; $0 \leq V \leq 0,30\%$;
 $0 \leq B \leq 0,010\%$; $0 \leq Ti \leq 0,030\%$; $0 \leq Nb \leq 0,1\%$
enthält; wobei der Rest Eisen sowie unvermeidbare Verunreinigungen umfasst und der Rohling eine Bainitstruktur aufweist, einer thermischen oder thermomechanischen Behandlung unterwirft, umfassend einen Erhitzungsschritt, bei dem nur ein Teil des Rohlings einer Temperatur von 500 bis 900°C ausgesetzt wird, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Erhitzen ein Schritt zur Abkühlung des Teils mit einer Geschwindigkeit von größer als 500°C/Stunde erfolgt, um die Bainitstruktur zu erhalten und eine eventuelle Erweichung in mindestens einem Teil des Stückes, außerhalb des Teils des Stückes, das direkt dem Heizgerät ausgesetzt ist, zu vermeiden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Erhitzen im Hinblick auf eine Warmumformung durchgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Erhitzen bei einer Nitrierhärtung durchgeführt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Erhitzen eine thermische Oberflächenbehandlung ist.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die thermische Behandlung eine Laserhärtung ist.
6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die thermische Behandlung eine Induktionshärtung ist.
7. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die thermische Behandlung ein Elektronenstrahlbeschuss ist.
8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Erhitzen ein Schweißverfahren ist.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

9. Stück aus Maschinenbaustahl, dadurch gekennzeichnet, dass es durch das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 hergestellt wird.

Claims

1. Method for producing a workpiece made of machine construction steel, according to which a blank made of microalloyed steel comprising, in percentages by weight,
 $0.05\% \leq C \leq 0.5\%$; $1\% \leq Mn \leq 2\%$; $0.05\% \leq Si \leq 1.5\%$;
 $0.1\% \leq Cr \leq 1\%$; $0\% \leq Mo \leq 0.5\%$; $0 \leq V \leq 0.30\%$;
 $0 \leq B \leq 0.010\%$; $0 \leq Ti \leq 0.030\%$; $0 \leq Nb \leq 0.1\%$;
the remainder being of iron and unavoidable impurities, said blank having a bainitic structure, is subjected to a thermal or thermomechanical treatment, said treatment comprising a heating stage which imposes on a portion only of said blank a temperature between 500 and 900 °C, characterised in that said heating is followed by a cooling stage of said portion at a rate greater than 500 °C/hour, in such a manner as to preserve the bainitic structure and to avoid a possible softening in at least one part of the workpiece apart from the part of the workpiece which directly undergoes the influence of the heating means.
2. Method according to claim 1, characterised in that said heating is carried out with a view to a forging.
3. Method according to claim 1, characterised in that said heating is carried out during a nitriding treatment.
4. Method according to claim 1, characterised in that said heating is a superficial thermal treatment.
5. Method according to claim 4, characterised in that said thermal treatment is a laser hardening.
6. Method according to claim 4, characterised in that said thermal treatment is an induction hardening.
7. Method according to claim 4, characterised in that said thermal treatment is a bombardment by a beam of electrons.
8. Method according to claim 1, characterised in that said heating results from a welding operation.
9. Workpiece made of machine construction steel, characterised in that it is produced by the method according to one of the claims 1 to 8.

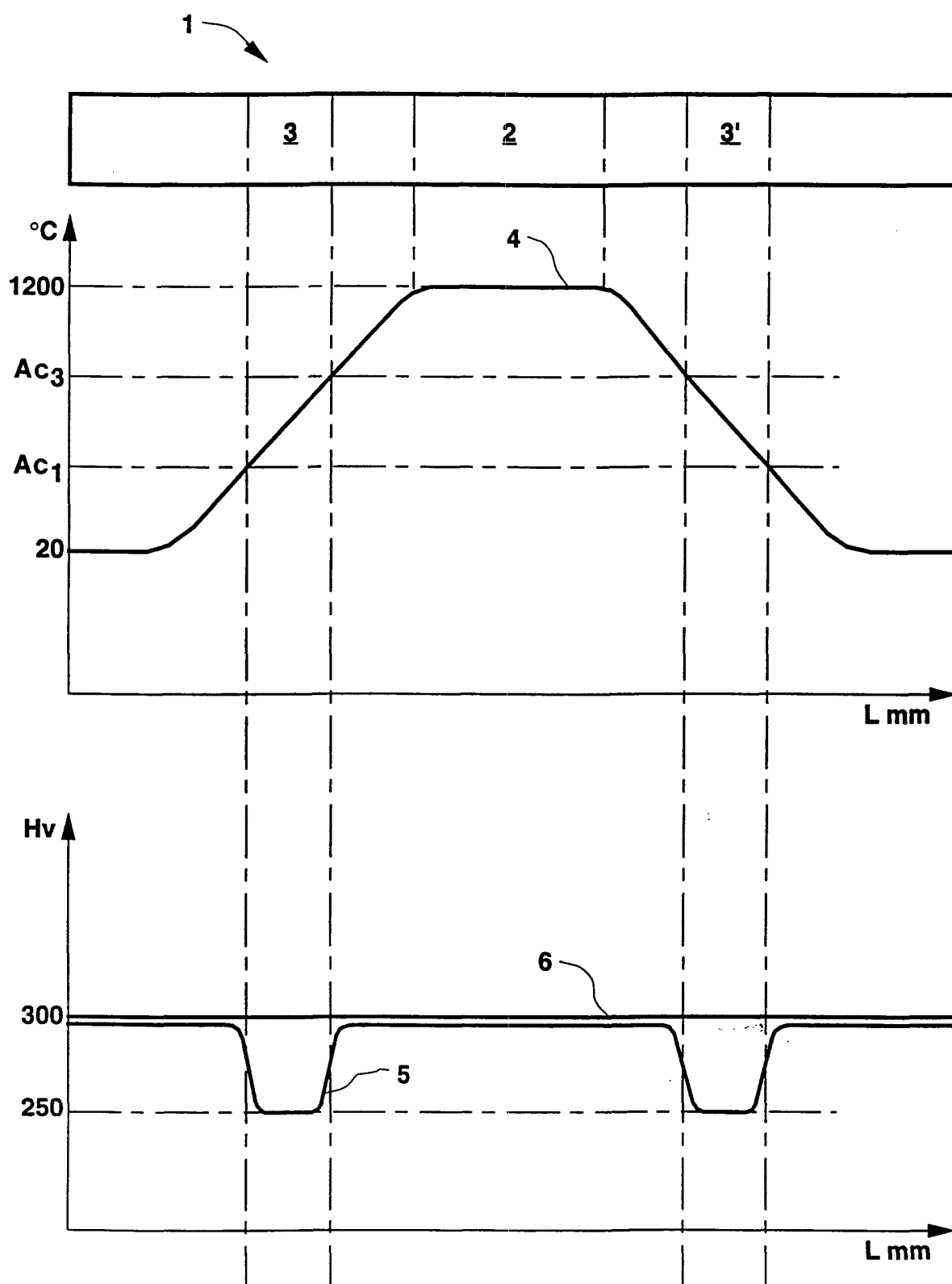


Figure unique