



⑫

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

④⑤ Veröffentlichungstag der Patentschrift :
15.02.95 Patentblatt 95/07

⑤① Int. Cl.⁶ : **E04C 5/03**

②① Anmeldenummer : **91900314.5**

②② Anmeldetag : **07.12.90**

⑧⑥ Internationale Anmeldenummer :
PCT/HU90/00080

⑧⑦ Internationale Veröffentlichungsnummer :
WO 91/09188 27.06.91 Gazette 91/14

⑤④ **STAHLDRAHT ZUR VERSTÄRKUNG DES EINBETTUNGSMATERIALS, INSBESONDERE BETON, SOWIE DAS VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG DES STAHLDRAHTS.**

③⑩ Priorität : **07.12.89 HU 646589**

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung :
23.09.92 Patentblatt 92/39

④⑤ Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung :
15.02.95 Patentblatt 95/07

⑧④ Benannte Vertragsstaaten :
AT DE IT

⑤⑥ Entgegenhaltungen :
EP-A- 0 187 075
AT-B- 212 249
AT-B- 335 699
AT-B- 337 423
DE-A- 2 005 697
FR-A- 2 514 673

⑦③ Patentinhaber : **'DECEMBER 4' DROTMÜVEK**
Besenyői ut 16
H-3501 Miskolc (HU)

⑦② Erfinder : **CZOMBA, Gyula**
Kelner Sándor u. 5 1/1
H-3530 Miskolc (HU)
Erfinder : **KOVACS, Lászl**
Toldi u. 38
H-3525 Miskolc (HU)
Erfinder : **LIPTAK, Andor**
Tas u. 9
H-3526 Miskolc (HU)

⑦④ Vertreter : **Prechtel, Jörg, Dipl.-Phys. Dr. et al**
Patentanwälte
H. Weickmann, Dr. K. Fincke
F.A. Weickmann, B. Huber
Dr. H. Liska, Dr. J. Prechtel, Dr. B. Böhm
Postfach 86 08
20
D-81635 München (DE)

EP 0 504 219 B1

Anmerkung : Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Stahldraht zur Verstärkung eines Einbettungsmaterials, insbesondere zur Verstärkung von Beton, sowie das Verfahren zur Herstellung des Stahldrahts.

Der erfindungsgemäße Stahldraht dient nicht nur zur Verstärkung des Betons bzw. zur Vorspannung, sondern es besteht die Möglichkeit, den Stahldraht auch auf sonstigen Gebieten zu verwenden. So hat sich z. B. die Verwendung des Stahldrahts auch in der Gummiindustrie verbreitet, wobei einige Produkte mit Stahldraht verstärkt werden, z. B. bei Transportbändern und bei Gummireifen von Fahrzeugen. Mit Hinsicht darauf, daß die größte Menge an Stahldrähten in Eisenbetonkonstruktionen verwendet wird, werden wir die Anwendung der erfindungsgemäßen Lösung im Zusammenhang mit Beton beschreiben, wobei das Erfindungsprinzip - sinngemäß - auch auf anderen Gebieten eingesetzt werden kann.

Die zur Verstärkung der Betonkonstruktionen üblichen Stahldrähte werden unmittelbar durch Walzen oder durch die Weiterverarbeitung von gewalzten Drähten gewonnen. Die zur Vorspannung des Betons dienenden Stahldrähte mit einer hohen Reißfestigkeit ($R_m = 1600-2000 \text{ MPa}$) sind kaltgezogene Produkte.

Der den Beton vorspannende Stahldraht hat die Aufgabe, daß die den Stahldraht einbettende Betonkonstruktion auch mit einer im Stahldraht eine entsprechende Zugspannung hervorrufenden Kraft belastet werden kann. Das Zusammenwirken zwischen Stahldraht und Beton wird durch die Verankerung gewährleistet, die durch Rippen auf dem Stahldraht weitgehend gefördert wird. Demnach hat diese Rippenstruktur die Aufgabe, die Kraft zwischen Beton und Stahldraht zu übertragen.

Die bei der Vorspannung bzw. Verstärkung des Betons eingesetzte Rippenstruktur der bekannten Stahldrähte weist entweder eine diskontinuierliche oder periodische Form auf, oder sie ist spiralförmig ausgestaltet. Der Querschnitt des Stahldrahts mit periodischer Rippenstruktur ist keinesfalls konstant, da zwischen auf dem Außenumfang des Stahldrahts entstandenen verschiedenen Eindrücken - sich wiederholend - die Rippen gebildet sind, woraus folgt, daß bei den Eindrücken der Drahtquerschnitt offensichtlich geringer ist. Der mit spiralförmiger Rippenstruktur versehene Stahldraht neigt dazu, sich unter Belastung im Beton zu verdrehen. Diese Verdrehung wird z. B. durch Verzerrung des Kreisquerschnittes des Stahldrahts verhindert, z. B. durch Abflachung an beiden Seiten, oder die Rippen werden zerrissen, oder es werden Rippenstreifen mit entgegengesetzter Gewindesteigung eingesetzt. Sowohl bei der periodischen Rippenstruktur als auch bei spiralförmiger Rippenstruktur sind abrupte Übergänge bzw. Ecken vorhanden. Es ist bekannt, daß dies spannungssammelnde Stellen sind, wo infolge von Spannungsspitzen Risse entstehen können. Die hier geschilderten Nachteile treten im Laufe des Gebrauchs auf, wobei die bei bekannten Stahldrähten vorkommende periodische Rippenstruktur bzw. die Verzerrung des Kreisquerschnittes auch vom Standpunkt der Fertigung aus als nachteilig betrachtet wird. Im Laufe der Herstellung des Stahldrahts wird nämlich nach dem Ziehen des Drahts in separaten Arbeitsgängen die periodische Rippenstruktur erzeugt bzw. der Querschnitt deformiert. Während dieser späteren Arbeitsgänge wird hierdurch in dem Werkstoff des Stahldrahts die vorher, während des Ziehvorgangs, entstandene Fasertextur bzw. die sekundäre Faserigkeit zerstört, wodurch die mechanischen Parameter des Stahldrahts (Biegezahl, Dehnung) beeinträchtigt werden. Als Beispiel für die bekannten Lösungen möchten wir die ungarische Patentschrift HU-PS 159 837 erwähnen, in der Stahldraht und das Verfahren zu seiner Herstellung geschildert sind. Die dort vorgeschlagene Lösung dient zur Herstellung von Stahldrähten mit niedriger Festigkeit ($R_m = 1200 \text{ MPa}$). Im Sinne dieser Lösung wird der Walzdraht kalt gezogen, woraufhin die allmählich zustande kommenden und verschwindenden schrägen Rippen mit einer Zylindergruppe zur Abflachung und Rippengestaltung erzeugt werden. Einer der Nachteile des erwähnten Verfahrens zeigt sich darin, daß die Bearbeitung der profilierten Zylinder der die Rippenstruktur erzeugenden Zylindergruppe äußerst kostenaufwendig ist.

Ein anderer Nachteil zeigt sich darin, daß die Lebensdauer der Zylinder infolge der hohen Inanspruchnahme gering ist. Bei der Herstellung der Spannstahldrähte mit hoher Festigkeit ($R_m = 1600-2000 \text{ MPa}$) ist die Lebensdauer der Zylinder infolge der erhöhten Inanspruchnahme so kurz, daß die Anwendung unsinnig scheint. Die ungarische Patentschrift HU-PS 158 074 schlägt eine Lösung zur Herstellung von hochfesten Stahldrähten vor. Im Sinne der Patentschrift flachen zwei einander gegenüberliegende Zylinder - als ein Zylinderpaar - den Draht mit dem Kreisquerschnitt ab, wonach auf dem derart erzeugten profilierten Draht die spiralförmige Rippenstruktur mit konstanter Gewindesteigung erzeugt wird, und zwar mit einem freilaufenden Ziehwerkzeug, das ein Ziehloch mit verzerrter-spiralförmiger Fläche aufweist. Die Abflachung ist bei dieser Lösung deshalb notwendig, da die spiralförmigen Rippen - infolge der Verdrehung, der "Drillung" - an sich keine befriedigendere Haftung im Beton gewährleisten als eine glatte Zylinderfläche.

Auch bei diesem Stahldraht ist beim Zusammentreffen des abgeflachten Teils und des zylindrischen Mantelteils eine Kante vorhanden; an dieser Stelle neigt das Produkt zu Rissen. Ein weiterer Nachteil zeigt sich darin, daß wegen der hohen Drahtfestigkeit die glatten Zylinder nur mit Schwierigkeit in den Ziehprozeß eingepaßt werden können. Ein weiterer Nachteil besteht darin, daß bei kleinen Dimensionen die Lagerung kei-

5 nesfalls mit voller Sicherheit realisiert werden kann. Der guten Ordnung halber soll noch angemerkt werden, daß mit glatten Drähten oder mit Drähten, die ausschließlich eine spiralförmige Rippenstruktur aufweisen, erst dann eine befriedigende Verankerung erreicht werden kann, wenn diese in Litzen verdraht werden. Die Litze kann sich weder verdrehen noch auseinander gedraht werden. Wenn in den Litzen mehrere Stahldrähte verwendet werden, entstehen allerdings Mehrkosten, die auch durch das Verdrahten erhöht werden, da es einen separaten Arbeitsgang darstellt.

10 Der Erfindung wird das Ziel gesetzt, die Fehler, Mangelhaftigkeiten und sonstigen Nachteile der bekannten, zu den selben Zwecken dienenden Lösungen zu eliminieren. Noch genauer soll ein kalt ziehbarer Stahldraht geschaffen werden, der in allen Querschnitten eine gleichwertige Rippenstruktur aufweist, wobei die Rippen an ihrem Fuß keine einen scharfen Übergang ergebende Ecken aufweisen, und der eine charakteristische faserige Textur und sekundäre Faserigkeit aufweist.

15 Dem erfindungsgemäßen Verfahren wurde das Ziel gesetzt, daß es im wesentlichen nicht von der üblichen Methode des Kaltziehens abweicht. Das Verfahren soll mit einfachen und billigen Mitteln realisiert werden, und es sollen keine akzessorischen Arbeitsgänge und Mittel beansprucht werden. Zusammengefaßt soll die Herstellung in einem einzigen Arbeitsgang ermöglicht werden, und es sollen weiterhin keinesfalls die übliche faserige Textur und sekundäre Faserigkeit der kaltgezogenen Drähte zerstört werden. Bei dem erfindungsgemäßen Stahldraht wird das gesetzte Ziel dadurch erreicht, daß der Drahtquerschnitt von einer dreiarmligen epitrochoiden Konturlinie begrenzt ist und daß der Draht eine spiralförmige Rippenstruktur mit entlang der drei Armen der Epitrochoide allmählich zustande kommenden und in die Konturlinie aufgehenden Rippen aufweist.

20 Im wesentlichen sichert das erfindungsgemäße Verfahren das Erreichen des gesetzten Ziels dadurch, daß der Draht, der ursprünglich einen Kreisquerschnitt aufweist, mittels eines Zugwerkzeugs im Laufe eines Kaltziehprozesses mit dem Querschnitt mit der epitrochoiden Konturlinie ausgestaltet wird, worauf ein Kaltzugarbeitsgang mittels eines sich drehenden Werkzeugs folgt, im Laufe dessen ein spezielles Ziehloch die spiralförmigen Rippen des Drahts und den endgültigen Querschnitt des Drahts bestimmt und ausgestaltet.

25 Auf Grundlage unserer Untersuchungen ergibt sich, daß zwischen den Radien des umschreibenden Kreises der den Querschnitt des Stahldrahts bestimmenden epitrochoiden Konturlinie und des eingeschriebenen Kreises der Konturlinie ein Verhältnis von höchstens 1,15 bestehen soll. Gleichfalls wird die Gestaltung als vorteilhaft betrachtet, bei der die Gewindesteigung der Rippen das 10 bis 15fache des Durchmessers des Mittelkreises zwischen den vorher erwähnten Kreisen beträgt und bei der sich innerhalb der Gewindesteigung sechs Rippen befinden. Diese Rippenstruktur ist im übrigen spiralförmig und periodisch.

30 Zweckmäßigerweise stellt das erfindungsgemäße Verfahren mehrere einen Prozeß bildende Arbeitsgänge dar. Es kann vorkommen, daß der als Ausgangsstück dienende Draht einer Vorformung ausgesetzt werden muß, damit man für die erfindungsgemäßen Arbeitsgänge im engeren Sinne einen Stahldraht mit entsprechender Flächenqualität und mit günstigen Abmessungen erhält. Ein Werkstoff in solchem Zustand wird als vorgeformter Stahldraht bezeichnet. Wenigstens innerhalb des Verlaufs des erfindungsgemäßen Verfahrens im engeren Sinne gilt diese Bezeichnung auch dann, wenn sich im Laufe der Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens die Vorformung erübrigt.

35 Der vorgeformte Stahldraht, der zylinderförmig ist bzw. einen kreisförmigen Querschnitt aufweist, wird im kalten Zustand durch ein stationäres Ziehwerkzeug hindurchgezogen, dessen Ziehloch einen Querschnitt mit dreiarmliger epitrochoider Konturlinie bestimmt. Der den Querschnitt umschreibende Kreis weist den Durchmesser d_k (den Radius r_k) auf. Der nach der vorerwähnten Formung sich ergebende Querschnitt des halbfertigen Stahldrahts ist um 16 bis 30 % kleiner als jener des vorgeformten Stahldrahts. Das bedeutet, daß der Querschnitt sich im Laufe des Hindurchziehens durch das stationäre Ziehwerkzeug um 16 bis 30 % verringert.

40 Danach wird der halbfertige Stahldraht mit dem Querschnitt mit der epitrochoiden Konturlinie durch ein sich drehendes Ziehwerkzeug - gleichfalls in kaltem Zustand - hindurchgezogen. Das Ziehloch des sich drehenden Ziehwerkzeugs weist einen hexagonalen Querschnitt mit abgerundeten Ecken auf und hat eine die Rippenstruktur zustande bringende verzerrte-spiralförmige Fläche mit konstanter Gewindesteigung. Dieses sich drehende, an sich bekannte Ziehwerkzeug ist freilaufend und auf die übliche Weise unterstützt. Das Produkt, das das sich drehende Ziehwerkzeug verläßt, wird im Sinne der Erfindung als fertiggestellter Stahldraht betrachtet. Am Ende des Fertigungsprozesses kann der fertiggestellte Stahldraht auf eine Trommel aufgewickelt werden.

45 Die Eckenweite l_k des von dem Querschnitt des rotierenden Ziehwerkzeugs festgelegten Sechsecks mit abgerundeten Ecken stimmt mit dem Durchmesser des umschreibenden Kreises d_k der epitrochoiden Konturlinie ($l_k = d_k$) überein, gleichzeitig entspricht die Flächenweite l_b des Sechsecks dem Durchmesser d_b des eingeschriebenen Kreises der epitrochoiden Konturlinie ($l_b = d_b$). Auf diese Weise werden auf dem Stahldraht durch Hindurchziehen durch das rotierende Ziehwerkzeug Rippen zustandegebracht, die bezogen auf die Längsachse des Stahldrahtes schräg mit sechs Anschnitten entlang der drei Arme der Epitrochoide allmählich zustande kommen und in die Konturlinie aufgehenden, wobei die Höhe der Rippen der Differenz $r_k - r_b$ zwischen

dem Radius r_k des umschreibenden Kreises und dem Radius r_b des eingeschriebenen Kreises entspricht. Der gegenseitige Abstand l zwischen den Rippen entlang der Längsachse des Stahldrahtes beträgt das 1,6 bis 2,5fache des Mitteldurchmessers d der Konturlinie des Querschnittes einer durchgehend glatten, den Draht umschreibenden und für einen geraden Draht die Umfangsfläche eines verallgemeinerten Zylinders bildenden Hüllfläche des Stahldrahts, d. h.

$$l = 1,6 d \text{ bis } 2,5 d,$$

wobei

$$d = \frac{d_k + d_b}{2}.$$

Die maximale Höhe der Rippen beträgt 4 bis 7 % des so definierten Mitteldurchmessers d . Die derart entstehende Rippenstruktur wird ohne jeglichen weiteren technologischen Schritt nur durch Hindurchziehen durch die Ziehwerkzeuge erzeugt.

Bei der Anlage zur Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die für eine eventuelle Vorformung erforderlichen Werkzeuge, die den Stahldraht ablenkenden und bewegenden Rollen sowie das stationäre Ziehwerkzeug und das rotierende Ziehwerkzeug zweckmäßigerweise so angeordnet, daß der Stahldraht in einem einzigen Fertigungsprozeß ausgestaltet werden kann. Selbstverständlich muß die Anlage mit sonstigen erforderlichen, an sich bekannten Mitteln versehen werden, z. B. zur Schmierung und Kühlung, desweiteren muß man für die Lagerung des rotierenden Werkzeugs und für die die axialen und radialen Belastungen aufnehmenden Elemente sorgen.

Die Gestaltung der speziellen Ziehlöcher der Ziehwerkzeuge kann zweckmäßigerweise unter Anwendung des Funkenerosivverfahrens erfolgen. Die zu dem Funkenerosivverfahren erforderliche Elektrode kann mit der Anlage nach der ungarischen Patentschrift 156 607 erzeugt werden. Im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Lösung ist die in Frage kommende Epitrochoidbestimmung nach den folgenden Gleichungen möglich:

$$\begin{aligned} x &= 4 r_e \cos(\varphi) - \lambda r_e \cos(4 \varphi) \\ y &= 4 r_e \sin(\varphi) - \lambda r_e \sin(4 \varphi) \end{aligned}$$

wobei

r_e der Radius des die Trochoide ableitenden abrollen den Kreises und
 φ der Parameter ist.

Der Radius r_k des die Trochoide umschreibenden Kreises beträgt

$$r_k = (4 + \lambda) r_e$$

und der Radius r_b des eingeschriebenen Kreises der Trochoide beträgt

$$r_b = (4 - \lambda) r_e.$$

Der Mittelradius r beträgt $r = 4 r_e$.

Die Fläche des mit epitrochioden Kurven begrenzten Querschnitts der Hüllfläche des erfindungsgemäßen Stahldrahts kann für die Praxis mit der Fläche eines Kreises mit dem Mittelradius r ersetzt werden.

Der Wert des Parameters λ beträgt $\lambda \leq 0,28$, es erscheint aber zweckmäßig, den Wert 0,18 bis 0,19 zu wählen.

Die wesentliche Charakteristik des erfindungsgemäßen Stahldrahts zeigt sich darin, daß die Konturlinie des Querschnitts der Hüllfläche eine dreiarmlige Epitrochoide ist, wobei die maximale Tiefe der Rippen der Differenz des Radius des umschreibenden Kreises des Querschnitts und des Radius des eingeschriebenen Kreises entspricht und die Rippen somit entlang den drei Armen der Epitrochoide allmählich zustande kommen und in die Konturlinie aufgehen und mit konstanter Gewindesteigung ausgestaltet sind. Bei einer vorteilhaften Ausführung des vorgeschlagenen Stahldrahts beträgt der Quotient des Radius des umschreibenden Kreises des Querschnitts und des Radius des eingeschriebenen Kreises höchstens 1,15, wobei die Gewindesteigung der Rippen das 10 bis 15fache des Mitteldurchmessers des Querschnitts beträgt.

Die wesentliche Charakteristik des erfindungsgemäßen Verfahrens zeigt sich darin, daß der als Ausgangsprodukt dienende Stahldraht mit einem Kreisquerschnitt oder ein eventuell vorgeformter Stahldraht durch ein stationäres Ziehwerkzeug hindurchgezogen wird, wodurch sich der Querschnitt um 16 bis 30 % verringert und ein halbfertiger Stahldraht mit einem Querschnitt mit dreiarmliger epitrochoider Konturlinie entsteht, woraufhin der halbfertige Stahldraht durch ein freilaufendes, aber unterstütztes Ziehwerkzeug hindurchgezogen wird, das eine verzerrte-spiralförmige Fläche mit konstanter Gewindesteigung aufweist und ein Ziehloch mit einem sexagonalen Querschnitt mit abgerundeten Ecken hat, bei dem die Flächenweite des Sechsecks dem Durchmesser des eingeschriebenen Kreises der Konturlinie des Querschnitts der Hüllfläche des fertigen Stahldrahts entspricht, während die Eckenweite des Sechsecks dem Durchmesser des umschreibenden Kreises - der die Kontur des fertigen Stahldrahts tangiert - entspricht und bei dem der Durchmesser des letztgenannten umschreibenden Kreises dem Durchmesser des konzentrischen, die Ecken des Sechsecks abrundenden Kreises entspricht.

Der erfindungsgemäße Stahldraht und das zur Herstellung dienende Verfahren werden auf Grundlage der beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 den Querschnitt einer Ausführung des erfindungsgemäßen Stahldrahts,
- Fig. 2 die wichtigeren Bestandteile der Anlage zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,
- 5 Fig. 3 aufeinander gezeichnet den Querschnitt des Stahldrahts nach der Vorformung und den Querschnitt des halbfertigen Stahldrahts,
- Fig. 4 aufeinander gezeichnet den Querschnitt des Ziehlochs des rotierenden Ziehwerkzeugs und den Querschnitt des halbfertigen Stahldrahts.

Bei dem in Fig. 1 dargestellten erfindungsgemäßen Stahldraht 9 mit dem veranschaulichten Querschnitt der Hüllfläche sind die Rippenstruktur 5 und die epitrochoide Konturlinie 4 deutlich zu erkennen. Der rundum die Konturlinie 4 umschreibende Kreis ist mit einer dünnen Linie dargestellt. Der Durchmesser d_k des umschreibenden Kreises und der Durchmesser d_b des eingeschriebenen Kreises sind eingezeichnet. Unter Verwendung dieser Bezeichnungen ist der Mitteldurchmesser d gegeben durch:

$$15 \quad d = \frac{d_k + d_b}{2},$$

wobei der Mittelradius r dem Wert $r = d/2$ entspricht.

Figur 1 zeigt eindeutig, daß die Höhe h der Rippen 5 der Differenz zwischen dem Radius r_k des umschreibenden Kreises und dem Radius r_b des eingeschriebenen Kreises entspricht, d. h. $h = r_k - r_b$, wobei

$$20 \quad r_k = d_k/2 \text{ und } r_b = d_b/2.$$

Zweckmäßigerweise werden die geometrischen Verhältnisse so gewählt, daß die maximale Höhe h der Rippenstruktur 5 ungefähr 4 bis 7 % des Mitteldurchmessers beträgt.

Die Skizze der Fig. 2 stellt eine mögliche Ausführung der zur Herstellung des erfindungsgemäßen Stahldrahts dienenden Anlage dar. Im Zusammenhang mit Fig. 2 wird das erfindungsgemäße Verfahren detailliert beschrieben. Der Ausgangstahldraht 1 stellt den in das als Beispiel dienende Verfahren eingegebenen Werkstoff dar. Dem jeweiligen Bedarf entsprechend muß das Material einer Wärmebehandlung unterzogen werden bzw. ist eine Oberflächenvorbereitung erforderlich. Eventuell kann man mit den vorbereitenden Werkzeugen 11 den Querschnitt verändern. Im Laufe der Arbeitsgänge sichern die Rollen 10 die Bewegung, Führung und Ablenkung des Stahldrahts 1. Die bisher erwähnten Arbeitsgänge sind an sich bekannt; sie gehören nicht zum Gegenstandskreis der Erfindung. Im Laufe dieser Umformung nimmt der Querschnitt des Materials allmählich ab und die Festigkeit nimmt zu. Nach einer eventuellen Vorformung entsteht der Stahldraht, dessen Umformung unter Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens im engeren Sinne vor sich geht. Das bedeutet, daß die einzelnen Arbeitsgänge der Vorformung in separaten Prozessen stattfinden können.

Der vorgeformte Stahldraht, der sich in kaltem Zustand befindet, wird durch das stationäre Ziehwerkzeug 2 hindurchgezogen. Das Ziehloch weist einen Querschnitt mit dreiarmliger epitrochoider Konturlinie auf. Der in das stationäre Ziehwerkzeug eintretende Stahldraht 6 weist einen Kreisquerschnitt auf, während der austretende halbfertige Stahldraht 8, wie in Fig. 3 ersichtlich, profiliert ist. Im Laufe des Hindurchziehens durch das stationäre Ziehwerkzeug 2 nimmt der Querschnitt des Stahldrahts, in Abhängigkeit von der Materialqualität, um etwa 16 bis 30 % ab. Aus der Fig. 3 geht hervor, daß der vorgeformte Stahldraht 6 noch einen Kreisquerschnitt aufweist, der durch den Durchmesser D' nach der Vorformung charakterisiert werden kann. (Der Durchmesser D' nach den eventuellen vorformenden Arbeitsgängen ist kleiner als der Ausgangsdurchmesser D .) Der halbfertige Stahldraht 8, der nach dem stationären Ziehwerkzeug 2 vorliegt, weist einen Querschnitt mit dreiarmliger epitrochoider Konturlinie 4 auf. Unter Zuhilfenahme der Fig. 4 wird das Verfahren weiter erläutert. Der halbfertige Stahldraht 8 wird unter Zuhilfenahme des rotierenden Ziehwerkzeugs 3 in den fertigen Stahldraht 9 umgestaltet. Das rotierende Ziehwerkzeug 3 weist ein Ziehloch auf, dessen Querschnitt ein Sechseck mit abgerundeten Ecken bildet mit einer Konturlinie 7. Das Ziehloch hat eine verzernte-spiralförmige Fläche mit einer gleichmäßigen Gewindesteigung in axialer Richtung. Das rotierende Ziehwerkzeug ist auf an sich bekannte Weise unterstützt; dabei ist es freilaufend. In bezug auf das Sechseck mit abgerundeten Ecken mit der Konturlinie 7 entspricht die Eckenweite l_k dem Durchmesser d_k des umschreibenden Kreises der Konturlinie 4 des Querschnitts des halbfertigen Stahldrahts 8, gleichzeitig entspricht die Flächenweite l_b dem Durchmesser d_b des eingeschriebenen Kreises. Die Gestaltung des rotierenden Ziehwerkzeugs 3 erfolgt ebenfalls durch Anwendung des Funkenerosivverfahrens.

Zuletzt kann der fertiggestellte Stahldraht 9 auf die Trommel 12 aufgewickelt werden (Fig. 2). Die zum Ziehen erforderliche Kraft kann teilweise durch die Trommel 12 ausgeübt werden.

Der erfindungsgemäße Stahldraht, der im Laufe des erfindungsgemäßen Verfahrens hergestellt wird, kann eine hohe Festigkeit aufweisen. Z. B. beträgt bei einem Stahldraht mit einem Durchmesser von 5 mm die Festigkeit $R_m = 1600-2000$ MPa. Ein Vorteil der Erfindung zeigt sich darin, daß die Rippenstruktur ohne etwaige gesonderte technologische Phasen bloß durch Hindurchziehen durch die Ziehwerkzeuge ausgestaltet wird. Eine weitere vorteilhafte Charakteristik besteht darin, daß der Stahldraht die während des Kaltziehens

entstehende Fasertextur und die sekundäre Faserigkeit behält. Dies hat zur Folge, daß die mechanischen Eigenschaften, wie z. B. die Biegezahl und die Dehnung, günstig sein werden.

Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Stahldrahts besteht darin, daß Herausrutschen aus dem Einbettungsmaterial, wie z. B. Beton, sowie Torsion durch die Rippenstruktur und die epitrochoide Form verhindert werden. Bei einer derartigen geometrischen Gestaltung sind keine scharfen Ecken vorhanden, wodurch spannungssammelnde Teile bei dem fertigen Stahldraht vermieden werden.

Der erfindungsgemäße Stahldraht kann als selbständiger Strang oder in Litzen gedraht verwendet werden.

Patentansprüche

1. Stahldraht zur Verstärkung von Einbettungsmaterialien, insbesondere Beton, **dadurch gekennzeichnet**,
daß die Konturlinie (4) des Querschnitts einer zylindrischen Hüllfläche des Drahtes (9) eine dreiarmige Epitrochoide ist, und daß der Stahldraht (9) Rippen (5) mit konstanter Gewindesteigung aufweist, die bis zur Hüllfläche reichen und deren Fuß von einer vom eingeschriebenen Kreis der Konturlinie (4) festgelegten Kreiszylinderfläche ausgeht.
2. Stahldraht nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**,
daß er sechs-gängig ausgebildet ist.
3. Stahldraht nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**,
daß der Quotient (r_k/r_b) des Radius (r_k) des umschreibenden Kreises der Konturlinie (4) des Querschnitts und des Radius (r_b) des eingeschriebenen Kreises dieser Konturlinie (4) höchstens 1,15 ist, wobei die Gewindesteigung der Rippen (5) das 10 bis 15fache des Mitteldurchmessers (d) der Konturlinie (4) beträgt.
4. Verfahren zur Herstellung des Stahldrahts nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**,
daß der Ausgangsstahldraht (1) mit einem Kreisquerschnitt oder ein vorgeformter Stahldraht (8) durch ein stationäres Ziehwerkzeug (2) hindurchgezogen wird, wodurch ein halbfertiger Stahldraht (8) mit dreiarmiger epitrochoider Konturlinie (4) des Querschnitts und mit einem um 16 bis 30 % verringerten Querschnitt entsteht, woraufhin der halbfertige Stahldraht (8) durch ein unterstütztes, aber freilaufendes Ziehwerkzeug (3) hindurchgezogen wird, das mit einem Ziehloch mit einem sechseckigen und in den Ecken längs eines Rundungskreises verlaufenden abgerundeten Querschnitt, mit konstanter Gewindesteigung und verzerrter-spiralförmiger Fläche versehen ist, bei dem die Flächenweite (l_b) des Sechsecks dem Durchmesser des eingeschriebenen Kreises der Konturlinie (4) des Querschnitts der Hüllfläche des fertigen Stahldrahts (9) entspricht, während die Eckenweite (l_k) dem Durchmesser des umschreibenden Kreises dieser Konturlinie (4) entspricht, wobei der Durchmesser (d_k) dieses umschreibenden Kreises mit dem Durchmesser des mit diesem konzentrischen Rundungskreises übereinstimmt.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**,
daß die Fertigung des halbfertigen Stahldrahts (8) und die Fertigung des fertiggestellten Stahldrahts (9) zusammen mit einer eventuellen Vorformung in einem einzigen Arbeitsgang durchgeführt wird.

Claims

1. Steelwire for the reinforcement of embedding materials in particular concrete, **characterized in** that the contour (4) of the cross section of a cylindrical enveloping surface of the wire (9) is essentially a three-armed epitrochoid, furtheron the steelwire (9) is provided with ribs (5) with a constant threadpitch, said ribs reaching up to the enveloping surface and the bottom of said ribs starting from a circular cylindrical surface defined by the inscribed circle of the contour (4).

2. Steelwire as claimed in Claim 1, **characterized in** that it is formed with six threads.
3. Steelwire as claimed in Claim 1 or 2, **characterized in** that the quotient (r_k/r_b) of the radius (r_k) of circumscribing circle of the contour (4) of the cross-section and the radius (r_b) of the inscribed circle of the contour (4) amounts to 1.15 at the most, while the threadpitch of the ribs (5) amounts to the 10 - 15 fold of the average diameter (d) of the contour (4).
4. Process for producing steelwire as claimed in Claim 2 or 3, **characterized in** that the basic steelwire (1) with a circular cross-section or a prefabricated steelwire (8) is drawn through a stationary draw-tool (2), whereby a semi-finished steelwire (8) with a three-armed epitrochoidal contour (4) of the cross-section and with a cross-section being reduced by 16-30 % is obtained, thereafter the semi-finished steelwire (8) is drawn through a supported, however free-running draw-tool (3), the draw-tool being provided with a draw-hole, which has a hexagonal cross-section being rounded-off at the corners by running along a rounding-off circle and is provided with a constant threadpitch and distorted helical surface, whereas the surface width (l_b) of the hexagone corresponds to the diameter of the inscribed circle of the contour (4) of the cross-section of the enveloping surface of the finished steelwire (9) and the corner-width (l_k) corresponds to the diameter of the circumscribing circle of the contour (4), while the diameter (d_k) of this circumscribing circle corresponds to the diameter of the rounding-off circle being concentric with it.
5. Process as claimed in Claim 4, **characterized in** that the production of the semi-finished steelwire (8) and the production of the finished steelwire (9) is effected along with an eventual pre-formation in one single processing step.

Revendications

1. Fil en acier pour le renforcement de matériaux de remplissage, en particulier de béton, caractérisé en ce que la ligne de contour (4) de la section transversale d'une surface d'enveloppe cylindrique du fil (9) est une épitrochoïde à trois branches, et en ce que le fil en acier (9) présente des nervures (5) avec un pas de filet constant, arrivant jusqu'à la surface d'enveloppe et dont le pied part d'une surface cylindrique circulaire déterminée par le cercle inscrit de la ligne de contour (4).
2. Fil en acier selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il est réalisé avec six filets.
3. Fil en acier selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le rapport (r_k/r_b) entre le rayon (r_k) du cercle circonscrit de la ligne de contour (4) de la section transversale et du rayon (r_b) du cercle inscrit de cette ligne de contour (4) est au maximum de 1,15, le pas du filetage constitué par les nervures (5) étant de 10 à 15 fois le diamètre moyen (d) de la ligne de contour (4).
4. Procédé de fabrication de fil en acier selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que le fil en acier de départ (1) est passé, avec une section circulaire transversale ou un fil en acier (8) préformé, à travers un outil d'étirage (2) stationnaire permettant l'obtention d'un fil d'acier (8) semi-fini, avec une ligne de contour (4) épitrochoïde à trois branches pour la section transversale et une diminution de 16 à 30 % de la section transversale, à la suite de quoi le fil en acier (8) semi-fini est passé à travers un outil d'étirage (3) assisté mais à mouvement libre, pourvu d'une filière d'étirage ayant une section transversale hexagonale et, dans les angles, une section transversale arrondie s'étendant le long d'un cercle d'arrondi, avec un pas de filetage constant et une surface distordue en spirale, pour lequel la cote sur plat (l_b) de l'hexagone correspond au diamètre du cercle inscrit de la ligne de contour (4) de la section transversale de la surface d'enveloppe du fil en acier (8) terminé, tandis que la cote sur angle (l_k) correspond au diamètre du cercle circonscrit de cette ligne de contour (4), le diamètre (d_k) de ce cercle circonscrit coïncidant avec le diamètre du cercle d'arrondi lui étant concentrique.
5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que la fabrication du fil en acier (8) semi-fini et la fabrication du fil en acier (9) terminé sont effectuées conjointement avec un éventuel préformage, à l'occasion d'une phase opératoire unique.

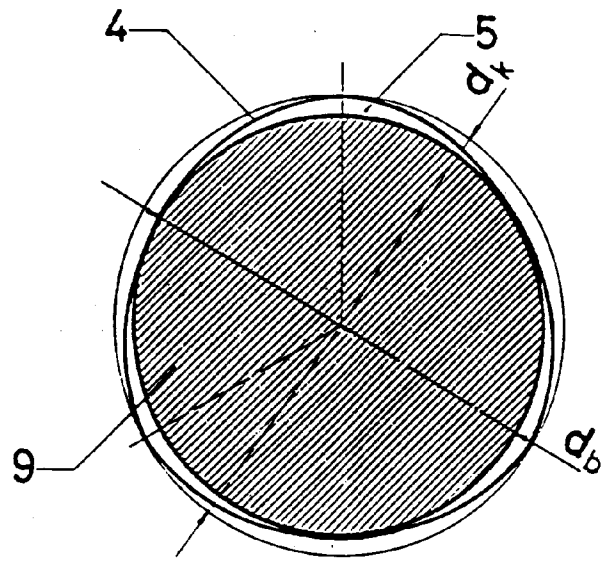


Fig. 1.

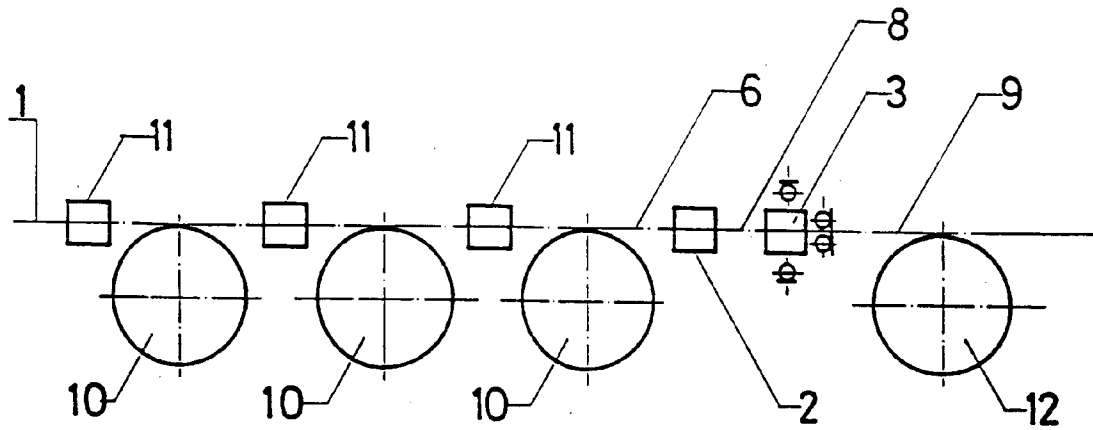


Fig. 2.

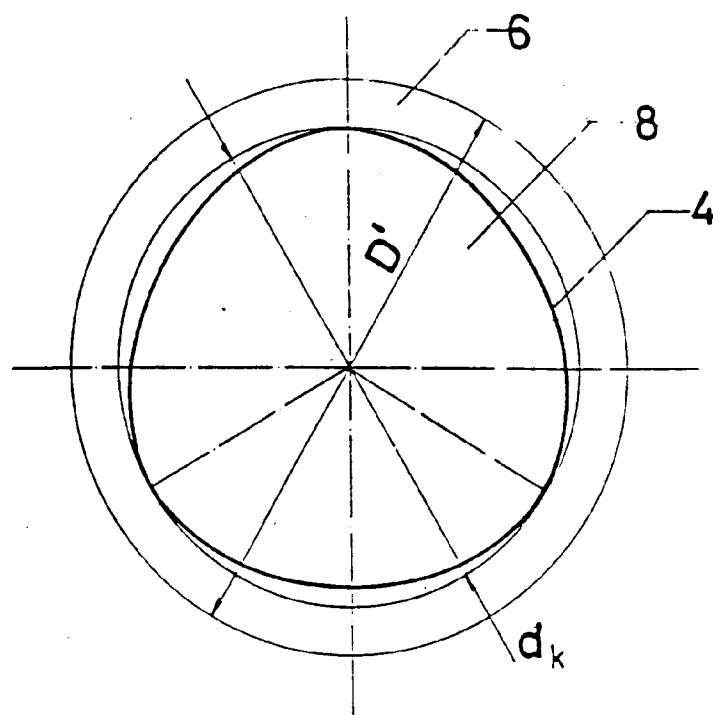


Fig. 3.

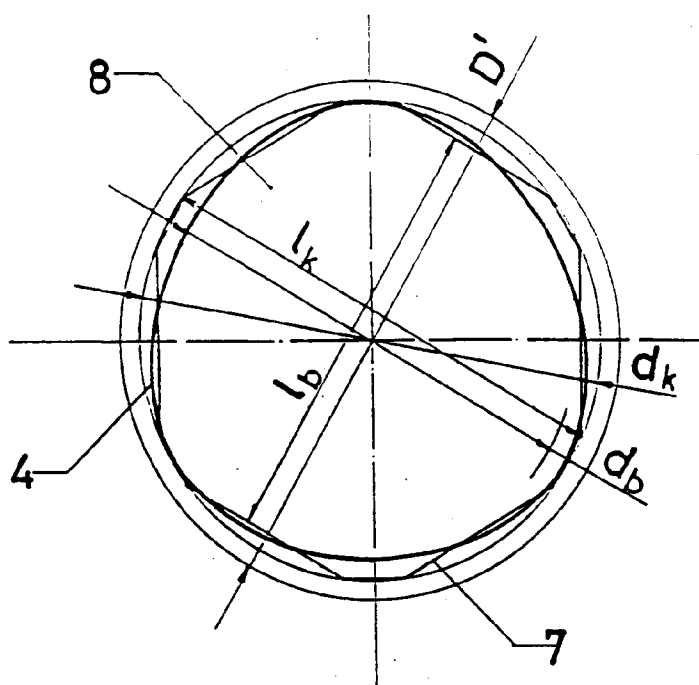


Fig. 4