

82058
Brevet N°
du 04.01.1980
Titre délivré: 23 AVR. 1980

GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG

D-80/01



Monsieur le Ministre
de l'Économie Nationale et des Classes Moyennes
Service de la Propriété Industrielle
LUXEMBOURG

Demande de Brevet d'Invention

I. Requête

Société dite: Stahlwerke Peine-Salzgitter AG, D-3320 Salzgitter (1)
41, Allemagne Fédérale, représentée par Jean Waxweiler,
21-25 Allée Scheffer, Luxembourg, agissant en qualité de
mandataire (2)

dépose ce quatre janvier mil neuf cent quatre-vingt (3)
à 15.00 heures, au Ministère de l'Économie Nationale et des Classes Moyennes, à Luxembourg :

1. la présente requête pour l'obtention d'un brevet d'invention concernant :

Acier à béton soudable et procédé d'obtention de cet acier. (4)

déclare, en assumant la responsabilité de cette déclaration, que l'(es) inventeur(s) est (sont) :

VLAD Constantin M., Im kleinen Lah 8, D-3321 Nordassel
FELDMANN Ulrich, Hasenwinkel 9a, D-3300 Braunschweig (5)

2. la délégation de pouvoir, datée de Salzgitter le 20 décembre 1979

3. la description en langue française de l'invention en deux exemplaires ;

4. 7 planches de dessin, en deux exemplaires ;

5. la quittance des taxes versées au Bureau de l'Enregistrement à Luxembourg,

le quatre janvier mil neuf cent quatre-vingt

revendique pour la susdite demande de brevet la priorité d'une (des) demande(s) de

(6) brevet déposée(s) en (7) Allemagne Fédérale

le cinq janvier mil neuf cent soixante dix-neuf sous le no. (8)
P 29 00 271.9

au nom de Société dite: Stahlwerke Peine-Salzgitter AG (9)

élit domicile pour lui (elle) et, si désigné, pour son mandataire, à Luxembourg

Jean Waxweiler, 21-25 Allée Scheffer, Luxembourg (10)

sollicite la délivrance d'un brevet d'invention pour l'objet décrit et représenté dans les annexes
susmentionnées, — avec ajournement de cette délivrance à / mois.

Le mandataire

II. Procès-verbal de Dépôt

La susdite demande de brevet d'invention a été déposée au Ministère de l'Économie Nationale
et des Classes Moyennes, Service de la Propriété Industrielle à Luxembourg, en date du :

04.01.1980

à 15.00 heures

Pr. le Ministre
de l'Économie Nationale et des Classes Moyennes,
p. d.

A 68007

(1) Nom, prénom, firme, adresse — (2) s'il y a lieu représenté par ... agissant en qualité de mandataire
dépôt en toutes lettres — (4) titre de l'invention — (5) noms et adresses — (6) brevet, certificat d'addition
— (7) pays — (8) date — (9) déposant originaire — (10) adresse — (11) 6, 12 ou 18 mois.

REVENDEICATION DE PRIORITÉ

D-80/01

Dépôt de la demande de brevet

en Allemagne Fédérale

du 5 janvier 1979

sous le numéro

P 29 00 271.9

Herpweil

M E M O I R E D E S C R I P T I F

DEPOSE A L'APPUI D'UNE DEMANDE

DE BREVET D'INVENTION

AU GRAND-DUCHE DE LUXEMBOURG

Société dite:

par:

STAHLWERKE PEINE-SALZGITTER AG

pour:

ACIER A BETON SOUDABLE ET PROCEDE
D'OBTENTION DE CET ACIER.

2

La présente invention a pour objet un acier à béton soudable dont la teneur en carbone est inférieure à 0,25 %, et qui présente, sans qu'il ait été soumis à un traitement ultérieur tel que déformation à froid, trempe au plomb, ou revenu superficiel, une limite d'étirage $\beta_{0,2}$ d'au moins 500 N/mm², et une résistance à la traction d'au moins 550 N/mm², cet acier étant constitué concentriquement par une âme ou noyau recouvert par une couche superficielle, où le noyau a une structure complexe contenant de la perlite, de la ferrite et, le cas échéant, d'autres constituants, tandis que la couche superficielle contient de la martensite adoucie.

L'invention couvre ^{aussi} un procédé d'obtention d'un tel acier à béton.

On sait que l'on peut utiliser comme aciers à béton à résistance élevée des aciers dont la composition chimique comporte 0,35 à 0,45 % de carbone, jusqu'à 1,3 % de manganèse, 0,2 à 0,3 % de silicium avec les impuretés habituelles. L'obtention de ces aciers est, il est vrai, économique, étant donné que l'on prend principalement pour assurer la résistance, du carbone, du manganèse et du silicium. Cependant, les possibilités de déformation de ces aciers sont relativement faibles et, en particulier, il leur manque la facilité de soudage.

On connaît, d'autre part, des fers à béton soudables présentant une teneur faible en carbone (0,28 % au maximum) avec une teneur en silicium de 0,5 % et une teneur en manganèse de 1,6 % au maximum, ainsi que les impuretés habituelles et, de plus, une teneur en cuivre d'au moins 0,2 % (voir ASTM Désignation A 44 0-74 page 336). Ces derniers aciers sont d'ailleurs soumis à une déformation à froid. Ces aciers à béton soudables ont l'inconvénient important consistant en ce qu'ils présentent, déjà après une courte période de vieillissement,

sement et à des températures comprises entre la température ambiante et 800°, une perte notable en limite d'étirage et de résistance à la traction. Cependant de telles températures apparaissent au cours du soudage ou d'un pliage à chaud des aciers à béton sur les chantiers.

Un acier à béton ayant les propriétés énoncées au début de ce mémoire et ne présentant pas les inconvénients précités est décrit dans la demande de brevet allemand 24 26 920. Un procédé particulier de refroidissement permet d'obtenir avec cet acier des ronds à béton comprenant plusieurs microstructures à fines granulations. La périphérie du rond est constituée par un acier à martensite-bainite fortement adoucie, tandis que le noyau du rond est constitué par un acier à structure allant de la ferrite-bainite jusqu'à la ferrite-perlite plus de la bainite. D'autre part, la teneur en perlite et bainite doit, de préférence, être supérieure à la teneur en ferrite.

Ce dernier acier présente les propriétés désirées de soudabilité ainsi qu'une résistance suffisamment élevée à la traction et des valeurs de limite d'étirage suffisamment importantes. On a constaté, par contre, que le point de rupture de cet acier devrait être amélioré. Il tend en effet à présenter des amorces de fissures et par suite son comportement est médiocre en présence de vibrations prolongées.

C'est pourquoi l'invention se propose l'obtention d'un acier conservant les propriétés favorables de l'acier connu tout en présentant moins de risques de fissuration, c'est-à-dire des meilleures valeurs pour l'élongation de rupture.

Le problème ainsi posé est résolu, conformément à l'invention, par un acier à béton soudable du type décrit, dont le noyau est constitué par une structure complexe de

perlite et de ferrite exclusivement dont la teneur en ferrite est comprise entre 20 et 80 %, ce noyau étant au contact, direct et sans couche intermédiaire, d'une couche superficielle constituée elle-même par de la martensite pure adoucie.

L'acier conforme à l'invention est ainsi caractérisé par sa constitution à deux couches concentriques pures, toutes deux entièrement débarrassées de toute bainite. Cet acier conforme à l'invention présente à la fois de bonnes propriétés de soudabilité et les propriétés mécaniques exigées par les normes allemandes DIN-Norm 488 ainsi qu'une elongation de rupture sensiblement meilleure, de telle sorte qu'il est notablement moins sensible à un amorçage de fissuration, et présente un meilleur comportement vis-à-vis de vibrations prolongées.

Suivant une forme d'exécution préférée, l'acier à béton contient dans son noyau en proportions à peu près égales la ferrite et la perlite. On a constaté que ce nouvel acier convient parfaitement pour la confection des barres nervurées d'armature grâce à ce que les deux couches épousent la forme des nervures de telle sorte que ces dernières présentent les mêmes propriétés mécaniques que les barres non nervurées.

De plus, il est avantageux de donner à la couche superficielle une fraction de la section droite totale égale à au moins 20 % et de préférence à 33 %.

Le nouvel acier à béton présente encore l'avantage d'être économique et de pouvoir être rapidement obtenu sur un train de fil machine. Le procédé conforme à l'invention est caractérisé par l'ensemble des points suivants :

- a) on forme l'acier à béton sur un train de fil machine.
- b) le produit laminé est soumis, lorsqu'il a quitté le train finisseur à un refroidissement énergique, de préférence en

plusieurs stades.

- c) le refroidissement permet de refroidir la surface extérieure du produit laminé au-dessous d'une température permettant la formation de martensite.
- d) le refroidissement est effectué avec une intensité suffisante pour que la température d'équilibre entre le noyau et la surface extérieure soit atteinte avant qu'une transformation en bainite, ferrite ou perlite puisse se produire et que cette température d'équilibre se trouve à peu près dans la gamme des températures où puisse apparaître le plus tôt possible la transformation de l'austénite en ferrite et en perlite.
- e) lorsqu'est atteinte la température d'équilibre, cette température est maintenue à peu près constante, jusqu'à la fin de la transformation en perlite, après quoi, le produit laminé est soumis à un refroidissement final lent.

Suivant une forme d'exécution préférée, le produit laminé est dévidé immédiatement après l'exécution du refroidissement et est refroidi à l'air sur le dévidoir. On assure ainsi aussi bien la transformation isotherme recherchée par l'invention que le revenu de la martensite dans la zone périphérique et cela d'une manière immédiate et directe, grâce à la chaleur de laminage, c'est-à-dire sans qu'aucune autre mesure ne soit nécessaire.

Le procédé préconisé permet d'obtenir rapidement et en toute sécurité l'acier à béton désiré sans qu'il y ait à faire de gros investissements à cet effet. L'acier à béton se laisse obtenir avec une facilité surprenante sur un train de fil machine et il est traité de telle manière que l'on peut atteindre sans gros investissements et dès l'obtention telle quelle de l'acier des propriétés auxquelles on aspire depuis

longtemps.

On utilise suivant une variante préférée du procédé un acier ordinaire d'un diamètre ou d'une épaisseur allant jusqu'à 13 mm. Dans un acier ordinaire, la somme de tous les constituants d'alliage, c'est-à-dire du manganèse, du silicium, du soufre etc, est inférieur en teneur à 1,7 %. Cet acier ordinaire est d'un prix particulièrement intéressant et peut être utilisé pour la préparation de l'acier à béton de qualité supérieure conforme à l'invention, si l'on applique un refroidissement normal par eau lorsque l'épaisseur de l'acier à béton est inférieure à 13 mm.

Pour que l'on n'ait pas à recourir à de trop fortes dépenses pour le refroidissement, il est avantageux d'utiliser pour l'obtention d'un acier à béton d'un diamètre inférieur ou égal à 13 mm, un acier ordinaire comportant des micro-constituants d'alliage dont la teneur peut aller jusqu'à 0,03 %.

On pourrait encore, suivant une autre variante, utiliser dans le cas de diamètres compris entre 13 et 26 mm, un acier dont la teneur en constituants d'alliage se situe au total entre 1,7 et 3 %. Pour des diamètres supérieurs à 25 mm, il faut incorporer à l'acier des micro-constituants d'alliage dont la teneur totale peut aller jusqu'à 0,03 %.

Ces indications relatives aux constituants d'alliage reposent sur le fait que la transformation de l'austénite en ferrite, en perlite ou en bainite, est repoussée dans le temps par l'utilisation d'un acier contenant des constituants ou des micro-constituants d'alliage.

On a constaté que le procédé conforme à l'invention se laisse exécuter d'une manière économique lorsque le premier stade du refroidissement s'effectue en moins de 0,2 secondes.

On va maintenant décrire avec plus de détail l'acier

conforme à l'invention et son procédé d'obtention en se référant aux dessins ci-joints où :

La Fig. 1 reproduit la photographie d'une coupe d'un acier à béton suivant la demande de brevet précitée 24 26 920.

Les Figs. 2a à 2d reproduisent des images photographiques agrandies 500 fois de la structure présentée par l'acier à béton habituel, telle qu'elle apparaît sur un échantillon poli.

La Fig. 3 reproduit la photographie d'une coupe d'un acier à béton conforme à l'invention.

Les Figs. 4a et 4b reproduisent des images photographiques agrandies 500 fois des deux structures de l'acier à béton conforme à l'invention vues sur des échantillons polis.

La Fig. 5 est un graphique faisant comprendre l'allure du refroidissement contrôlé conformément à l'invention.

La Fig. 6 est un tableau faisant apparaître l'allure du refroidissement pour des aciers à béton de différents diamètres et leur comportement au cours de ce refroidissement.

La Fig. 7 est un graphique en temps et en températures pour un acier normal à faible teneur en carbone.

La Fig. 8 est une représentation graphique en coordonnées temps et températures pour un acier spécial à faible teneur en carbone.

Les Figs. 1 et 2 représentent des photographies de l'acier à béton décrit dans la demande de brevet allemand 24 26 920. On voit nettement sur la Fig. 1 que cet acier présente dans sa section droite au moins quatre couches concentriques. La couche extérieure est constituée par de la martensite-bainite adoucie et cette

couche est adjacente intérieurement à une couche intermédiaire de bainite. On trouve ensuite une couche annulaire de ferrite et de bainite tandis que le noyau est constitué essentiellement par de la ferrite et de la perlite.

Ces quatre structures élémentaires sont représentées sur les images d'échantillons polis des Figs. 2a à 2d avec un agrandissement de 500 fois. La couche extérieure à bandes fines en martensite et bainite, adoucie, se distingue nettement de la couche intermédiaire en bainite représentée en Fig. 2b. Une structure plus grossière est celle de la couche attenante en ferrite et bainite telle qu'on le voit sur la fig. 2c. La structure du noyau apparaît en fig. 2d où les taches sombres représentent les éléments de perlite et les taches claires les éléments de ferrite.

Les Figs. 3 et 4 représentent des images d'échantillons polis de l'acier à béton conforme à l'invention, comprenant uniquement deux couches. La couche périphérique est constituée par de la martensite pure adoucie par revenu et est immédiatement adjacente à la couche formant le noyau à structure perlite-ferrite pure. Ceci se voit clairement sur les figs. 4a et 4b dont la fig. 4a présente la couche extérieure en martensite adoucie et la fig. 4b la transition brusque entre la structure martensite et la structure facile à distinguer en ferrite-perlite.

Les images d'échantillons polis de la fig. 4 sont agrandies 500 fois. La constitution stricte à deux couches de l'acier conforme à l'invention assure des propriétés avantageuses, jusqu'à présent inattendues, telles qu'elles ont été explicitées ci-dessus.

On va maintenant décrire avec plus de détails le procédé

de confection de l'acier considéré en se référant à titre d'exemple aux figs 5 à 8. La fig. 5 est un graphique représentant le refroidissement d'un acier à béton, commençant à 850° sur le trajet du refroidissement pour y subir un refroidissement par eau en trois stades. Dès qu'il a quitté le trajet du refroidissement, l'acier est envidé et refroidi à l'air sur l'envidoir. Le produit laminé ainsi envidé encourt une transformation isotherme où l'austénite du noyau est transformée en perlite et en ferrite, et l'énergie libérée par la transformation soumet la martensite de la couche extérieure à une revenu. On décrira ci-après plus complètement ces phénomènes. La partie gauche de la fig. 5 montre le refroidissement lent du produit laminé pendant qu'il traverse le train finisseur. A partir du point définissant le temps t_0 , le produit laminé pénètre sur le trajet du refroidissement et demeure pendant à peu près 0,15 secondes dans le premier stade du refroidissement. Le troisième stade du refroidissement dure environ 0,15 secondes.

Sur la fig. 5 est représentée à part une coupe du produit laminé, subdivisée pour faire comprendre l'allure du refroidissement, en cercles concentriques. Le cercle extérieur est désigné par 1 et le centre du produit laminé par 4. Le cercle désigné par 2a un diamètre égal sensiblement à la moitié de celui du fil et le cercle désigné par 3 présente un diamètre égal au quart de ce diamètre du fil. Le cercle désigné par 1a a un rayon égal aux $9/11$ du rayon R du produit laminé et il définit à peu près la limite séparant la couche martensitique de la zone centrale formant le noyau.

Les couches correspondantes désignées par 1, 1a, 2, 3 et 4 font apparaître l'allure des températures dans les zones annulaires définies par 1, 1a, 2, 3 et 4 au cours du refroidis-

sement. La zone extérieure est ainsi refroidie au-dessous de la température de formation de la martensite M_S de telle sorte qu'il se forme une couche extérieure en martensite entre les cercles 1 et 1a. Etant donné que le noyau se refroidit, bien entendu, moins vite, la couche de martensite entre les cercles 1 et 1a est réchauffée à nouveau par la chaleur contenue dans le noyau de telle sorte que, d'une part, la martensite subit un revenu et que d'autre part on atteint une température d'équilibre T_A . Cette arrivée à la température T_A équivaut au fait que le produit laminé présente sur la totalité de sa section droite la même température à la fin du refroidissement. Cette température est ensuite maintenue jusqu'à ce que la transformation de l'austénite en ferrite et en perlite soit achevée. C'est alors qu'un refroidissement final peut être effectué. Il faut choisir la température d'équilibre T_A , de telle manière que pendant la transformation isotherme qui s'ensuit la zone bainite B ne soit pas entamée. De plus, cette température doit se trouver dans la zone englobant le point où peut se produire au plus tôt la transformation de l'austénite en ferrite, ce qui assure une transformation de l'austénite en ferrite et en perlite aussi rapide que possible et ne dégénère pas en un processus de plus longue durée.

La fig. 5 montre clairement que l'invention permet d'éviter la formation de bainite grâce à ce que la température d'équilibre est atteinte avant que la transformation en ferrite ne puisse être effectuée et, de plus, que la transformation isotherme empêche la zone de bainite d'être traversée au cours du refroidissement.

Les courbes de transformation choisies apparaissant en fig. 5 correspondent aux diagrammes habituels des transformations en fonction du temps et de la température : F désigne

la zone de formation de la ferrite, P celle de la formation de la perlite, B celle de la formation de la bainite et M_s la température au-dessous de laquelle commence la formation de la martensite. L'austénite lorsqu'elle est refroidie au-dessous de cette température à laquelle commence la formation de la martensite se transforme aussitôt en martensite. Le tableau de la fig. 6 indique à titre d'exemple une allure possible du refroidissement pour différents diamètres d'acier compris entre 5,5 et 30 mm. On y part d'une température d'entrée de 850° en supposant qu'il s'agit d'un acier spécial ordinaire, c'est-à-dire d'un acier où la somme des constituants d'alliage ne dépasse pas une teneur de 1,7 %.

Il apparaît ainsi clairement que la durée du premier stade du refroidissement ne dépasse jamais 0,2 secondes. Alors que pour un diamètre de 5,5 mm un seul stade de refroidissement suffit, on peut prévoir pour des diamètres supérieurs jusqu'à 8 stades de refroidissement. L'ensemble du refroidissement est alors terminé au bout de trois secondes au plus tard. La colonne suivant celles indiquant les durées totales du refroidissement indique la durée s'écoulant jusqu'à l'obtention de la température d'équilibre. Ici les aciers à béton se subdivisent en trois groupes I, II, III d'après leur diamètre. Le premier groupe comprend les épaisseurs ou diamètres allant de 5,5 à 13 mm, le second groupe allant de 13 à 25 mm et le troisième groupe de 25 à 30 mm.

A l'intérieur du premier groupe, la température d'équilibre est atteinte en moins de deux secondes environ, à l'intérieur du deuxième groupe en moins de 10 secondes et à l'intérieur du troisième groupe en moins de 14 secondes. Ces chiffres ont une signification importante pour les applications du refroidissement, comme on le démontrera ci-après

avec plus de détails.

Dans les colonnes suivantes de la fig. 6 sont indiquées les températures du noyau à la fin de chaque stade du refroidissement pour les différents diamètres du produit laminé. On entend ici par l'expression "noyau" le diamètre $r = 0$. De plus, une dernière colonne indique pour chaque diamètre de fil la température d'équilibre obtenue.

Les figs. 7 et 8 font comprendre la signification de la subdivision ci-dessus en trois groupes de diamètres croissants. La fig. 7 est un diagramme des transformations en fonction du temps et de la température pour un acier ordinaire à teneur faible en carbone, inférieure ou égale à 0,25 %. Il est ainsi possible de pouvoir après environ 2 secondes et une température d'environ 500°, assurer le plus tôt possible la transformation de l'austénite en ferrite. Suivant les enseignements de l'invention, la température d'équilibre doit être atteinte à ce moment. Il s'ensuit qu'en utilisant le refroidissement par eau, tel qu'il est défini par le tableau de la fig. 6, on peut traiter des aciers ordinaires d'un diamètre allant jusqu'à 13 mm. La température d'équilibre se situe alors quelque peu au-dessus de 500°.

A titre de comparaison, le graphique de la fig. 8 correspond à un acier à faible teneur en carbone où la somme des constituants d'alliage est comprise entre 1,7 et 3 %. Il apparaît clairement par là que la transformation de l'austénite en ferrite peut être obtenue au moment survenant le plus tôt possible, qu'au bout d'environ 10 secondes. De plus, il faut remarquer qu'il faut choisir une température d'équilibre sensiblement supérieure, étant donné que cette transformation obtenue avec la rapidité maxima possible en ferrite se produit à environ 700°. L'addition de constituants d'alliage

2

peut ainsi retarder le moment où cette transformation peut s'effectuer au plus tôt, de telle sorte que pour atteindre la température d'équilibre, on dispose de plus de temps.

Un résultat semblable, à savoir un décalage du moment dans le sens du retard, où se produit au plus tôt la transformation de l'austénite en ferrite, peut être obtenu par addition de micro-constituant d'alliage, tels que le niobium, le vanadium ou le molybdène. Contrairement à l'utilisation d'aciers spéciaux, suivant la fig. 8, les courbes de transformation de la fig. 7 sont alors simplement décalées d'une décade vers la droite, sans qu'en plus la position relative ou la forme des couches de transformation soit modifiée. C'est pourquoi l'addition de micro-constituants d'alliage ne modifie pas la température d'équilibre, contrairement à l'addition des autres constituants d'alliage.

En conservant le refroidissement par eau défini par le tableau de la fig. 6, il est nécessaire, pour obtenir un acier à béton d'un diamètre supérieur ou égal à 13 mm, d'utiliser soit un acier spécial où la teneur totale en constituants d'alliage est comprise entre 1,7 et 3 %, soit un acier à micro-constituants d'alliage (vanadium, niobium, ou molybdène) dont la teneur va jusqu'à 0,08 %.

Pour des diamètres supérieurs à 25 mm, il faut accroître dans un acier spécial la somme des constituants d'alliage au-dessus de 3 %. Ceci n'est pas en général à recommander de telle sorte que, pour de tels diamètres, il faut utiliser seuls ou ajouter des micro-constituants d'alliage.

Au lieu de modifier les teneurs des constituants d'alliage de l'acier, on pourrait aussi bien accélérer le refroidissement pour atteindre plus tôt la température d'équilibre. Un tel refroidissement ne serait cependant pas économique.

Les diagrammes des figs 7 et 8 montrent, de plus, que la teneur de ferrite et de perlite dans le noyau est influencée par le choix de cette température d'équilibre.

Dans les exemples décrits ci-dessus, on est parti d'un produit laminé présentant, à l'entrée dans le parcours refroidisseur, une température de 850°. On peut admettre aussi d'autres températures à condition que cette température soit au moins assez élevée pour que l'austénite soit encore stable tout en étant assez basse pour que le refroidissement du produit laminé jusqu'à la température d'équilibre puisse s'effectuer sans dépasser les durées imposées. Cela signifie que l'on peut, plus particulièrement dans le cas des petits diamètres du produit, s'accomoder de températures d'entrée plus élevées du produit laminé pénétrant sur le trajet de refroidissement. Cependant, au total, la température de 850° s'est avérée comme convenant particulièrement bien au but proposé.

La transformation isotherme de l'austénite en ferrite et en perlite peut être obtenue en intercalant un four derrière le parcours de refroidissement. De toutes manières, il est beaucoup plus avantageux d'amener l'acier à béton non coupé provenant d'un train à fil machine sur un dévidoir dès qu'il est sorti du trajet de refroidissement. Le fait que l'acier à béton demeure sur le dévidoir pendant une longue durée, empêche la température de cet acier de descendre puisqu'elle aurait plutôt tendance à remonter sous l'effet de la libération de la chaleur de la transformation, et que le transfert de la chaleur est moindre à partir d'un dévidoir. De plus, un tel refroidissement rend possible un mode d'obtention plus rapide de l'acier, mode déjà connu par lui-même sans avoir été appliqué jusqu'à présent à l'obtention d'acier à béton.

Handwritten signature or mark.

L'allongement de rupture est, toutes choses étant égales par ailleurs, de 5,2 % pour l'acier à béton obtenu suivant les enseignements de la demande de brevet allemand 24 26 920, et de 10,1 % pour l'acier à béton conforme à l'invention. Il en résulte des améliorations du comportement de l'acier vis-à-vis de la tendance à la fissuration et de la résistance aux vibrations durables.

Dans des conditions favorables, on peut augmenter encore sensiblement l'allongement de rupture de l'acier à béton considéré. L'allongement de rupture moyen peut être situé par exemple entre 13,9 % et 17,4 % de telle sorte que l'on se trouve notablement au-dessus des normes imposées en Allemagne et définies par le DIN 488-feuille 1.



REVENDEICATIONS

1. Acier à béton soudable à teneur en carbone inférieure à 0,25 %, présentant sans aucun traitement ultérieur tel que déformation à froid, trempe au plomb, ou revenu superficiel, une limite d'étirage $\beta_{0,2}$ d'au moins 500 N/mm² et une résistance à la traction d'au moins 550 N/mm² cet acier, comportant concentriquement une zone centrale ou noyau formé par une structure complexe de perlite, de ferrite et, le cas échéant, d'autres constituants et une couche périphérique contenant de la martensite adoucie, étant caractérisé par le fait que le noyau est constitué exclusivement par une structure complexe pure de perlite et de ferrite où la teneur en ferrite est comprise entre 20 % et 80 %, tandis que ce noyau se trouve au contact de la couche superficielle sans aucune couche intermédiaire, cette couche superficielle étant elle-même constituée par de la martensite pure adoucie par revenu.

2. Acier à béton suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que la ferrite et la perlite se trouvent en proportions à peu près égales dans la zone centrale ou noyau.

3. Acier à béton suivant la revendication 1 ou la revendication 2, caractérisé par le fait qu'il forme des barres nervurées.

4. Acier à béton suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que la fraction de la section droite de l'acier correspondant à la couche périphérique est égale à au moins 20 % et est avantageusement égale à 33 %.

5. Acier à béton suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait que, pour un diamètre égal ou inférieur à 13 mm, la somme des teneurs de

tous les constituants d'alliage est inférieure ou égale à 1,7 %.

6. Acier à béton suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé par le fait que, pour un diamètre égal ou supérieur à 13 mm, la somme des teneurs de tous les constituants d'alliage est inférieure ou égale à 1,7 %, cet acier contenant, de plus, des micro-constituants d'alliage dont la teneur peut atteindre 0,08 %.

7. Acier à béton suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé par le fait que, pour des épaisseurs ou diamètres compris entre 13 et 25 mm, la somme des teneurs en constituants d'alliage est comprise entre 1,7 et 3 %.

8. Acier à béton suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé par le fait que, pour des épaisseurs ou diamètres supérieurs à 25 mm, la teneur de la somme des constituants d'alliage est comprise entre 1,7 et 3 % tandis que l'acier contient, de plus, une teneur en micro-constituants d'alliage allant jusqu'à 0,03 %.

9. Procédé d'obtention de l'acier à béton suivant l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé par l'ensemble des points suivants :

- a) l'acier à béton provient d'un train à fil machine.
- b) après avoir quitté le train finisseur, le produit laminé est soumis à un refroidissement intense, de préférence en plusieurs stades.
- c) le refroidissement fait descendre la surface périphérique du produit laminé au-dessous de la température maxima de formation de la martensite.
- d) le refroidissement est effectué avec une intensité telle que la température d'équilibre entre le noyau et la couche périphérique soit atteinte avant que la transformation en bainite, en ferrite ou en perlite puisse être effectuée,

q

cette température d'équilibre se situant dans la gamme des températures dans laquelle on peut obtenir, le plus tôt possible, une transformation de l'austénite en ferrite et en perlite.

- e) lorsque la température d'équilibre a été atteinte, on maintient à peu près constante cette température jusqu'à la fin de la transformation en perlite pour soumettre ensuite le produit laminé à un refroidissement final lent.

10. Procédé suivant la revendication 9, caractérisé par le fait que l'on enroule le produit laminé sur un envidoir pour être soumis à un refroidissement à l'air immédiatement après l'exécution du processus de refroidissement.

11. Procédé suivant la revendication 9 ou la revendication 10, caractérisé par le fait que le premier stade du refroidissement est achevé en moins de 0,2 secondes.

12. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 9 à 11, caractérisé par le fait que l'on utilise pour la confection d'un acier à béton dont le diamètre est égal ou supérieur à 13 mm, un acier ordinaire dont la teneur totale en constituants d'alliage est inférieure ou égale à 1,7 %.

13. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 9 à 11, caractérisé par le fait qu'on utilise pour la confection d'un acier en béton dont le diamètre est supérieur ou égal à 13 mm, un acier ordinaire présentant une teneur en micro-constituants d'alliage pouvant aller jusqu'à 0,08 %.

14. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 9 à 11, caractérisé par le fait qu'on utilise, pour la confection d'un acier à béton dont l'épaisseur ou le diamètre est compris entre 13 et 25 mm, un acier spécial dont la teneur totale en constituants d'alliage est comprise entre 1,7 % et 3 %.

15. Procédé suivant l'une quelconque des revendications

9 à 11, caractérisé par le fait que l'on utilise pour la confection d'un acier à béton dont l'épaisseur ou le diamètre dépasse 25 mm, un acier spécial présentant une teneur en micro-constituants d'alliage pouvant aller jusqu'à 0,03 %.

Prover

FIG. 1

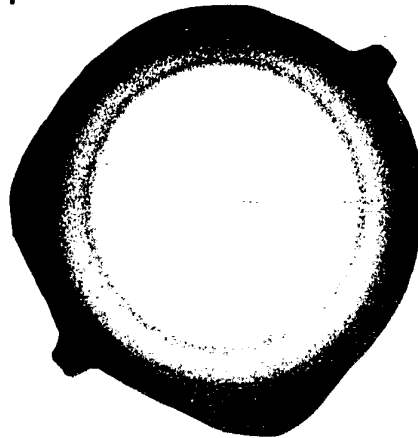


FIG. 3

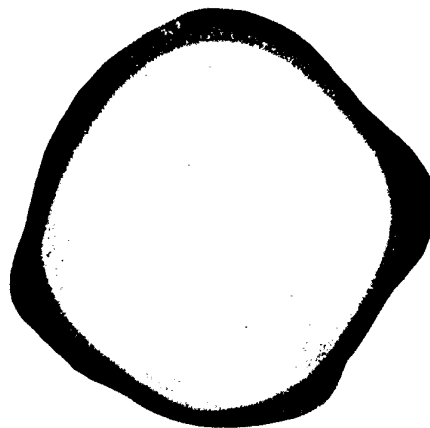


FIG. 2a

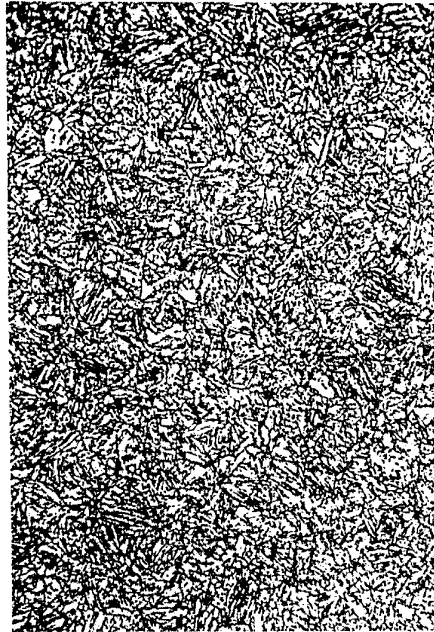


FIG. 2b



FIG. 2c



FIG. 2d



FIG. 4a

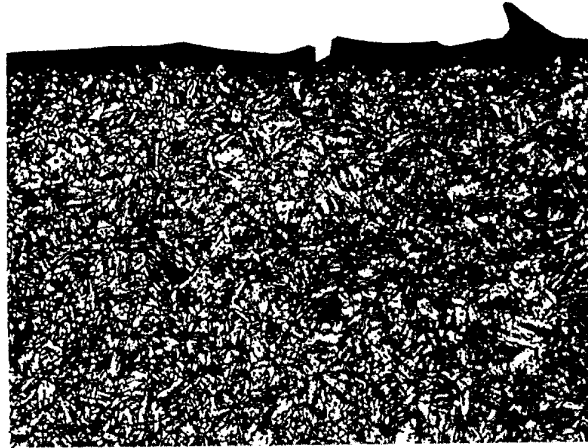
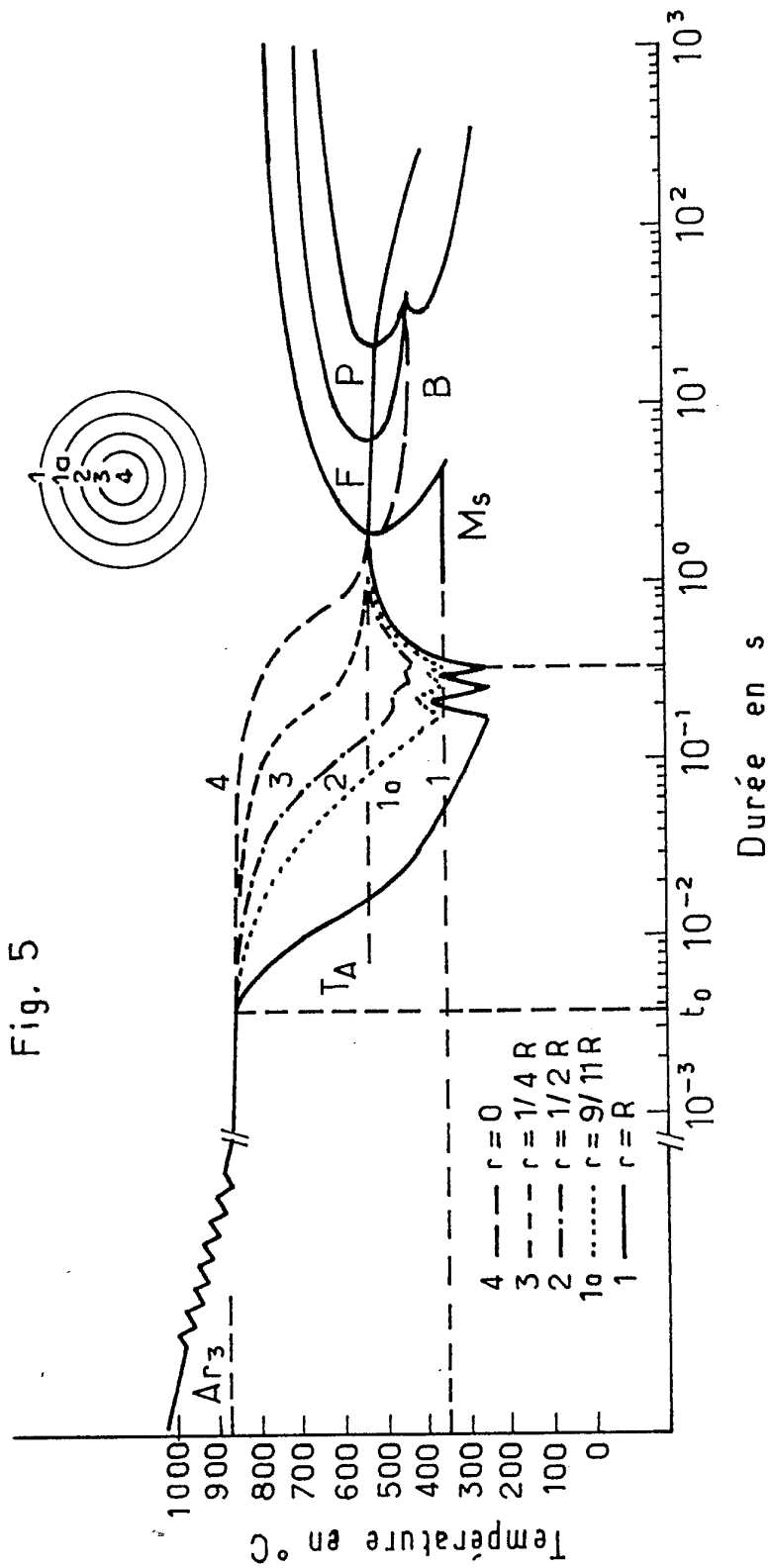


FIG. 4b



Fig. 5



ϕ	Temps de refroidissement jusqu'à la fin du pas								Temps de refroidissement jusqu'à la température égalisatrice T_A	Température du noyau en fil à la fin du pas de refroidissement								Température égalisatrice T_A
	1	2	3	4	5	6	7	8		1	2	3	4	5	6	7	8	
5,5	0,11	-	-	-	-	-	-	-	0,46	620	-	-	-	-	-	-	-	524,6
8	0,16	0,20	-	-	-	-	-	-		603,5	570	-	-	-	-	-	-	526,6
10	0,17	0,25	0,31	-	-	-	-	-	1,55	715,5	656,6	620	-	-	-	-	-	533,3
13	0,18	0,30	0,41	0,52	-	-	-	-		760	703,3	660	625	-	-	-	-	540
15	0,19	0,36	0,48	0,62	0,70	-	-	-	3,50	783,6	720	683,4	646,6	626,6	-	-	-	540
18	0,19	0,39	0,57	0,74	0,90	1,05	-	-		801	753,3	713,3	680	653,3	626,6	-	-	545
25	0,20	0,60	0,94	1,25	1,52	1,8	2,1	-	10,00	850	846,6	845,3	843,3	836,6	826,6	813,3	-	545
30	0,18	0,76	1,22	1,65	2,0	2,4	2,75	3,1		850	850	848,2	846,3	844,4	834,7	826,2	815,3	546,6

Fig. 6

Fig. 7

des consti-
tuants $\leq 1,7$
 Σ d'alliage

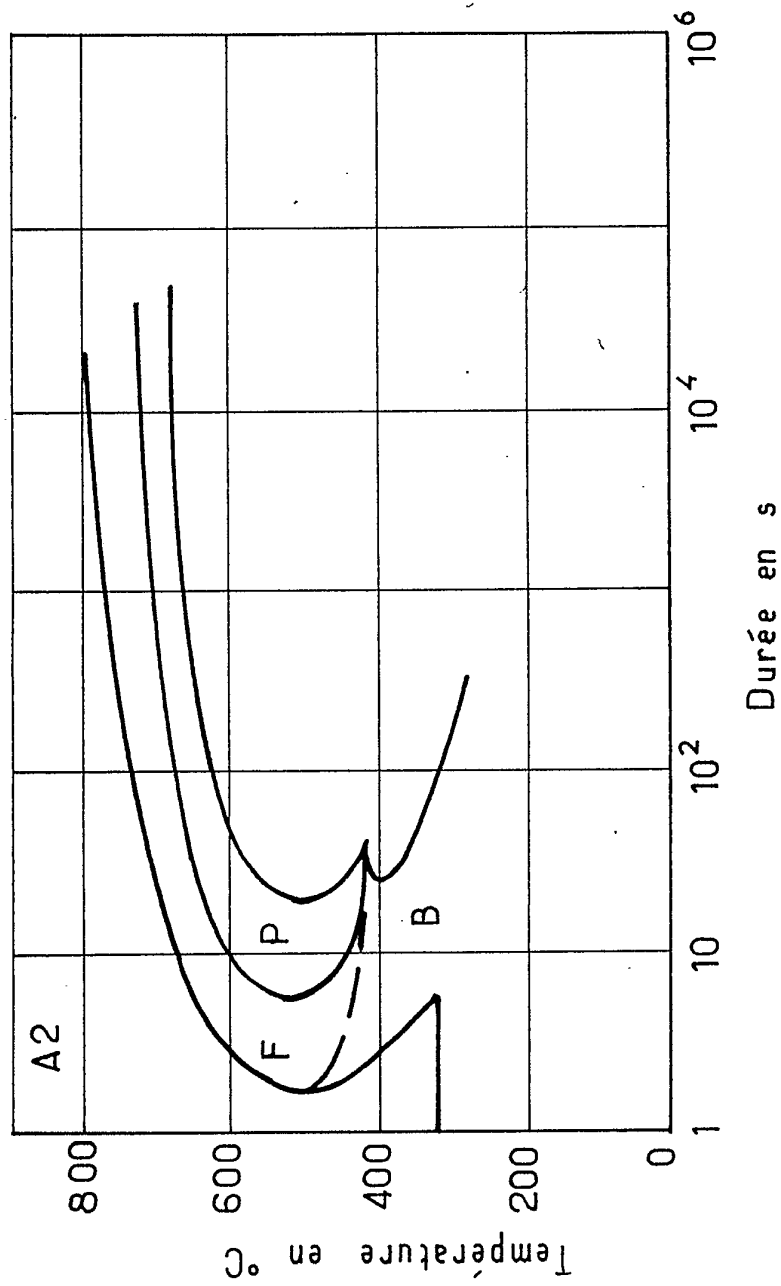


Fig. 8

$1,7 \leq \sum \text{alliages} \leq 3$

