

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

②①

N° 80 00085

⑤④ Procédé et installation de refroidissement de produits longs, notamment de ronds et barres à béton.

⑤① Classification internationale (Int. Cl.³). C 21 D 1/20, 1/64, 8/08 // B 21 B 45/02.

②② Date de dépôt..... 2 janvier 1980.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée :

④① Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 28 du 10-7-1981.

⑦① Déposant : INSTITUT DE RECHERCHES DE LA SIDERURGIE FRANÇAISE (IRSID) (Etablissement professionnel régi par la loi du 17 novembre 1943), résidant en France.

⑦② Invention de : Yves Desalos.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire :

L'invention se situe dans le domaine des traitements thermiques appliqués aux produits longs en fin de laminage et concerne plus spécialement le refroidissement au défilé des ronds et barres à béton.

Les barres dites "haute adhérence", destinées aux armatures de construction en béton armé, doivent présenter des caractéristiques mécaniques répondant aux spécifications des normes et, notamment, une limite d'élasticité élevée. Jusqu'ici, elles se rattachaient généralement à deux grandes familles :

- . des aciers à bas carbone ($< 0,1 \%$) très peu ou pas alliés, donc facilement soudables, pour lesquels la limite d'élasticité imposée ne peut être obtenue que par écrouissage à froid après laminage,
- . des aciers à plus forte teneur en carbone ($0,3 \%$ environ) et en manganèse, éventuellement micro-alliés (Nb, V, Ti ...), naturellement durs à l'état brut de laminage, mais généralement moins ductiles et moins facilement soudables.

Actuellement, on demande de plus en plus des barres à limite d'élasticité élevée, de compositions économiques, donc contenant peu d'éléments d'alliage, naturellement dures et facilement soudables. On sait depuis longtemps que ces exigences cumulées ne peuvent être satisfaites que par un traitement thermique approprié en sortie de laminoir ; or les refroidissements réalisés jusqu'ici sur refroidisseurs industriels, relativement lents, conduisent généralement à des structures ferrite-perlite grossières. D'autre part, le refroidissement doit être réglé en fonction de la composition chimique et du diamètre du rond, de manière à se rapprocher le plus possible à coeur de la limite du domaine des structures bainitiques tout en évitant leur apparition, car ces constituants sont susceptibles de réduire la ductilité globale et la limite d'élasticité. Cependant, pour une nuance soudable du type 18 M5 (C : $0,18 \%$; Mn : $1,25 \%$) ayant déjà un équivalent carbone assez élevé, les structures ferrite-perlite les plus fines ainsi obtenues, en refroidissement continu jusqu'à l'ambiante, ne permettent pas de garantir un niveau de limite d'élasticité suffisant. Par ailleurs, la présence d'éléments résiduels ou de manganèse en quantités relativement élevées peut prolonger notablement l'étendue du domaine bainitique. Il devient alors difficile d'obtenir sur une fraction importante de la section du produit une ferrite-perlite fine par refroidissement continu rapide, mais non prolongé dans le domaine bainitique.

On a déjà proposé, pour améliorer la qualité des barres à l'état brut de laminage, de leur appliquer, à la sortie des cages finisseuses, un refroidissement sévère interrompu auquel succède naturellement un auto-revenu par la chaleur du coeur, de manière à former en périphérie une couche de structures de trempe (martensite essentiellement avec un peu de bainite) revenues et au centre de la ferrite-perlite. L'épaisseur de la couche de martensite conditionne le niveau de la limite d'élasticité global de la section. Il faut donc pouvoir contrôler de façon très précise la phase de refroidissement pour avoir l'épaisseur de couche et, par conséquent, les caractéristiques mécaniques souhaitées. Ce procédé est difficile à mettre en oeuvre, notamment pour les barres de faible section et pour les aciers contenant des éléments résiduels qui augmentent la trempabilité.

L'invention a précisément pour but de fournir un traitement thermique permettant d'affiner suffisamment la structure à coeur pour obtenir les caractéristiques mécaniques souhaitées à l'état brut de laminage, les structures de trempe obtenues éventuellement en peau sur une très faible épaisseur ayant sensiblement peu d'influence sur le gain global de limite élastique.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de refroidissement de produits longs, notamment de ronds et barres à béton, selon lequel on effectue une trempe étagée au défilé suivie d'un refroidissement à l'air libre, de manière à transformer sensiblement toute la section entre 575°C et 630°C environ.

L'invention a également pour objet une installation, pour la mise en oeuvre du traitement, dans laquelle le coefficient d'échange, lors de la trempe au défilé, est très élevé.

De préférence, ce coefficient d'échange est supérieur à $83.10^6 \text{ J/m}^2\text{h}^\circ\text{K}$ et généralement compris entre 83.10^6 et $105.10^6 \text{ J/m}^2\text{h}^\circ\text{K}$.

Selon un mode d'exécution, la trempe au défilé est effectuée par passage des produits dans au moins un tube de refroidissement parcouru par une lame d'eau.

Le procédé selon l'invention s'applique de façon particulièrement avantageuse au traitement d'aciers faiblement alliés contenant 0,08 % à 0,12 % de carbone environ et 0,5 % à 1 % de manganèse, sous forme de ronds ou barres à béton de diamètres compris entre 8 et 40 mm notamment.

Comme on le comprend, le traitement thermique selon l'invention peut être considéré comme une trempe étagée au défilé, réalisée par application d'un coefficient d'échange thermique élevé jusqu'à ce que la température moyenne de la barre ait atteint environ 600°C. On rappelle que le coeffi-

cient d'échange thermique h est lié au flux thermique Φ extrait d'une surface par la relation $\Phi = h T_s - T_m$, T_s étant la température de la surface et T_m celle du milieu refroidissant. On arrive ainsi, par réglage de la température et de la durée de trempe, à affiner au maximum la structure, de ferrite dans la presque totalité de la section, et à obtenir, de surcroît, une perlite à très faible distance interlamellaire et dégénérée (lamelles de cémentite très courtes et irrégulières). Un tel traitement n'est possible que lorsqu'on dispose d'une installation présentant un coefficient d'échange très élevé, suffisant pour amener la température moyenne de la section de la barre vers 600°C avant transformation complète.

D'autre part, une particularité intéressante du traitement selon l'invention est qu'il peut s'appliquer à des nuances d'acier à bas carbone peu alliées, notamment contenant essentiellement 0,08 % à 0,12 % de carbone et 0,6 % à 1 % de manganèse, alors que, jusque là, il fallait partir de nuances beaucoup plus chargées pour obtenir une limite d'élasticité suffisante avec un simple traitement thermique, sans écrouissage ultérieur. Des aciers à bas carbone de ce type présentent l'avantage de rendre le résultat du traitement relativement peu sensible au diamètre de la barre. Par ailleurs, leur trempabilité très réduite limite le risque d'obtention de structures de trempe non revenues, en particulier pour les barres de faible section et permet d'aboutir à des résultats satisfaisants avec un contrôle moins rigoureux des conditions de trempe. Enfin, du point de vue économique, ces nuances d'acier sont particulièrement intéressantes du fait de leur excellente soudabilité et de leur coût beaucoup moins élevé que les compositions habituellement employées, par exemple du type 16 M5 ou 22 M4, pour la fabrication des barres à haute adhérence.

L'invention sera de toutes façons bien comprise au vu de la description qui va suivre, donnée à titre d'exemple purement illustratif en référence à la planche de dessin annexée, sur laquelle les figures 1 et 2 représentent deux micrographies (grossissement 400) respectivement des zones proches du coeur et de la peau d'une barre à béton.

On effectue une trempe au défilé depuis 1 050°C environ (température de fin de laminage) jusqu'à une température de 620°C, suivie d'un refroidissement à l'air libre, sur une barre cannelée de 40 mm de diamètre, de composition suivante : C : 0,10 % ; Si : 0,20 % ; Mn : 0,70 % ; Cr : 0,10 % ; Cu : 0,30 %.

La trempe est effectuée dans une installation du type décrit dans la demande de brevet français n° 79/14.383 sur une dizaine de mètres. Cette installation présente un coefficient d'échange d'environ 21 600 Kcal/m²h°K ;

elle est constituée essentiellement d'une tête d'injection d'eau prolongée vers l'amont et l'aval par deux tubes de refroidissement. La barre pénètre dans le tube amont où elle rencontre une lame d'eau à contre-courant par rapport à son sens de défilement, traverse la tête d'injection et ressort de l'installation après passage dans le tube aval où elle atteint la température moyenne souhaitée par échange de chaleur avec une lame d'eau circulant à co-courant.

L'examen micrographique montre bien que la structure obtenue est une ferrite-perlite très fine sur la quasi-totalité de la section. La taille de grain, comme on peut le vérifier en comparant les figures 1 et 2, micrographies de zones situées respectivement au centre et à 14 mm du centre est bien homogène et correspond à l'indice AFNOR 9,2 en moyenne.

Par ailleurs, des micro-éprouvettes de traction de 1,5 mm de diamètre sont prélevées à différentes distances du coeur de la barre pour suivre l'évolution, sur la section, des caractéristiques de traction et de dureté Vickers. Les résultats sont reportés dans le tableau suivant :

	Distance à coeur (mm)	17	14	10	6	2
20	Dureté Vickers (HV)	210	160	150	150	148
	Limite d'élasticité (N/mm ²)	480	460	440	440	400
25	Résistance (N/mm ²)	620	550	530	530	525

La dureté varie donc faiblement entre la périphérie et le centre et reste constante sur la plus grande partie de la section de la barre. De plus, le niveau de limite d'élasticité, qui varie peu également, a été porté à au moins 400 N/mm² sur toute la section, ce qui répond bien aux spécifications de la norme.

L'affinement de la structure ferrite-perlite contribue à l'augmentation de la limite d'élasticité, de façon d'autant plus importante que l'efficacité de la trempe est grande et permet un abaissement des températures de transformation sans risque d'atteindre la bainite. Afin de bien mettre ce résultat en évidence, les caractéristiques de traction en pleine section, corrigées en tenant compte du poids métrique, pour deux barres identiques, l'une traitée par le procédé selon l'invention, l'autre ayant subi un refroidissement simple sur refroidissoir industriel, sont reportées

dans le tableau suivant :

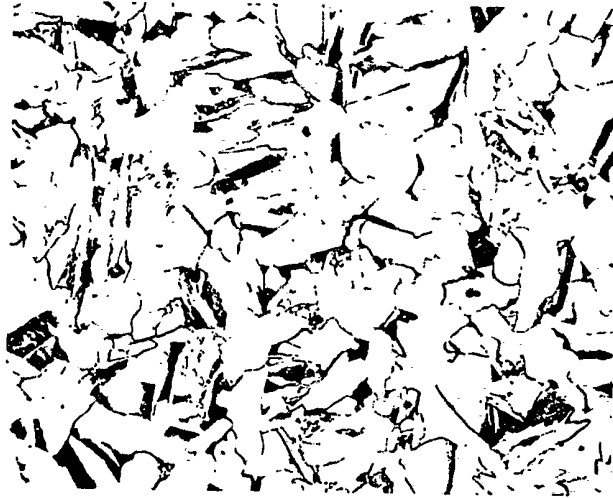
Barre	Limite d'élasticité (N/mm ²)	Résistance (N/mm ²)	Allongement sur 50 Ø en %
Traitée	460	570	22
Non Traitée	300	430	30

Ces mesures montrent bien l'amélioration, en grande partie liée à l'affinement de la structure, de la résistance à la traction et surtout de la limite d'élasticité et ceci avec un niveau satisfaisant de ductilité, des barres ayant subi le traitement objet de l'invention.

L'invention ne saurait être limitée, dans sa portée, à l'exemple décrit, mais elle est d'application générale à toute installation de refroidissement présentant un coefficient d'échange suffisant et à des barres de tous diamètres et de compositions variées.

REVENDICATIONS

- 1°. Procédé de refroidissement de produits longs, notamment de ronds et barres à béton, caractérisé en ce qu'on effectué une trempe étagée au défilé suivie d'un refroidissement à l'air libre, de manière à transformer sensiblement toute la section entre 575°C et 630°C environ.
- 2°. Installation de refroidissement pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 1, caractérisée en ce que, dans la partie où est effectuée la trempe, le coefficient d'échange est très élevé.
- 3°. Installation selon la revendication 2, caractérisée en ce que le coefficient d'échange est supérieur à $83.10^6 \text{ J/m}^2\text{h}^\circ\text{K}$.
- 4°. Installation selon l'une des revendications 2 et 3, caractérisée en ce que le coefficient d'échange est compris entre $83.10^6 \text{ J/m}^2\text{h}^\circ\text{K}$ et $105.10^6 \text{ J/m}^2\text{h}^\circ\text{K}$.
- 5°. Installation selon l'une des revendications 2 à 4, caractérisée en ce que la trempe au défilé est effectuée par passage des produits dans au moins un tube de refroidissement parcouru par une lame d'eau.
- 6°. Installation selon la revendication 5, caractérisée en ce qu'elle est essentiellement constituée de deux tubes de refroidissement reliés par une tête d'injection d'eau, le produit et la lame d'eau circulant à contre-courant dans le tube amont, par rapport au sens de défilement du produit, et à co-courant dans le tube aval.
- 7°. Application du procédé selon la revendication 1 et de l'installation selon l'une des revendications 2 à 6 au traitement en fin de laminage de ronds ou barres à béton en acier faiblement allié contenant 0,08 % à 0,12 % de carbone et 0,5 % à 1 % de manganèse.
- 8°. Application selon la revendication 7 à des ronds ou barres à béton de diamètre compris entre 8 et 40 mm.



FIG_1_



FIG_2_