

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 738 361 B2

(12)

NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

- (45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:
06.04.2005 Patentblatt 2005/14
- (45) Hinweis auf die Patenterteilung:
24.09.1997 Patentblatt 1997/39
- (21) Anmeldenummer: **95906956.8**
- (22) Anmeldetag: **16.01.1995**
- (51) Int Cl.⁷: **E04C 5/03, B21B 1/16**
- (86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP1995/000154
- (87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 1995/019480 (20.07.1995 Gazette 1995/31)

(54) KALTGEWALZTER BETONSTAHL UND VERFAHREN ZU DESSEN HERSTELLUNG

COLD-ROLLED REINFORCING STEEL AND PROCESS FOR ITS MANUFACTURE

ACIER D'ARMATURE LAMINE A FROID ET SON PROCEDE DE PRODUCTION

- | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| (84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK FR GB IT LI NL | (74) Vertreter: Kramer - Barske - Schmidtchen
European Patent Attorneys
Patenta
Radeckestrasse 43
81245 München (DE) | | | | | | | | | | | | | | |
| (30) Priorität: 14.01.1994 DE 4400974 | (56) Entgegenhaltungen:
<table border="0"><tr><td>CH-A- 313 327</td><td>DE-A- 4 011 486</td></tr><tr><td>DE-B- 1 084 464</td><td>DE-B- 1 402 731</td></tr><tr><td>FR-A- 1 027 171</td><td>FR-A- 1 089 781</td></tr><tr><td>FR-A- 1 192 414</td><td>FR-A- 1 202 576</td></tr><tr><td>FR-A- 1 207 928</td><td>FR-A- 1 240 643</td></tr><tr><td>FR-A- 2 127 426</td><td>FR-A- 2 296 693</td></tr><tr><td>US-A- 2 821 727</td><td>US-A- 3 256 727</td></tr></table> | CH-A- 313 327 | DE-A- 4 011 486 | DE-B- 1 084 464 | DE-B- 1 402 731 | FR-A- 1 027 171 | FR-A- 1 089 781 | FR-A- 1 192 414 | FR-A- 1 202 576 | FR-A- 1 207 928 | FR-A- 1 240 643 | FR-A- 2 127 426 | FR-A- 2 296 693 | US-A- 2 821 727 | US-A- 3 256 727 |
| CH-A- 313 327 | DE-A- 4 011 486 | | | | | | | | | | | | | | |
| DE-B- 1 084 464 | DE-B- 1 402 731 | | | | | | | | | | | | | | |
| FR-A- 1 027 171 | FR-A- 1 089 781 | | | | | | | | | | | | | | |
| FR-A- 1 192 414 | FR-A- 1 202 576 | | | | | | | | | | | | | | |
| FR-A- 1 207 928 | FR-A- 1 240 643 | | | | | | | | | | | | | | |
| FR-A- 2 127 426 | FR-A- 2 296 693 | | | | | | | | | | | | | | |
| US-A- 2 821 727 | US-A- 3 256 727 | | | | | | | | | | | | | | |
| (43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
23.10.1996 Patentblatt 1996/43 | (56) Entgegenhaltungen:
<table border="0"><tr><td>CH-A- 313 327</td><td>DE-A- 4 011 486</td></tr><tr><td>DE-B- 1 084 464</td><td>DE-B- 1 402 731</td></tr><tr><td>FR-A- 1 027 171</td><td>FR-A- 1 089 781</td></tr><tr><td>FR-A- 1 192 414</td><td>FR-A- 1 202 576</td></tr><tr><td>FR-A- 1 207 928</td><td>FR-A- 1 240 643</td></tr><tr><td>FR-A- 2 127 426</td><td>FR-A- 2 296 693</td></tr><tr><td>US-A- 2 821 727</td><td>US-A- 3 256 727</td></tr></table> | CH-A- 313 327 | DE-A- 4 011 486 | DE-B- 1 084 464 | DE-B- 1 402 731 | FR-A- 1 027 171 | FR-A- 1 089 781 | FR-A- 1 192 414 | FR-A- 1 202 576 | FR-A- 1 207 928 | FR-A- 1 240 643 | FR-A- 2 127 426 | FR-A- 2 296 693 | US-A- 2 821 727 | US-A- 3 256 727 |
| CH-A- 313 327 | DE-A- 4 011 486 | | | | | | | | | | | | | | |
| DE-B- 1 084 464 | DE-B- 1 402 731 | | | | | | | | | | | | | | |
| FR-A- 1 027 171 | FR-A- 1 089 781 | | | | | | | | | | | | | | |
| FR-A- 1 192 414 | FR-A- 1 202 576 | | | | | | | | | | | | | | |
| FR-A- 1 207 928 | FR-A- 1 240 643 | | | | | | | | | | | | | | |
| FR-A- 2 127 426 | FR-A- 2 296 693 | | | | | | | | | | | | | | |
| US-A- 2 821 727 | US-A- 3 256 727 | | | | | | | | | | | | | | |
| (73) Patentinhaber: INSTITUT FÜR STAHLBETON
BEWEHRUNG E.V.
81241 München (DE) | (56) Entgegenhaltungen:
<table border="0"><tr><td>CH-A- 313 327</td><td>DE-A- 4 011 486</td></tr><tr><td>DE-B- 1 084 464</td><td>DE-B- 1 402 731</td></tr><tr><td>FR-A- 1 027 171</td><td>FR-A- 1 089 781</td></tr><tr><td>FR-A- 1 192 414</td><td>FR-A- 1 202 576</td></tr><tr><td>FR-A- 1 207 928</td><td>FR-A- 1 240 643</td></tr><tr><td>FR-A- 2 127 426</td><td>FR-A- 2 296 693</td></tr><tr><td>US-A- 2 821 727</td><td>US-A- 3 256 727</td></tr></table> | CH-A- 313 327 | DE-A- 4 011 486 | DE-B- 1 084 464 | DE-B- 1 402 731 | FR-A- 1 027 171 | FR-A- 1 089 781 | FR-A- 1 192 414 | FR-A- 1 202 576 | FR-A- 1 207 928 | FR-A- 1 240 643 | FR-A- 2 127 426 | FR-A- 2 296 693 | US-A- 2 821 727 | US-A- 3 256 727 |
| CH-A- 313 327 | DE-A- 4 011 486 | | | | | | | | | | | | | | |
| DE-B- 1 084 464 | DE-B- 1 402 731 | | | | | | | | | | | | | | |
| FR-A- 1 027 171 | FR-A- 1 089 781 | | | | | | | | | | | | | | |
| FR-A- 1 192 414 | FR-A- 1 202 576 | | | | | | | | | | | | | | |
| FR-A- 1 207 928 | FR-A- 1 240 643 | | | | | | | | | | | | | | |
| FR-A- 2 127 426 | FR-A- 2 296 693 | | | | | | | | | | | | | | |
| US-A- 2 821 727 | US-A- 3 256 727 | | | | | | | | | | | | | | |
| (72) Erfinder:
• Die Erfinder haben auf ihre Nennung verzichtet | (56) Entgegenhaltungen:
<table border="0"><tr><td>CH-A- 313 327</td><td>DE-A- 4 011 486</td></tr><tr><td>DE-B- 1 084 464</td><td>DE-B- 1 402 731</td></tr><tr><td>FR-A- 1 027 171</td><td>FR-A- 1 089 781</td></tr><tr><td>FR-A- 1 192 414</td><td>FR-A- 1 202 576</td></tr><tr><td>FR-A- 1 207 928</td><td>FR-A- 1 240 643</td></tr><tr><td>FR-A- 2 127 426</td><td>FR-A- 2 296 693</td></tr><tr><td>US-A- 2 821 727</td><td>US-A- 3 256 727</td></tr></table>
• Deutsche DIN-Norm 488, Teil 4, Titelblatt sowie Seiten 4 und 5; Juni 1986 | CH-A- 313 327 | DE-A- 4 011 486 | DE-B- 1 084 464 | DE-B- 1 402 731 | FR-A- 1 027 171 | FR-A- 1 089 781 | FR-A- 1 192 414 | FR-A- 1 202 576 | FR-A- 1 207 928 | FR-A- 1 240 643 | FR-A- 2 127 426 | FR-A- 2 296 693 | US-A- 2 821 727 | US-A- 3 256 727 |
| CH-A- 313 327 | DE-A- 4 011 486 | | | | | | | | | | | | | | |
| DE-B- 1 084 464 | DE-B- 1 402 731 | | | | | | | | | | | | | | |
| FR-A- 1 027 171 | FR-A- 1 089 781 | | | | | | | | | | | | | | |
| FR-A- 1 192 414 | FR-A- 1 202 576 | | | | | | | | | | | | | | |
| FR-A- 1 207 928 | FR-A- 1 240 643 | | | | | | | | | | | | | | |
| FR-A- 2 127 426 | FR-A- 2 296 693 | | | | | | | | | | | | | | |
| US-A- 2 821 727 | US-A- 3 256 727 | | | | | | | | | | | | | | |

EP 0 738 361 B2

Beschreibung

[0001] Betonstähle (Spannstähle) zur Bewehrung von Stahl (Spann-)beton weisen zur Erzielung eines ausreichenden Verbundes zwischen dem Stahl und dem Beton Rippen auf. Damit ist die Kraftübertragung zwischen dem Stahl und dem Beton und umgekehrt so sichergestellt, daß im Gebrauchszustand kurze Verankerungs- bzw. Übertragungslängen erreicht werden.

[0002] Im Laufe der Entwicklungen haben sich eine Reihe von Bedingungen für die Herstellung von Betonstählen, insbesondere von kaltverformten Betonstählen, wie sie z.B. für Betonstahlmatten oder Betonstahl im Ring benutzt werden, geändert. Dazu gehören z.B. neue Erkenntnisse zu nichtlinearen Bemessungsverfahren im Stahlbetonbau.

Der Verbund von Betonstählen wurde bislang nur im elastischen Bereich der Spannungs-Dehnungslinie des Stahls in Betracht gezogen. Die Anwendung der nichtlinearen Bemessung zieht auch die Verbundwirkung im plastischen Bereich des Stahls mit ein (DE-A1-4011486). Hier hat sich gezeigt, daß ein zu "harter" über Rippen erzeugter Verbund am Betonriß zu wenig Stahldehnung freigibt. Es ist ein Verbund anzustreben, der im Gebrauchszustand die bisherigen bautechnischen Regelungen zuläßt, aber im plastischen Bereich der Spannungs-Dehnungslinie des Betonstahls weicher ist.

[0003] Ein großer Teil der Betonstähle wird durch Warm- oder Kaltverformung als Betonstahl im Ring produziert und zu Stabstahl oder zu Betonstahlmatten verarbeitet. Um den Stahl in die Form zu bringen, wie er als Bewehrung dienen kann, muß er mit geeigneten Maschinen gerichtet werden. Gerippte Stähle weisen stets eine Unrundheit auf. Ferner werden die Rippen beim Richtvorgang in der Regel stark abgetragen. Die am Stabumfang vorhandenen Rippen entfachen beim Richtvorgang ferner einen erheblichen Lärm. Bei Betonstählen, die im Ring hergestellt werden, ist deshalb eine Verbesserung der Richteigenschaft und eine Reduzierung des Lärms beim Richten anzustreben.

[0004] In den Rippen der Betonstähle befindet sich ein beträchtlicher Teil der Masse. Zur Erzeugung der Rippen sind bis zu 25 % Verformung nötig, die alleine einen großen Energieaufwand bedeuten und dementsprechend viel Energie verbrauchen. Im Hinblick auf eine Energieeinsparung besteht deshalb der Zwang zur Reduzierung der zur Erzeugung der Rippen aufzubringenden Energie.

[0005] Die eben angesprochenen hohen Verformungsgrade reduzieren beim Kaltverformen die Ausgangswerte der Duktilitätsparameter Agt (Dehnung bei Höchstlast) und Rm/Re (Zugfestigkeit/Streckgrenze) beträchtlich. Die wünschenswerten Nennwerte (siehe ENV 10080) sind daher schwer erreichbar.

[0006] Das Schweißen von Betonstahlmatten erfolgt in Anlagen, die bis zu 120 Takte/min ausführen. Die Erzielung von konstant guten Schweißverbindungen ist nur möglich, wenn Unrundheiten, wie sie durch Rippen bedingt sind, möglichst klein gehalten werden. Dies gilt besonders für das Schweißen von Doppelstäben. Im Hinblick hierauf sind Stäbe mit einer Oberfläche anzustreben, die einem glatten Rundstahl möglichst nahe kommen.

[0007] Daraus ergeben sich folgende Zielsetzungen für die Oberflächengestaltung von Betonstählen.

[0008] Bei der Herstellung:

Geringer Verformungsaufwand, werkstofftechnisch günstigere Aufbringung der Kaltverformung und damit geringer Energieverbrauch und Walzenverschleiß bei der Erzeugung der Oberflächengestalt.

[0009] Bei der Weiterverarbeitung:

Gute Richtfähigkeit bei geringer Lärmemission, verbesserte Schweißeignung. Vermeidung von Oberflächenverletzungen am Betonstahl und Reduzierung des Verschleißes am Richtwerkzeug.

[0010] Für den Gebrauch als Bewehrung:

Ausreichender Verbund im Gebrauchszustand und Ermöglichung von aktivierbarer Stahldehnung am Betonriß (plastisches Gelenk), hohe Werte von Agt und Rm/Re. Geringe Kerbwirkung und dadurch hohe Dauerschwingfestigkeit.

[0011] Untersuchungen haben gezeigt, daß sich im Hinblick auf diese Zielsetzungen am besten ein Betonstahl gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 eignet.

[0012] Ein Betonstahl dieser Art ist durch die DE-AS 10 84 464 bekannt geworden.

[0013] Diese Druckschrift beschreibt einen Bewehrungsdrat oder -stab, insbesondere für Spannbeton, dessen Oberfläche sich regelmäßig wiederholende beidseitige Vertiefungen aufweist, wobei die Vertiefungen elliptisch ausgebildet sind und nahezu den halben Stabumfang einnehmen. Die Vertiefungen sind im Bereich ihrer kurzen Achse durch schmale Wülste getrennt, die schräg zur Stabachse liegen. Diese Wülste werden, ähnlich wie Schrägrippen, durch Einfräslungen in der Prägewalze gebildet, in die das Material beim Walzen verdrängt wird.

[0014] Die GB-A-1 334 757 (=FR-A-2 127 426) beschreibt einen Betonstahl, der im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Art, bei dem die Vertiefungen elliptisch ausgebildet sind, wobei die Längsachsen der Ellipsen unter einem Neigungswinkel von 30 bis 70° gegenüber der Stabachse angeordnet sein können. Um die Biegeeigenschaften der Stäbe zu verbessern, werden die Flanken der Vertiefungen symmetrisch ausgebildet und es wird der Flankenwinkel auf 50° begrenzt.

[0015] Durch die FR-A-1 207 928 ist ein Betonstahl bekannt geworden, bei dem zur Verbesserung der Schweißeignung beim Herstellen von Betonstahlmatten eine Oberflächengestalt mit glatter Oberfläche angestrebt wird. In einen Betonstahl von rundem Querschnitt sind drei oder mehr Reihen flacher Vertiefungen geringerer konstanter Tiefe in recht-

eckiger oder parallelogrammartiger Form eingewalzt.

[0016] Durch die FR-A-1 202 576 ist ein Verfahren zum Herstellen eines gerippten Betonstahles bekannt geworden, bei dem ein runder Walzdraht in einem Kaltziehvorgang mit einer Querschnittsreduzierung von etwa 20% in einen Rundstahl verringerten Durchmessers übergeführt wird. Danach wird der Rundstahl zu einem Querschnitt in Form eines Dreieckes mit abgerundeten Ecken gewalzt und es werden zur Ausbildung der Rippen in die abgerundeten Ecken Eindrückungen eingewalzt. Die Kaltverformung zum Herstellen der Rippen liegt in der Größenordnung von 20% Aus der DIN 488 ist ein profilierter Bewehrungschracht bekannt.

[0017] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Oberflächengestalt eines Betonstahls so auszubilden, daß trotz eines geringeren Verformungsaufwandes, der bessere Duktilitätsparameter Agt und Rm/Re ermöglicht, ein ausreichender Verbund gewährleistet wird. Ferner soll ein Verfahren zur Herstellung eines Betonstahls mit den genannten Eigenschaften angegeben werden.

[0018] Diese Aufgabe wird gelöst durch den Betonstahl nach Anspruch 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen dieses Betonstahls sind den Ansprüchen 2 bis 8 zu entnehmen. Das erfindungsgemäße Verfahren ist durch die Merkmale des Anspruches 9 gekennzeichnet. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind den restlichen Ansprüchen zu entnehmen.

[0019] Es wird bei einer Einbeziehung plastischer Verformungen des Betonstahls (nichtlineare Bemessung) ein weicher Verbund, der möglichst große Relativverschiebungen zwischen Stahl und Beton zuläßt, ermöglicht. Gleichzeitig wird im Hinblick auf eine gute Richtfähigkeit und eine verbesserte Schweißeignung die Oberflächengestalt des Betonstahls möglichst der eines runden Stabes mit glatter Oberfläche angeglichen. Im Hinblick auf eine hohe Dauerschwingfestigkeit werden Kerbspannungen möglichst gering gehalten.

[0020] Während beim bekannten Betonstahl nach der DE-AS 10 84 464, der insbesondere für Spannbeton vorgesehen ist, eine gleichmäßig hohe Zugfestigkeit und eine hohe Haftfestigkeit angestrebt werden - dies wird durch eine starke Kaltverformung eines kaltgezogenen glatten Runddrahtes und die Ausbildung von Wülsten durch nach außen verdrängtes Material erreicht - wird beim erfindungsgemäßen Betonstahl durch Einwalzen von nur flachen Vertiefungen die Verformung klein und damit die Duktilität groß gehalten. Mit Ausnahme der eingewalzten Vertiefungen bleibt die glatte Fläche des runden Stabes erhalten, d.h. eine Wulstbildung wird vermieden im Hinblick auf die Verbesserung der Richtfähigkeit und zur Ermöglichung eines "weichen" Verbundes bei Einsatz des Betonstahls.

[0021] Durch die Ausbildung der Vertiefungen mit unterschiedlicher Tiefe der Vertiefungen wird ein abgestufter "Versagensmodus" erreicht. Bevor die Betonkonsole an einer großen Vertiefung abschert, schert sie an einer kleinen Vertiefung ab und gibt dadurch einen Dehnungsweg frei. Ähnlich geschieht dies, wenn in der Bodenfläche einer Vertiefung ein Vorsprung oder eine Mulde ausgebildet ist. Dieser Mechanismus ermöglicht größere Relativverschiebungen zwischen Stahl und Beton. Der Betonstahl nach der Erfindung eignet sich damit in besonderer Weise als Bewehrungselement für Stahlbetonbauteile, die unter Ausnutzung örtlicher plastischer Verformungen der Bewehrung bemessen werden.

[0022] Da die Begrenzungslinie der Vertiefungen aus Kreisbögen gebildet ist und gerade Abschnitte, in denen sich Kerbspannungen konzentrieren können, vermieden sind, ferner die Flanken der Vertiefungen abgerundet in die Bodenflächen übergehen, werden bei einer Beanspruchung des Betonstahls Kerbspannungen, die die Dauerschwingfestigkeit beeinträchtigen, weitgehend vermieden.

[0023] Durch die an eine Ellipse angenäherte Form einer Vertiefung wird im Vergleich beispielsweise zu einer runden Form der Vertiefung bei vorgegebener Verbundwirkung der Flächenanteil der glatten Oberfläche im Vergleich zu dem der Vertiefungen vergrößert, wodurch Richtfähigkeit und Schweißeignung verbessert werden. Außerdem sollen im Hinblick auf eine gute Richtfähigkeit die Vertiefungen benachbarter Längsreihen in Längsrichtung des Stabes gegeneinander versetzt sein.

[0024] Im Hinblick auf die angestrebten Duktilitätsparameter Agt und Rm/Re wird nicht nur insgesamt die Querschnittsreduktion beim Einwalzen der Vertiefungen niedrig gehalten, sondern es wird zur Herstellung des gewalzten Betonstahls ein mehrstufiges Verfahren angewandt. Bei diesem wird ein Walzdraht in einem ersten Kaltverformungsvorgang mit einer Querschnittsreduzierung von 2 bis 15 % zu einem Rundstahl gewalzt und es werden in einem weiteren Kaltverformungsvorgang mit einer Querschnittsreduzierung von 2 bis 7 % die Vertiefungen eingewalzt. Statt des ersten Verformungsvorganges können zwei oder auch drei Kaltverformungsvorgänge mit jeweils entsprechend geringerer Querschnittsreduzierung vorgesehen werden, in denen der Stab auf einen runden Querschnitt gebracht wird, bevor die Vertiefungen eingewalzt werden.

[0025] Die Erfindung wird durch Ausführungsbeispiele anhand von sieben Figuren näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 die Abwicklung eines erfindungsgemäßen Betonstahls mit drei Längsreihen von ellipsenförmigen Vertiefungen,

Fig. 2 den Schnitt II-II von Fig. 1 in vergrößerter Darstellung,

- Fig. 3 eine Längsreihe von zur Stabachse schräg angeordneten ellipsenförmigen Vertiefungen in einer Darstellung entsprechend Fig. 1,
- 5 Fig. 4 ein Diagramm das die Verbundeigenschaften eines erfindungsgemäßen Betonstahls im Vergleich zu denen eines bekannten kaltgerippten Betonstahls darstellt,
- Fig. 5 einen der Fig. 2 entsprechenden Querschnitt eines weiteren Ausführungsbeispiels, und
- 10 Fig. 6 und 7 den Fig. 2 und 3 entsprechende Ansichten eines weiteren Betonstahls.

15 **[0026]** Der in Fig. 1 in der Abwicklung dargestellte Abschnitt eines Betonstahls weist drei Längsreihen 1, 2, 3 von Vertiefungen 4 auf. Die Längsreihen sind gleichmäßig über den Stabumfang verteilt. Die Vertiefungen benachbarter Längsreihen sind in Längsrichtung des Stabes gegeneinander versetzt. Das Maß der Versetzung entspricht bei drei längsreihen etwa einem Drittel des Abstandes zweier benachbarter Vertiefungen einer Längsreihe. Mit Ausnahme der Vertiefungen 4 ist die Staboberfläche 5 glatt ausgebildet, d.h. sie entspricht der eines glatten Rundstabes.

20 **[0027]** Die Begrenzungslinie einer Vertiefung ist in der in Fig. 1 dargestellten Abwicklung des Betonstahls durch Kreisbögen 6 und 7 gebildet, die verschiedene Radien aufweisen und bezüglich der Vertiefung 4 jeweils axial-symmetrisch angeordnet sind. Die Kreisbögen 6 mit kleinerem Radius sind symmetrisch zur Symmetriechse 8 und die Kreisbögen mit größerem Radius sind symmetrisch zur Symmetriechse 9 angeordnet. Die Symmetriechse 9 der Kreisbögen 7 mit größerem Radius verläuft bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 unter 90° zur Stabachse, d.h. quer zur Stabachse, die Symmetriechse 8 verläuft parallel zur Stabachse.

25 **[0028]** Größe und Abstand der Vertiefungen 4 sind bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 1, wie folgt, festgelegt:

$D \approx$	$0,75 \cdot d_s$
$B \approx$	$0,72 \cdot d_s$
$s \approx$	$0,25 \cdot d_s$
$b \approx$	$0,80 \cdot d_s$
$t \approx$	$0,06 \cdot d_s$

30 wobei

d_s den Nenndurchmesser des Stabes,

D die Erstreckung der Vertiefung in Umfangsrichtung des Stabes,

35 B die Erstreckung der Vertiefung in Längsrichtung des Stabes, gemessen in der Mitte der Quererstreckung D,

s den Abstand zwischen den Begrenzungslinien benachbarter Vertiefungen in Längsrichtung des Stabes, gemessen in der Mitte der Quererstreckung D,

b den Abstand zwischen den Begrenzungslinien benachbarter Längsreihen von Vertiefungen in Querrichtung des Stabes, und

40 t die Tiefe der Vertiefung

bedeuten.

45 **[0029]** Bei den angegebenen Abmessungen liegt der Anteil der Gesamtfläche der Vertiefungen an der Gesamtfläche des Stabes bei etwa 40 %.

[0030] In Fig. 2 ist der Querschnitt einer Vertiefung in Längsrichtung des Stabes dargestellt. Hieraus ist ersichtlich, daß die Vertiefung flach ausgebildet, mit konstanter Tiefe t in die Staboberfläche 5 eingewalzt und durch steile Flanken 10 begrenzt ist. Die Flanken 10 gehen über Abrundungen 11 mit kleinem Radius in die Bodenfläche 12 über.

50 **[0031]** Durch die zur Stabachse querliegende ovale Form der Vertiefungen läßt sich trotz flacher Ausbildung der Vertiefungen eine ausreichende Verbundwirkung erzielen. Die erfindungsgemäße Oberflächengestaltung des Betonstahls ist für Bemessungsverfahren, bei denen örtlich plastische Verformungen der Bewehrung, d.h. eine Gelenkrotation ausgenutzt wird, besser als Stäbe mit auf die Oberfläche aufgebrachten Rippen oder Wülsten geeignet, da durch die erfindungsgemäße Oberflächengestaltung ein "weicher" Verbund ermöglicht wird.

55 **[0032]** Fig. 3 stellt einen Ausschnitt aus einer Rippenreihe einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Betonstahls dar. Hier sind ovale Vertiefungen schräg zur Stabachse angeordnet. Der Winkel gegenüber der Stabachse ist mit α bezeichnet und sollte im Bereich zwischen 60° und 90° liegen. Ein Winkel $\alpha = 90^\circ$ entspricht der Ausführungsform nach Fig. 1.

60 **[0033]** Im Hinblick auf die obige Bemessungsregel der Größe und des Abstandes der Vertiefungen ist zu beachten, daß B die Erstreckung der Vertiefung in Längsrichtung des Stabes, gemessen in der Mitte der Quererstreckung D,

bedeutet, d.h. gemessen längs der Mittellinie der betreffenden Längsreihe von Vertiefungen. Das gleiche gilt für den Parameter s , d.h. den Abstand zwischen den Begrenzungslinien benachbarter Vertiefungen in Längsrichtung des Stabes.

[0034] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung des beschriebenen Betonstahls unterscheidet sich von den bekannten Verfahren dadurch, daß zunächst in einem ersten Kaltverformungsvorgang ein runder Walzdraht zu einem Rundstahl kaltgewalzt wird und in einem weiteren Kaltverformungsvorgang die flachen Vertiefungen eingewalzt werden. Der erste Kaltverformungsvorgang, der auch in zwei oder drei Kaltverformungsvorgänge aufgeteilt werden kann, dient in erster Linie der Festigkeitserhöhung des Betonstahls. Je nach Ausgangsmaterial - dies können Walzdrähte 380 bis 420 der BSTM-Qualität sein - wird hier eine Querschnittsverformung von 10 bis 20 % erforderlich sein,

10 die beim Aufteilen in 2 oder 3 Kaltverformungsvorgänge entsprechend verringert werden kann. Falls 3 Kaltverformungsvorgänge vorgesehen sind, ermöglichen diese die Herstellung eines exakt runden Querschnitts der gewünschten Abmessung. Bei mehreren Kaltverformungsvorgängen zur Herstellung des Rundstahls sollte die Querschnittsreduzierung im ersten Verformungsschritt größer als in den darauffolgenden Schritten zur Herstellung des Rundstahls sein.

15 **[0035]** Da zunächst der Querschnitt des runden Walzdrähtes auf kaltem Wege gleichmäßig reduziert wird, können bei diesem Verformungsvorgang Spannungsspitzen vermieden werden. Im abschließenden Kaltverformungsvorgang beim Einwalzen der flachen Vertiefungen wird die Querschnittsreduzierung auf 7 % vorzugsweise 5 % begrenzt, wobei durch das Einprägen von nur flachen Vertiefungen auch in diesem Kaltverformungsvorgang der Stahl relativ gleichmäßig beansprucht wird. Die Gesamtverformung einschließlich des Einwalzens der Vertiefungen erfolgt somit gleichmäßig und sanft in zwei oder mehr Schritten, wodurch in Verbindung mit der Oberflächengeometrie des Betonstahls hervorragende Duktilitätsparameter Agt und Rm/Re erzielt werden können. Dies führt in Verbindung mit dem durch die Oberflächengeometrie des Betonstahls erzielbaren weicheren Verbund zu einer besonderen Eignung bei einem Einsatz des Betonstahls unter Ausnutzung örtlicher plastischer Verformungen (Gelenkrotation) der Bewehrung.

20 **[0036]** Der erfindungsgemäße Betonstahl bzw. Betondraht ist in erster Linie zur Herstellung von Betonstahlmatten gedacht. Hierfür ist eine Mindeststreckgrenze von 500 N/mm^2 vorgeschrieben. Als Ausgangsmaterial zur Herstellung des Betonstahls eignen sich insbesondere Walzdrähte einer Streckgrenze von 380 bis 420 N/mm^2 mit Analysenwerten von

Kohlenstoff	0,04 bis 0,14 Gew%
Mangan	0,35 bis 0,70 Gew%
Silicium	0,20 bis 0,30 Gew %.

30 **[0037]** Im folgenden wird ein konkretes Ausführungsbeispiel beschrieben.

35 **[0038]** Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren wurde in einem ersten Verformungsvorgang aus einem glatten runden Walzdraht vom Durchmesser 8,0 mm ein runder Draht eines Durchmessers von 7,5 mm gewalzt. Die Querschnittsreduktion betrug 11 %.

[0039] Angaben zu dem als Ausgangsmaterial verwendeten Walzdraht:

Nenndurchmesser	8,0 mm
Ovalität	7,85 bis 8,17
Zugfestigkeit	421 N/mm^2
Bruchdehnung (A10)	34 %
Chem. Zusammensetzung	C: 0,07; Mn: 0,61; Si: 0,20; P: 0,016; S: 0,037; Cu: 0,26; Cr: 0,11; Ni: 0,14; Mo: 0,02; N: 0,009;

40 **[0040]** In den rundgewalzten Draht wurden in einem zweiten Verformungsvorgang drei zur Längsachse des Drahts parallele Reihen von Vertiefungen entsprechend Fig. 3 eingewalzt, deren Tiefe 0,6 mm betrug. Der Winkel α zur Längsachse betrug 60 %. Der Draht wurde nicht mechanisch entspannt. Es ergaben sich die folgenden Festigkeitswerte:

45 Streckgrenze: $508 - 536 \text{ N/mm}^2$

Zugfestigkeit: $1,07 - 1,10$
Streckgrenze

50 Dehnung bei Höchstlast (Agt): $4,7 - 7,1 \text{ %}$

55 **[0041]** Die oben angegebenen Werte geben die Bereichsgrenzen mehrerer Versuche wieder.

[0042] Um die Verbundeigenschaften des so hergestellten erfindungsgemäßen Betonstahls zu untersuchen, wurden Ausziehversuche aus Betonkörpern mit unten- und obenliegenden Versuchsstäben entsprechend den festgelegten

Verbundbereichen durchgeführt. Außerdem wurden Vergleichsversuche mit einem herkömmlichen kaltgerippten Draht durchgeführt, der drei Längsreihen von Schrägrippen aufwies.

Versuchsparameter:

5	[0043]							
10	<table border="1"> <tr> <td>Lage der Stähle</td> <td>untenliegend und obenliegend Betonierrichtung quer zur Stabachse</td> </tr> <tr> <td>Betondeckung</td> <td>1,75 Stabdurchmesser</td> </tr> <tr> <td>Botopaute</td> <td>B25</td> </tr> </table>		Lage der Stähle	untenliegend und obenliegend Betonierrichtung quer zur Stabachse	Betondeckung	1,75 Stabdurchmesser	Botopaute	B25
Lage der Stähle	untenliegend und obenliegend Betonierrichtung quer zur Stabachse							
Betondeckung	1,75 Stabdurchmesser							
Botopaute	B25							
15								

[0044] In dem Diagramm nach Fig. 4 ist das Ergebnis des erfindungsgemäßen Drahts mit I_u bzw. I_o bezeichnet, wobei die Indizes u und o untenliegend bzw. obenliegend bedeuten. Der Vergleichsdraht ist mit II_u bzw. II_o bezeichnet. Auf der Abszisse ist der Ausziehweg s , gemessen am spannungslosen Stabende, auf der Ordinate die bezogene Verbundspannung aufgetragen.

[0045] Ein Vergleich der Kurven zeigt, daß im Bereich geringer Relativverschiebungen ($e < 0,1$ mm) d.h. im Gebrauchszustand die bezogenen Verbundspannungen im üblichen Streubereich liegen. Die maximalen Verschiebungen bei Höchstlast betragen jedoch beim

20	gerippten Draht	0,2 bzw. 0,35 mm, und beim
	erfindungsgemäßen Draht	0,33 bzw. 0,9 mm.

[0046] Der erfindungsgemäße Betonstahl zeichnet sich somit durch einen im Gebrauchszustand etwa gleichgroßen Verbund aus, der aber wesentlich größere Verschiebungen zuläßt.

[0047] Eine weitere Verbesserung im Hinblick auf einen "weichen" Verbund kann erreicht werden, wenn zusätzlich Maßnahmen vorgesehen werden, die einen abgestuften "Versagensmodus" realisieren. Solche Maßnahmen sind in Fig. 5 bzw. in den Fig. 6 und 7 dargestellt.

[0048] Bei dem Betonstahl nach Fig. 5 - die Darstellung entspricht der von Fig. 2, d.h. es handelt sich um einen Längsschnitt des Stabes durch die Mitte der Vertiefungen - sind die Vertiefungen in unterschiedlichen Tiefen t_1 bzw. t_2 ausgebildet. Bei einer Beanspruchung wird zunächst die Betonkonsole im Bereich der kleinen Vertiefung t_2 abgesichert bevor sie im Bereich der großen Vertiefungen t_1 abgesichert wird. Hierdurch wird ein größerer Dehnungswert freigegeben und damit ein weicherer Verbund erzielt.

[0049] Ein abgestufter "Versagensmodus" wird auch erreicht, wenn die Vertiefungen 4 verschiedene große Querestreckkungen D (vgl. Fig. 3), gemessen senkrecht zur Längsachse des Stabes zwischen den zur Längsachse parallelen Tangenten an der Begrenzungslinie der betreffenden Vertiefung, aufweisen.

[0050] Ferner wird der gleiche Effekt erreicht, wenn, wie in den Fig. 6 und 7 dargestellt, die den Fig. 2 und 3 entsprechen, wenigstens ein Teil der Vertiefungen Vorsprünge 13 aufweist. Anstelle der Vorsprünge könnten auch Mulden innerhalb der Bodenfläche der Vertiefungen vorgesehen werden.

40

Patentansprüche

1. Kaltgewalzter Betonstahl, der in einen Stahlstab von etwa kreisförmigem Querschnitt eingewalzte Vertiefungen (4) enthält, die in Form von 2 bis 6, vorzugsweise 3 Längsreihen gleichmäßig über den Stabumfang verteilt sind, und wobei die Begrenzungslinie jeder Vertiefung in der Abwicklung des Betonstahls durch Kreisbögen (6, 7) mit verschiedenen Radien gebildet ist, die bezüglich der Vertiefung axial-symmetrisch angeordnet sind, wobei flache Vertiefungen (4) in die Staboberfläche (5) eingewalzt sind, die jeweils eine konstante Tiefe (t) aufweisen und durch eine steile Flanke (10) begrenzt sind, die an ihrer Begrenzungslinie (6, 7) mit der Tangente der Staboberfläche einen Winkel (β) von 60° bis 80° einschließt, die Tiefe (t) der Vertiefungen bestimmt ist durch eine Querschnittsreduktion von 2 bis maximal 7% beim Einwalzen der Vertiefungen in einen Stahl runden Querschnitts, in der Abwicklung des Betonstahls der Anteil der Gesamtfläche der Vertiefungen (4) an der Gesamtfläche des Stabes zwischen 20 % und 50 % liegt, und Größe und Abstand der Vertiefungen so gewählt sind, daß die bezogene Rippenfläche f_R des Betonstahls zwischen 0,02 und 0,07 liegt.
2. Betonstahl nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Begrenzungslinie einer Vertiefung (4) durch zwei einander gegenüberliegende Kreisbögen (7) mit größerem Radius und zwei diese miteinander verbindende, einander gegenüberliegende Kreisbögen (6) mit kleinerem Radius gebildet ist.

3. Betonstahl nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Symmetrieachse (9) der Kreisbögen (7) mit größerem Radius unter einem Winkel von 60° bis 90° gegenüber der Stabachse verläuft.
- 5 4. Betonstahl nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** drei Längsreihen (1, 2, 3) von Vertiefungen (4) vorgesehen sind.
- 10 5. Betonstahl nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Vertiefungen (4) benachbarter Längsreihen (1/2, 2/3, 3/1) in Längsrichtung des Stabes gegeneinander versetzt sind.
- 15 6. Betonstahl nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Vertiefungen (4) verschiedene Tiefen (t_1, t_2) und/oder verschiedene große Quererstreckungen (D) gemessen normal zur Längsachse zwischen den zur Längsachse parallelen Tangenten an der Begrenzungslinie, aufweisen.
7. Betonstahl nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** bei einem Stab mit zwei bis sechs Längsreihen von Vertiefungen Größe und Abstand der Vertiefungen, wie folgt, festgelegt sind:

$b =$	$(0,15 \text{ bis } 0,45) \cdot d_s$,
$D =$	$(1,12 \text{ bis } 1,42) \cdot d_s$, für $n=2$,
	$(0,6 \text{ bis } 0,90) \cdot d_s$, für $n=3$,
	$(0,3 \text{ bis } 0,65) \cdot d_s$, für $n=4$,
	$(0,1 \text{ bis } 0,35) \cdot d_s$, für $n=6$,
$B =$	$(0,30 \text{ bis } 0,85) \cdot d_s$,
$s =$	$(0,1 \text{ bis } 1,5) \cdot d_s$,
$t =$	$(0,025 \text{ bis } 0,08) \cdot d_s$,

wobei

d_s den Nenndurchmesser des Stabes,

D die Erstreckung der Vertiefung in Umfangsrichtung des Stabes, gemessen normal zur Längsachse zwischen den zur Längsachse parallelen Tangenten der Begrenzungslinie,

B die Erstreckung der Vertiefung in Längsrichtung des Stabes, gemessen in der Mitte der Quererstreckung D, s den Abstand zwischen den Begrenzungslinien benachbarter Vertiefungen in Längserstreckung des Stabes, gemessen in der Mitte der Quererstreckung D,

b den Abstand zwischen den Begrenzungslinien benachbarter Längsreihen von Vertiefungen in Querrichtung des Stabes,

t die Tiefe der Vertiefung, und

n die Anzahl der Längsreihen von Vertiefungen,

bedeuten.

8. Betonstahl nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** die bezogene Rippenfläche f_R zwischen 0,02 und 0,045 liegt.
- 45 9. Verfahren zur Herstellung eines kaltgewalzten Betonstahls nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem ein Walzdraht in wenigstens einem ersten Kaltverformungsvorgang mit einer Querschnittsreduzierung von 8 bis 20 % zu einem Rundstahl gewalzt wird und in einem letzten Kaltverformungsvorgang flache Vertiefungen (4) eingewalzt werden, die jeweils eine konstante Tiefe aufweisen und durch eine steile Flanke (10) begrenzt sind, die an ihrer Begrenzungslinie mit der Tangente der Staboberfläche einen Winkel (β) von 60° bis 80° einschließt und in Form von 2 bis 6, vorzugsweise 3 Längsreihen gleichmäßig über den Stabumfang verteilt sind, wobei das Einwalzen der Vertiefungen (4) mit einer Querschnittsreduzierung von 2 bis 7 % derart erfolgt, daß die Begrenzungslinie jeder Vertiefung in der Abwicklung des Betonstahls durch Kreisbögen mit verschiedenen Radien gebildet ist, die bezüglich der Vertiefung axial-symmetrisch angeordnet sind, daß in der Abwicklung des Betonstahls der Anteil der Gesamtfläche der Vertiefungen (4) an der Gesamtfläche des Stabes zwischen 20 % und 50 % liegt, und Größe und Abstand der Vertiefungen so gewählt sind, daß die bezogene Rippenfläche f_R des Betonstahls zwischen 0,02 und 0,07 liegt.

- 55 10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** anstelle des ersten Kaltverformungsvorgangs zwei

oder drei Kaltverformungsvorgänge vorgesehen sind, in denen der Walzdraht mit einer Gesamtquerschnittsreduzierung von maximal 20 % zu einem Rundstahl gewalzt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Schmelzanalyse des Walzdrahtes

5

0,04 bis 0,14 C
0,35 bis 0,70 Mn
0,20 bis 0,30 Si

10 sowie übliche Legierungselemente und Verunreinigungen, Rest Eisen enthält.

Claims

- 15 1. Cold-rolled reinforcing steel which comprises a steel rod of approximately circular cross-section into which recesses (4) are rolled, which are uniformly distributed over the rod circumference in the form of 2 to 6, preferably 3 longitudinal rows, and whereby the peripheral contour of each recess is in the shape of arcs (6,7) having various radii in the developed view of the reinforcing steel rod, the arcs being arranged axial symmetrically relative to the recess, wherein shallow recesses (4) are rolled into the surface (5), these having a constant depth (t), respectively, and being bordered by steep flanks (10), which form an angle (β) with the tangent of the rod surface at the peripheral contour (6,7) of 60° to 80° , the depth (4) of the recesses is defined by a cross-section reduction of from 2 to at the most 7% when the recesses are rolled in to a round cross-section steel rod, the proportion of the total surface area of the rod occupied by the total surface area of the recesses, in the developed view of the rod surface, lies between 20% and 50%, and the size and spacing of the recesses are selected, so the degree of ribbed surface f_s of the reinforcing steel rod lies between 0.02 and 0.07.
- 20 2. Reinforcing steel as claimed in claim 1, **characterised in that** the peripheral contour of a recess (4) is formed from two opposing arcs (7) of larger radius and two opposing arcs (6) of smaller radius which connect them together.
- 30 3. Reinforcing steel as claimed in claim 2, **characterised in that** the axis of symmetry (9) of the arcs (7) having the greater radius, extends at an angle of 60° to 90° with respect to the rod axis.
- 40 4. Reinforcing steel as claimed in any one of claims 1 to 3, **characterised in that** three longitudinal rows (1,2,3) of recesses (4) are provided.
- 35 5. Reinforcing steel as claimed in any one of the claims 1 to 4, **characterised in that** the recesses (4) of adjacent longitudinal rows (1/2, 2/3, 3/1) are offset from each other in the longitudinal direction of the rod.
6. Reinforcing steel as claimed in any one of the claims 1 to 5, **characterised in that** the recesses (4) exhibit various depths (t_1, t_2) and/or varying sizes of transverse spans (D), measured normal to the longitudinal axis between the tangent parallel to the longitudinal axis at the peripheral contour.
- 45 7. Reinforcing steel as claimed in any one of the claims 1 to 6, **characterised in that** the size and spacing of the recesses in the case of a rod having two to six longitudinal rows of recesses, are specified as follows:

45

b =	(0.15 to 0.45)· d_s
D =	(0.12 to 1.42)· d_s for n = 2
	(0.60 to 0.90)· d_s for n = 3
	(0.30 to 0.65)· d_s for n = 4
	(0.10 to 0.35)· d_s for n = 6
B =	(0.3 to 0.85)· d_s
s =	(0.1 to 0.5)· d_s
t =	(0.025 to 0.08)· d_s

55

where:

d_s = nominal diameter of the rod

D = span of the recess in the circumference direction of the rod, measured normal to the longitudinal axis between the tangents parallel to the longitudinal axis to the peripheral contour.

B = the span of the recess in the longitudinal direction of the rod, measured in the centre of the transverse span D.

s = the spacing between the peripheral contours of adjacent recesses in the longitudinal direction of the rod, measured in the centre of the transverse span D.

b = the spacing between the peripheral contours of adjacent longitudinal rows of recesses in the transverse direction of the rod.

t = the depth of the recess, and

n = the number of longitudinal rows of recesses.

8. Reinforcing steel as claimed in any one of claims 1 to 7, **characterised in that** the degree of ribbed surface f_s lies between 0.02 to 0.045.

9. Method of manufacturing cold-rolled reinforcing steel, as claimed in claims 1 to 8, in which a wire rod is rolled to a round rod in at least one initial cold-rolling operation with a cross-section reduction from 8 to 20% while in a final cold-rolling shallow recesses (4) are rolled in, each having a constant depth, respectively, and being bordered by a steep flank (10), which forms an angle (β) of from 60° to 80° at its peripheral contour with the tangent to the rod surface, the recesses being distributed uniformly over the rod circumference in the form of 2 to 6, preferably 3 longitudinal rows, whereby the rolling in of the recesses (4) is effected with a cross-section reduction of from 2 to 7%, so that the peripheral contour of each recess is formed by arcs having various radii in the developed view of the reinforcing steel rod, which are arranged axial symmetrically with respect to the recess, that the proportion of the total surface area of the rod occupied by the total surface area of the recesses, in the developed view of the rod surface, lies between 20% to 50%, and that the size and spacing of the recesses are selected, so that the degree of ribbed surface f_s of the reinforcing steel rod lies between 0.02 and 0.07.

10. Method as claimed in claim 9, **characterised in that** two or three cold-rolling operations are provided in place of the initial cold-rolling operation, in which the wire rod is rolled to a round rod with a total cross-section reduction of 20% maximum.

11. Method as claimed in claim 9 to 10, **characterised in that** the melt analysis of the wire rod includes:

0.04 to 0.14 C

0.35 to 0.70 Mn

0.20 to 0.30 Si

in addition to the usual alloying elements and impurities, the remainder iron.

40 Revendications

1. Acier d'armature laminé à froid qui comporte des renforcements (4) laminés dans une barre en acier d'une section transversale approximativement circulaire, lesquels sont répartis de façon régulière sous forme de 2 à 6, de préférence 3 rangées longitudinales sur la périphérie de la barre, et dans lequel la ligne de délimitation de chaque renforcement dans le développé de l'acier d'armature est formée par des arcs de cercle (6,7) de différents rayons qui sont agencés à symétrie axiale par rapport au renforcement, dans lequel des renforcements peu profonds (4) sont laminés dans la surface de barre (5), lesquels présentent une constante profondeur (t) respectivement et sont délimités respectivement par un flanc raide (10) qui enferme, au niveau de sa ligne de délimitation (6,7) conjointement avec la tangente de la surface de barre, un angle (β) de 60° à 80°, la profondeur (4) des renforcements est déterminée par une réduction de section transversale de 2 à 7% au maximum lors du laminage des renforcements dans un acier de section transversale ronde, dans le développé de l'acier d'armature, la proportion de la surface totale des renforcements (4) par rapport à la surface totale de la barre est de 20% à 50%, et la taille et la distance des renforcements sont choisies de telle sorte que la surface nervurée respective fr de l'acier d'armature est comprise entre 0,02 et 0,07.

2. Acier d'armature selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la ligne de délimitation d'un renforcement (4) est formée par deux arcs de cercle (7) en vis-à-vis l'un de l'autre présentant un rayon plus grand, et par deux arcs de cercle (6) en vis-à-vis l'un de l'autre reliant ceux-ci et présentant un rayon plus petit.

3. Acier d'armature selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** l'axe de symétrie (9) des arcs de cercle (7) présentant le rayon plus grand s'étend sous un angle de 60° à 90° par rapport à l'axe de barre.
- 5 4. Acier d'armature selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'il** est prévu trois rangées longitudinales (1,2,3) de renflements (4).
- 10 5. Acier d'armature selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisée en ce que** les renflements (4) de rangées longitudinales voisines (1/2, 2/3, 3/1) sont décalés les uns par rapport aux autres en direction longitudinale de la barre.
- 15 6. Acier d'armature selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** les renflements (4) présentent différentes profondeurs (t_1, t_2) et /ou différentes extensions transversales (D), mesurées normalement par rapport à l'axe longitudinal sur la ligne de délimitation.
7. Acier d'armature selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** dans une barre présentant deux à six rangées longitudinales de renflements, la taille et la distance des renflements sont déterminées comme suit:

$b =$	$(0.15 \text{ à } 0.45) \cdot d_s$
$D =$	$(1.12 \text{ à } 1.42) \cdot d_s$, pour $n = 2$ $(0.6 \text{ à } 0.90) \cdot d_s$, pour $n = 3$ $(0.3 \text{ à } 0.65) \cdot d_s$, pour $n = 4$ $(0.1 \text{ à } 0.35) \cdot d_s$, pour $n = 6$
$B =$	$(0.30 \text{ à } 0.85) \cdot d_s$
$s =$	$(0.1 \text{ à } 0.5) \cdot d_s$
$t =$	$(0.025 \text{ à } 0.08) \cdot d_s$

20 dans laquelle

25

d_s représente le diamètre nominal de la barre,
 D l'extension du renflement en direction périphérique de la barre, mesurée perpendiculairement par rapport à l'axe longitudinal entre les tangentes parallèles à l'axe longitudinal sur la ligne de délimitation,
 B l'extension du renflement en direction longitudinale de la barre, mesurée au milieu de l'extension transversale D,
 s la distance entre les lignes de délimitation des renflements voisins en direction longitudinale de la barre, mesurée au milieu de l'extension transversale D,
 b la distance entre les lignes de délimitation de rangées longitudinales voisines de renflements en direction transversale de la barre,
 t la profondeur du renflement, et
 n le nombre des rangées longitudinales de renflements.

- 30 8. Acier d'armature selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** la surface nervurée respective f_r est comprise entre 0,02 et 0,045.
- 35 9. Procédé pour réaliser un acier d'armature laminé à froid selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel un fil de laminage est laminé en un acier rond dans au moins une première opération de déformation à froid avec une réduction de section transversale de 8 à 20%, et dans lequel des renflements peu profonds (4) sont laminés dans une opération de déformation à froid finale, lesquels présentent une constante profondeur, respectivement, et sont délimités par un flanc raide (10) qui enferme au niveau de sa ligne de délimitation un angle (β) de 60° à 80° conjointement avec la tangente de la surface de la barre, et qui sont répartis sous forme de 2 à 6, de préférence 3 rangées longitudinales de façon régulière sur la périphérie de la barre, et dans lequel le laminage des renflements (4) s'effectue avec une réduction de section transversale de 2 à 7%, de telle sorte que la ligne de délimitation de chaque renflement dans le développé de l'acier d'armature est formée par des arcs de cercle présentant différents rayons, qui sont agencés à symétrie axiale par rapport au renflement, que dans le développé de l'acier d'armature, la proportion de la surface totale des renflements (4) par rapport à la surface totale de la barre est de 20% à 50%, et la taille et la distance des renflements sont choisies de telle sorte que la surface nervurée respective f_r de l'acier d'armature est comprise entre 0,02 et 0,07.
- 40
- 45
- 50
- 55

10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** l'on prévoit, à la place de la première opération de déformation à froid, deux ou trois opérations de déformation à froid, dans lesquelles le fil de laminage est laminé en un acier rond, avec une réduction de section transversale totale de 20% au maximum.

5 11. Procédé selon l'une ou l'autre des revendications 9 à 10, **caractérisé en ce que** l'analyse de la fonte du fil de laminage contient:

10 0,04 à 0,14 de C

0,35 à 0,70 de Mn

0,20 à 0,30 de Si,

ainsi que des éléments d'alliage et d'impuretés habituelles, le reste étant du fer.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

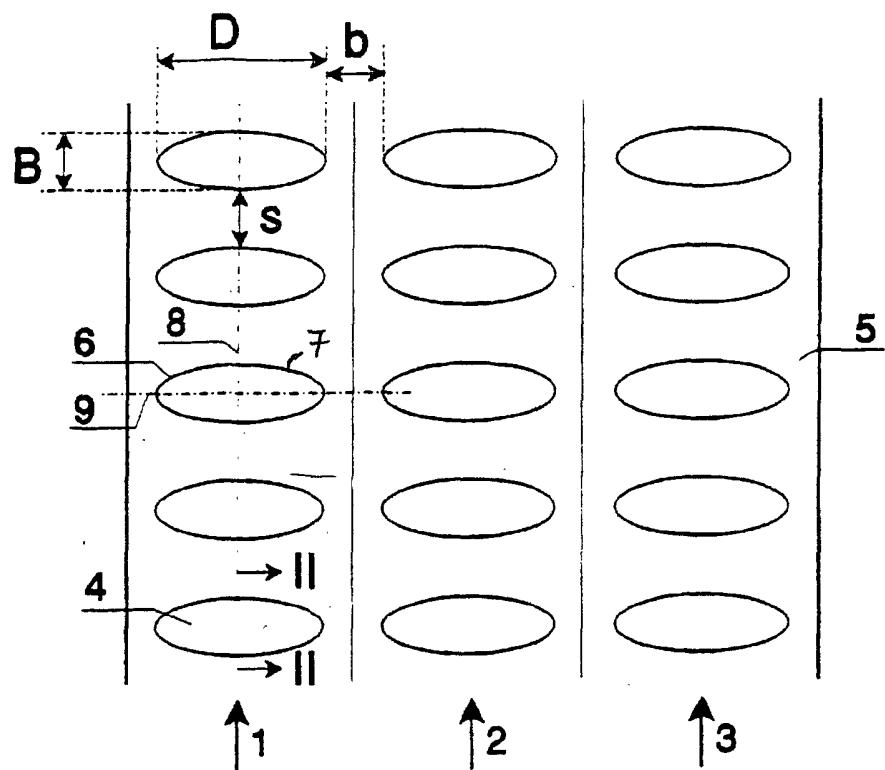


Fig. 2

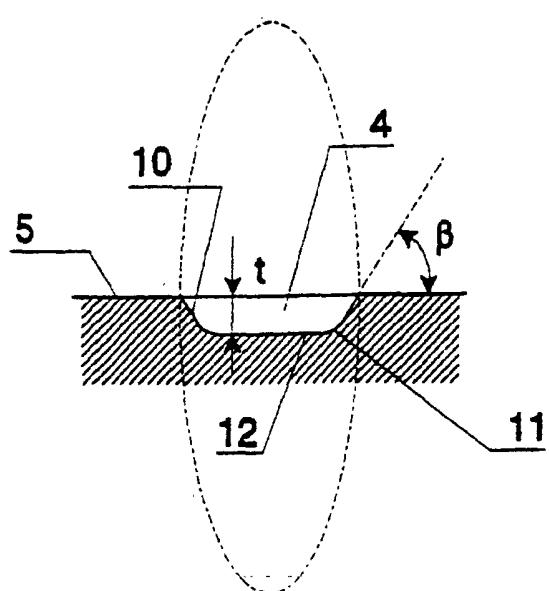


Fig. 3

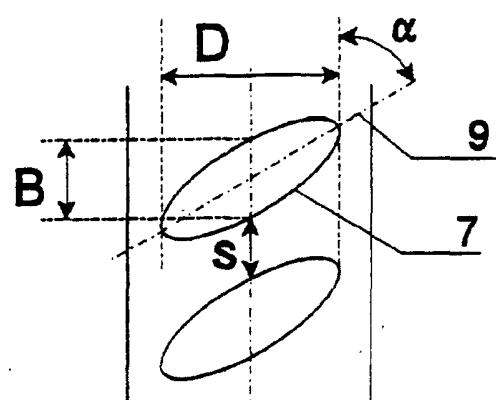


Fig. 4

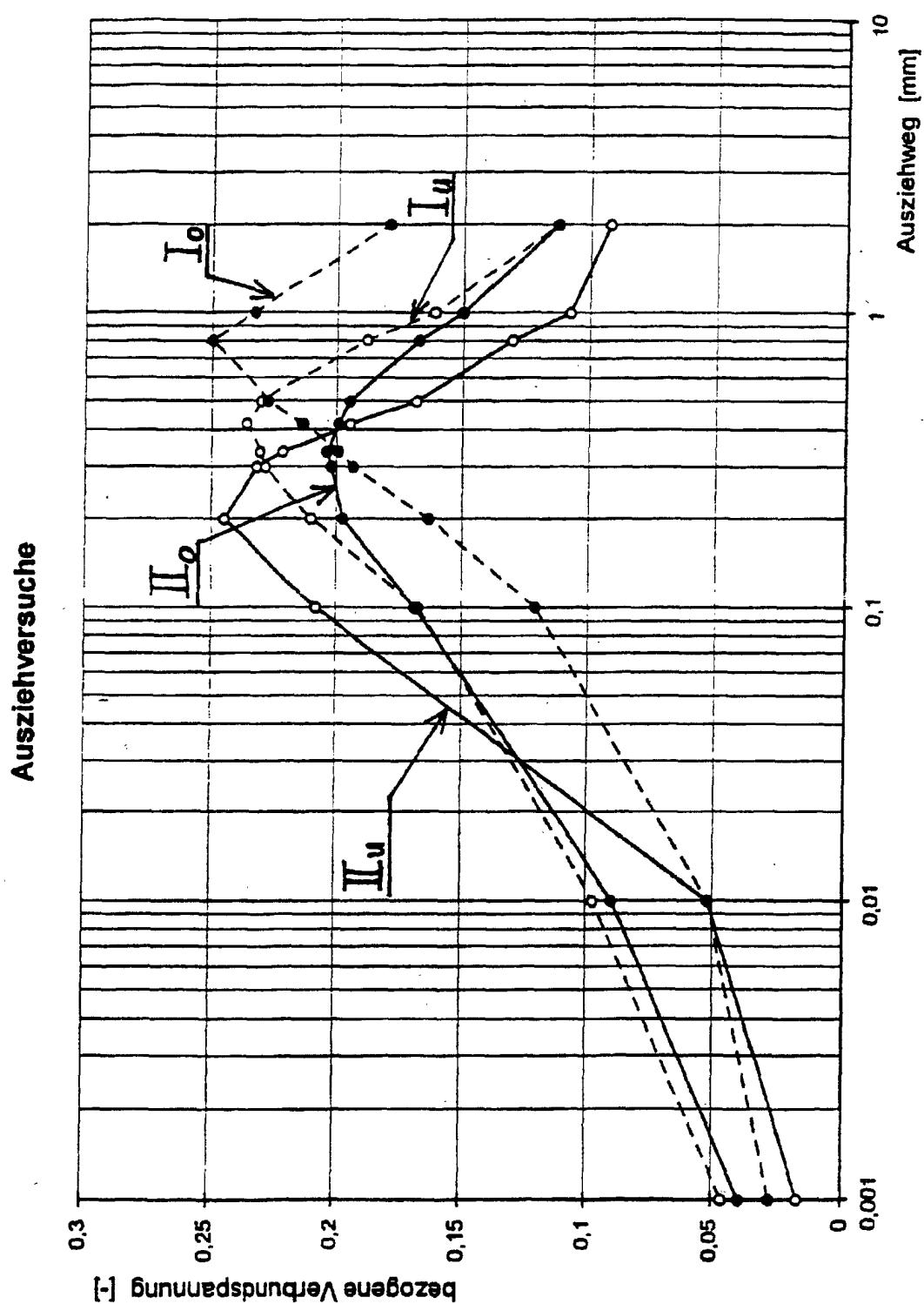


Fig. 5

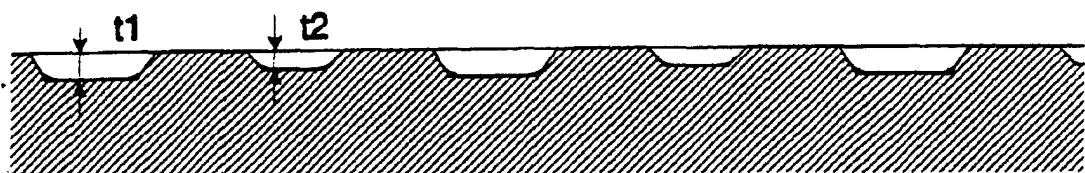


Fig. 6

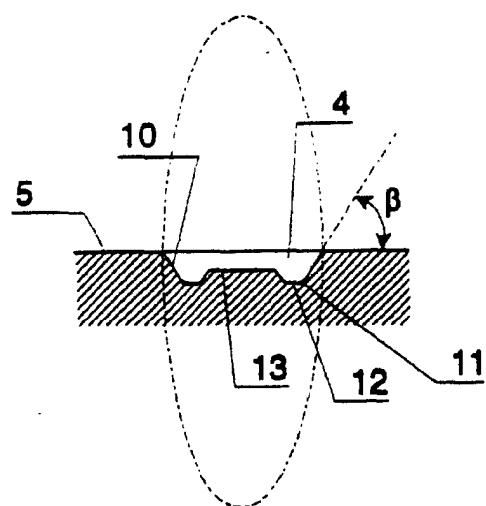


Fig. 7

