

(19)



(11)

EP 3 640 430 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
18.08.2021 Patentblatt 2021/33

(51) Int Cl.:
E21D 20/02^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18200634.6**

(22) Anmeldetag: **16.10.2018**

(54) **GEWINDESTAB ZUR EINBETTUNG IN ZEMENTHALTIGEN BINDEMITTELN, DARAUS
GEBILDETE VERANKERUNGSEINHEIT SOWIE VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG DES
GEWINDESTABS**

THREADED BAR FOR EMBEDDING IN CEMENT-BASED BINDERS, ANCHOR UNIT FORMED
THEREFROM AND METHOD FOR PRODUCING THE THREADED BAR

TIGE FILETÉE DESTINÉE À L'INCORPORATION DANS UN LIANT CONTENANT DU CIMENT,
UNITÉ D'ANCRAGE CORRESPONDANTE AINSI QUE PROCÉDÉ DE FABRICATION DE TIGE
FILETÉE

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
22.04.2020 Patentblatt 2020/17

(73) Patentinhaber: **Swiss Steel AG
6020 Emmenbrücke (CH)**

(72) Erfinder:

- **Haupt-Peter, Heiko
6020 Emmenbrücke (CH)**
- **Kretz, Cyrill
6024 Hildisrieden (CH)**

- **Linden, Christian
6102 Malters (CH)**
- **Roelofs, Hans
6285 Hitzkirch (CH)**
- **Hasler, Stephan
4806 Wikon (CH)**

(74) Vertreter: **Schmauder & Partner AG
Patent- & Markenanwälte VSP
Zwängiweg 7
8038 Zürich (CH)**

(56) Entgegenhaltungen:

**WO-A1-2010/066009 CN-U- 202 672 550
GB-A- 2 335 671 GB-A- 2 521 943**

EP 3 640 430 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

BeschreibungTechnisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft einen zur Einbettung in zementhaltigen Bindemitteln verwendbaren Gewindestab gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Weiterhin betrifft die Erfindung eine aus einem erfindungsgemässen Gewindestab gebildete Verankerungseinheit sowie ein Verfahren zur Herstellung des Gewindestabs.

Stand der Technik

[0002] In der Geotechnik werden schraubbare Stahlelemente, hergestellt aus konventionellen nicht korrosionsbeständigen Kohlenstoffstählen, als sogenannte Sicherungselemente im Boden eingesetzt. Diese Sicherungselemente umfassen einen Gewindestab und können insbesondere als Bodennägel, Anker oder Mikropfähle ausgestaltet sein. Sie dienen zur Rückverankerung von Baugrubenwänden oder Stützbauwerken (Fig. 1), verankern Steinschlagnetze oder übertragen die Kräfte ganzer Häuser in den Boden.

[0003] Je nach Anwendung werden die Sicherungselemente temporär (< 5 Jahre) oder permanent (> 5 Jahre) genutzt. Ist eine Verwendung von mehr als fünf Jahren vorgesehen, spricht man von einem permanenten Sicherungselement.

[0004] Bei permanenten Anwendungen sollen die Sicherungselemente entsprechend der Lebensdauer der Bauwerke für bis zu 100 Jahre im Boden verbleiben. Um den Stahl für diesen Zeitraum gegen Korrosion zu schützen, kann das Sicherungselement mit einem sogenannten doppelten Korrosionsschutz versehen werden (Fig. 1). Der Korrosionsschutz wird dadurch hergestellt, dass der Gewindestab in einem Kunststoffrohr zentriert und der Zwischenraum zwischen Gewindestab und Rohr mit Zementmörtel gefüllt wird. Durch das alkalische Milieu des Betons wird der Stahl des Gewindestabs dauerhaft passiviert. In diesem Fall spricht man von einem vorinjizierten System.

[0005] Das bekannte System zeigt allerdings in der praktischen Anwendung einige Nachteile auf:

- Das Gewicht des Systems wird durch den Zementmörtel erhöht.
- Biegung der Stäbe muss vermieden werden, da ansonsten der Zementmörtel bricht.
- Um eine Durchbiegung der Anker zu verhindern, können die Teilstücke nicht beliebig lang gewählt werden. Aus der Praxis ist hier eine gängige Länge von 6 m bekannt. Dies führt dazu, dass bei langen Ankern Teilstücke mittels Muffen gekuppelt werden müssen.
- Um die Kupplungen vor Korrosion zu schützen, müssen diese einzeln mit einem Schrumpfschlauch versehen werden. Dies ist aufwändig und kostet viel Zeit.
- Der Korrosionsschutz jedes Ankers muss nach dem Einsetzen mit einer sogenannten Widerstandsmessung in gewissen Ländern überprüft werden.

[0006] Es gibt heute bereits einen anderen Lösungsansatz in Form eines permanenten Sicherungssystems aus einem nichtrostenden gerippten Stahl, um die oben beschriebenen Nachteile der vorinjizierten Sicherungssysteme zu umgehen. Aufgrund seiner Korrosionsbeständigkeit verfügt der Stahl über einen inhärenten Korrosionsschutz, sodass auf ein Hüllrohr mit Zementmörtelumhüllung verzichtet werden kann. Der grosse Nachteil dieser Lösung stellt aber das endständige, durch Zerspanung aufgebrachte Feingewinde dar, um die Stäbe über Muffen kuppeln zu können. Erstens verringert sich der Stahlquerschnitt und somit die übertragbare Kraft des Systems. Ausserdem muss ein solches Feingewinde erfahrungsgemäss als nicht baustellentauglich beurteilt werden.

[0007] Die WO 99/31283 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung von nichtrostenden ferritischen bzw. ferritisch-martensitischen Betonstählen, wobei insbesondere der Werkstoff 1.4003 nach DIN EN 10088 zur Anwendung kommt. Das Verfahren beruht darauf, dass ein Stahl mit einem Gewichtsanteil von

- bis zu 0.03 % Kohlenstoff (C),
- 10.5 bis 14.0% Chrom (Cr),
- 0.01 bis 4.0% Nickel (Ni),
- 0.01 bis 3.0% Mangan (Mn)
- 0.01 bis 2.0% Molybdän (Mo)
- bis zu 0.03% Stickstoff (N),
- bis zu 0.2% Titan (Ti),
- Silizium (Si), Phosphor (P), Schwefel (S) innerhalb der üblichen Grenzen für Verunreinigungen,
- der Rest Eisen sowie stahlübliche Verunreinigungen,

aus der Endwalztemperatur im Temperaturgebiet γ oder $\gamma + \alpha$ so abgekühlt wird, dass mindestens Martensit entsteht. Gemäss einer ersten Ausführungsform wird direkt aus der Walzhitze abgekühlt, während gemäss einer weiteren Aus-

föhrungsform der zunächst abgekühlte Stahl im Temperaturbereich von 650 bis 720°C angelassen wird.

[0008] Im Bereich der nichtrostenden Stähle, die in der Norm EN 10088 aufgeführt und beschrieben sind, gibt es weitere Werkstoffe, die heute standardmässig Anwendung finden als gerippte Betonstahlelemente im Stahlbetonbau. Bei den höherfesten nichtrostenden Betonstählen mit einer Mindestdehngrenze $R_{p0.2}$ von 650 MPa und einer Dehnung bei Höchstlast von min. 5% handelt es sich um sogenannte austenitisch-ferritische Stähle (auch Duplex-Stähle genannt), die i.d.R. kaltgerippt werden (z.B. Ugigrip 4062, 4362 und 4462 von Ugitech, Inoxripp4486® von Scheibinox), oder auch teilweise warmgerippt hergestellt werden (Ugigrip 4462 von Ugitech). Diese Stahlgüten sind aufgrund ihrer Legierungsbestandteile (insbesondere $Cr \geq 19.5$ Gew.-%, $Mo \geq 0.10$ Gew.-%, $Ni \geq 1.00$ Gew.-%) relativ teuer. Ein weiterer Nachteil ist die Herstellung mittels Kaltwalzen, was ein zusätzlicher Herstellschritt und somit höhere Herstellkosten bedeutet. Zudem wird beim Kaltwalzen die Duktilität grundsätzlich verringert.

Darstellung der Erfindung

[0009] Aufgabe der Erfindung ist es, einen verbesserten Gewindestab für den Stahlbetonbau bereitzustellen, mit dem insbesondere die obigen Nachteile vermieden werden. Weitere Aufgaben der Erfindung sind die Bereitstellung einer verbesserten Verankerungseinheit sowie eines Verfahrens zur Herstellung des Ankerelements.

[0010] Gelöst werden diese Aufgaben durch den im Anspruch 1 definierten Gewindestab, durch die im Anspruch 6 definierte Verankerungseinheit sowie durch das im Anspruch 8 definierte Herstellungsverfahren.

[0011] Gemäss einem ersten Aspekt der Erfindung wird ein Gewindestab zur Einbettung in zementhaltigen Bindemitteln bereitgestellt, wobei der Gewindestab aus einem ferritisch-martensitischen nichtrostenden Stahl mit einem Gewichtsanteil von

- bis zu 0.08 % Kohlenstoff (C),
- bis zu 1.5% Silizium (Si),
- 0.3 bis zu 1.5% Mangan (Mn),
- bis zu 0.05% Phosphor (P),
- bis zu 0.03% Schwefel (S),
- 10.5 bis 18% Chrom (Cr),
- bis zu 1.6% Nickel (Ni),
- bis zu 0.4% Molybdän (Mo),
- bis zu 0.04% Aluminium (Al),
- bis zu 0.2% Niob (Nb),
- bis zu 0.2% Titan (Ti),
- bis zu 0.04% Stickstoff (N),

der Rest Eisen sowie stahlübliche Verunreinigungen gebildet ist. Der Stahl weist einen nach der Formel $\%Cr + 6x\%Si + 8x\%Ti + 4x\%Mo + 2x\%Al - 2x\%Mn - 4x\%Ni - 40x\%(C+N)$ bestimmten Kaltenhauser Ferritfaktor (KFF) von höchstens 11.8 auf und der Gewindestab ist mit einer warm aufgewalzten Profilierung in Form eines durchgängigen Aussengewindes versehen, hat je nach Anwendungsbereich einen Aussendurchmesser von 14 bis 100 mm und weist folgende Eigenschaften auf:

- Dehngrenze ($R_{p0.2}$) von mindestens 670 MPa,
- Dehnung bei Höchstlast (A_{gt}) von mindestens 5%, und
- bezogene Rippenfläche (f_R) von mindestens 0.056.

[0012] Der erfindungsgemässe Gewindestab ist zur Einbettung in zementhaltigen Bindemitteln vorgesehen und geeignet. Für die Dimensionierung und Beschaffenheit von Baustahlelementen gibt es einzuhaltende Normen und Richtlinien wie insbesondere die Norm DIN 488, welche die zur Verwendung in Stahlbeton zugelassenen Betonstähle und die Dimensionierung der damit hergestellten Stahlelemente regelt.

[0013] Zur Herstellung des erfindungsgemässen Gewindestabs kann grundsätzlich ein nichtrostender Stahl aus einem vergleichsweise breiten Zusammensetzungsbereich verwendet werden mit der Massgabe, dass der Stahl einen nach der Formel

$$KFF = \%Cr + 6x\%Si + 8x\%Ti + 4x\%Mo + 2x\%Al - 2x\%Mn - 4x\%Ni - 40x\%(C+N)$$

bestimmten Ferritfaktor von mindestens 10.7 und höchstens 11.8 aufweist. In der obigen Formel beziehen sich die %-Angaben auf Gewichtsanteile und das Symbol "x" stellt die Multiplikation dar. Der besagte Ferritfaktor ist auch als Kaltenhauser Ferritfaktor (KFF) bekannt und wird zur Abschätzung von Gefügebestandteilen von (teil-)ferritischen nichtrostenden Stählen herangezogen (C. Siyasiya, G.T. van Rooyen and W.E. Stumpf, Metallurgical factors that affect the strand width during continuous casting of DIN 1.4003 stainless steel, The Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy 105 (2005), 473-481).

[0014] Dadurch, dass der erfindungsgemässe Gewindestab mit einer Profilierung in Form eines durchgängigen Aussengewindes versehen ist, kann letzteres einerseits zum Aufschrauben von bestimmungsgemäss vorgesehenen Gegenständen verwendet werden und dient gleichzeitig als haftungswirkende Rippung im gesamten Längenbereich. Dadurch, dass die Profilierung warm aufgewalzt ist, ergibt sich bei der Herstellung kein Materialabtrag und entsprechend auch keine unerwünschte Verminderung des effektiven Querschnitts im Gewindebereich. Die warm aufgewalzte Profilierung ist in der Art eines Grobgewindes dimensioniert, welches im Gegensatz zu einem geschnittenen Feingewinde nicht nur schraubbar, sondern auch robust gegenüber Beschädigungen und Verschmutzungen ist und darüber hinaus eine genügend grobe Zwischenraumstruktur zur Aufnahme des zementhaltigen Bindemittels bildet. Erfindungsgemäss weist das Aussengewinde eine bezogene Rippenfläche f_R gemäss DIN 488 von mindestens 0.056 auf. Die bezogene Rippenfläche ist die auf eine zur Stabachse rechtwinklig stehende Schnittfläche projizierte Rippenfläche, bezogen auf den Nennumfang und den mittleren Rippenabstand.

[0015] Die bezogene Rippenfläche f_R ist allgemein als Verhältnis zwischen der Rippenfläche und der Reibungsfläche zwischen zwei Rippen definiert. Für ein durchgängiges Aussengewinde kann folgende Arbeitsformel verwendet werden:

$$f_R = H/L$$

siehe z.B. Gert König, Nguyen Viet Tue, Grundlagen des Stahlbetonbaus: Einführung in die Bemessung nach DIN 1045-1, B.G. Teubner, Stuttgart, (2003) s. 44.

[0016] Ganz allgemein erweist sich der erfindungsgemässe Gewindestab als eine im Vergleich zum Stand der Technik kostengünstige Lösung, indem eine vergleichsweise günstige nichtrostende Legierung in einem vergleichsweise einfachen Herstellprozess verarbeitet wird. So wird das fertige Produkt direkt aus der Walzhitze produziert, wobei ein aufwändiger anschliessender Korrosionsschutz auf der Baustelle wegfällt.

[0017] Bisher war es offenbar nicht gelungen, die Nachteile der im Stand der Technik bekannten Produkte zu lösen, z.B. in Form eines verhältnismässig günstigen nichtrostenden ferritisch-martensitischen Gewindestabes mit durchgehendem schraubbarem Aussengewinde und mit einer höheren Festigkeit $R_{p0.2} \geq 670$ MPa in Kombination mit einer Dehnung bei Höchstlast A_{gt} von mindestens 5%, hergestellt direkt aus der Walzhitze.

[0018] Der erfindungsgemässe Gewindestab ermöglicht die Realisierung eines Kupplungssystems ohne Querschnittsverlust. Zur Erlangung vorgegebener mechanischer Eigenschaften ist somit insgesamt ein geringerer Aussendurchmesser als bei endständig eingeschnittenem Feingewinde erforderlich, was zu einer Gewichtsreduktion von bis zu 40% verhelfen kann. Ausserdem sind kleinere Bohrlochdurchmesser möglich, und zudem können Anker und Nägel aus erfindungsgemässen Gewindestäben schneller verbaut werden als bisher.

[0019] Dementsprechend betrifft ein weiterer Aspekt der Erfindung eine Verankerungseinheit für den Stahlbetonbau, umfassend einen erfindungsgemässen Gewindestab sowie mindestens ein Gegenstück aus einem kompatiblen nichtrostenden Stahl, wobei das Gegenstück ein auf das Aussengewinde schraubbares Innengewinde aufweist.

[0020] Ein anderer Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines erfindungsgemässen Gewindestabs, wobei man einen Stahl mit einem Gewichtsanteil von:

- bis zu 0.08 % Kohlenstoff (C),
- bis zu 1.5% Silizium (Si),
- 0.3 bis zu 1.5% Mangan (Mn),
- bis zu 0.05% Phosphor (P),
- bis zu 0.03% Schwefel (S),
- 10.5 bis 18% Chrom (Cr),
- 0.2 bis zu 1.6% Nickel (Ni),
- bis zu 0.4% Molybdän (Mo),
- bis zu 0.04% Aluminium (Al),
- bis zu 0.2% Niob (Nb),
- bis zu 0.2% Titan (Ti),
- bis zu 0.04% Stickstoff (N),

der Rest Eisen sowie stahlübliche Verunreinigungen, und einem Ferritfaktor von höchstens 11.8, einer Warmumformung

bei 800 bis 1'100°C unterzieht, wobei in der letzten Umformstufe der Warmumformung ein durchgängiges Aussengewinde aufgewalzt wird, und wobei anschliessend ein Abkühlen auf Raumtemperatur erfolgt. In Zuge der Warmumformung wird in einer Reihe von aufeinanderfolgenden Umformstufen eine Reduktion des Stabdurchmessers herbeigeführt. In der letzten Umformstufe, welche bei einer Endwalztemperatur von noch mindestens 800°C erfolgt, wird das durchgängige Aussengewinde aufgewalzt.

[0021] Wie bereits oben erläutert, kann durch die Auswahl gewisser Legierungsbestandteile ein gewünschter Ferritfaktor und somit das Gefüge resp. die mechanischen Eigenschaften eingestellt werden. Dies gilt insbesondere für die in der Kaltenhauser-Formel enthaltenen Elemente Chrom, Silizium, Titan, Molybdän, Aluminium, Mangan, Nickel, Kohlenstoff und Stickstoff. Der Chromgehalt ist überdies für die korrosionsresistente Eigenschaft der nichtrostenden Stähle bedeutsam.

[0022] Daneben sind für die Auswahl der Legierung die folgenden Kriterien massgeblich.

[0023] Kohlenstoff ist ein starker Austenit- und somit auch Martensitbildner. Durch die obere Begrenzung des Kohlenstoffs auf 0.08 Gew.-% wird gewährleistet, dass die Festigkeit nicht zu hoch und die Duktilität nicht zu tief wird. Höhere Kohlenstoffgehalte fördern ausserdem die Bildung von Karbiden, wodurch die Korrosionsbeständigkeit über eine Chromverarmung an den Korngrenzen nachteilig beeinflusst wird.

[0024] Silizium unterstützt die Ferritbildung und ist ein Mischkristallverfestiger. Sein Gehalt ist auf höchstens 1.5 Gew.-% begrenzt, um den Ferrit nicht allzu stark zu verfestigen und verspröden, und somit eine genügende Duktilität zu gewährleisten.

[0025] Durch den Mangangehalt, einem weiteren Austenitstabilisator, wird der Martensitgehalt und somit das Festigkeitsniveau des Stahls beeinflusst. Daher ist ein bestimmter Mindestgehalt an Mangan erforderlich, um ein genügend hohes Festigkeitsniveau einstellen zu können. Um allzu hohe Festigkeiten zu vermeiden und um eine genügende Duktilität zu gewährleisten, wird der Mangangehalt auf 1.5 Gew.-% begrenzt.

[0026] Phosphor ist ein Stahlschädling und schwächt das Gefüge. Aus diesem Grund wurde der Phosphorgehalt auf 0.05 Gew.-% begrenzt.

[0027] Schwefel ist ein Stahlschädling. Zu hohe Schwefelgehalte beeinflussen die Korrosionsbeständigkeit negativ. Aus diesem Grund wird der Schwefelgehalt auf 0.03 Gew.-% begrenzt.

[0028] Chrom ist das wichtigste Legierungselement und ursächlich für die Korrosionsbeständigkeit der nichtrostenden Stähle. Dieses Legierungselement führt bei einem Mindestbestandteil von 10.5 Gew.-% zur Ausbildung einer Passivschicht, die das darunterliegende Metall vor dem Angriff durch umgebende Medien schützt. Der Chromgehalt wird auf 18 Gew.-% begrenzt, um die Bildung von Sigma-Phase zu unterdrücken, welche insbesondere die Duktilität vermindert. Chrom ist ein Ferritbildner.

[0029] Nickel ist ein starker Austenitbildner und erweitert den Zustandsbereich des Austenits. Dadurch hat das Element einen Einfluss auf den Martensitanteil und beeinflusst somit auch die Festigkeit. Ein bestimmter Nickelgehalt ist erforderlich, damit eine genügend hohe Festigkeit erreicht werden kann. Um ein genügend duktiler Gefüge mit nicht zu hohem Martensitgehalt zu gewährleisten, wird der Nickelgehalt auf 1.5 Gew.-% begrenzt.

[0030] Molybdän ist ein Ferritbildner und ein Element, welches die Korrosionsbeständigkeit nichtrostender Stähle erhöht. Da Molybdän ein teures Legierungselement ist, wird der Gehalt auf 0.4 Gew.-% begrenzt.

[0031] Aluminium ist ebenfalls ein Ferritbildner. Aluminium kann bei tiefen Siliziumgehalten als Desoxidationsmittel dazugegeben werden.

[0032] Niob stabilisiert den Ferrit und bindet die starken Austenitbildner Kohlenstoff und Stickstoff, wodurch interkristalline Korrosion verhindert wird. Deshalb kann Niob bis zu einem Gehalt von max. 0.2 Gew.-% zugegeben werden.

[0033] Titan ist einerseits ein Ferritbildner. Andererseits kann Titan sowohl Kohlenstoff als auch Stickstoff abbinden und somit den Stahl unempfindlicher gegen interkristalline Korrosion machen. Der maximale Titangehalt wird auf 0.2 Gew.-% beschränkt.

[0034] Stickstoff erhöht die Stabilität von Austenit und beeinflusst somit die Höhe des Martensitanteils. Der Stickstoffgehalt auf 0.04 Gew.-% beschränkt, um eine genügende Duktilität des Stahls zu gewährleisten.

[0035] Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

[0036] Insbesondere zur Herstellung von vergleichsweise dünnen Gewindestäben wird vorteilhafterweise ein Warmwalzverfahren mit anschliessender Luftkühlung verwendet (Anspruch 9). Typischerweise wird dabei eine Kühlrate von 1 K/s bewirkt. Auf diese Weise lassen sich beispielsweise Gewindestäbe mit einem Aussendurchmesser bis zu 20 mm fertigen, wobei der Ferritfaktor auf höchstens 11.1 zu begrenzen ist (Anspruch 2). Für noch dünnere Gewindestäbe mit einem Aussendurchmesser bis zu 16 mm kann der Ferritfaktor auf bis zu 11.3 erhöht werden (Anspruch 3).

[0037] Zur Herstellung von vergleichsweise dicken Gewindestäben wird vorteilhafterweise ein Warmwalzverfahren verwendet, bei dem das Abkühlen in einem ersten Schritt durch Wasserkühlung auf eine Oberflächentemperatur von 350 bis 500°C mit einer anschliessenden Luftkühlung mit einer Abkühlrate von ungefähr 1 K/s bewirkt wird (Anspruch 10). Durch die anfängliche Wasserkühlung erhält der Gewindestab eine vergleichsweise harte Randschicht um einen vergleichsweise duktilen Kern (Anspruch 4). Insbesondere lassen sich damit Gewindestäbe mit einem Aussendurchmesser 20 bis 100 mm herstellen (Anspruch 5).

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0038] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen näher beschrieben, dabei zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Bodennagels der Schutzstufe 2 mit doppeltem Korrosionsschutz, im Längsschnitt;

Fig. 2 einen Gewindestab, im Längsschnitt;

Fig. 3 eine Darstellung der Dehngrenze ($R_{p0.2}$) als Funktion des Ferrit-faktors KFF für einen mittels Luftkühlung hergestellten Stabstahl mit Durchmesser 16 mm;

Fig. 4 eine Darstellung der Dehngrenze ($R_{p0.2}$) als Funktion des Ferrit-faktors KFF für einen mittels Wasser- und anschliessender Luftkühlung hergestellten Stabstahl mit Durchmesser 43 mm; und

Fig. 5 eine Darstellung der Dehnung bei Höchstlast (Agt) als Funktion der Festigkeit (Dehngrenze $R_{p0.2}$) für verschiedene Abmessungen und Ferritfaktoren; offene Symbole bedeuten Abkühlen durch Luftabkühlung nach der Warmumformung, volle Symbole bedeuten Abkühlen durch Wasser- und anschliessender Luftkühlung nach der Warmumformung.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0039] Ein erfindungsgemässer Gewindestab ist in der Fig. 2 schematisch dargestellt. Dieser weist insbesondere eine warm aufgewalzte Profilierung in Form eines durchgängigen Aussengewindes auf. Wesentliche Abmessungen des Gewindestabs sind dessen Aussendurchmesser D, die Gewindetiefe H und der Gewindeabstand L.

Beispiel 1

[0040] Ein Stahl mit der in untenstehender Tabelle angegebenen Zusammensetzung 1, die durch einen Ferritfaktor von 11.3 gekennzeichnet ist, wurde mit einer warm aufgewalzten Profilierung in Form eines durchgängigen Aussengewindes versehen und anschliessend an Luft abgekühlt. Für die vorgesehene Anwendung als Gewindestab ist das Aussengewinde derart ausgebildet, dass es eine bezogene Rippenfläche f_R von mindestens 0.056 aufweist. Die Dehngrenze ($R_{p0.2}$) und die Dehnung bei Höchstlast (Agt) sind ebenfalls aus der Tabelle ersichtlich.

Beispiel 2

[0041] Ein Stahl mit der in untenstehender Tabelle angegebenen Zusammensetzung 2, die durch einen Ferritfaktor von 11.5 gekennzeichnet ist, wurde mit einer warm aufgewalzten Profilierung in Form eines durchgängigen Aussengewindes versehen und anschliessend zunächst mit Wasser abgekühlt bis auf ca. 400°C gefolgt von Luftkühlung. Für die vorgesehene Anwendung als Gewindestab ist das Aussengewinde derart ausgebildet, dass es eine bezogene Rippenfläche f_R von mindestens 0.056 aufweist. Die Dehngrenze ($R_{p0.2}$) und die Dehnung bei Höchstlast (Agt) sind ebenfalls aus der Tabelle ersichtlich.

Bsp.	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Al	Ti	N
1	0.02	0.74	0.9	0.02	0.001	12.2	0.56	0.06	0.01	0.01	0.02
2	0.02	0.68	0.63	0.02	0.001	12.3	0.57	0.05	0.01	0.01	0.02
Bsp.	KFF	Ø	T _{Walz}	Abkühlung	Rp0.2	Agt					
1	11.3	16 mm	950-970°C	Luft	725 MPa	5.8%					
2	11.5	43 mm	880-910 °C	Wasser/ Luft	745 MPa	7.8%					
KFF: Kaltenhauser Ferritfaktor T _{Walz} : Endwalztemperatur											

Patentansprüche

1. Gewindestab zur Einbettung in zementhaltigen Bindemitteln, gebildet aus einem ferritisch-martensitischen nicht-rostenden Stahl mit einem Gewichtsanteil von

- bis zu 0.08 % Kohlenstoff (C),
- bis zu 1.5% Silizium (Si),
- 0.3 bis zu 1.5% Mangan (Mn),
- bis zu 0.05% Phosphor (P),
- bis zu 0.03% Schwefel (S),
- 10.5 bis 18% Chrom (Cr),
- 0.2 bis zu 1.6% Nickel (Ni),
- bis zu 0.4% Molybdän (Mo),
- bis zu 0.04% Aluminium (Al),
- bis zu 0.2% Niob (Nb),
- bis zu 0.2% Titan (Ti),
- bis zu 0.04% Stickstoff (N),

der Rest Eisen sowie stahlübliche Verunreinigungen, mit einem Aussendurchmesser von 14 bis 100 mm,

dadurch gekennzeichnet,

dass der Stahl einen nach der Formel $\%Cr + 6x\%Si + 8x\%Ti + 4x\%Mo + 2x\%Al - 2x\%Mn - 4x\%Ni - 40x\%(C+N)$ bestimmten Kaltenhauser Ferritfaktor (KFF) von höchstens 11.8 aufweist, und

dass der Gewindestab mit einer warm aufgewalzten Profilierung in Form eines durchgängigen Aussengewindes versehen ist und folgende Eigenschaften aufweist:

- Dehngrenze ($R_{p0.2}$) von mindestens 670 MPa,
- Dehnung bei Höchstlast (A_{gt}) von mindestens 5%, und
- bezogene Rippenfläche (f_R) von mindestens 0.056.

2. Gewindestab nach Anspruch 1, wobei der Aussendurchmesser bis zu 20 mm und der Ferritfaktor höchstens 11.1 beträgt.

3. Gewindestab nach Anspruch 1, wobei der Aussendurchmesser bis zu 16 mm und der Ferritfaktor höchstens 11.3 beträgt.

4. Gewindestab nach Anspruch 1, welcher einen vergleichsweise duktilen Kern und eine vergleichsweise harte Randschicht aufweist.

5. Gewindestab nach Anspruch 4, wobei der Aussendurchmesser 20 bis 100 mm beträgt.

6. Verankerungseinheit für den Stahlbetonbau, umfassend einen Gewindestab nach einem der vorangehenden Ansprüche sowie mindestens ein Gegenstück aus einem kompatiblen nichtrostenden Stahl, wobei das Gegenstück ein auf das Aussengewinde schraubbares Innengewinde aufweist.

7. Verankerungseinheit nach Anspruch 6, wobei das Gegenstück als Mutter oder als Muffenelement ausgestaltet ist.

8. Verfahren zur Herstellung eines Gewindestabs nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei man einen Stahl mit einem Gewichtsanteil von:

- bis zu 0.08 % Kohlenstoff (C),
- bis zu 1.5% Silizium (Si),
- 0.3 bis zu 1.5% Mangan (Mn),
- bis zu 0.05% Phosphor (P),
- bis zu 0.03% Schwefel (S),
- 10.5 bis 18% Chrom (Cr),
- 0.2 bis zu 1.6% Nickel (Ni),
- bis zu 0.4% Molybdän (Mo),
- bis zu 0.04% Aluminium (Al),

- bis zu 0.2% Niob (Nb),
- bis zu 0.2% Titan (Ti),
- bis zu 0.04% Stickstoff (N),

der Rest Eisen sowie stahlübliche Verunreinigungen, und einem Ferritfaktor von höchstens 11.8, einer Warmumformung bei 800 bis 1'100°C unterzieht, wobei in der letzten Umformstufe der Warmumformung ein durchgängiges Aussengewinde aufgewalzt wird, und wobei anschliessend ein Abkühlen auf Raumtemperatur erfolgt.

9. Verfahren nach Anspruch 8 zur Herstellung eines Gewindestabs nach Anspruch 2 oder 3, wobei das Abkühlen durch Luftkühlung mit einer Abkühlrate von ungefähr 1 K/s bewirkt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8 zur Herstellung eines Gewindestabs nach Anspruch 4 oder 5, wobei das Abkühlen in einem ersten Schritt durch Wasserkühlung auf eine Oberflächentemperatur von 350 bis 500°C mit einer anschliessenden Luftkühlung mit einer Abkühlrate von ungefähr 1 K/s bewirkt wird.

Claims

1. A threaded rod for embedding in cementitious binders, formed from a ferritic-martensitic stainless steel with a weight content of

- up to 0.08% carbon (C),
- up to 1.5% silicon (Si),
- 0.3 up to 1.5% manganese (Mn),
- up to 0.05% phosphorus (P),
- up to 0.03% sulfur (S),
- 10.5 up to 18% chromium (Cr),
- 0.2 up to 1.6% nickel (Ni),
- up to 0.4% molybdenum (Mo),
- up to 0.04% aluminum (Al),
- up to 0.2% niobium (Nb),
- up to 0.2% titanium (Ti),
- up to 0.04% nitrogen (N),

the residue being iron and impurities usually contained in steel, with an outer diameter of 14 to 100 mm, **characterized in that**

the steel has a Kaltenhauser ferrite factor (KFF), determined according to the formula $\%Cr + 6x\%Si + 8x\%Ti + 4x\%Mo + 2x\%Al - 2x\%Mn - 4x\%Ni - 40x\%(C+N)$, of not more than 11.8, and that

the threaded rod is provided with a hot-rolled profiling in the form of a continuous external thread and has the following properties:

- a yield strength ($R_{p0.2}$) of at least 670 MPa,
- an elongation at maximum load (Agt) of at least 5%, and
- a related rib area (f_R) of at least 0.056.

2. The threaded rod according to claim 1, wherein the outside diameter is up to 20 mm and the ferrite factor is at most 11.1.

3. The threaded rod according to claim 1, wherein the outer diameter is up to 16 mm and the ferrite factor is at most 11.3.

4. The threaded rod according to claim 1, which has a comparatively ductile core and a comparatively hard surface layer.

5. The threaded rod according to claim 4, wherein the outer diameter is 20 to 100 mm.

6. An anchoring unit for reinforced concrete construction, comprising a threaded rod according to one of the preceding claims and at least one counterpart made of a compatible stainless steel, wherein the counterpart has an internal thread which is screwable onto the external thread.

7. The anchoring unit according to claim 6, wherein the counterpart is configured as a nut or as a sleeve element.
8. A method for producing a threaded rod according to any one of claims 1 to 5, wherein a steel is used having a weight content of:

- up to 0.08% carbon (C),
- up to 1.5% silicon (Si),
- 0.3 up to 1.5% manganese (Mn),
- up to 0.05% phosphorus (P),
- up to 0.03% sulfur (S),
- 10.5 up to 18% chromium (Cr),
- 0.2 up to 1.6% nickel (Ni),
- up to 0.4% molybdenum (Mo),
- up to 0.04% aluminum (Al),
- up to 0.2% niobium (Nb),
- up to 0.2% titanium (Ti),
- up to 0.04% nitrogen (N),

the residue being iron and impurities usually contained in steel, and a ferrite factor of not more than 11.8, is subjected to hot forming at 800 to 1'100°C, wherein a continuous external thread is rolled onto in the final forming stage of the hot forming process, and wherein a subsequent cooling to room temperature is carried out.

9. The method according to claim 8 for producing a threaded rod according to claim 2 or 3, wherein the cooling is affected by air cooling with a cooling rate of about 1 K/s.
10. The method according to claim 8 for producing a threaded rod according to claim 4 or 5, wherein the cooling is effected in a first step by water-cooling to a surface temperature of 350 to 500°C followed by air-cooling at a cooling rate of about 1 K/s.

Revendications

1. Tige filetée pour être intégrée dans un liant contenant du ciment, en un acier inoxydable ferritique-martensitique, ayant les teneurs pondérales suivantes :

- jusqu'à 0,08% de carbone (C),
- jusqu'à 1,5% de silicium (Si),
- de 0,3 à 1,5% de manganèse (Mn),
- jusqu'à 0,05% de phosphore (P),
- jusqu'à 0,03% de soufre (S),
- 10,5 à 18% de chrome (Cr),
- 0,2 à 1,6% en nickel (Ni),
- jusqu'à 0,4% de molybdène (Mo),
- jusqu'à 0,04% d'aluminium (Al),
- jusqu'à 0,2% de niobium (Nb),
- jusqu'à 0,2% de titane (Ti),
- jusqu'à 0,04% d'azote (N),

le reste étant du fer ainsi que les impuretés habituelles de l'acier, avec un diamètre extérieur de 14 à 100 mm, tige filetée **caractérisée en ce que**

- l'acier a un coefficient de ferrite de Kaltenhauser (KFF) d'au plus 11,8 selon la formule :

$$\%Cr + 6x\%Si + 8x\%Ti + 4x\%Mo + 2x\%Al - 2x\%Mn - 4x\%Ni - 40x\%(C+N),$$

et

EP 3 640 430 B1

- la tige filetée a un profil laminé à chaud sous la forme d'un filet extérieur continu et ayant les propriétés suivantes :

- limite d'allongement ($R_{p0,2}$) d'au moins 670 MPa,
- allongement d'au moins 5% sous une charge maximale (Agt), et
- surface de nervure, rapportée (f_R), d'au moins 0,056.

2. Tige filetée selon la revendication 1,
dont
le diamètre extérieur va jusqu'à 20 mm et le coefficient de ferrite est au moins égal à 11,1.

3. Tige filetée selon la revendication 1,
dont le diamètre extérieur va jusqu'à 16 mm et le coefficient de ferrite est au maximum égal à 11,3.

4. Tige filetée selon la revendication 1,
qui a au moins un cœur relativement ductile et une couche marginale relativement dure.

5. Tige filetée selon la revendication 4,
dont le diamètre extérieur est compris entre 20 et 100 mm.

6. Unité d'ancrage pour la construction en béton armé comprenant une tige filetée selon l'une des revendications précédentes, avec au moins une contre pièce en un acier inoxydable compatible, la contre pièce ayant un filetage intérieur se vissant sur le filetage extérieur.

7. Unité d'ancrage selon la revendication 6,
dont la contrepièce est réalisée sous la forme d'un écrou ou d'un élément de manchon.

8. Procédé de réalisation d'une tige filetée selon l'une des revendications 1 à 5,
selon lequel
on applique à un acier ayant des teneurs pondérales suivantes :

- jusqu'à 0,08% de carbone (C),
- jusqu'à 1,5% de silicium (Si),
- de 0,3 à 1,5% de manganèse (Mn),
- jusqu'à 0,05% de phosphore (P),
- jusqu'à 0,03% de soufre (S),
- 10,5 à 18% de chrome (Cr),
- 0,2 à 1,6% en nickel (Ni),
- jusqu'à 0,4% de molybdène (Mo),
- jusqu'à 0,04% d'aluminium (Al),
- jusqu'à 0,2% de niobium (Nb),
- jusqu'à 0,2% de titane (Ti),
- jusqu'à 0,04% d'azote (N),

le reste étant du fer ainsi que les impuretés habituelles de l'acier, et un coefficient de ferrite d'au plus 11,8,
on soumet à une déformation à chaud à une température comprise entre 800 et 1100°C, et dans la dernière étape de la transformation à chaud, on lamine un filet extérieur continu et ensuite on refroidit à la température ambiante.

9. Procédé selon la revendication 8, pour la réalisation d'une tige filetée selon la revendication 2 ou 3,
selon lequel
le refroidissement se fait par refroidissement à l'air à une vitesse de refroidissement d'environ 1 K/s.

10. Procédé selon la revendication 8 pour réaliser une tige filetée selon la revendication 4 ou 5,
le refroidissement se faisant dans une première étape par un refroidissement à l'eau à une température de surface comprise entre 350 et 500°C suivie d'un refroidissement à l'air à une vitesse de refroidissement d'environ 1K/s.

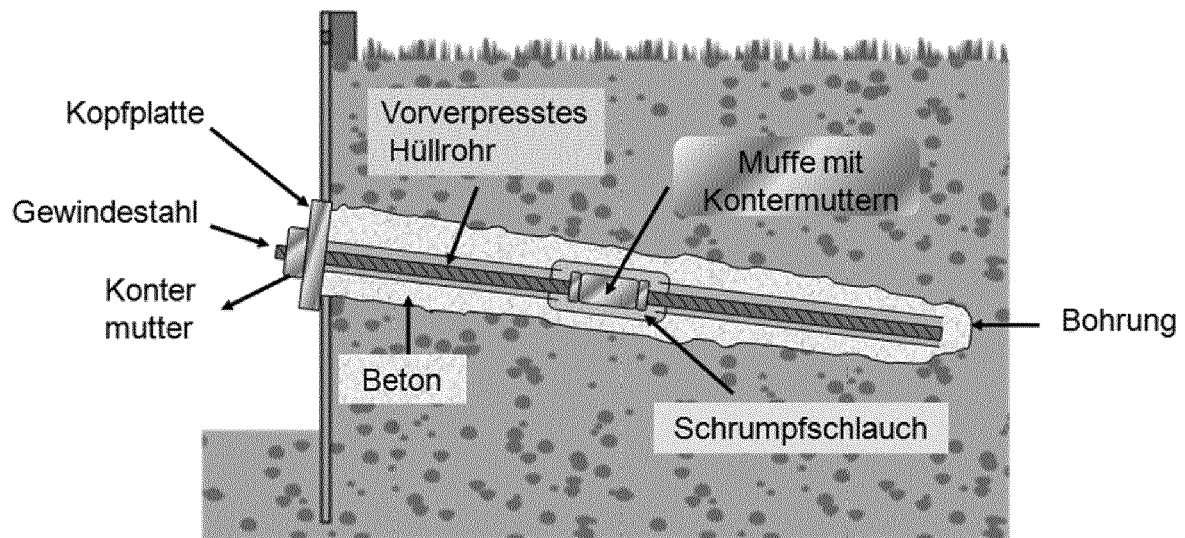


Fig. 1

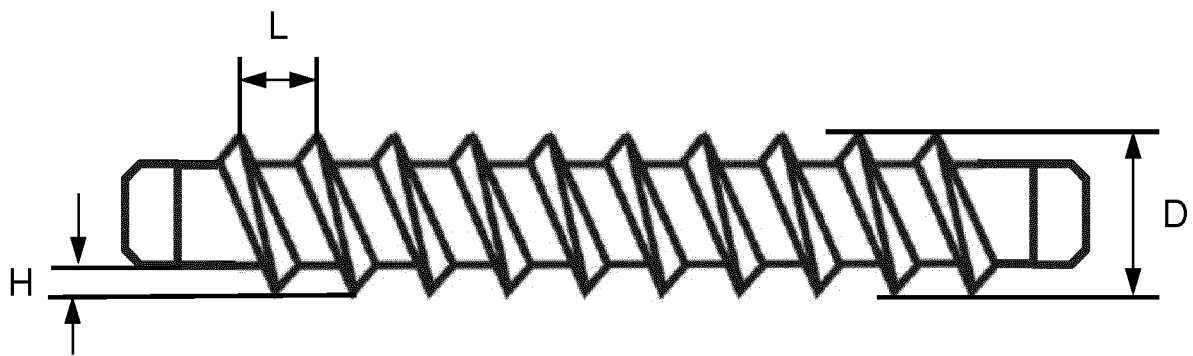


Fig. 2

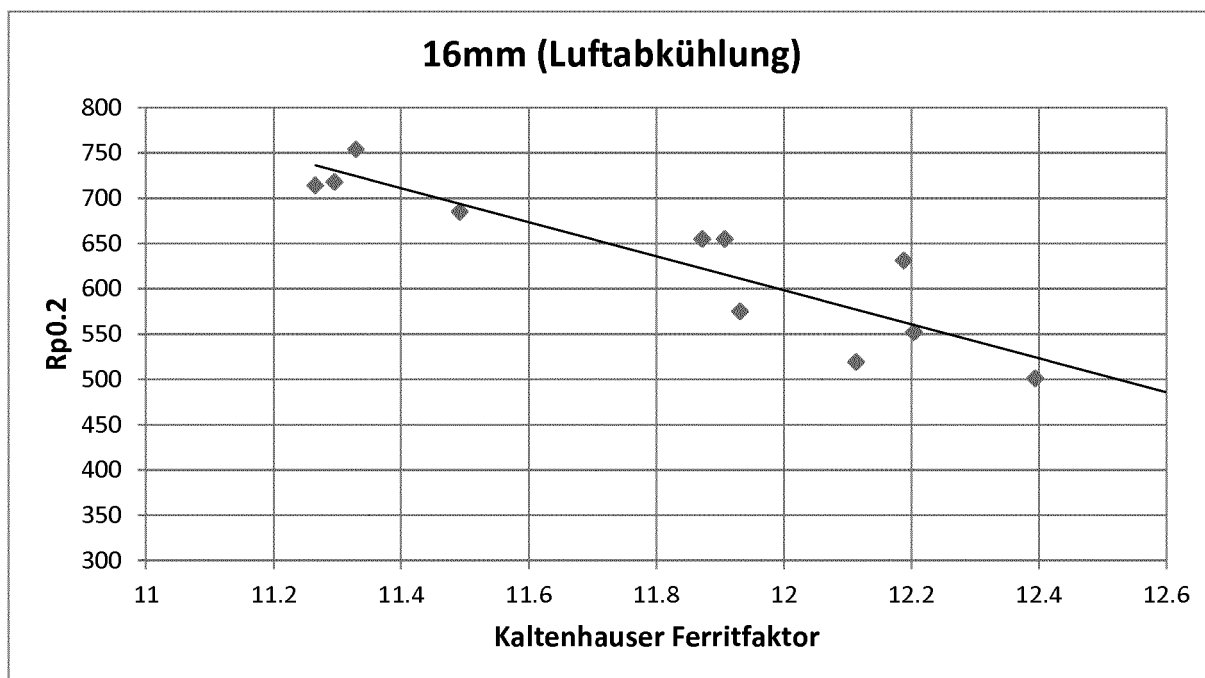


Fig. 3

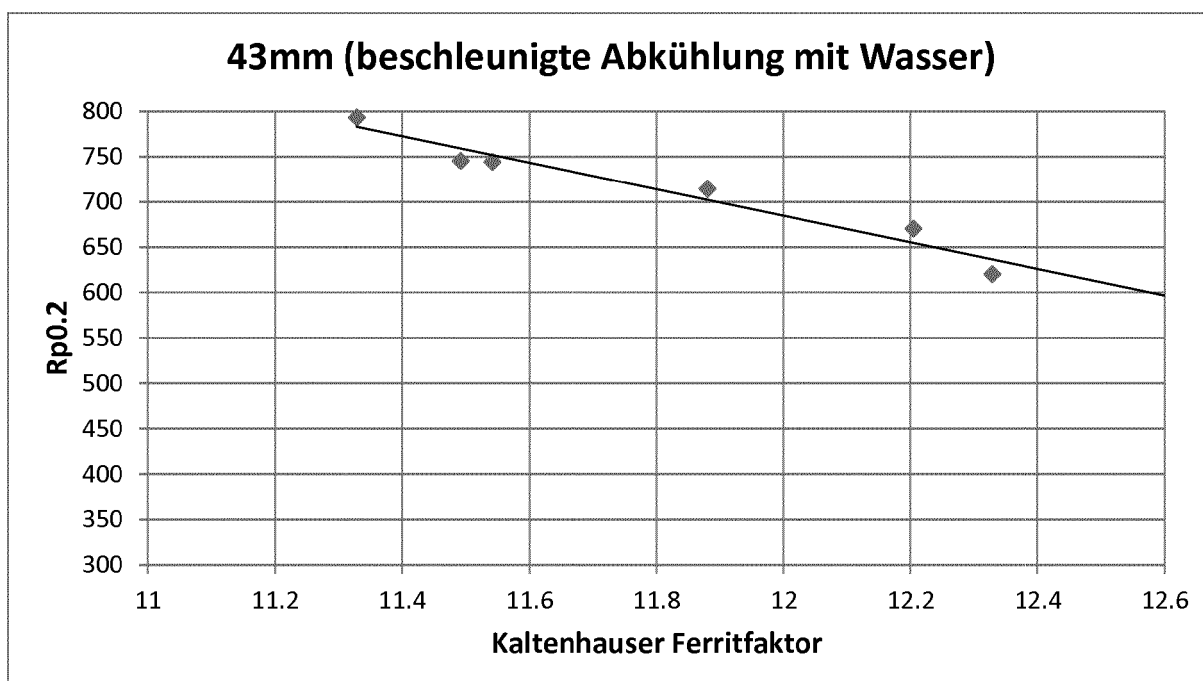


Fig. 4

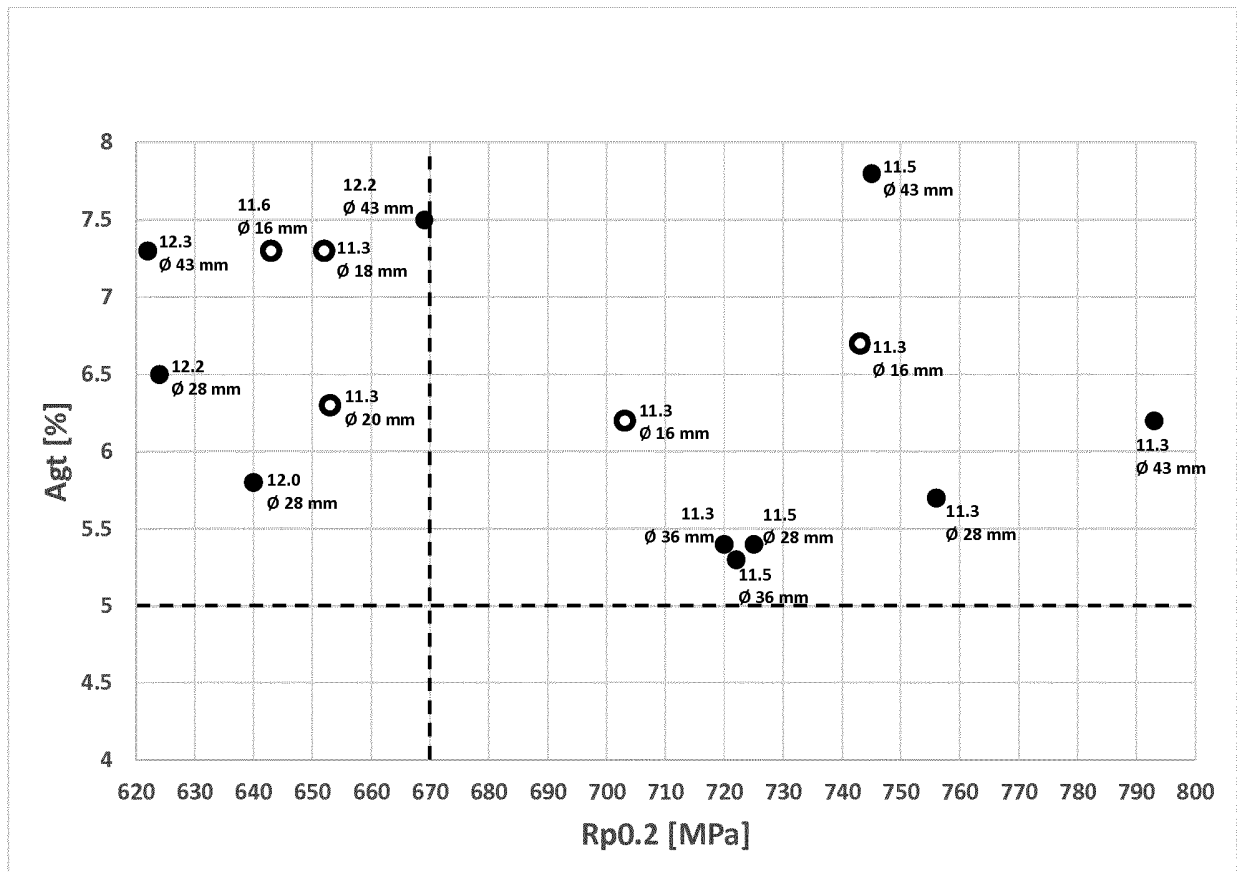


Fig. 5

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 9931283 A [0007]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- *The Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy*, 2005, vol. 105, 473-481 [0013]
- **GERT KÖNIG ; NGUYEN VIET TUE.** Grundlagen des Stahlbetonbaus: Einführung in die Bemessung nach DIN 1045-1. B.G. Teubner, 2003, 44 [0015]