

(12) BREVET D'INVENTION

(11) N° de publication : **MA 67583 B1** (51) Cl. internationale : **C21D 7/13**

(43) Date de publication :
31.10.2024

(21) N° Dépôt :
67583

(22) Date de Dépôt :
15.03.2019

(30) Données de Priorité :
23.03.2018 WO 2018IB51970

(71) Demandeur(s) :
ArcelorMittal, 24-26, Boulevard d'Avranches 1160 Luxembourg (LU)

(72) Inventeur(s) :
BORDEREAU, Victor

(74) Mandataire :
ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY (TMP AGENTS)

(54) Titre : **PIÈCE FORGÉE EN ACIER BAINITIQUE ET SON PROCÉDÉ DE FABRICATION**

(57) Abrégé : L'invention concerne un acier pour le forgeage de pièces mécaniques, comprenant les éléments suivants, exprimés en pourcentage en poids : 0,15 % ? C ? 0,22 % ; 1,6 % ? Mn ? 2,2 % ; 0,6 % ? Si ? 1 % ; 1% ? Cr ? 1,5 % ; 0,01% ? Ni ? 1% ; 0% ? S ? 0,06 % ; 0 % ? P ? 0,02 % ; et 0 % ? N ? 0,013 % ; et comprenant les éléments facultatifs suivants 0% ? Al ? 0,06 % ; 0,03% ? Mo ? 0,1% ; 0% ? Cu ? 0,5% ; 0,01% ? Nb ? 0,15% ; 0,01% ? Ti ? 0,03% ; 0% ? V ? 0,08% ; 0,0015% ?B?0,004% ; le reste de la composition étant composé de fer et des impuretés inévitables provoquées par le traitement, la microstructure dudit acier ayant une microstructure en pourcentage en surface comprenant la présence cumulée d'îlots d'austénite résiduelle et de martensite-austénite à hauteur entre 1% et 20%, le reste de la microstructure étant de la bainite à hauteur d'au moins 80%, la fraction de joints de grains de bainite ayant un angle de désorientation de 59,5° étant d'au moins 7% et avec une présence facultative de martensite à hauteur entre 0% et 10%.

REVENDEICATIONS

1. Pièce mécanique forgée en acier comprenant les éléments suivants, exprimés en pourcentage en poids :

$$0,15 \% \leq C \leq 0,22 \% ;$$

$$1,6 \% \leq Mn \leq 2,2 \% ;$$

$$0,6 \% \leq Si \leq 1 \% ;$$

$$1 \% \leq Cr \leq 1,5 \% ;$$

$$0,01 \% \leq Ni \leq 1 \% ;$$

$$0 \% \leq S \leq 0,06 \% ;$$

$$0 \% \leq P \leq 0,02 \% ;$$

$$0 \% \leq N \leq 0,013 \% ;$$

et peut contenir un ou plusieurs des éléments facultatifs suivants

$$0 \% \leq Al \leq 0,06 \% ;$$

$$0,03 \% \leq Mo \leq 0,1 \% ;$$

$$0 \% \leq Cu \leq 0,5 \% ;$$

$$0,01 \% \leq Nb \leq 0,15 \% ;$$

$$0,01 \% \leq Ti \leq 0,03 \% ;$$

$$0 \% \leq V \leq 0,08 \% ;$$

$$0,0015 \% \leq B \leq 0,004 \% ;$$

$$0 \% \leq Sn \leq 0,1 \% ;$$

$$0 \% \leq Ce \leq 0,1 \% ;$$

$$0 \% \leq Mg \leq 0,010 \% ;$$

$$0 \% \leq Zr \leq 0,010 \% ;$$

le reste de la composition étant composé de fer et d'impuretés inévitables provoquées par le traitement, la microstructure dudit acier ayant une microstructure en pourcentage en surface comprenant la présence cumulée d'austénite résiduelle et d'îlot de martensite-austénite entre 1 % et 20 %, la microstructure restante étant de la bainite à hauteur d'au moins 80 %, dans laquelle la fraction des joints de grains de bainite avec un angle de

désorientation de $59,5^\circ$ est d'au moins 7 % et avec une présence facultative de martensite entre 0 % et 10 %, ayant une résistance ultime à la traction de 1100 MPa ou plus, une limite d'élasticité de 800 MPa ou plus dans laquelle la résistance à la traction et la limite d'élasticité sont mesurées selon la norme NF EN ISO 6892-1 et une résilience égale ou supérieure à 70 J/cm^2 mesurée à 20°C selon la norme NF EN ISO 148-1 sur une éprouvette DVM standard entaillée en U.

2. Pièce mécanique forgée en acier selon la revendication 1, dans laquelle la composition comprend de 0,7 % à 1 % de silicium.
3. Pièce mécanique forgée en acier selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle la composition inclut de 0,15 % à 0,2 % de carbone.
4. Pièce mécanique forgée en acier selon la revendication 1 à la revendication 3, dans laquelle la composition comprend de 0 % à 0,05 % d'aluminium.
5. Pièce mécanique forgée en acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans laquelle la composition comprend de 1,6 % à 1,9 % de manganèse.
6. Pièce mécanique forgée en acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans laquelle la composition comprend de 1,1 % à 1,5 % de chrome.
7. Pièce mécanique forgée en acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans laquelle la bainite est supérieure ou égale à 85 %.
8. Pièce mécanique forgée en acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans laquelle la somme de l'austénite résiduelle et de l'îlot martensite-austénite est comprise entre 1 % et 15 %.
9. Pièce mécanique forgée en acier selon les revendications 1 à 8, dans laquelle ledit acier présente une résistance ultime à la traction de 1150 MPa ou plus et une limite d'élasticité de 850 MPa ou plus, dans laquelle la résistance à la rupture et la limite d'élasticité sont mesurées selon les normes NF EN ISO 6892-1.
10. Pièce mécanique forgée en acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans laquelle ladite tôle présente une résilience supérieure ou égale à 90 J/cm^2 mesurée à 20°C selon la norme NF EN ISO 148-1 sur une éprouvette DVM standard entaillée en U.
11. Procédé de production de pièces mécaniques forgées en acier comprenant les étapes

successives suivantes :

- fourniture d'une composition d'acier selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 sous la forme d'un produit semi-fini ;
- réchauffage dudit produit semi-fini à une température comprise entre 1150 °C et 1300 °C ;
- forgeage à chaud dudit produit semi-fini dans le domaine austénitique, dans lequel la température de finition du forgeage à chaud doit être supérieure à 915 °C pour obtenir une pièce forgée à chaud ;
- refroidissement de la pièce forgée à chaud par refroidissement en trois étapes, dans lequel dans la première étape la pièce forgée à chaud est refroidie à une vitesse de refroidissement comprise entre 0,2 °C/s et 10 °C/s depuis la température de finition du forgeage à chaud jusqu'à une plage de températures comprises entre T1 où la pièce forgée à chaud peut être maintenue facultativement pendant une durée comprise entre 0 s et 3600 s dans lequel T1 est de Bs+50 °C à Bs+30 °C, tandis que Bs est calculé à l'aide de la formule

$$Bs = 962 - 288C - 84Mn - 81 \quad Si - 6Ni - 95Mo - 153Nb + 108Cr^2 - 269Cr$$

dans lequel les teneurs en éléments sont exprimées en pourcentage en poids

- ensuite, dans la deuxième étape, la pièce forgée à chaud est refroidie à une vitesse de refroidissement moyenne comprise entre 0,40 °C/s et 2 °C/s, d'une plage de températures comprise entre T1 à une plage de températures comprises entre T2, dans lequel T2 est de Ms+60 °C à Ms, tandis que Ms est calculé à l'aide de la formule $Ms = 539 - 423C - 30Mn - 18Ni - 12Cr - 11Si - 7Mo$, dans lequel les teneurs en éléments sont exprimées en pourcentage en poids
- puis dans la troisième étape, la pièce forgée à chaud est refroidie à une vitesse de refroidissement moyenne inférieure à 0,8 °C/s d'une plage de températures comprises entre T2 à la température ambiante pour obtenir une pièce mécanique forgée.

12. Procédé selon la revendication 11, dans lequel, dans la première étape de refroidissement, la pièce forgée à chaud est refroidie à une vitesse de refroidissement moyenne comprise entre 0,2 °C/s et 2 °C/s, d'une plage de températures comprises entre 780 °C et 750 °C à une plage de températures comprises entre T1, où la pièce forgée à chaud peut être

maintenue facultativement pendant une durée comprise entre 0 s et 3600 s.

13. Procédé selon la revendication 11 ou 12, dans lequel dans la deuxième étape de refroidissement, la pièce forgée à chaud est refroidie à une vitesse de refroidissement moyenne comprise entre 1,0 °C/s et 2,0 °C/s, d'une plage de températures comprises entre T1 à une plage de températures comprises entre 470 °C et 450 °C.

14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 13, dans lequel, dans la troisième étape, la pièce forgée à chaud est refroidie à une vitesse de refroidissement inférieure à 0,5 °C/s d'une plage de températures comprises entre T2 à la température ambiante.