



DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets ⁵ : C21D 8/06, C22C 38/00 // B60C 9/00	A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 91/19014 (43) Date de publication internationale: 12 décembre 1991 (12.12.91)
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR91/00446 (22) Date de dépôt international: 6 juin 1991 (06.06.91) (30) Données relatives à la priorité: 90/07311 7 juin 1990 (07.06.90) FR (71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): SODETAL S.A.R.L. [FR/FR]; Avenue de la Trentaine, Z.I., F-77500 Chelles (FR). (72) Inventeurs; et (75) Inventeurs/Déposants (US seulement) : PEETERS, Luc [FR/ US]; 4401 East Mountain, View Road, Phoenix, AZ 85028 (US). PELLETIER, Jean, Bernard [FR/FR]; 22, rue des Coquelicots, F-55310 Tronville-en-Barrois (FR).		(74) Mandataires: LAURENT, Michel etc. ; Cabinet Laurent et Charras, 20, rue Louis-Chirpaz, B.P. 32, F-69131 Ecully Cédex (FR). (81) Etats désignés: AT (brevet européen), BE (brevet euro- péen), BR, CA, CH (brevet européen), DE (brevet euro- péen), DK (brevet européen), ES (brevet européen), FR (brevet européen), GB (brevet européen), GR (brevet européen), IT (brevet européen), JP, KR, LU (brevet européen), NL (brevet européen), SE (brevet européen), US. Publiée <i>Avec rapport de recherche internationale.</i>
(54) Title: PROCESS FOR OBTAINING A HIGH STRENGTH HARD-DRAWN STEEL WIRE (54) Titre: PROCEDE POUR L'OBTENTION D'UN FIL D'ACIER ECROUI A RESISTANCE ELEVEE (57) Abstract Process for obtaining a high strength hard-drawn steel wire, produced by drawing a wire rod in conjunction with optional heat treatment and intermediate surface treatment, said wire rod being made of steel having a structure devoid of proeutectoid cementite, whose chemical composition is such that, in addition to iron, it comprises: C: 0.45 to 0.75 %, conventional amounts of Mn, Si, Ca, Mo, Al ...; it is characterized in that: the steel grade of the wire rod is selected from those whose S and P content is below 0.010 %; the wire drawing operation is performed in two distinct phases separated by a single brass patenting processing operation and; the level of cross section reduction in the final wire drawing stage is higher than 97 % (hence higher than that normally used for a similar type of steel in order to produce a wire with the same final diameter, whereby the level of cross section reduction during the first wire drawing phase is also higher in view of the elimination of an intermediate brass patenting operation. (57) Abrégé Procédé pour l'obtention d'un fil d'acier écroui à résistance élevée, obtenu par tréfilage d'un fil machine avec éventuellement traitement thermique et traitement de surface intermédiaires, ledit fil machine étant réalisé en un acier à structure exempte de cémentite proeutectoïde dont la composition chimique est telle qu'il comporte, outre du fer: C: 0,45 à 0,75 %; Mn, Si, Ca, Mo, Al ... dans des teneurs conventionnelles; caractérisé en ce que: la nuance d'acier du fil machine est sélectionnée parmi ceux dont la teneur en S et P est inférieure à 0,010 %; l'opération de tréfilage est réalisée en deux phases distinctes séparées l'une de l'autre par un seul traitement de patinage-laitonnage et le taux de réduction de section dans l'étape finale de tréfilage est supérieur à 97 % (donc plus élevé que celui normalement utilisé pour un type d'acier similaire pour réaliser un fil de même diamètre final, le taux de réduction de section lors de la première phase de tréfilage étant également plus élevé du fait de la suppression d'un patinage intermédiaire).		

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AT	Autriche	ES	Espagne	MG	Madagascar
AU	Australie	FI	Finlande	ML	Mali
BB	Barbade	FR	France	MN	Mongolie
BE	Belgique	GA	Gabon	MR	Mauritanie
BF	Burkina Faso	GB	Royaume-Uni	MW	Malawi
BG	Bulgarie	GN	Guinée	NL	Pays-Bas
BJ	Bénin	GR	Grèce	NO	Norvège
BR	Brésil	HU	Hongrie	PL	Pologne
CA	Canada	IT	Italie	RO	Roumanie
CF	République Centrafricaine	JP	Japon	SD	Soudan
CG	Congo	KP	République populaire démocratique de Corée	SE	Suède
CH	Suisse	KR	République de Corée	SN	Sénégal
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	SU	Union soviétique
CM	Cameroun	LK	Sri Lanka	TD	Tchad
CS	Tchécoslovaquie	LU	Luxembourg	TG	Togo
DE	Allemagne	MC	Monaco	US	Etats-Unis d'Amérique
DK	Danemark				

PROCEDE POUR L'OBTENTION D'UN FIL D'ACIER ECROUI A RESIS-
TANCE ELEVEE

5

La présente invention concerne un procédé permettant l'obtention d'un fil d'acier écroui, à résistance élevée, utilisable en particulier pour la fabrication de torons
10 et câbles de renfort d'articles élastomères tels que pneumatiques ; elle concerne également les éléments de renfort (torons et câbles) réalisés à partir de fils obtenus par un tel procédé.

15 Les torons et câbles pour le renfort de pneumatiques sont habituellement constitués de fils d'acier comportant, outre du fer :

- C : 0,68 à 0,84 %
- Mn : 0,40 à 0,70 %
- 20 - Si : 0,20 à 0,30 %
- Al : moins de 0,005 %
- S : moins de 0,020 %
- P : moins de 0,020 %
- N : moins de 0,010 %
- 25 - Ni, Cu, Cr, Mo, Co : moins de 0,050 % chacun
- le reste étant du fer.

Ces fils dont le diamètre est compris entre 0,10 et 0,50 mm environ, plus généralement entre 0,15 et 0,40 mm,
30 sont fabriqués à partir d'un fil dit "fil machine" de diamètre courant 5,5 mm, par tréfilage en plusieurs étapes avec patentage ou traitement thermique intermédiaire. Le procédé classique comprend les étapes suivantes :

- application d'une première série de passes de
35 tréfilage pour amener le fil à un diamètre voisin de 3 mm

(taux de réduction de section de 70 % environ) ;

- patentage, par exemple patentage au plomb pour redonner au fil une capacité d'étirabilité ;

- application d'une deuxième série de passes (taux 5 de réduction de section de 85 à 94 % environ) ;

- patentage laitonnage ;

- application d'une troisième série de passes de tréfilage pour atteindre le diamètre final désiré (taux de réduction de section final 90 à 96 % voire 97 %).

10

Dans certains cas, pour des nuances d'acier ordinaire et selon le diamètre final désiré, les trois premières étapes peuvent être remplacées par une étape unique de tréfilage jusqu'à un diamètre de 1,35 à 1,80 mm

15 environ.

On remarque que, d'une façon générale, plus le diamètre diminue, plus le taux de réduction de section appliqué peut être important.

20

On distingue les fils traditionnels de qualité ordinaire ou courante et les fils de deuxième génération dits à haute résistance. Ces deux types de fils sont tous deux obtenus à partir d'acier choisi dans la composition 25 ci-dessus, en faisant varier la teneur en carbone et éventuellement le taux final de réduction de section.

Les fils de qualité ordinaire qui présentent, par exemple, une résistance à la rupture typique de 2850 MPa 30 sont obtenus à partir d'un acier à 0,72 % (+ 0,02) de carbone avec application d'un taux de réduction de section finale de 95 à 96,5 %.

Les fils haute résistance sont obtenus à partir d'un acier à 0,82 % ($\pm 0,02$) de carbone avec application d'un taux de réduction final compris entre 96 et 97 %, cette dernière valeur n'étant en pratique que très rarement atteinte. Ils présentent une résistance à la rupture pouvant atteindre 3200 à 3450 MPa. Cependant, cette dernière nuance d'acier approche dangereusement le métal d'une limite physique appelée "point eutectoïde" au delà de laquelle des phases fragiles de cémentite proeutectoïde apparaissent, rendant le tréfilage et surtout le toronnage quasiment impossible du fait du nombre élevé de casses. Cette limite qui dépend du diamètre, est d'autant plus élevée que le diamètre est petit, elle est difficile à déterminer dans la mesure où une certaine quantité de fil peut passer le test de déformation axiale au cours du tréfilage mais pas les contraintes de déformation imposées durant les opérations d'assemblage.

La fabrication de fils haute résistance nécessite donc de s'entourer de précautions ce qui augmente le coût, tant au niveau du sidérurgiste, pour la fourniture d'un fil machine exempt de ségrégations (phases fragiles) qu'au niveau du fabricant de câbles lors des opérations de patentage, tréfilage, toronnage, câblage.

25

Dans la gamme des aciers dur et mi-dur (teneur en carbone $> 0,4$ %) et plus particulièrement dans la composition citée, utilisée habituellement pour les fils de renforts de pneumatiques : teneur en C de 0,68 à 0,84 % (voire 0,6 à 0,9 %), les hautes résistances sont toujours obtenues avec des teneurs élevées en carbone, bien que des recherches aient été menées parallèlement pour améliorer la capacité d'écrouissage, ce qui va également dans le sens des hautes résistances.

35

Ainsi, le brevet japonais no. 60.152659 concerne un fil d'acier utilisable comme renfort pour pneumatiques, ledit acier présentant la composition suivante :

- C : 0,6 à 0,9 %
- 5 - Si : 0,1 à 0,5 %
- Mn : 0,3 à 1 %
- P : < 0,010 %
- S : < 0,005 %
- Cu + Ni + Cr : < 0,10 %
- 10 - O₂ : < 30 ppm
- N₂ : < 30 ppm.

Les faibles teneurs en P et S sont présentées comme améliorant notablement la résistance à la fatigue. Ce
15 brevet conduit à un fil de résistance élevée, d'environ 3800 MPa, pour une teneur en carbone de 0,84 %. Mais avec cette teneur le métal se situe dans la zone du point eutectoïde et les problèmes évoqués plus haut ne sont pas résolus.

20

Le brevet européen no. 0144 811 concerne un fil d'acier utilisable comme renfort pour pneumatiques, ledit acier présentant la composition suivante :

- C : 0,4 à 1,4 %
- 25 - Mn : 0,1 à 1 %
- Si : 0,1 à 0,4 %
- Al : < 0,005 %
- S : < 0,015 % (de préférence < 0,010 %),

l'originalité revendiquée résidant dans la faible teneur
30 en soufre, laquelle permet d'augmenter les capacités de déformation à froid, en particulier les déformations non axiales (torsion, pliage). Ce brevet conduit à un fil dont la résistance R en MPa est supérieure à $2325 - 1130 \log d$ où d est le diamètre du fil exprimé en mm ; ce qui
35 pour des petits diamètres : (d inférieur à 0,15 mm) per-

met d'atteindre une résistance élevée (pour $d = 0,15$
 $R \geq 3250$ MPa). Cependant, la consultation des exemples
permet de constater qu'en pratique les hautes résistances
sont obtenues avec un acier dont la teneur en carbone se
5 situe dans la gamme 0,80 à 0,85 %, ce qui est somme toute
un résultat banal et ne résoud pas le problème évoqué ci-
dessus, lorsqu'on se rapproche de la limite constituée
par le point eutectoïde.

10 Le brevet américain no. 3617230 concerne un fil
d'acier à haute résistance obtenue à la fois par une
forte teneur en carbone : 0,9 à 1,1 % et par l'applica-
tion de taux d'écrouissage élevés dans la phase finale :
plus de 97 %, ces taux étant rendus possibles par l'uti-
15 lisation d'un acier à faible teneur en S ($<0,010$ %) et P
($<0,005$ %). Cependant, il s'agit d'un fil d'acier qui
sort du cadre de l'application renfort pour pneus tant
par son emploi : corde à piano que par sa composition, en
particulier sa teneur en carbone qui sort de la four-
20 chette habituelle de l'acier pour fils pneus donnée en
début de texte. En outre, le brevet ne dit rien sur le
comportement d'un tel fil sous contraintes de pliage ou
de torsion.

25 De nombreux autres documents tels que par exemple
l'EP-A-0 169 587, EP-A-0 232 558, EP-A-0 292 039 et DE-A-
2 739 484, décrivent également différentes possibilités
permettant d'obtenir des fils d'acier présentant des
résistances à la traction élevée.

30

Toutes les solutions proposées à ce jour impliquent
cependant d'utiliser des aciers difficiles à produire,
dont le taux de carbone est d'autant plus élevé que l'on
souhaite obtenir une résistance à la traction élevée, ce
35 qui entraîne le risque de ségrégation dangereuse par

suite de la présence de cémentite proeutectoïde qui risque d'apparaître dans les compositions à haute teneur en carbone (par exemple à 0,82 % de carbone), entraînant des risques de casse lors de l'opération de toronnage.

5 Par ailleurs, les solutions proposées pour obtenir de tels fils à résistance élevée impliquent la mise en oeuvre de processus de tréfilage et/ou traitement intermédiaire de plus en plus complexe et délicat à mettre en oeuvre.

10

Or on a trouvé, et c'est ce qui fait l'objet de la présente invention, qu'il était possible d'obtenir de tels fils d'acier à résistance élevée, utilisables en particulier comme renforts pour pneumatiques (et ce que
15 ces fils soient aussi bien de la qualité dite courante que de celle dite "à haute résistance") en utilisant pour leur obtention des nuances d'acier ayant un taux de carbone réduit (par rapport aux taux habituels préconisés pour obtenir une résistance donnée) et permettant donc de
20 pallier les inconvénients liés aux risques de présence de cémentite proeutectoïde.

D'une manière générale, l'invention concerne donc un procédé pour l'obtention d'un fil d'acier écroui à résistance élevée et dont les caractéristiques (résistance à
25 la traction) sont du même ordre que celles d'un fil conventionnel réalisé dans un acier ayant une teneur en carbone supérieure, ledit fil étant obtenu par tréfilage d'un fil machine, avec éventuellement traitement thermique et traitement de surface intermédiaire, ledit fil
30 machine étant en un acier à structure exempte de cémentite proeutectoïde, et dont la composition comprend, outre du fer :

- C : 0,45 à 0,75 %
- 35 - Mn, Si, Ca, Mo, Al ... dans des teneurs conventionnelles ;

il se caractérise en ce que :

- la nuance d'acier du fil machine est sélectionnée parmi ceux dont la teneur en S et P est inférieure à 0,010 % ;

5 - l'opération de tréfilage est réalisée en deux phases distinctes séparées l'une de l'autre par un seul traitement de patentage-laitonnage et ;

- le taux de réduction de section dans l'étape finale de tréfilage est supérieur à 97 % (donc plus élevé
10 que celui normalement utilisé pour un type d'acier similaire pour réaliser un fil de même diamètre final, le taux de réduction de section lors de la première phase de tréfilage étant donc également plus élevé du fait de la suppression d'un patentage intermédiaire).

15

Avantageusement, le taux final de réduction de section est compris entre 97 et 98 %.

Avantageusement, et en pratique, conformément à
20 l'invention :

- pour réaliser des fils dits "variété courante" présentant une résistance à la rupture comprise entre 2400 et 3000 MPa, on utilise un acier ayant une teneur en carbone comprise entre 0,45 et 0,67 %, alors qu'antérieu-
25 rement, pour obtenir une même résistance à la rupture, on utilisait un acier ayant une teneur en carbone comprise entre 0,50 et 0,75 % ; à titre indicatif, pour une résistance à la rupture de l'ordre de 2850 MPa, on utilise conformément à l'invention un acier avec une teneur en
30 carbone de l'ordre de 0,6 % au lieu d'un acier à 0,72 %.

- pour la réalisation de fils dits à "haute résistance", dont la résistance à la rupture est comprise entre 3000 et 3500 MPa, conformément à l'invention on utilise un acier ayant une teneur en carbone comprise
35 entre 0,68 et 0,75 %, alors qu'antérieurement il était nécessaire d'utiliser un acier ayant une teneur en carbone de l'ordre de 0,80 ; 0,82 %.

Conformément à l'invention, dans l'étape de tréfilage précédant l'étape finale, les taux de réduction de section sont supérieurs à ceux couramment pratiqués, et ce comme dit précédemment.

5

Tous les traitements entrant dans la mise en oeuvre du procédé conforme à l'invention, tels que traitements de surface, traitements thermiques, lubrifiants, sont réalisés dans des conditions similaires au procédé conventionnel. Ainsi, le patentage est avantageusement effectué dans des conditions permettant d'obtenir une structure perlitique la plus fine possible. De même, avantageusement, les opérations de décapage et laitonnage sont effectuées dans des conditions conduisant à un revêtement de bonne qualité, favorisant le passage à travers les filières de tréfilage.

Le fil obtenu par la mise en oeuvre du procédé conforme à l'invention est utilisé pour réaliser des torons, câbles, et ce dans des conditions standard de production.

Le taux élevé de réduction de section dans l'étape finale de tréfilage est rendu possible par l'emploi d'une nuance d'acier conforme à la nouvelle composition sélectionnée, à teneur en S et P inférieure à 0,010 % pour chacun de ces deux constituants.

L'application de taux élevés de réduction de section dans l'étape finale de tréfilage conduit à des fils de résistance élevée, ceci pour des teneurs en carbone inférieures à ce qui est habituellement nécessaire. Ainsi, on utilise un acier ayant une teneur en carbone de 0,45 à 0,67 % au lieu d'un acier à 0,72 % pour l'obtention de fils de qualité ordinaire : résistance typique de l'ordre de 2850 à 2900 MPa et un acier ayant une teneur en carbone de 0,68 à 0,75 % au lieu de 0,82 % pour l'obtention de fils haute résistance, résistance d'au moins 3000 MPa et le plus souvent d'au moins 3200 MPa.

Dans ce dernier cas, outre l'économie sur le coût de l'acier (l'acier à 0,82 % de C étant cher), l'invention présente un avantage technique important du fait qu'une nuance d'acier conforme à la nouvelle composition sélectionnée est plus facile à produire et permet une réduction considérable, voire l'élimination des risques de ségrégation causée par la présence de cémentite proeutectoïde qui se rencontrait dans les aciers de composition habituelle avec une teneur en carbone supérieure à 0,80 % environ. Une telle nuance, éloignée du point eutectoïde, supporte mieux les contraintes de traction, pliage et torsion. Il s'ensuit une diminution des casses au tréfilage et au toronnage et une amélioration de la productivité.

15

D'autres avantages sont liés à l'invention.

La plus grande capacité de déformation résultant de la diminution (voire de la suppression) des ségrégations permet l'élimination du patentage intermédiaire (ou d'un traitement thermique équivalent) et celle d'une étape de tréfilage.

Ainsi par le procédé revendiqué et pour des diamètres finaux relativement petits, il est possible d'obtenir le fil selon l'invention à partir d'un fil machine de diamètre courant 5,5 mm en seulement deux étapes de tréfilage (au lieu de trois), et un seul traitement de patentage (au lieu de deux), celui associé au laitonnage. Ceci aussi bien pour le fil de qualité ordinaire que pour le fil haute résistance.

Dans le cas, où pour obtenir le fil fin en deux étapes de tréfilage seulement, on utilisait auparavant du fil machine de diamètre 5 mm non standard donc coûteux, on peut remplacer celui-ci par un fil standard de diamètre 5,5 mm et obtenir le même produit final par application de taux plus importants de réduction de section.

En outre, tout en conservant l'ensemble des étapes habituelles, étant donné que le taux de réduction de section dans l'étape finale est plus important que le taux courant, le taux de réduction de section dans les 5 étapes intermédiaires sera plus faible. Ceci joint au taux de carbone plus bas entraîne des conditions de tréfilage d'ébauches facilitées pour les diamètres intermédiaires avant le patentage-laitonnage.

10 Il faut également signaler que l'utilisation d'un acier à teneur en S et P, inférieur à 0,010 % pour chacun de ces composants, permet non seulement l'application de taux élevés de réduction de section conduisant à une augmentation de la résistance à la traction, mais accroît
15 aussi la résistance du fil aux contraintes de pliage et de torsion, ce qui améliore le comportement au toronnage et au câblage en diminuant le nombre de casses.

Mais l'invention et ses avantages seront mieux compris à l'aide des exemples ci-après donnés à titre illustratif et non limitatif.

Dans ces exemples, les propriétés des fils : résistance, allongement, striction sont mesurées au moyen des
25 tests de dynamométrie habituels. Les propriétés pliage et torsions sont mesurées selon les normes ISO 7801 et ISO 7800 respectivement.

Les nuances d'acier sont définies par les teneurs en
30 C, Mn, Si, P, S étant entendu que les teneurs pour les autres composants : Al, Ni, Cu, Cr, Mo, Co, N sont conformes aux valeurs données dans la définition générale du fil.

Exemple 1 :

Cet exemple illustre la fabrication d'un fil de qualité standard (ordinaire) par le procédé selon l'invention comparativement à un fil fabriqué par le procédé habituel.

Le fil selon l'invention est réalisé à partir d'un acier de composition A : conforme à la composition sélectionnée pour l'invention : 0,64 % C, 0,55 % Mn, 0,20 % Si, 0,008 % P, 0,008 % S.

Le fil courant est réalisé à partir d'un acier de composition courante B : 0,72 % C, 0,60 % Mn, 0,22 % Si, 0,015 % P, 0,012 % S.

15

Le fil machine de départ, pour les deux compositions A et B a un diamètre de 5,5 mm.

Le fil machine de composition A est tréfilé directement du diamètre 5,5 mm au diamètre 1,30 mm avec application d'un taux de réduction de section de 94,4 %, rendu possible par la composition de l'acier et en particulier la faible teneur en S et P.

25 Le fil machine de composition B est tréfilé de 5,5 mm au diamètre intermédiaire de 3,0 mm, puis il subit un patentage intermédiaire avant d'être tréfilé au diamètre final de 1,15 mm. Enfin, les deux fils subissent un patentage laitonage dans les conditions standards.

30

Les propriétés du fil patenté laitonné sont résumés dans le tableau suivant :

5	ACIER	Ø (mm)	RESISTANCE (MPa)	ALLONGEMENT (%)	STRICTION	PLIAGES	TORSIONS
	A	1,30	1160	9,6	60,1	17	67
10	B	1,15	1250	9,1	57,9	19	70

On réalise ensuite le tréfilage fil fin en milieu humide pour obtenir le diamètre 0,22 mm à résistance 15 standard (qualité ordinaire).

Sur le fil A on applique un taux de réduction de section de 97,14 %, conforme à l'invention. Sur le fil B, on applique un taux standard soit 96,34 %.

20

Pour les deux fils les taux de casses au tréfilage sont faibles et du même ordre. Les propriétés mécaniques sont les suivantes :

25	ACIER	REDUCTION DE SECTION %	RESISTANCE (MPa)	ALLONGEMENT %	PLIAGES	TORSIONS
	A	97,14	2930	2,6	75	137
30	B	96,34	2920	2,5	80	123

35 On remarque que les propriétés mécaniques des deux fils sont très proches, voire identiques en ce qui concerne résistance et allongement.

Les résultats des tests de pliage et de torsion 40 laissent supposer un bon comportement du fil A au toronnage et au câblage. Cela est confirmé lors de la fabrication d'un toron 1 x 27 avec chacun des fils A et B. On constate une amélioration sensible du nombre de casses avec le fil A.

Ces deux fils A et B sont tout à fait interchangeables quant à leur emploi. Par contre le fil A selon l'invention présente de plus l'avantage de supprimer l'opération de patentage intermédiaire et une étape de 5 tréfilage.

Jusqu'à présent, il était cependant possible d'économiser une étape de tréfilage et un traitement de patentage en passant directement du fil de diamètre 5,5 mm 10 machine au fil intermédiaire de diamètre 1,35 à 1,37 mm environ. Cependant, compte tenu du taux de réduction final applicable (environ 96,5 % au maximum), il n'était pas possible d'obtenir un produit final de diamètre inférieur ou égal à 0,25 mm. Aussi la mise en oeuvre de ce 15 procédé "raccourci" pour l'obtention de fils fins (diamètre 0,25 mm) nécessitait obligatoirement d'utiliser un fil machine de diamètre 5 mm, non standard donc coûteux. Les étapes étaient les suivantes :

- tréfilage du diamètre 5 mm au diamètre 1,22 mm 20 (taux de réduction de section : 94 %) ;
- patentage laitonage ;
- tréfilage du diamètre 1,22 mm au diamètre 0,25 (taux de réduction de section : 95,8 %).

25 Avec la présente invention, il est donc possible d'obtenir le fil fini (diamètre 0,22 à 0,25 mm par exemple) en deux étapes de tréfilage seulement, avec un seul traitement thermique, ceci à partir d'un fil machine de diamètre standard de 5,5 mm, c'est à dire sans sur- 30 coût.

Exemple 2 :

Cet exemple illustre la mise en oeuvre de l'invention dans sa forme la plus avantageuse. Il concerne la 35 fabrication d'un fil haute résistance, par le procédé selon l'invention, comparativement à un fil fabriqué par le procédé habituel.

Le fil selon l'invention est réalisé à partir d'un acier de composition A1, conforme à la composition sélectionnée pour l'invention : 0,72 % C, 0,54 % Mn, 0,23 % Si, 0,007 % P, 0,006 % S.

5

Le fil fabriqué par le procédé habituel est réalisé en un acier de composition B1 : 0,82 % C, 0,55 % Mn, 0,25 % Si, 0,005 % P, 0,009 % S. Ce fil bien que présentant une teneur en S et P inférieure à 0,01 % pour chacun
10 de ces composants n'est pas réalisé en un acier de composition conforme à celle sélectionnée pour l'invention. Il ne peut supporter des taux élevés de réduction de section du fait que par sa teneur en C et Mn, il se rapproche dangereusement du point eutectoïde avec les ris-
15 ques afférents.

Le fil machine de départ pour les deux compositions A1 et B1 a un diamètre de 5,5 mm.

20 Le fil machine de composition A1 est tréfilé directement de 5,5 mm au diamètre final de 1,48 mm (taux de réduction de section : 92,75 %).

Le fil machine de composition B1 subit un patentage
25 intermédiaire au diamètre 3,0 mm avant d'être tréfilé jusqu'au diamètre 1,30 mm. Puis les deux fils subissent un patentage laitonnage dans les conditions standards ; les propriétés mécaniques de ceux-ci sont :

30	ACIER	Ø (mm)	RÉSISTANCE (MPa)	ALLONGEMENT %	STRICTION %	PLIAGES	TORSIONS
	A1	1,48	1260	9,2	54,0	18	60
35	B1	1,30	1350	8,8	48,4	14	53

Le tréfilage fil fin est réalisé en milieu humide afin d'obtenir le produit 0,25 mm à haute résistance. Les taux de casses sont faibles et identiques pour les deux fils.

5

Les fils présentent les caractéristiques suivantes :

10	ACIER	REDUCTION DE SECTION FINALE (%)	RESISTANCE (MPa)	ALLONGEMENT %	PLIAGES	TORSIONS
	A1	97,15	3250	2,5	80	110
15	B1	96,30	3270	2,6	84	107

On constate que les deux fils présentent des caractéristiques pratiquement identiques et sont donc interchangeables quant à leurs emplois. Le comportement au toronnage du fil A1 selon l'invention est bon, le taux de casses étant même diminué par rapport au fil B1. En outre, ce fil offre l'avantage de supprimer le patentage intermédiaire ainsi qu'une étape de tréfilage. Il permet surtout d'éviter l'utilisation de fil machine à 0,82 % de carbone qui présente non seulement un surcoût à l'achat, mais aussi des risques de phases fragiles (cémentite proeutectoïde) provoquant des casses au tréfilage et au toronnage malgré toutes les précautions qui peuvent être prises, ces casses entraînant une baisse de productivité.

30 Exemple 3 :

Cet exemple illustre la réalisation de fils de petits diamètres tels que 0,175 mm à haute résistance et 0,150 mm de qualité courante en mettant en oeuvre des taux de réduction de section très élevés (97,5 % à 98 %) tout en ayant une aptitude au toronnage correcte et avec un taux de casses acceptable, ces fils étant utilisés en particulier dans la réalisation de produits tels que les câbles compacts 1 x 27 et 1 x 12 (tous les fils étant tordus ensemble dans la même direction et avec le même pas).

Les aciers utilisés ont tous deux une composition conforme à celle sélectionnée pour l'invention :

- A2 : 0,73 %C, 0,55 %Mn, 0,20 %Si, 0,009 %P, 0,007S
- A3 : 0,56 %C, 0,57 %Mn; 0,24 %Si, 0,007 %P, 0,008S

5

Les fils de départ sont des fils machine de diamètre 5,5 mm pour les deux types d'acier A2 et A3 ; ces fils après un premier tréfilage conduisent à des fils de diamètre 3,0 mm.

10

Les fils intermédiaires sont issus du diamètre 3,0 mm patenté. Après tréfilage à sec, on réalise un patentage laitonage classique aboutissant aux propriétés mécaniques suivantes :

15

ACIER	Ø (mn)	RESISTANCE après patentage (MPa)	ALLONGEMENT (%)	STRICTION (%)	PLIAGES	TORSIONS
A2	1,19	1265	9,0	53,0	26	75
A3	1,04	1080	9,8	60,4	30	80

20

25

Lors du tréfilage humide, le fil A2 donne le diamètre 0,175 mm haute résistance utilisé en particulier au toronnage pour la construction 1 x 27. Le fil A3 est transformé jusqu'au diamètre 0,15 mm utilisé comme fil de guipage. Les propriétés mécaniques de ces fils fins sont:

35

ACIER	REDUCTION DE SECTION (%)	Ø (mm)	RESISTANCE (MPa)	ALLONGEMENT (%)	PLIAGES	TORSIONS
A2	97,84	0,175	3440	2,6	129	145
A3	97,92	0,150	2915	2,3	131	174

40

On constate que l'on obtient d'une part un fil haute résistance à partir d'un acier à 0,73 % de carbone seulement, ce qui le place très loin de la zone à problèmes située à proximité du point eutectoïde et d'autre part un 5 fil de qualité ordinaire à partir d'un acier à 0,56 % de carbone seulement.

Le câble réalisé sans problème particulier à partir du fil A2 guipé avec le fil A3 présente une résistance 10 comparable voire supérieure à celle des câbles réalisés à partir des fils habituels à 0,82 % de carbone. Dans tous les cas les autres propriétés du câble, telles que fatigue, adhérence (à l'origine et après vieillissement), demeurent inchangées.

15

Il ressort clairement de la description et des exemples qui précèdent que l'invention présente donc de nombreux avantages, parmi lesquels on peut citer :

- utilisation d'acier plus facile à produire ;
- 20 - moins de risques de ségrégation dangereuse à cause de la présence de cémentite proeutectoïde, qui risque d'apparaître dans des compositions d'acier à teneur élevée en carbone (0,82 %), donc diminution des casses au toronnage ;
- 25 - élimination plus facile du patentage intermédiaire en raison de l'augmentation des diamètres intermédiaires et du tréfilage facilité par un taux de carbone plus bas.

REVENDICATIONS

- 1/ Procédé pour l'obtention d'un fil d'acier écroui à résistance élevée, obtenu par tréfilage d'un fil machine avec éventuellement traitement thermique et traitement de surface intermédiaires, ledit fil machine étant réalisé en un acier à structure exempte de cémentite proeutectoïde dont la composition chimique est telle qu'il comporte, outre du fer :
- 10 - C : 0,45 à 0,75 %
 - Mn, Si, Ca, Mo, Al ... dans des teneurs conventionnelles ;
- caractérisé en ce que :
- la nuance d'acier du fil machine est sélectionnée 15 parmi ceux dont la teneur en S et P est inférieure à 0,010 % ;
 - l'opération de tréfilage est réalisée en deux phases distinctes séparées l'une de l'autre par un seul traitement de patentage-laitonnage et ;
 - 20 - le taux de réduction de section dans l'étape finale de tréfilage est supérieur à 97 % (donc plus élevé que celui normalement utilisé pour un type d'acier similaire pour réaliser un fil de même diamètre final, le taux de réduction de section lors de la première phase de 25 tréfilage étant également plus élevé du fait de la suppression d'un patentage intermédiaire).

- 2/ Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que le fil machine est réalisé en un acier présentant une teneur en carbone comprise entre 0,45 et 30 0,67 %, la résistance finale à la rupture du fil produit étant comprise entre 2 400 et 3 000 MPa, résistance comparable à un fil conventionnel ayant une teneur en carbone comprise entre 0,50 et 0,75 %.

3/ Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le fil machine est réalisé en acier ayant une teneur en carbone comprise entre 0,68 et 0,75 %, la résistance finale du fil produit étant comprise entre 3 000 5 et 3 500 MPa, résistance équivalente à un fil antérieur à base d'un acier ayant une teneur en carbone comprise entre 0,80 %, 0,82 %.

4/ Câbles, torons ou articles similaires réalisés à partir de fils d'acier obtenus par le procédé selon l'une des revendications 1 à 3.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/FR 91/00446

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all) ⁶		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC Int.Cl. ⁵ C21D 8/06 C22C 38/00// B60C 9/00		
II. FIELDS SEARCHED		
Minimum Documentation Searched ⁷		
Classification System	Classification Symbols	
Int.Cl. ⁵	C21D C22C	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched ⁸		
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT ⁹		
Category ⁹	Citation of Document, ¹¹ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹²	Relevant to Claim No. ¹³
Y	EP, A, 0292039 (BEKAERT) 23 November 1988 see claims and page 1 (cited in the application) --	1,4
Y	EP, A, 0144811 (BEKAERT) 19 June 1985 see claims and examples (cited in the application) --	1,4
A	EP, A, 0169587 (BEKAERT) 29 January 1986 (cited in the application) --	
A	EP, A, 0232558 (BEKAERT) 19 August 1987 (cited in the application) --	
A	DE, A, 2739484 (DUNLOP) 9 March 1978 (cited in the application) --	
A	FR, A, 2315545 (URALSKY NAUCHNO-ISSLEDOVATELSKY INST.) 21 January 1977 -----	
¹⁰ * Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family		
IV. CERTIFICATION		
Date of the Actual Completion of the International Search	Date of Mailing of this International Search Report	
30 August 1991 (30.08.91)	24 September 1991 (24.09.91)	
International Searching Authority	Signature of Authorized Officer	
EUROPEAN PATENT OFFICE		

ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.

FR 9100446
SA 48309

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 17/09/91
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP-A- 0292039	23-11-88	AU-B- 597489	31-05-90
		AU-A- 1639288	24-11-88
		JP-A- 1099714	18-04-89
		US-A- 4952249	28-08-90
EP-A- 0144811	19-06-85	JP-A- 60197844	07-10-85
		US-A- 4854032	08-08-89
		US-A- 4737392	12-04-88
EP-A- 0169587	29-01-86	JP-A- 61052348	15-03-86
EP-A- 0232558	19-08-87	AU-B- 586529	13-07-89
		AU-A- 6744287	16-07-87
		CA-A- 1269594	29-05-90
		JP-A- 62192532	24-08-87
		US-A- 4759806	26-07-88
DE-A- 2739484	09-03-78	GB-A- 1565066	16-04-80
		AU-B- 506413	03-01-80
		AU-A- 2845077	08-03-79
		FR-A, B. 2363651	31-03-78
		JP-A- 53035059	01-04-78
		JP-B- 59040959	03-10-84
		SE-A- 7709912	08-03-78
		US-A- 4176513	04-12-79
FR-A- 2315545	21-01-77	None	

EPD FORM P0479

For more details about this annex : see Official Journal of the European Patent Office, No. 12/82

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/FR 91/00446

I. CLASSEMENT DE L'INVENTION (si plusieurs symboles de classification sont applicables, les indiquer tous) ⁷

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

Int.C1.5 C 21 D 8/06 C 22 C 38/00 // B 60 C 9/00

II. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée⁸

Système de classification

Symboles de classification

Int.C1.5

C 21 D

C 22 C

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où de tels documents font partie des domaines sur lesquels la recherche a porté⁹

III. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS¹⁰

Catégorie °	Identification des documents cités, avec indication, si nécessaire, ¹² des passages pertinents ¹³	No. des revendications visées ¹⁴
Y	EP,A,0292039 (BEKAERT) 23 novembre 1988, voir revendications et page 1 (cité dans la demande) ---	1,4
Y	EP,A,0144811 (BEKAERT) 19 juin 1985, voir revendications et exemples (cité dans la demande) ---	1,4
A	EP,A,0169587 (BEKAERT) 29 janvier 1986 (cité dans la demande) ---	
A	EP,A,0232558 (BEKAERT) 19 août 1987 (cité dans la demande) ---	
A	DE,A,2739484 (DUNLOP) 9 mars 1978 (cité dans la demande) --- -/-	

° Catégories spéciales de documents cités:¹¹

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié postérieurement à la date de dépôt international ou à la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cite pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent: l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive

"Y" document particulièrement pertinent: l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier.

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

IV. CERTIFICATION

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

30-08-1991

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

24 SEP 1991

Administration chargée de la recherche internationale

OFFICE EUROPEEN DES BREVETS

Signature du fonctionnaire autorise

Mme N. KUIPER

III. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS¹⁴(SUITE DES RENSEIGNEMENTS INDIQUEES SUR LA
DEUXIEME FEUILLE)

Catégorie °	Identification des documents cités, ¹⁶ avec indication, si nécessaire des passages pertinents ¹⁷	No. des revendications visées ¹⁸
-------------	---	--

A

FR, A, 2315545 (URALSKY
NAUCHNO-ISSLEDOVATELSKY INST.) 21 janvier 1977

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE
RELATIF A LA DEMANDE INTERNATIONALE NO.**

FR 9100446
SA 48309

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche internationale visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 17/09/91
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP-A- 0292039	23-11-88	AU-B- 597489	31-05-90
		AU-A- 1639288	24-11-88
		JP-A- 1099714	18-04-89
		US-A- 4952249	28-08-90
EP-A- 0144811	19-06-85	JP-A- 60197844	07-10-85
		US-A- 4854032	08-08-89
		US-A- 4737392	12-04-88
EP-A- 0169587	29-01-86	JP-A- 61052348	15-03-86
EP-A- 0232558	19-08-87	AU-B- 586529	13-07-89
		AU-A- 6744287	16-07-87
		CA-A- 1269594	29-05-90
		JP-A- 62192532	24-08-87
		US-A- 4759806	26-07-88
DE-A- 2739484	09-03-78	GB-A- 1565066	16-04-80
		AU-B- 506413	03-01-80
		AU-A- 2845077	08-03-79
		FR-A, B 2363651	31-03-78
		JP-A- 53035059	01-04-78
		JP-B- 59040959	03-10-84
		SE-A- 7709912	08-03-78
		US-A- 4176513	04-12-79
FR-A- 2315545	21-01-77	Aucun	