



MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉCONOMIQUES

N° 885.094

Classif. Internat. : C 21 D

Mis en lecture le : 31-12-1980

Le Ministre des Affaires Economiques,

Vu la loi du 24 mai 1854 sur les brevets d'invention ;

Vu la Convention d'Union pour la Protection de la Propriété Industrielle ;

Vu le procès-verbal dressé le 5 septembre 1980 à 15 h. 35

au greffe du Gouvernement provincial d'Anvers ;

ARRÊTE :

Article 1. — *Il est délivré à la Sté dite : NIPPON STEEL CORPORATION,*
6-3, 2-chome, Otemachi, Chiyoda-ku, Tokyo (Japon),

repr. par Mr. M. Rockstael à Anvers,

un brevet d'invention pour : Procédé de traitement thermique direct
d'un fil-machine en acier laminé à chaud,

qu'elle déclare avoir fait l'objet de demandes de brevet
déposées au Japon le 6 septembre 1979, n° 54-113562, le
7 septembre 1979, n° 54-114894 et le 10 septembre 1979,
n° 54-115938

Article 2. — *Ce brevet lui est délivré sans examen préalable, à ses risques et*
périls, sans garantie soit de la réalité, de la nouveauté ou du mérite de l'invention, soit
de l'exactitude de la description, et sans préjudice du droit des tiers.

Au présent arrêté demeurera joint un des doubles de la spécification de l'invention
(mémoire descriptif et éventuellement dessins) signés par l'intéressé et déposés à l'appui
de sa demande de brevet.

Bruxelles, le 30 septembre 1980

PAR DÉLÉGATION SPÉCIALE :

Le Directeur

L. SALPETEUR

La présente invention concerne un procédé de traitement thermique direct d'un fil-machine en acier, plus particulièrement, un procédé de traitement thermique direct d'un fil-machine laminé à chaud directement après la dernière cage finisseuse d'un laminoir à chaud en utilisant la chaleur retenue par le fil laminé à chaud.

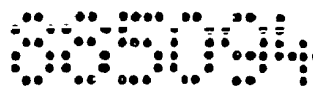
Les fils-machines classiques en acier à haute teneur en carbone que l'on a fabriqués au laminoir à chaud, ont été soumis à un patentage à l'air ou à un patentage au plomb avant l'étape de tréfilage en vue d'améliorer leur ductilité, leur résistance à la traction et leur ténacité.

Récemment, on a adopté le traitement thermique direct d'une barre laminée à chaud, traitement au cours duquel on utilise pleinement la chaleur retenue par le fil à sa sortie de la dernière cage finisseuse du laminoir à chaud (patentage direct). Comme on le sait, un fil-machine patenté au plomb possède une haute résistance et une haute ténacité, sa structure métallurgique est transformée complètement en sorbite et, en outre, il possède une uniformité nettement supérieure sur toute sa longueur. Suivant les différents procédés de patentage direct qui ont été effectués ou proposés jusqu'à présent selon la technique antérieure, on peut obtenir un fil-machine d'une qualité égale à celle d'un fil-machine soumis à un patentage à l'air. Toutefois, on n'a pas encore obtenu un fil-machine d'une qualité égale à celle d'un fil-machine soumis à un patentage au plomb. Afin d'obtenir, par le procédé de patentage direct, un fil-machine d'une résistance et d'une ténacité égales à celles d'un fil-machine obtenu par patentage au

plomb, il est extrêmement important d'adopter, après le laminage à chaud, une vitesse de refroidissement, en particulier, une vitesse de refroidissement inférieure à Ar_1 et un refroidissement réglé à une température adéquate doit être effectué à une vitesse appropriée de 10-100°C/seconde suivant la qualité, le type et les dimensions du fil-machine en acier.

Si le refroidissement réglé décrit ci-dessus est effectué immédiatement après la dernière cage finisseuse du laminoir à chaud ou immédiatement après la conduite de guidage pour le refroidissement, on a toutefois constaté qu'il était impossible d'obtenir, par le procédé classique de patentage direct, un fil-machine d'une qualité égale à celle d'un fil-machine obtenu par patentage au plomb car, après le refroidissement réglé, la microstructure du fil-machine n'est pas uniforme en raison de la différence de température dont il sera question ci-après et qui se situe à la fois dans le sens de la section et de la longueur du fil-machine avant le refroidissement réglé.

Afin d'éliminer la différence de structure du fil-machine après le refroidissement réglé, il est nécessaire que ce fil-machine ait une température uniforme sur toute sa longueur lorsque le refroidissement réglé commence à une température supérieure à Ar_1 . Dans la publication de brevet japonais n° SHO 45-23215 (1970), la publication de brevet japonais n° SHO 46-19767 (1971) et la demande de brevet japonais publiée mais non examinée n° SHO 53-149.811 (1978), on a décrit, en guise de concept inventif, la façon dont on pouvait procéder pour essayer de maintenir la température d'un fil-machine sur sa longueur au-delà de Ar_1 . Dans la publication de brevet japonais n° SHO 45-23215 (1970), on essaye de maintenir la température d'un fil-machine aussi



uniforme que possible en soumettant le fil laminé à chaud passant sur une bobineuse après le laminage à chaud, à un refroidissement par pulvérisation du type à étages multiples. Toutefois, la différence de température du fil avant son bobinage s'élève jusqu'à 10% et il est difficile de maintenir une température uniforme, en particulier, dans les trains de laminage à grande vitesse qui prédominent actuellement.

En outre, bien que le fil puisse atteindre une température uniforme avant son bobinage, on craint que la différence de température se produise au début du refroidissement réglé après le bobinage. Dans la publication de brevet japonais n° SHO 46-19767 (1971) et la demande de brevet japonais publiée mais non examinée n° SHO 53-149.811 (1978), on essaie d'accélérer la croissance des grains de cristaux d'austénite en maintenant ou en chauffant le fil dans la zone d'austénite et il est nécessaire de chauffer le fil à une température relativement supérieure à A_{r1} , en particulier, à une température supérieure à $A_3 + 50^\circ\text{C}$ dans la description de la publication de brevet japonais n° SHO 46-19767 (1971), provoquant ainsi une formation excessive de calamine et également des inconvénients lors d'une étape de décalaminage, sans compter que la surface du fil est dégradée.

En conséquence, un objet de la présente invention est de fournir un procédé de traitement thermique direct d'un fil-machine laminé à chaud ou un procédé de patentage direct par lequel on peut obtenir un fil-machine d'une qualité égale à celle d'un fil obtenu par patentage au plomb.

Un autre objet de l'invention est de fournir un procédé de traitement thermique direct dans lequel un fil-machine en acier laminé à chaud porté à une haute température



à sa sortie de la dernière cage finisseuse d'un laminoir à chaud est soumis à un refroidissement réglé en utilisant la chaleur retenue par ce fil et ce, en vue d'obtenir un fil-machine d'une qualité égale à celle d'un fil-machine obtenu par patentage au plomb.

Un autre objet de la présente invention est de fournir un procédé de traitement thermique direct à cycle thermique pour un fil-machine laminé à chaud, procédé dans lequel le fil-machine qui est toujours porté à une température élevée à sa sortie du laminoir à chaud, est soumis à un refroidissement réglé en utilisant sa chaleur retenue, après quoi il est réchauffé, permettant ainsi d'obtenir un fil-machine d'une qualité égale à celle d'un fil obtenu par patentage au plomb.

Un autre objet encore est de fournir un procédé de traitement thermique direct dans le cycle thermique duquel un fil-machine laminé à chaud qui est encore à une température élevée, est maintenu à une température immédiatement supérieure à A_{r_1} en utilisant sa chaleur retenue, pour être ensuite soumis à un refroidissement réglé, puis réchauffé, permettant ainsi d'obtenir un fil-machine d'une qualité égale à celle d'un fil-machine obtenu par patentage au plomb.

La présente invention sera mieux comprise en se référant aux dessins annexés illustrant une forme de réalisation de l'invention et dans lesquels :

la figure 1 est une vue expliquant l'invention au moyen de diagrammes de transformation par refroidissement ;

la figure 2 est une vue schématique illustrant la mise en oeuvre d'une forme de réalisation de l'invention ;



la figure 3 est un diagramme montrant la comparaison entre la vitesse de refroidissement du procédé de traitement thermique de l'invention et celle du patentage au plomb ;

la figure 4 est un schéma montrant un cycle du procédé de traitement thermique suivant une forme de réalisation de l'invention.

La présente invention concerne un procédé de traitement thermique direct d'un fil-machine laminé à chaud qui est toujours à une température élevée à sa sortie du laminoir à chaud, procédé dans lequel ce fil-machine est soumis à un refroidissement à vitesse réglée jusqu'à une température ne descendant pas en dessous de la phase M_s afin d'obtenir la structure de sorbite, après quoi ce fil-machine est réchauffé à une température égale à la température du nez de son diagramme de transformation temps/température afin de le maintenir, pendant une période suffisamment longue, à une température assurant la transformation complète de la structure d'austénite non transformée en une structure de sorbite.

En se référant plus particulièrement à la figure 1 des dessins annexés, celle-ci représente le diagramme de transformation d'un fil-machine en acier dur "82B" conjointement avec des courbes de refroidissement. Afin d'obtenir un fil-machine ayant la même qualité que celle d'un fil-machine obtenu par patentage au plomb, il est très important de soumettre ce fil-machine à un refroidissement réglé à une température inférieure à Ar_1 . Par exemple, il est nécessaire de refroidir le fil-machine le long de la ligne L et, de plus, le nez du diagramme de transformation par refroidissement continu doit être traversé. Toutefois, s'il

se produit l'une ou l'autre fluctuation ou variation lors de l'étape de refroidissement jusque Ar_1 , il se produit, dans certaines parties du fil-machine, une importante différence de temps avant que le nez du diagramme de transformation par refroidissement continu soit traversé. En conséquence, si l'on essaie d'amener chaque partie du fil-machine à traverser le nez de ce diagramme, il se produit un phénomène de "sur-refroidissement" dans la partie à basse température du fil-machine. Dès lors, ce fil-machine soumis à un sur-refroidissement ne permet pas d'obtenir un fil-machine d'une qualité égale à celle d'un fil-machine obtenu par patentage au plomb.

Si l'on essaie d'éviter ce sur-refroidissement, la partie du fil-machine qui est à une température élevée, par exemple, comme indiqué au point C, ne traversera pas le nez du diagramme et donnera lieu à la formation d'une structure de perlite grossière transformée à une température élevée. Dès lors, on ne peut s'attendre à obtenir une résistance égale à celle obtenue par patentage au plomb.

Suivant le procédé de la présente invention, on peut aisément fabriquer un fil-machine d'une qualité égale à celle obtenue par patentage au plomb, par un procédé consistant à transformer une austénite non transformée en une fine structure de sorbite à la température du nez du diagramme de transformation temps/température indiqué dans la courbe A pendant une période relativement courte, encore que ce fil ne soit pas soumis au refroidissement réglé relativement rigoureux de la première étape de la ligne de traitement pratique.

Lors du refroidissement réglé de la première étape du diagramme de la figure 1 pour le fil-machine en acier dur "82B", bien que ce fil-machine puisse être refroidi très prudemment et bien que l'on puisse mettre un terme

au refroidissement au-delà de la phase M_s , on ne peut s'attendre à obtenir un fil-machine d'une qualité égale à celle obtenue par le patentage au plomb avec formation de martensite. Par exemple, lorsqu'on met un terme au refroidissement au point B (400°C), le fil-machine ne peut être refroidi pour traverser la ligne Pf du diagramme de transformation temps/température, bien que ce fil-machine soit refroidi à l'air (C) ou qu'il soit maintenu tel quel (B). Lorsqu'il est mis un terme au refroidissement au point (a) (500°C) et lorsque le fil-machine est maintenu à température, environ 20 secondes après Ar_1 , il est nécessaire de passer par le point Pf du diagramme de transformation temps/température et, dans le cas d'un refroidissement à l'air, le passage par ce point Pf ne sera pas d'application.

D'après l'exposé ci-dessus, il en découle que le procédé de traitement thermique direct de la présente invention comprend les étapes consistant à soumettre le fil-machine à un traitement thermique de telle sorte qu'il passe par le nez du diagramme de transformation par refroidissement continu sur toute sa section et sur toute sa longueur, puis réchauffer ce fil-machine de telle sorte qu'il passe par le point Pf du diagramme de transformation temps/température, tout en étant maintenu à une température (570°C en figure 1) correspondant à la température du nez du diagramme de transformation temps/température de façon à assurer une transformation complète de l'austénite non transformée en sorbite.

En figure 1, lorsque la partie du fil qui est à la température la plus élevée, passe par le nez du diagramme de transformation par refroidissement continu pour atteindre le point (a), le refroidissement réglé cesse et, bien qu'à ce moment, la partie ayant la température la plus

- 9 -

basse soit soumise à un sur-refroidissement pour atteindre le point (b), les deux parties passent par le point Pf du diagramme de transformation temps/température suite au réchauffage comme indiqué par la courbe (A), provoquant ainsi une transformation complète en sorbite.

La vitesse du refroidissement réglé dépend de la qualité et du diamètre du fil-machine et il est préférable d'adopter une vitesse de refroidissement de 45°C/seconde, de 30°C/seconde ou de 20°C/seconde, respectivement pour un fil-machine en acier dur "82B" d'un diamètre de 5,5 mm, de 9 mm ou de 13 mm.

Le refroidissement réglé peut être arrêté au bout d'une période plus longue que le temps pendant lequel la partie du fil-machine ayant la température la plus élevée passe par le nez du diagramme de transformation par refroidissement continu, cette période étant cependant plus courte que la durée pendant laquelle la partie du fil-machine ayant la température la plus basse passe par la phase M_s . Etant donné que cette période dépend de la composition chimique du fil-machine et de sa dimension, elle peut être déterminée préalablement. Dans un fil-machine en acier dur "82B", le temps s'écoulant après A_{r1} est de 5-12 secondes pour un fil-machine d'un diamètre de 5,5 mm, de 7-19 secondes pour un fil-machine d'un diamètre de 9 mm et de 9-29 secondes pour un fil-machine d'un diamètre de 13 mm. Toutefois, il est préférable de raccourcir ce laps de temps, car le réchauffage exige beaucoup de temps s'il y a eu sur-refroidissement. Un temps de maintien à une température égale à celle du nez du diagramme de transformation temps/température dépend de la dimension du fil-machine et une période de plus de 10 secondes est suffisante.

Ainsi qu'on l'a décrit en détail ci-dessus, on obtient habituellement une structure de sorbite égale à celle obtenue par patentage au plomb en réchauffant le fil-machine à une température correspondant à celle du nez du diagramme de transformation temps/température. Toutefois, lorsque la partie du fil-machine ayant la température la plus élevée passe par le nez du diagramme de transformation par refroidissement continu, on craint parfois que la partie ayant la température la plus basse descende en dessous de la phase M_s suivant la qualité et la composition chimique du fil-machine et suivant sa dimension ou son programme de réduction par laminage à chaud.

Par exemple, il arrive qu'en atteignant Ar_1 , les variations ou les fluctuations survenant dans le fil-machine soient importantes ou que le nez du diagramme de transformation par refroidissement continu soit assez large. Suivant les expériences effectuées par la Demanderesse, en atteignant Ar_1 , si les fluctuations de température survenant à l'intérieur du fil-machine s'élèvent à plus de $200^\circ C$, il est nécessaire de maintenir le fil-machine à une température immédiatement supérieure à Ar_1 . Dans ce cas, du point de vue pratique, il est extrêmement approprié d'uniformiser la température du fil-machine à la fois dans le sens de sa section et le sens de sa longueur en le maintenant à une température immédiatement supérieure à Ar_1 . Toutefois, il n'est pas nécessaire de maintenir le fil-machine à cette température lorsque les fluctuations de température survenant dans ce fil-machine sont inférieures à $200^\circ C$ ou, de préférence, inférieures à $100^\circ C$ lorsque la température

de ce fil atteint Ar_1 .

Le traitement de maintien à température ci-dessus est effectué de la manière suivante : on prévoit une zone de maintien à température le long du transporteur sur lequel défile une bobine continue de fil-machine en enroulements non concentriques, cette bobine de fil étant maintenue à une température réglée dans cette zone. Suivant que la température de maintien descend en dessous de Ar_1 , la transformation d'austénite en ferrite + perlite se déroule au cours de cette période et ainsi, la structure de sorbite envisagée n'est jamais obtenue. De plus, si la température de maintien s'élève nettement au-delà de Ar_1 , il se produit à nouveau une différence de température dans le fil-machine jusqu'à ce que Ar_1 soit atteint, ne permettant pas ainsi de réaliser l'objet de la présente invention. En conséquence, $Ar_1 + 50^\circ C$ sera, de préférence, la limite supérieure.

Le temps de maintien à température dépend du transfert de chaleur ou de la conductibilité du fil-machine et il est déterminé suivant le diamètre de ce fil de la manière suivante : plus de 3 secondes pour un fil-machine d'un diamètre de 5,5 mm, plus de 5 secondes pour un fil-machine d'un diamètre de 9 mm et plus de 7 secondes pour un fil-machine d'un diamètre de 13 mm.

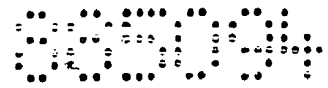
Le procédé de la présente invention sera décrit ci-après plus en détail en se référant au schéma de la figure 2.

Un fil-machine 12 qui est à une température d'environ $1.000^\circ C$ à sa sortie de la dernière cage finisseuse 11 d'un laminoir à chaud, est refroidi à l'eau à une température supérieure à Ar_1 pendant quelques secondes en défilant à travers une conduite de guidage de refroidissement 13 puis, après être passé par des rouleaux pinceurs 14 et une bobine ou un cône 15, il est déposé sur un transporteur 16 réalisé sous forme de plusieurs spires circulaires 17 se chevauchant

librement de manière non concentrique. A ce moment, le fil-machine 12 est soumis à un refroidissement brusque pendant une courte période calculée de telle sorte que les variations ou les fluctuations de température survenant dans sa section et sa longueur soient à ce point importantes qu'il se produise une différence de température d'environ 100-300°C. De plus, étant donné que les enroulements non concentriques du fil-machine déposé sur le transporteur comportent des parties qui se chevauchent, ainsi que d'autres parties qui ne se chevauchent pas, il se produit également une différence de température entre ces parties.

Cette différence de température se produit sur le transporteur si le fil-machine n'est pas refroidi à l'eau dans la conduite de guidage. Si le refroidissement réglé doit commencer dans les conditions mentionnées ci-dessus dans lesquelles il y a une différence de température, en vue d'obtenir un fil-machine d'une qualité égale à celle d'un fil-machine obtenu par patentage au plomb, on ne peut atteindre le but envisagé, c'est-à-dire précisément obtenir un fil-machine d'une qualité égale à celle obtenue par patentage au plomb, car le déroulement de la transformation de structure subit des déviations dans certaines parties du fil-machine et il se produit également des variations de structure.

En conséquence, bien que les enroulements libres et non concentriques 17 du fil-machine soient déplacés sur le transporteur 16, on fait passer ces enroulements 17 à travers un four de maintien à température 18 afin de les maintenir à une température uniforme égale à celle se situant immédiatement au-dessus de Ar_1 sur l'ensemble du fil, à savoir sa section et sa longueur. On peut utiliser



n'importe quel type de four de maintien à température 18, par exemple, un four constitué d'une hotte et d'un dispositif de chauffage prévu sur le transporteur 16 ou encore un appareil à bain de sel, etc. On peut utiliser n'importe quel four pour autant qu'il puisse maintenir le fil-machine à une certaine température. Toutefois, il est à noter que, si la température de maintien est inférieure à A_{r1} , il se produira une transformation d'austénite en ferrite + perlite, si bien que la structure de sorbite envisagée ne pourra être obtenue.

De plus, si la température s'élève nettement au-delà de A_{r1} , lors du processus ultérieur de refroidissement réglé, il se produira à nouveau une différence de température jusqu'à ce que le fil-machine passe par A_{r1} et ainsi, le but envisagé ne pourra pas non plus être atteint, sans compter qu'il se formera également une importante quantité de calamine. L'opération de décalaminage effectuée lors de l'étape ultérieure en sera altérée et la surface du fil-machine sera également détériorée, si bien qu'il est souhaitable de maintenir le fil-machine à une température se situant dans l'intervalle compris entre A_{r1} et $A_{r1} + 50^{\circ}\text{C}$. Le temps de maintien a été décrit ci-dessus.

Après avoir amené le fil-machine à une température immédiatement supérieure à A_{r1} , on le plonge dans un bain de sel 19 à basse température afin de le soumettre à un refroidissement réglé à une vitesse déterminée par la qualité et la dimension du fil-machine en acier.

Les raisons pour lesquelles on utilise ce bain de sel, sont les suivantes : 1) étant donné que la température du bain de sel est maintenue au-delà de la phase M_s , il ne se forme jamais de martensite en passant par M_s ,



même si le temps de refroidissement est trop long ; 2) on peut obtenir une vitesse de refroidissement égale à celle du patentage au plomb par immersion dans un bain à une température supérieure à M_s .

Lors d'un refroidissement brusque à air comprimé et à pulvérisation d'eau, ainsi que lors d'un refroidissement brusque à pulvérisation d'eau, si le fil-machine est refroidi à une vitesse égale à celle du patentage au plomb, il est à ce point difficile de mettre un terme à l'étape de refroidissement au-delà de M_s qu'il se forme de la martensite.

La vitesse de refroidissement envisagée pour obtenir la structure de sorbite tout comme dans le patentage au plomb dépend de la qualité et de la dimension du fil-machine, ainsi qu'on l'a décrit ci-dessus. Afin d'atteindre la vitesse de refroidissement précitée dans le bain de sel 19, il convient d'utiliser un sel d'une forte conductibilité thermique, par exemple, un nitrate, tandis que l'on plonge le fil-machine dans un bain de sel ayant une température nettement inférieure à celle du bain de plomb que l'on emploie dans le traitement connu de patentage au plomb. De préférence, la température du bain de sel doit être supérieure à M_s , mais elle doit être inférieure à 550°C . Si l'on plonge le fil-machine dans un bain de sel à une température inférieure à M_s , il risque de se former de la martensite. En revanche, à une température supérieure à 550°C , la structure de sorbite envisagée suivant l'invention ne peut être obtenue, car la vitesse de refroidissement est assez lente pour la qualité et la dimension du fil-machine envisagé. De plus, si l'on agite le sel contenu dans le bain à basse température, la vitesse de refroidissement envisagée peut être atteinte beaucoup plus aisément.

A titre d'exemple, la figure 3 donne le diagramme de refroidissement d'un fil-machine en acier dur "62B" d'un diamètre de 5,5 mm à 750°C lorsqu'on le plonge dans un bain en fusion de nitrate de sodium, comparativement à un bain de plomb (Pb). La courbe a de la figure 3 se rapporte au bain de sel à 550°C, la courbe b, au bain de plomb (Pb) à 550°C, la courbe c, au bain de sel à 450°C, la courbe d, au bain à 400°C et la courbe e, au bain à 350°C respectivement.

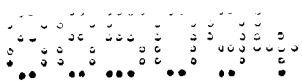
Le tableau 1 ci-après indique la vitesse moyenne de refroidissement immédiatement avant le début de la transformation en perlite pour des fils-machines d'un diamètre de 5,5 mm et de 13 mm réalisés avec la même qualité d'acier.

TABEAU 1

(°C/s)

	Température du bain	Diamètre : 5,5 mm	Diamètre : 13 mm
Sel	550°C	46	16
	450°C	60	22
	400°C	73	25
	350°C	80	32
Pb	550°C	80	28

D'après le tableau 1 et la figure 3, on constate que l'on peut obtenir une vitesse de refroidissement égale à celle atteinte dans le procédé de patentage au plomb en plongeant le fil-machine dans le bain de sel. Après avoir plongé le fil-machine dans le bain de sel 19 à basse température, on le plonge à nouveau dans un bain de sel 20 à haute température. Ainsi qu'on l'a mentionné ci-dessus, lors de l'étape au cours de laquelle la structure de sorbite est obtenue en plongeant le fil-machine dans le bain de sel



19 à basse température et en le refroidissant à une vitesse désirée, l'austénite non transformée subsiste. On plonge le fil-machine tel quel dans le bain de sel à basse température pendant une période prolongée afin d'assurer la transformation complète ; toutefois, il ne se forme pas de martensite, mais plutôt une structure de bainite, si bien que l'on ne peut obtenir un fil-machine d'une qualité égale à celle obtenue par patentage au plomb.

Toutefois, alors que l'on pourrait obtenir un fil-machine d'une qualité proche de celle obtenue par patentage au plomb, une ligne de fabrication atteindrait alors une longueur totale économiquement désavantageuse, car il faudrait prolonger la période d'immersion. En conséquence, on plonge le fil-machine dans le bain de sel 19 à basse température pour le refroidir à une vitesse désirée de telle sorte qu'il passe par la température du nez du diagramme de transformation par refroidissement continu, après quoi on le plonge à nouveau dans le bain de sel 20 à haute température pour le réchauffer à une température égale à celle du nez du diagramme de transformation temps/température, assurant ainsi la transformation complète de l'austénite non transformée pendant une courte période ; de la sorte, on obtient la structure de sorbite complète. La température élevée du bain de sel est, de préférence, égale à celle du nez du diagramme de transformation temps/température et elle se situe dans l'intervalle compris entre 500 et 600°C suivant la composition chimique de l'acier dont est constitué le fil-machine. Le temps de maintien à température dépend de la conductibilité thermique et du diamètre du fil-machine. De préférence, ce temps de

maintien est supérieur à 10 secondes. Pour ce traitement, il est approprié de plonger le fil-machine dans un bain de sel fondu, car le fil doit être chauffé à une température élevée pendant une très courte période, de façon à passer par le point Pf du diagramme de transformation temps/température, cependant qu'il ne doit pas être surchauffé. Si l'on utilise un four chauffé au gaz, un four chauffé par résistance ou analogues, il faut beaucoup trop de temps pour élever la température ou l'on risque de provoquer une surchauffe, si bien que l'on ne peut obtenir la structure envisagée. En conséquence, ces types de fours ne sont pas souhaitables.

Lorsque le fil-machine quitte le bain de sel 20, on le plonge dans une cuve de lavage 21 afin de le débarrasser du sel qui y est fixé. Après avoir assuré la transformation complète dans le bain de sel 20 à haute température, le fil-machine peut être refroidi librement, car il n'y a aucun risque de formation de martensite. Toutefois, si le sel reste fixé au fil-machine, il en résulte une formation de rouille et une corrosion. Dès lors, on doit procéder à un lavage et l'on doit également régénérer le sel. On effectue le lavage et le nettoyage en pulvérisant de l'eau sur le fil-machine en amont et en aval du rouleau de transport, ainsi qu'en utilisant, en combinaison, une cuvette de lavage 21 et, en plus de cette dernière, une pulvérisation d'eau, comme représenté en figure 2. Le fil-machine ainsi lavé et nettoyé est recueilli dans une cuvette 22.

On décrira ci-après des exemples.

Les tableaux 4 et 5 donnent les résultats des différents traitements thermiques énumérés dans le tableau 3 et effectués sur des fils-machines en acier dur "62B", "72B" et "82B" d'un diamètre de 5,5-12,7 mm, les compositions

chimiques de ces fils étant indiquées dans le tableau 2. Un type de traitement thermique D suivant la présente invention est illustré en figure 4 qui montre, dans sa partie hachurée, la gamme de variations ou de fluctuations se produisant entre des parties localisées d'un fil-machine, le chiffre 1 indiquant la température se situant immédiatement au-dessus de A_{r1} , le chiffre 2, le refroidissement réglé et le chiffre 3, la température du nez du diagramme de transformation temps/température respectivement.

TABLEAU 2

(Echantillon : %)

Qualité d'acier	C	Si	Mn	P	S
Fil-machine en acier dur "62B"	0,63	0,25	0,48	0,015	0,009
Fil-machine en acier dur "72B"	0,72	0,28	0,81	0,018	0,012
Fil-machine en acier dur "82B"	0,81	0,29	0,79	0,013	0,008

TABLEAU 3

Type de traitement thermique

Type de traitement thermique	Maintien au-delà de A_{r1}	Refroidissement réglé	Transformation isotherme
A (patentage direct de la technique antérieure)	Non effectué	Effectué	Non effectuée
B (exemple comparatif)	Effectué	Effectué	Non effectuée
C (exemple comparatif)	Non effectué (différence de température : 200°C)	Effectué	Effectuée
D ₁ (suivant la présente invention)	Non effectué (différence de température : 100°C)	Effectué	Effectuée
D ₂ (suivant la présente invention)	Effectué	Effectué	Effectuée

TABLEAU 4

Qualité d'acier	Diamètre (mm)	Limite inférieure de refroidissement (°C)	Transformation isotherme		Résistance à la rupture (kg/mm ²)	Réduction de surface (%)	Remarque
			Température (°C)	Durée (secondes)			
Fil-machine en acier dur "62A"	5,5	400	550	15	107~115	50~59	*
		400	-	-	100~117	35~50	*1
		Patentage au plomb			108~113	51~58	
Fil-machine en acier dur "82B"	5,5	400	550	15	126~134	42~47	*
		400	-	-	100~129	0~43	*1
		500	-	-	124~135	35~47	*2
		Patentage au plomb			125~133	42~49	
Fil-machine en acier dur "82B"	13	400	550	20	120~127	36~45	*
		400	-	-	115~130	25~40	*2
		Patentage au plomb : fil-machine comparatif			119~125	37~45	

Remarques : * Structure de sorbite suivant la présente invention.

*1 Présence d'une structure de martensite mixte.

*2 Présence d'une certaine partie de structure de martensite mixte.



TABLEAU 5

Propriétés mécaniques. structure

Qualité d'acier	Dia- mètre (mm)	Type de traite- ment thermi- que	Résistance à la rup- ture (kg/mm ²)		Réduction de surfa- ce		Structure
			$\bar{X}$	R	$\bar{X}$	R	
Fil-ma- chine en a- cier dur "62A"	5,5	A	105	33	30	35	Variation pour chaque é- chantillon, par exemple, perlite, sorbite et mar- tensite
		B	113	12	54	15	Principalement sorbite, Micromartensite mixte et bainite
		C	109	14	50	18	Variation pour chaque é- chantillon, par exemple, martensite trempée, perlite et sorbite
		D ₁	111	9	52	10	Principalement sorbite, certaines variations
		D ₂	111	7	54	6	Principalement sorbite
		Patén- tage au plomb	109	5	55	7	Principalement sorbite
Fil-ma- chine en acier dur "72B"	5,5	A	109	32	31	45	Variation, par exemple, perlite, sorbite et mar- tensite
		B	118	15	50	20	Principalement sorbite, beaucoup de micromartensite
		C	121	15	48	17	Variation, par exemple, perlite, sorbite et marten- site trempée
		D ₁	122	8	51	11	Principalement sorbite, certaines variations
		D ₂	123	5	53	7	Principalement sorbite
		Patén- tage au plomb	122	6	52	7	Principalement sorbite

TABLEAU 5 (suite)

Qualité d'acier	Dia- mètre (mm)	Type de traite- ment thermi- que	Résistance à la rup- ture (kg/mm ²)		Réduction de sur- face		Structure
			$\bar{X}$	R	$\bar{X}$	R	
Fil-ma- chine en acier dur "82B"	13	A	103	38	25	40	Variation, par exemple, perlite, sorbite et mar- tensite
		B	124	21	35	28	Principalement sorbite, y compris micromartensite
		C	120	23	34	22	Variation, par exemple, perlite, sorbite et mar- tensite trempée
		D ₁	122	9	39	10	Principalement sorbite, certaines variations
		D ₂	123	7	41	9	Principalement sorbite
		Patén- tage au plomb	122	6	39	7	Principalement sorbite

Comme on le constate clairement d'après les tableaux 4 et 5, par les traitements D₁ et D₂ suivant la présente invention, on peut obtenir un fil-machine d'une qualité égale à celle obtenue par le traitement classique de patantage au plomb. La martensite est mixte dans le fil-machine obtenu par le traitement B dans lequel on n'effectue pas le maintien à la température du nez du diagramme de transformation temps/température, si bien que l'on ne peut obtenir un fil-machine d'une qualité identique à celle du traitement de patantage au plomb. De plus, la structure obtenue à la suite du traitement A dans lequel on n'effectue pas le maintien à la température du nez du diagramme de transformation temps/température, est constituée d'un mélange variable de perlite, de sorbite et de martensite et, en outre, on observe d'importantes

fluctuations ou variations parmi de nombreuses parties
du fil machine.

Bien que l'invention ait été décrite et illus-
trée schématiquement en se référant à certaines de ses
formes de réalisation préférées, il est entendu que des
modifications peuvent y être apportées sans se départir
de son esprit, ces modifications rentrant dans le cadre
de la présente invention tel qu'il est défini par les
revendications ci-après.

REVENDICATIONS

1. Procédé de traitement thermique direct d'un fil-machine en acier laminé à chaud directement après la dernière cage finisseuse d'un laminoir à chaud, caractérisé en ce qu'il comprend une série d'étapes consistant à soumettre le fil-machine à un refroidissement réglé à une température ne descendant pas en dessous de M_s à une vitesse permettant de former la structure de sorbite dans ce fil-machine en utilisant la chaleur retenue de ce dernier à sa sortie de la dernière cage finisseuse du laminoir à chaud, réchauffer ce fil-machine à une température pratiquement égale à celle du nez du diagramme de transformation temps/température de ce fil-machine, puis maintenir ce dernier à cette température pendant une période suffisante pour assurer la transformation pratiquement complète de l'austénite non transformée en une structure de sorbite.

2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend une série d'étapes consistant à soumettre ce fil-machine à ce refroidissement réglé à une température de M_s à 550°C à cette vitesse afin de former cette structure de sorbite dans ce fil-machine en utilisant la chaleur retenue par ce dernier à sa sortie de la dernière cage finisseuse du laminoir à chaud, puis réchauffer ce fil-machine à une température se situant dans l'intervalle de 500 à 600°C .

3. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'on effectue le refroidissement réglé à une température se situant dans un intervalle déterminé par une période plus longue que celle au cours de laquelle la partie à température maximum du fil-machine laminé à chaud

passer par le nez du diagramme de transformation par refroidissement continu, cette période étant cependant plus courte que celle au cours de laquelle la partie à température minimum de ce fil-machine laminé à chaud atteint la phase M_s .

4. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que la différence entre la température maximum et la température minimum du fil-machine laminé à chaud lors de ce refroidissement réglé est inférieure à 200°C .

5. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce que le fil-machine laminé à chaud est maintenu à une température se situant dans l'intervalle compris entre A_{r1} et $A_{r1} + 50^{\circ}\text{C}$ en utilisant la chaleur retenue par ce fil-machine laminé à chaud.

6. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend une série d'étapes consistant à amener ce fil-machine laminé à chaud dans un four où il est maintenu à une température se situant dans l'intervalle compris entre A_{r1} et $A_{r1} + 50^{\circ}\text{C}$, faire passer ce fil-machine dans un bain de sel maintenant une température comprise entre M_s et 550°C de façon à effectuer le refroidissement réglé, puis faire passer le fil-machine dans un bain de sel maintenant une température se situant dans l'intervalle allant de 500 à 600°C afin de réchauffer ce fil et enfin, laver ce dernier.

7. Procédé de traitement thermique direct d'un fil-machine en acier laminé à chaud, substantiellement tel que décrit précédemment et illustré aux dessins annexés.

p.pon de : Société dite : NIPPON STEEL CORPORATION.
Anvers, le 5 septembre 1980.

p.pon de : Bureau des Brevets et des
Marques M.F.J.Bockstael.

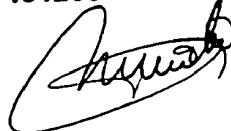


FIG. 1

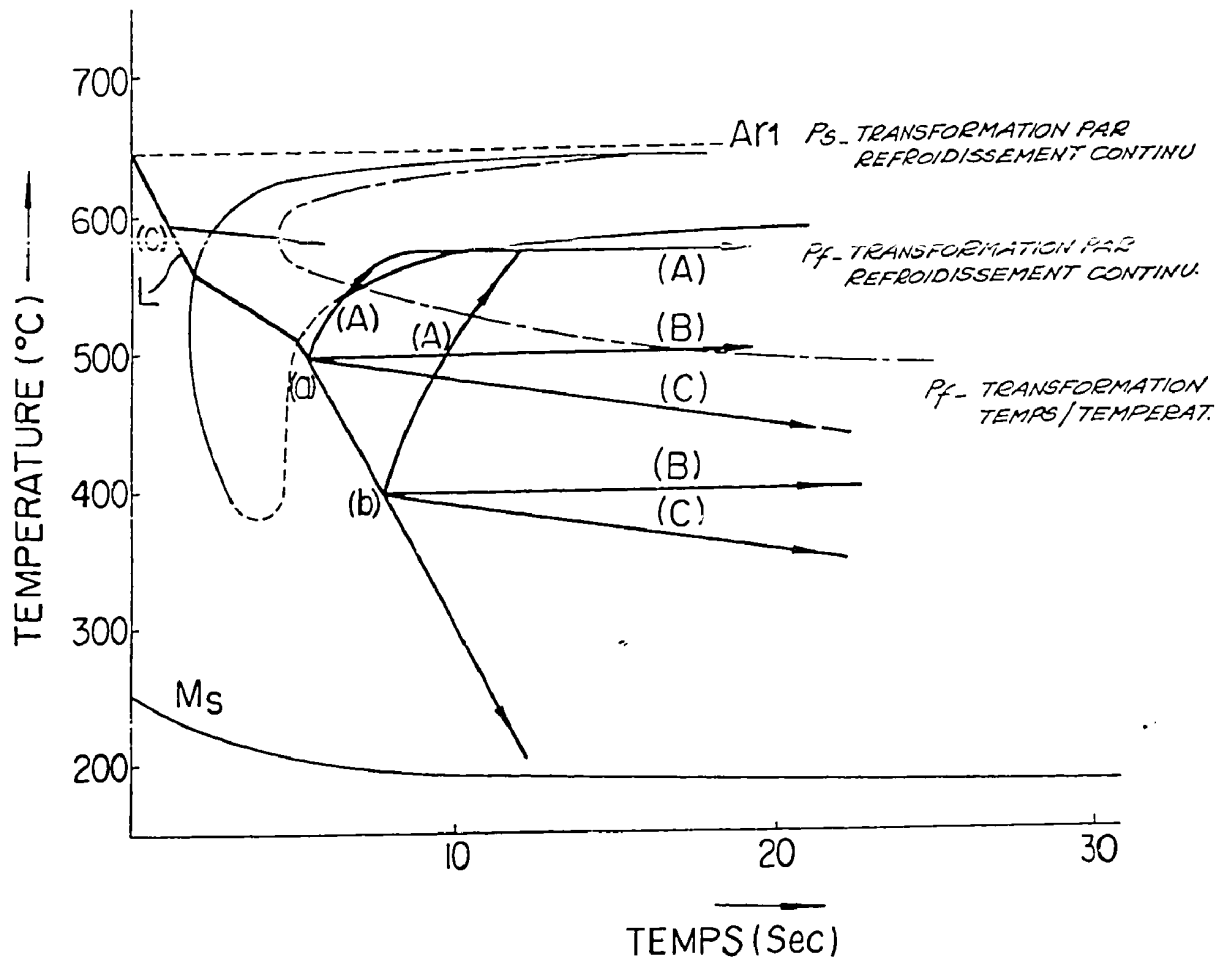


FIG. 2

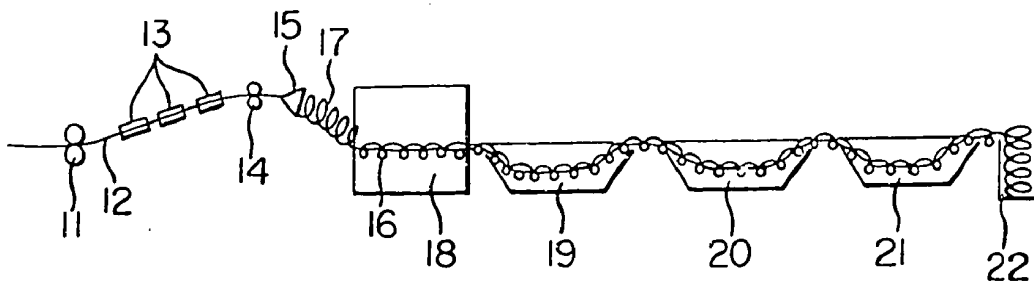


FIG. 3

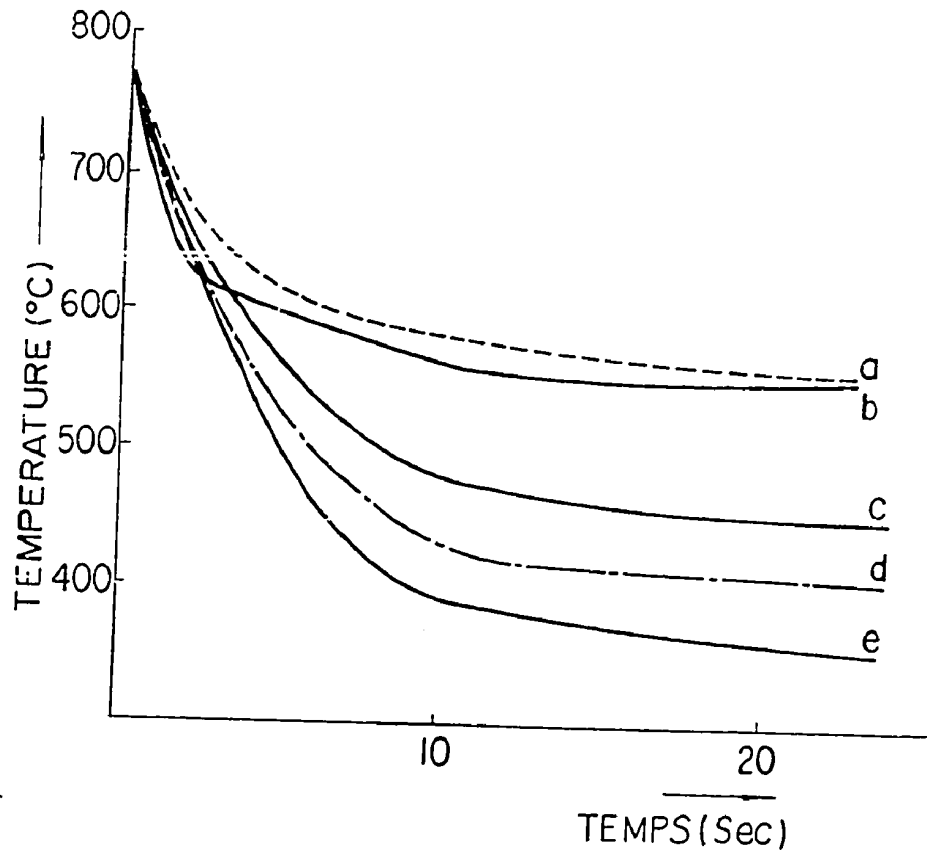


FIG. 4

