



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
18.02.2009 Bulletin 2009/08

(51) Int Cl.:
E04C 5/03 (2006.01) C22C 38/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **08160983.6**

(22) Date de dépôt: **23.07.2008**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR
Etats d'extension désignés:
AL BA MK RS

(30) Priorité: **30.07.2007 FR 0756800**

(71) Demandeur: **UGITECH**
73400 Ugine (FR)

(72) Inventeurs:
• **Hauser, Jean-Michel**
73400 Ugine (FR)
• **Sourisseau, Thomas**
74210 Doussard (FR)
• **Bellicaud, Stéphane**
74600 Seynod (FR)

(74) Mandataire: **Domenego, Bertrand**
Cabinet Lavoix
2, place d'Estienne d'Orves
75441 Paris Cedex 09 (FR)

(54) **Fil cranté pour armature de structure en béton, en acier inoxydable duplex.**

(57) Fil cranté pour armature de béton comportant des rangées de verrous s'étendant le long du fil avec un pas $c \leq d$ (diamètre équivalent du fil), en forme de croissant incliné par rapport à l'axe du fil, de section trapézoïdale, de hauteur maximale $a \geq 0,05 d$ et $\leq 0,15 d$. Au moins lorsque $a \leq 0,065 d$, le coefficient de forme F du fil cranté, selon la formule de Simpson, est $\geq 0,039$ si d

$< 7 \text{ mm}$; $\geq 0,045$ si $d \geq 7 \text{ mm}$ et $< 9 \text{ mm}$; $\geq 0,052$ si $d \geq 9 \text{ mm}$. Le fil est en acier inoxydable duplex comprenant de 30 % à 70 % de ferrite avec $R_p 0,2 \geq 500 \text{ MPa}$, $R_m \geq 1,07 R_p 0,2$ et $A_{gt} > 0,05$; le crantage est à froid ; la largeur maximale à la base L_c des verrous est $\geq 0,35 \times d$, le pas c est $\geq 0,6 d$; l'angle β des verrous, par rapport à l'axe du fil, est $\geq 40^\circ$ et $\leq 65^\circ$; l'angle α d'inclinaison des flancs des verrous est $\geq 65^\circ$ et $\leq 90^\circ$.

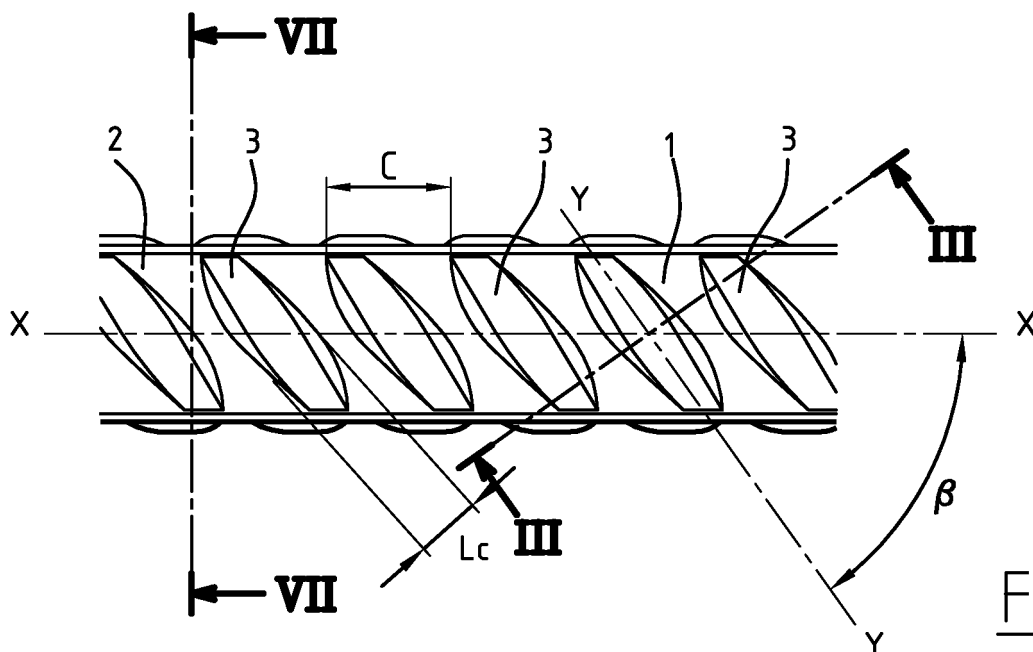


FIG. 1

Description

[0001] La présente invention est relative à un fil cranté pour armature de béton en acier inoxydable.

[0002] Les fils crantés en acier, se présentant sous forme de couronnes ou sous forme de barres, sont utilisés couramment pour l'armature du béton.

[0003] Le crantage est destiné à créer un effet d'ancrage de l'armature métallique dans la structure en béton afin d'éviter l'arrachement et de permettre de développer un état de contrainte favorable à la résistance mécanique de la structure. Pour cela, il doit satisfaire des conditions géométriques définies dans des normes telles que la norme internationale ISO/FDIS 6935-2, déterminées de façon à obtenir un ancrage suffisant. Outre ces caractéristiques géométriques, les normes définissent des caractéristiques mécaniques minimales que doivent satisfaire les fils crantés. Ces caractéristiques mécaniques minimales sont notamment une limite d'élasticité conventionnelle minimale, un rapport minimal entre la charge à la rupture et la limite d'élasticité conventionnelle, un allongement minimal à la rupture et un allongement total minimal au maximum de la charge lors de l'essai de rupture en traction du fil. Ces caractéristiques mécaniques minimales sont destinées à assurer que les armatures pourront résister convenablement aux efforts auxquels elles seront soumises lorsque les structures dans lesquelles elles sont intégrées seront utilisées. Elles sont mesurées selon les procédures standard définies également dans les normes [ISO/FDIS 6935-2].

[0004] En général, les fils pour armature de béton sont en acier au carbone. Cependant, dans certaines applications, les armatures peuvent être soumises à des phénomènes de corrosion importants auxquels les aciers au carbone résistent mal.

[0005] Afin de se prémunir contre les conséquences de la corrosion, on utilise des fils crantés en acier inoxydable, en particulier en acier inoxydable austénitique ou duplex. De tels fils sont définis notamment dans la norme française XPA 35-014 et dans la norme anglaise BS 6744 : 2001.

[0006] Pour fabriquer les fils crantés destinés à réaliser des armatures pour le béton, on effectue des opérations de crantage par laminage à l'aide de cylindres dont les cannelures comportent des empreintes disposées régulièrement et qui ont des formes adaptées pour générer des verrous en relief. Pour les plus grosses dimensions, en général au-delà de 35 mm de diamètre, les fils sont crantés par laminage/crantage à chaud. Pour les petites ou les moyennes dimensions, c'est-à-dire en général en dessous de 32 mm, le laminage/crantage est réalisé à froid, c'est-à-dire à des températures inférieures à 400°C, à l'aide soit de cylindres motorisés soit de cylindres fous. Lorsque les cylindres sont motorisés, l'opération de crantage est une opération de type laminage ; lorsque les cylindres sont fous, l'opération de crantage est assimilable à une opération de tréfilage.

[0007] Sur des fils en acier inoxydable austénitique, ces opérations de crantage à chaud ou à froid permettent d'obtenir à la fois des caractéristiques mécaniques et des caractéristiques géométriques satisfaisantes. En revanche, sur des fils en acier inoxydable duplex, contenant, outre 30% à 70% de ferrite, au moins une autre phase austénite ou martensite, seul le crantage à chaud permet d'obtenir à la fois des caractéristiques mécaniques et des caractéristiques géométriques satisfaisantes. En effet, on constate que, lorsque l'on essaye de fabriquer des fils crantés avec les géométries de verrous classiques par crantage à froid d'un acier inoxydable duplex, on obtient soit une géométrie satisfaisante, c'est-à-dire correspondant à des verrous suffisamment importants et des caractéristiques mécaniques insuffisantes, en particulier des caractéristiques d'allongement très insuffisantes, soit des caractéristiques mécaniques satisfaisantes, mais des caractéristiques géométriques inadaptées. De ce fait, on ne fabrique pas par crantage à froid de fils crantés pour armature de béton en acier inoxydable duplex de diamètre inférieur à 32 mm, ayant des caractéristiques géométriques et mécaniques satisfaisantes. Il s'agit là d'un inconvénient car, pour les fils crantés de petit ou moyen diamètre, on ne peut pas profiter des avantages des aciers inoxydables duplex qui ont notamment une meilleure tenue à la corrosion par piqûre et un coût plus faible que celui des aciers austénitiques.

[0008] Le but de la présente invention est de remédier à ces inconvénients en proposant un fil cranté à froid pour armature de béton en acier inoxydable du type duplex qui présente des caractéristiques géométriques et des caractéristiques mécaniques conformes aux exigences minimales requises pour ce type de produit.

[0009] A cet effet l'invention a pour objet un fil cranté pour armature en béton en acier inoxydable, du type comportant au moins deux rangées de verrous en relief s'étendant le long du fil avec un pas c inférieur ou égal au diamètre équivalent d du fil, le diamètre équivalent d du fil cranté étant le diamètre d'un fil lisse de section circulaire qui a le même poids linéique que le fil cranté, chaque verrou étant en forme de croissant incliné par rapport à l'axe longitudinal du fil, ayant une section transversale trapézoïdale et ayant une hauteur maximale a comprise entre 0,05 fois et 0,15 fois le diamètre équivalent d , la géométrie des verrous étant telle que, au moins lorsque la hauteur maximale a est inférieure à 0,065 fois le diamètre équivalent d , le coefficient de forme F du fil cranté, calculé à l'aide de la formule de Simpson, est supérieur ou égal à 0,039 si le diamètre équivalent d est inférieur à 7 mm, supérieur ou égal à 0,045 si le diamètre équivalent d est supérieur ou égal à 7 mm et inférieur à 9 mm, supérieur ou égal à 0,052 si le diamètre équivalent d est supérieur ou égal à 9 mm, le fil ayant une limite d'élasticité conventionnelle R_p 0,2 supérieure à 500 MPa, une résistance à la traction R_m supérieure à 1,07 fois la limite d'élasticité conventionnelle et un allongement total au maximum de la charge Agt supérieur à 5%. En outre :

EP 2 025 826 A1

- l'acier inoxydable est un acier inoxydable duplex dont la structure comprend entre 30 % et 70 % de ferrite,
- les verrous sont obtenus par déformation plastique à froid,
- la largeur maximale à la base **Lc** des verrous est supérieure à 0,35 fois le diamètre équivalent **d**,
- le pas **c** est compris entre 0,60 et 1 fois le diamètre équivalent **d**,
- l'angle d'orientation β des verrous par rapport à l'axe longitudinal du fil, défini plus précisément par l'angle du plan médian longitudinal du verrou avec l'axe du fil, est compris entre 40 ° et 65 ° et,
- l'angle α d'inclinaison des flancs des verrous l'un par rapport à l'autre est compris entre 65° et 90°.

[0010] De préférence, le fil cranté a un coeur ou âme de section polygonale curviligne, chaque face curviligne ayant un rayon de courbure **R**.

[0011] De préférence, le diamètre équivalent **d** du fil cranté est inférieur à 32 mm.

[0012] De préférence, la composition chimique de l'acier inoxydable duplex comprend, en % en poids,

$$10\% \leq \text{Cr} \leq 31\%$$

$$0,4\% \leq \text{Ni} + \text{Mn} + \text{Cu} + \text{Co} \leq 12\%$$

$$0,02\% \leq \text{N} \leq 0,45\%$$

$$\text{Si} \leq 2\%$$

$$\text{Mo} \leq 6\%$$

$$\text{W} \leq 2\%$$

$$0,005\% \leq \text{C} \leq 0,1\%$$

$$0,01\% \leq \text{Nb} \leq 0,4 \%$$

$$0,01\% \leq \text{Ti} \leq 0,4 \%$$

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration.

[0013] De préférence, la composition chimique de l'acier est telle que :

$$3 \% \leq \text{Ni} + \text{Mn} + \text{Cu} + \text{Co} \leq 11\% \quad \text{lorsque } \text{Cr} > 19 \%$$

$$0,4\% \leq \text{Ni} + \text{Mn} + \text{Cu} + \text{Co} \leq 8\% \quad \text{lorsque } \text{Cr} \leq 19 \%$$

[0014] Dans un premier mode de réalisation particulier, la largeur des verrous en extrémité **Le**, mesurée perpendiculairement au plan médian longitudinal du galet, est supérieure à 0,4 fois la largeur maximale du verrou **Lc**, l'angle

d'orientation β des verrous est compris entre 52° et 62° et l'angle α d'inclinaison des flancs de verrous est compris entre 80° et 90° .

[0015] Dans un deuxième mode de réalisation particulier, la largeur des verrous en extrémité **Le** est inférieure à 0,25 fois la largeur maximale du verrou **Lc**, l'angle d'orientation β des verrous est compris entre 40° et 50° et l'angle α d'inclinaison des flancs des verrous est compris entre 65° et 75° .

[0016] De préférence, la résistance à la traction R_m est supérieure ou égale à 1,1 fois la limite d'élasticité conventionnelle $R_p 0,2$.

[0017] La limite d'élasticité conventionnelle $R_p 0,2$ peut être supérieure à 750 MPa.

[0018] L'invention concerne également un procédé pour la fabrication d'un fil cranté selon l'invention, selon lequel on effectue un crantage à froid d'un fil machine par passage entre des galets de crantage, avec un taux de réduction global entre fil machine initial et fil cranté final inférieur à 16%, la température du fil pendant le crantage étant inférieure à 400°C .

[0019] L'invention va maintenant être décrite de façon plus précise mais non limitative en regard des figures annexées dans lesquelles :

- la figure 1 est une vue schématique d'un segment de fil cranté à froid en acier inoxydable duplex pour armature de béton selon un premier mode de réalisation ;
- la figure 2 est une vue de dessus agrandie d'un verrou du fil cranté de la figure 1 ;
- la figure 3 est une vue en coupe du fil de la figure 1, par un plan de coupe III-III perpendiculaire au plan médian longitudinal Y-Y d'un verrou ;
- la figure 4 est une vue schématique d'un segment d'un fil cranté pour l'armature de béton selon un deuxième mode de réalisation ;
- la figure 5 est une vue de dessus agrandie d'un verrou du fil cranté de la figure 4 ;
- la figure 6 est une vue en coupe d'un verrou du fil de la figure 4, coupé par un plan VI-VI perpendiculaire à l'axe longitudinal Y'-Y' d'un verrou ;
- la figure 7 est une vue en coupe par un plan transversal du fil cranté de la figure 1 ou du fil cranté de la figure 2.

[0020] Les inventeurs ont découvert de façon nouvelle que, lorsque la forme du crantage, c'est-à-dire la forme des verrous réalisés sur le fil cranté, est convenablement choisie, il est possible de fabriquer par crantage à froid des fils crantés en acier inoxydable duplex qui ont à la fois une géométrie satisfaisante pour assurer un bon ancrage dans le béton et des caractéristiques mécaniques satisfaisantes. En particulier les inventeurs ont constaté que, lorsque la géométrie des verrous est bien choisie, il est possible de faire un crantage à froid avec un taux de réduction inférieur à 15 % et même, inférieur à 10%, conduisant à des verrous ayant une hauteur suffisante tout en imposant à l'acier inoxydable duplex un écrouissage qui ne détériore pas trop la ductilité. Il est alors possible de fabriquer des fils crantés en acier inoxydable duplex de petit ou de moyen diamètre, bien adaptés à l'armature du béton.

[0021] Dans tous les cas, les verrous ont des formes dites en croissant. Cela signifie que, en vue de profil, ils ont une forme en croissant, avec une partie centrale épaisse et deux parties d'extrémité en fuseau. En vue de dessus, les verrous ont des formes polygonales à bords curvilignes.

[0022] D'une façon générale, pour que le crantage assure un effet d'ancrage suffisant, il faut notamment que les verrous soient suffisamment nombreux et créent une surface latérale suffisante, transversalement à l'axe du fil.

[0023] Pour obtenir ce résultat, on impose certains paramètres géométriques qui sont notamment la hauteur des verrous, le pas du crantage, l'inclinaison des verrous par rapport à l'axe longitudinal du fil cranté.

[0024] Dans tous les cas, et comme représenté à la figure 7, les fils ont une âme 10 en forme de polygone curviligne qui, dans le cas de l'exemple représenté, est un triangle comportant trois faces 11 de rayon de courbure **R**, séparées par des nervures longitudinales 12 qui correspondent aux trois sommets du triangle. Sur cette vue en coupe, on voit les verrous 13 qui ont une hauteur maximale **a**. Les faces curvilignes 11 des triangles curvilignes, ont un rayon **R** qui est généralement compris entre 0,6 et 0,7 fois le diamètre équivalent du rond cranté. Sur la figure, on a également représenté les hauteurs $a_{1/4}$ et $a_{3/4}$ des verrous qui correspondent à la hauteur des verrous au quart et au trois quarts de leur longueur. A l'aide de ces hauteurs $a_{1/4}$, $a_{3/4}$ et de la hauteur maximale **a** on peut calculer le coefficient de forme **F** par la formule dite de Simpson qui est la suivante :

$$F = (2a_{1/4} + a + 2a_{3/4}) \times (\pi \cdot d - \sum f_i) / (6\pi \cdot dc)$$

[0025] Dans cette formule **d** est le diamètre équivalent du fil cranté, f_i est la longueur développée de la circonférence sans verrou, située entre les rangées de verrous, et **c** est le pas des verrous.

[0026] Le diamètre équivalent **d** du fil cranté est le diamètre d'un fil lisse de section circulaire qui aura le même poids linéique que le fil cranté.

[0027] Dans tous les cas, et conformément aux normes, la hauteur maximale **a** des verrous est comprise entre 0,05 fois et 0,15 fois le diamètre équivalent **d** du fil cranté. En outre, et de préférence, au moins lorsque la hauteur maximale des verrous est inférieure ou égale à 0,065 fois le diamètre équivalent **d**, le crantage doit être réalisé de telle sorte que le coefficient de forme **F** soit supérieur ou égal à 0,039 si le diamètre équivalent **d** est inférieur à 7 mm, supérieur ou égal à 0,045 si le diamètre équivalent **d** est supérieur ou égal à 7 mm et inférieur à 9 mm, supérieur ou égal à 0,052 si le diamètre équivalent **d** est supérieur ou égal à 9 mm.

[0028] D'une façon générale, les verrous ont une forme générale en croissant, de section trapézoïdale de telle sorte que les faces latérales sont inclinées les unes par rapport aux autres d'un angle α compris entre 65° et 90°, et dont le plan médian longitudinal forme avec l'axe longitudinal du fil cranté un angle β compris entre 40° et 65°, et, de préférence, compris entre 45° et 65°.

[0029] Avec les conditions qui viennent d'être indiquées, il est possible de réaliser des fils crantés à froid en acier inoxydable duplex ayant des caractéristiques mécaniques en d'ancrage du béton satisfaisantes.

[0030] On va maintenant décrire un premier mode de réalisation d'un fil cranté pour armature de béton en acier inoxydable duplex cranté à froid.

[0031] Le fil cranté repéré par 1 à la figure 1, est un fil cranté de section polygonale curviligne comportant sur chacune de ses faces curvilignes 2, une rangée de crans 3 constituant des verrous en saillie. Ces verrous en saillie ont des formes générales en croissant et ont un plan médian longitudinal Y-Y incliné par rapport à l'axe longitudinal X-X du fil, d'un angle d'orientation β compris entre 52° et 62°. La rangée de verrous s'étend sur la longueur du fil avec un pas **c** compris entre 0,65 et 1 fois et de préférence entre 0,65 et 0,75 fois le diamètre équivalent **d** du fil cranté. Chaque verrou 3, a une forme de quadrilatère curviligne allongé ayant une section transversale 6 de forme trapézoïdale. Vu de dessus, le verrou comporte une bande longitudinale centrale 5, bordée par deux faces curvilignes 4. La section transversale étant trapézoïdale, les faces latérales 4 sont inclinées l'une par rapport à l'autre et forment entre elles un angle d'inclinaison α compris entre 80 et 90°. A mi-longueur, le verrou 3 a une largeur maximale à la base **Lc** supérieure à 0,35 fois et de préférence supérieure à 0,36 fois le diamètre équivalent **d**. A chacune de ses extrémités 7, le verrou a une largeur d'extrémité **Le** qui est supérieure à 0,4 fois la largeur maximale à la base **Lc**. A mi-longueur, le verrou a une hauteur maximale **a** qui est supérieure à 0,05 fois le diamètre équivalent **d**. De plus, le coefficient de forme **F** du fil cranté est supérieur ou égal à 0,039 si le diamètre équivalent **d** est inférieur à 7 mm, supérieur ou égal à 0,045 si le diamètre équivalent **d** est supérieur ou égal à 7 mm et inférieur à 9 mm, et supérieur ou égal à 0,052 si le diamètre équivalent **d** est supérieur ou égal à 9 mm. Avec la géométrie qui vient d'être définie, on obtient un crantage qui satisfait aux conditions minimales pour assurer un bon ancrage de l'armature dans le béton.

[0032] En outre, les inventeurs ont constaté qu'il était possible de réaliser ce crantage par crantage à froid, c'est-à-dire à une température inférieure à 400°C, avec un taux de réduction global égal à $[1 - (\mathbf{d} / \varnothing \text{ fil-machine})^2]$ inférieur à 16 %, et mieux inférieur à 14 %, et mieux encore inférieur à 10 %. Il en résulte que les caractéristiques mécaniques finales, obtenues sur fil cranté, sont satisfaisantes lorsque le fil est en acier inoxydable duplex ; dans cette formule, **d** est le diamètre équivalent du fil cranté et $\varnothing$ fil-machine est le diamètre du fil machine avant crantage.

[0033] Cette opération peut être réalisée en deux passes, à l'aide d'une installation de crantage permettant d'une part de faire une première passe pour former la section de l'âme du fil cranté en forme de polygone curviligne, puis une deuxième passe de crantage proprement dit destinée à réaliser les verrous sur chacune des faces curvilignes du fil.

[0034] Dans le cas de la réalisation du fil cranté selon l'invention, il est aussi possible de réaliser en une seule passe l'ensemble de la conformation à froid, à savoir formation de l'âme en polygone curviligne et formation des verrous en relief. Cela constitue un avantage du point de vue de la simplicité du procédé de mise en forme.

[0035] Dans le cas des fils crantés selon l'invention, les fils-machine de section ronde ont subi une seule passe de déformation à froid par étirage à travers une cage à 3 galets à cannelures à empreintes.

[0036] Dans un deuxième mode de réalisation représenté aux figures 4, 5 et 6, le fil cranté 1' comporte sur une section polygonale curviligne comme dans le cas précédent et sur chacune de ses faces 2' des verrous qui forment des alignements de verrous 3'. Les verrous 3' ont également des formes générales de croissant. Plus précisément, vu de dessus comme représenté à la figure 5, les verrous ont une forme en losange curviligne. Le losange curviligne comporte une face supérieure 5' également en forme de losange curviligne bordé par deux faces latérales 4'. Les faces latérales 4' sont inclinées l'une par rapport à l'autre et forment entre elles un angle α compris entre 65° et 75°. Les verrous ont une largeur maximale à la base **Lc** supérieure à 0,35 fois le diamètre équivalent **d** du fil cranté. En extrémité, les verrous ont une largeur **Le** très faible, et en tout état de cause inférieure ou égal au quart de la largeur maximale à la base.

[0037] Comme dans le cas précédent, le plan médian longitudinal des verrous forme avec l'axe longitudinal X'X' du fil, un angle d'orientation β' compris entre 40° et 50°. Enfin, les verrous sont répartis sur la longueur du fil avec un pas **c** compris entre 0,65 et 0,70 fois le diamètre équivalent **d** du fil cranté.

[0038] Enfin, toutes les caractéristiques du fil sont conformes aux caractéristiques générales définies précédemment.

[0039] Avec une telle géométrie, il est possible de réaliser des fils crantés par crantage à froid avec un taux de déformation plastique cumulée inférieure à 16% de telle sorte qu'à la fois les conditions de géométries sévères et les conditions de caractéristiques mécaniques selon les normes soient remplies.

[0040] A titre d'exemple et de comparaison, on a réalisé trois fils crantés à froid en acier inoxydable duplex austéno-ferritique du type 1.4462 défini par la norme européenne EN 10088 (%C ≤ 0,030 ; %Si ≤ 1,0 ; %Mn ≤ 2,0 ; %P ≤ 0,035 ; %S ≤ 0,015 ; 21 ≤ %Cr ≤ 23 ; 4,5 ≤ %Ni ≤ 6,5 ; 2,5 ≤ %Mo ≤ 3,5 ; 0,10 ≤ %N ≤ 0,22) en partant d'un fil machine de 17 mm de diamètre pour réaliser des fils crantés de diamètre nominal équivalent de 16 mm environ.

[0041] Les fils « EX1 », et « EX2 » sont donnés à titre d'exemple et le fil « Comp » est donné à titre de comparaison. EX1 est conforme au premier mode de réalisation, et EX2 est conforme au deuxième mode de réalisation.

[0042] Dans le cas du fil cranté de comparaison selon l'art antérieur, le fil-machine de départ, de section ronde, a été déformé à froid par étirage à travers une cage de trois galets lisses non motorisés, pour former trois facettes curvilignes, puis il a subi une passe de crantage par étirage à travers une deuxième cage à trois galets non motorisés à cannelures à empreintes, soit un total de deux passes de déformation à froid.

[0043] Les caractéristiques de ces fils, reportées au tableau ci-dessous, montrent que lorsque notamment la largeur de verrou maximale L_c est inférieure à 0,35 fois le diamètre équivalent du fil cranté (cas de l'exemple comp), l'allongement Agt est faible et inférieur à 5 %, et le rapport $R_m/R_{p0,2}$ est inférieur à 1,07, donc la ductilité n'est pas satisfaisante. Au contraire, l'ensemble des critères géométriques et mécaniques sont remplis dans les cas des exemples « Ex1 » et « Ex2 » conformes à l'invention.

TABLEAU

	Ex 1	Ex 2	Comp
Ø fil machine mm	17	17	17
Nombre de faces ou rangées de verrous	3	3	3
R rayon de courbure des faces de l'âme	10,35	10,35	10,35
Nb. de passes à froid	1	1	2
β en °	57	45	45
α en °	89	70	90
c mm	10,7	10,5	10,5
Lc mm	6,5	6,5	4,3
Le mm	3,1	0,5	0,4
d diamètre équivalent (mm)	15,9	16,0	15,6
Taux de déformation %	12,5	11,4	15,8
a mm	0,94	0,99	0,89
F	0,054	0,058	0,056
Rp 0,2 MPa	845	780	865
Agt %	7	6	2,4
Rm / Rp 0.2	1,10	1,15	1,06

[0044] Les résultats comparatifs des propriétés des fils crantés selon l'invention et des fils comportant des verrous conformes à l'art antérieur montrent que les conditions étroites de géométrie imposées par l'invention doivent être respectées pour satisfaire l'ensemble des conditions nécessaires pour obtenir des propriétés d'emploi satisfaisantes pour les fils crantés pour armature de béton.

[0045] Dans l'exemple qui vient d'être présenté, le fil cranté comporte une section généralement triangulaire curviligne. Mais le fil cranté peut également avoir une section comportant quatre faces ou plus. Cependant, de préférence, il comprend au plus trois faces, car au-delà, le procédé est difficile à réaliser.

[0046] Enfin, le fil cranté tel qu'il vient d'être décrit est en général d'un diamètre inférieur à 32 mm et qui peut descendre jusqu'à 3 mm. Il peut être présenté sous forme de bobines ou sous forme de couronnes ou sous forme de barres dressées.

[0047] Ce fil cranté a l'avantage de permettre de réaliser des armatures pour béton avec des fils de petits diamètres ou de diamètre moyen en acier inoxydable duplex, ayant à la fois les propriétés d'ancrage satisfaisantes et des propriétés mécaniques, notamment des propriétés de ductilité, suffisantes.

[0048] L'acier inoxydable duplex dont peut être constitué l'acier est un acier dont la structure comprend entre 30 %

et 70 % de ferrite, le reste étant principalement soit de l'austénite, soit de la martensite soit un mélange de ces deux phases. La structure peut également comporter des précipités tels que des carbures, des nitrures, des oxydes, des sulfures, des composés intermétalliques.

[0049] D'une façon générale, la composition chimique de ces aciers, comprend en % en poids :

- de 10 % à 31 % de chrome ;
- du nickel, du manganèse, du cuivre et du cobalt en des teneurs telles que la somme Ni + Mn + Cu + Co est comprise entre 0,4 % et 12 %, et de préférence comprise entre 3 % et 11 % lorsque la teneur en chrome est supérieure à 19 %, et comprise entre 0,4 % et 8 %, lorsque la teneur en chrome est inférieure ou égale à 19 % ;
- entre 0,02 et 0,45 % d'azote ;
- jusqu'à 2 % de silicium, et de préférence, plus de 0,1 % ;
- jusqu'à 6 % de molybdène, et de préférence plus de 0,1 % ;
- jusqu'à 2 % de tungstène et, de préférence, plus de 0,01 % ;
- jusqu'à 0,1 % de carbone, et, de préférence, plus de 0,05 % ;
- entre 0,01 % et 0,4 % de niobium.

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration.

[0050] En ce qui concerne les impuretés, il est souhaitable que la teneur en soufre reste inférieure à 0,03 %, la teneur en phosphore reste inférieure à 0,05 %, la teneur en arsenic reste inférieure à 0,040 % et la teneur en oxygène reste inférieure à 0,030 %.

[0051] Enfin, le fil cranté tel qu'il vient d'être décrit est en général d'un diamètre inférieur à 32 mm et qui peut descendre jusqu'à 3 mm. Il peut être présenté sous forme de bobines ou sous forme de couronnes ou sous forme de barres droites.

[0052] Ce fil cranté a l'avantage de permettre de réaliser des armatures pour béton avec des fils de petits diamètres ou de diamètre moyen en acier inoxydable duplex, ayant à la fois les propriétés d'ancrage satisfaisantes et des propriétés mécaniques, notamment des propriétés de ductilité, suffisantes.

[0053] On notera, enfin, que l'homme du métier peut généralement distinguer un fil cranté à froid d'un fil cranté à chaud notamment par l'aspect de surface du fil : le fil cranté à froid est lisse et brillant, sauf s'il a subi un traitement de surface après l'opération de crantage, alors que le fil cranté à chaud a une surface décapée ou grenillée qui résulte des opérations d'enlèvement de la calamine formée lors du crantage à chaud, sauf s'il a subi postérieurement une opération de polissage.

Revendications

1. Fil cranté pour armature de structure en béton, en acier inoxydable, du type comportant au moins deux rangées de verrous en relief s'étendant le long du fil avec un pas **c** inférieur ou égal au diamètre équivalent **d** du fil, chaque verrou étant en forme de croissant incliné par rapport à l'axe longitudinal du fil, ayant une section transversale trapézoïdale et ayant une hauteur maximale **a** comprise entre 0,05 fois et 0,15 fois le diamètre équivalent **d**, la géométrie des verrous étant telle que, au moins lorsque la hauteur maximale **a** des verrous est inférieure à 0,065 fois le diamètre équivalent **d**, le coefficient de forme **F** du fil cranté, calculé à l'aide de la formule de Simpson, est supérieur ou égal à 0,039 si le diamètre équivalent **d** est inférieur à 7 mm, supérieur ou égal à 0,045 si le diamètre équivalent **d** est supérieur ou égal à 7 mm et inférieur à 9 mm, supérieur ou égal à 0,052 si le diamètre équivalent **d** est supérieur ou égal à 9 mm, le fil ayant une limite d'élasticité conventionnelle $R_p 0,2$ supérieure à 500 MPa, une résistance à la traction R_m supérieure à 1,07 fois la limite d'élasticité conventionnelle et un allongement total au maximum de la charge A_{gt} supérieur à 5%, **caractérisé en ce que :**

- l'acier inoxydable est un acier inoxydable duplex dont la structure comprend entre 30 % et 70 % de ferrite,
- le crantage est un crantage obtenu par déformation plastique à froid,
- la largeur maximale à la base **Lc** des verrous est supérieure à 0,35 fois le diamètre équivalent **d**,
- le pas **c** est compris entre 0,6 et 1 fois le diamètre équivalent **d**,
- l'angle d'orientation β , des verrous par rapport à l'axe longitudinal du fil, est compris entre 40 ° et 65 ° et,
- l'angle α d'inclinaison des flancs des verrous l'un par rapport à l'autre est compris entre 65° et 90°.

2. Fil cranté selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'il a un coeur de section polygonale curviligne.**

3. Fil cranté selon la revendication 1 ou la revendication 2, **caractérisé en ce que le diamètre équivalent est inférieur à 32 mm.**

EP 2 025 826 A1

4. Fil cranté selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la composition chimique de l'acier inoxydable duplex comprend, en % en poids :

5
$$10\% \leq \text{Cr} < 31\%$$

10
$$0,4\% \leq \text{Ni} + \text{Mn} + \text{Cu} + \text{Co} \leq 12\%$$

15
$$0,02\% \leq \text{N} \leq 0,45\%$$

20
$$\text{Si} \leq 2\%$$

25
$$\text{Mo} \leq 6\%$$

30
$$\text{W} \leq 2\%$$

35
$$0,005\% \leq \text{C} \leq 0,1\%$$

40
$$0,01\% \leq \text{Nb} \leq 0,4\%$$

45
$$0,01\% \leq \text{Ti} \leq 0,4\%$$

le reste étant du fer et des impuretés résultant de l'élaboration.

- 50 5. Fil cranté selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la composition chimique de l'acier est telle que :

55
$$3\% \leq \text{Ni} + \text{Mn} + \text{Cu} + \text{Co} \leq 11\% \quad \text{lorsque } \text{Cr} > 19\%$$

$$0,4\% \leq \text{Ni} + \text{Mn} + \text{Cu} + \text{Co} \leq 8\% \quad \text{lorsque } \text{Cr} \leq 19\%$$

- 60 6. Fil cranté selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la largeur des verrous en extrémité **Le** est supérieure à 0,4 fois la largeur maximale du verrou **Lc** et **en ce que** l'angle d'orientation β des verrous est compris entre 52° et 62° et l'angle α d'inclinaison des flancs de verrous est compris entre 80° et 90° .

- 65 7. Fil cranté selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la largeur des verrous en extrémité **Le** est inférieure à 0,25 fois la largeur maximale du verrou **Lc** et **en ce que** l'angle d'orientation β des verrous est compris entre 40° et 50° et l'angle α d'inclinaison des flancs des verrous est compris entre 65° et 75° .

EP 2 025 826 A1

8. Fil cranté selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** la résistance à la traction R_m est supérieure à 1,1 la limite d'élasticité conventionnelle $R_{p0,2}$.
- 5 9. Fil cranté selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** la limite d'élasticité conventionnelle $R_{p0,2}$ est supérieure à 750 MPa.
- 10 10. Procédé pour la fabrication d'un fil cranté selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce qu'on** effectue un crantage à froid d'un fil machine par passage entre des galets de crantage, avec un taux de réduction global entre fil machine initial et fil cranté final inférieur à 16%, la température du fil pendant le crantage étant inférieure à 400°C.

15

20

25

30

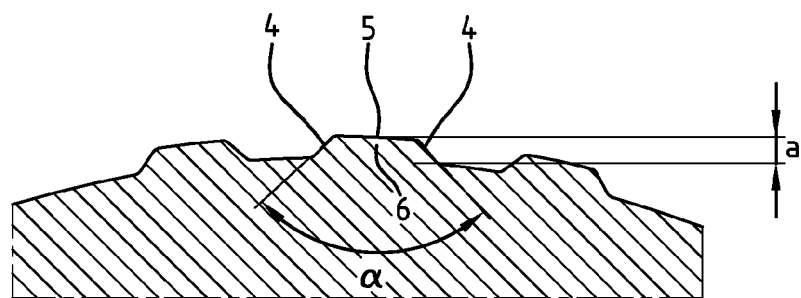
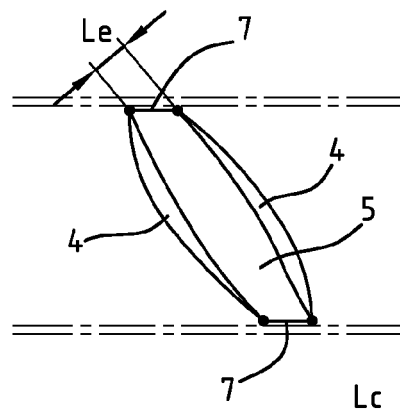
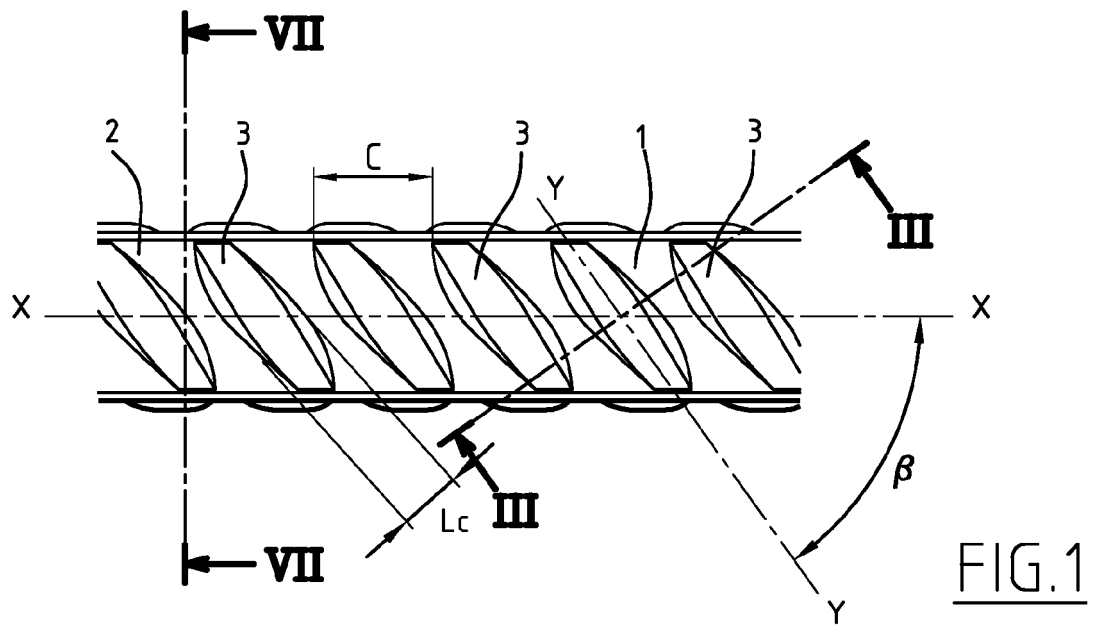
35

40

45

50

55



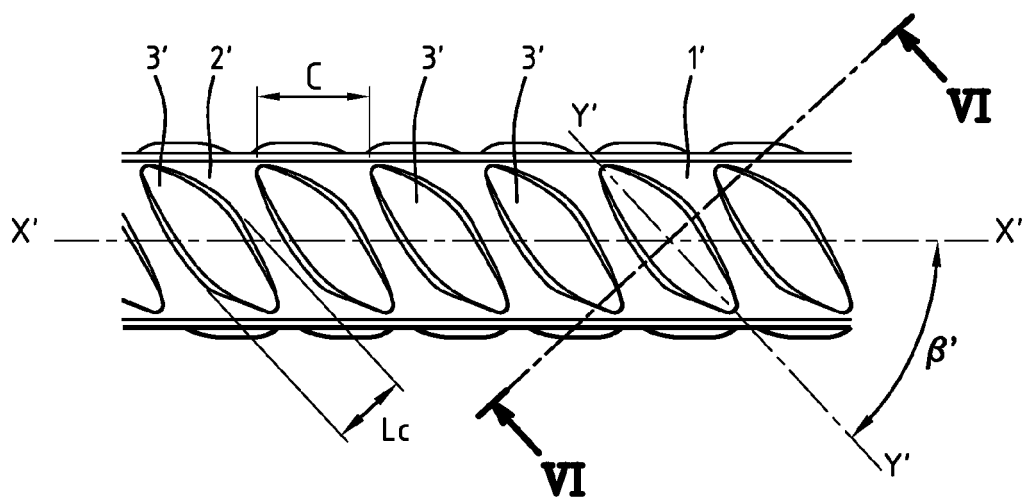


FIG. 4

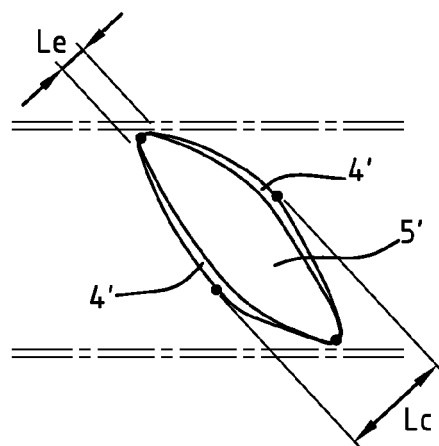


FIG. 5

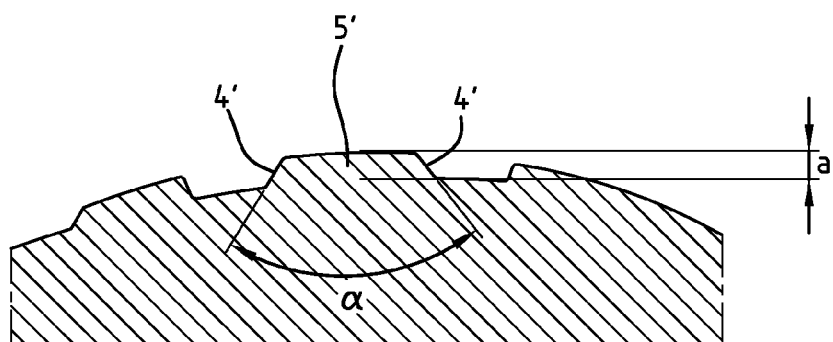


FIG. 6

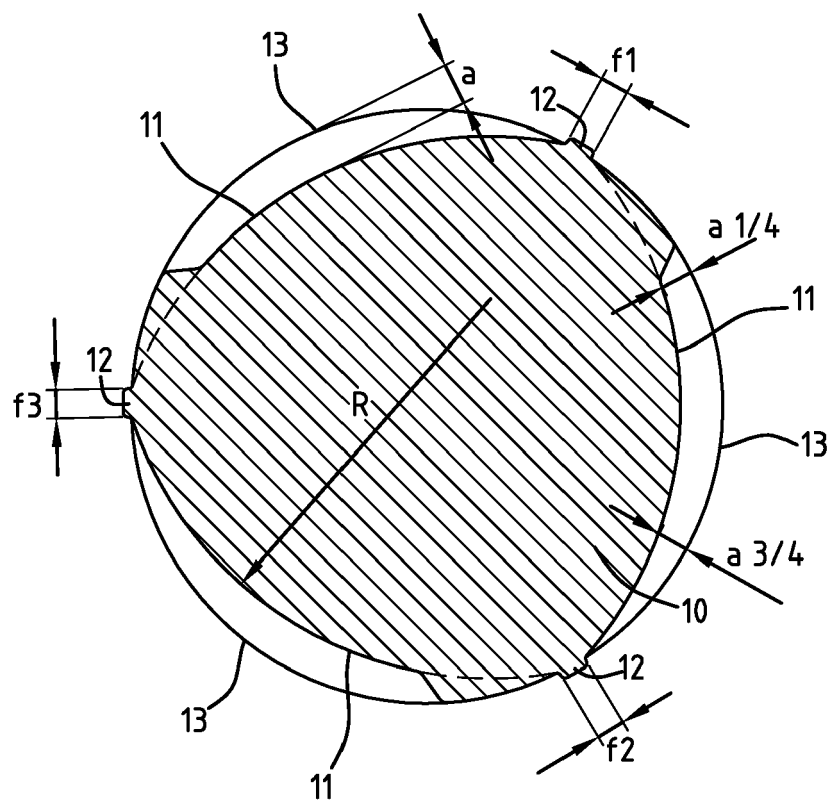


FIG. 7



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
Y	EP 0 399 910 A (ACOR ACIERS DE CONSTRUCTION RA [FR]) 28 novembre 1990 (1990-11-28) * page 3, ligne 44 - page 4, ligne 32; revendication 1; figures 1-12; tableau 1 *	1-10	INV. E04C5/03 C22C38/00
Y	FR 2 567 911 A (UGINE ACIERS [FR]) 24 janvier 1986 (1986-01-24) * page 1, ligne 4-21 * * page 3, ligne 10 - page 4, ligne 5 * * page 7, ligne 12-34 * * tableau III *	1-10	
Y	CH 335 477 A (MONTEFORNO STAHL UND WALZWERKE [CH]) 31 décembre 1958 (1958-12-31) * page 1, ligne 43 - page 2, ligne 21; figures 1-5 *	1-10	
A	CH 303 187 A (MONTEFORNO STAHL UND WALZWERKE [CH]) 30 novembre 1954 (1954-11-30) * page 1, ligne 39-57; figures 1-3 *	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
A	GB 709 861 A (ISTEG STEEL PRODUCTS LTD) 2 juin 1954 (1954-06-02) * page 3, ligne 57-77; figures 1-4 *	1	E04C C22C
A	EP 0 451 798 A (INST STAHLBETON BEWEHRUNG EV [DE]) 16 octobre 1991 (1991-10-16) * page 4, ligne 4-44; figures 4-6 *	1	
A	DE 201 21 825 U1 (BADISCHE STAHLWERKE GMBH [DE]) 28 mai 2003 (2003-05-28) * page 6, ligne 20 - page 9, ligne 23; figure 1 *	1	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 3 septembre 2008	Examineur Vratsanou, Violandi
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 08 16 0983

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

03-09-2008

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0399910	A	28-11-1990	DE 69007677 D1	05-05-1994
			DE 69007677 T2	01-09-1994
			ES 2054290 T3	01-08-1994
			FR 2647372 A1	30-11-1990

FR 2567911	A	24-01-1986	DE 3561554 D1	10-03-1988
			EP 0172776 A1	26-02-1986
			ES 8703940 A1	16-05-1987

CH 335477	A	31-12-1958	AUCUN	

CH 303187	A	30-11-1954	AUCUN	

GB 709861	A	02-06-1954	AUCUN	

EP 0451798	A	16-10-1991	AT 128507 T	15-10-1995
			DE 4011486 A1	10-10-1991
			DK 451798 T3	15-01-1996

DE 20121825	U1	28-05-2003	AUCUN	

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82