

(19)



(11)

**EP 3 640 430 A1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**22.04.2020 Patentblatt 2020/17**

(51) Int Cl.:  
**E21D 20/02<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **18200634.6**

(22) Anmeldetag: **16.10.2018**

(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**  
 Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
 Benannte Validierungsstaaten:  
**KH MA MD TN**

(71) Anmelder: **Swiss Steel AG**  
**6020 Emmenbrücke (CH)**

(72) Erfinder: **Haupt-Peter, Heiko**  
**6020 Emmenbrücke (CH)**

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

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

(57) Ein Gewindestab zur Einbettung in zementhaltigen Bindemitteln ist 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. 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. 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 (Agt) von mindestens 5%, und
  - bezogene Rippenfläche ( $f_R$ ) von mindestens 0.056.

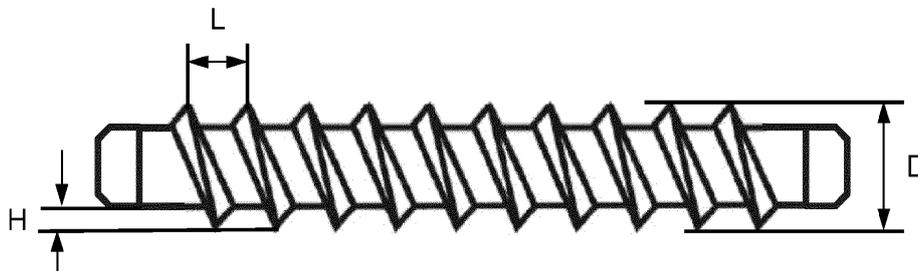


Fig. 2

**EP 3 640 430 A1**

**Beschreibung**Technisches Gebiet

5 **[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

10 **[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.

15 **[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.

20 **[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.

25 **[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.

35 **[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 Zementmörtelummhüllung verzichtet werden kann. Der grosse Nachteil dieser Lösung stellt aber das endständige, durch Zerspannung 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.

40 **[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),
- 50 • 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,
- 55 • der Rest Eisen sowie stahlübliche Verunreinigungen,

aus der Endwalztemperatur im Temperaturgebiet  $\gamma$  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 aufgeföhrt 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 Rp0.2 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 ≥ 19.5 Gew.-%, Mo ≥ 0.10 Gew.-%, Ni ≥ 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

**[0012]** 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 (Agt) von mindestens 5%, und
- bezogene Rippenfläche ( $f_R$ ) von mindestens 0.056.

**[0013]** 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.

**[0014]** 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).

**[0015]** 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.

**[0016]** 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.

**[0017]** 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.

**[0018]** 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 Aussenwinde 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.

**[0019]** 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.

**[0020]** 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.

**[0021]** 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.

**[0022]** 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.

**[0023]** Daneben sind für die Auswahl der Legierung die folgenden Kriterien massgeblich.

**[0024]** 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.

**[0025]** 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.

**[0026]** 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.

**[0027]** Phosphor ist ein Stahlschädling und schwächt das Gefüge. Aus diesem Grund wurde der Phosphorgehalt auf 0.05 Gew.-% begrenzt.

**[0028]** Schwefel ist ein Stahlschädling. Zu hohe Schwefelgehalte beeinflussen die Korrosionsbeständigkeit negativ. Aus diesem Grund wird der Schwefelgehalt auf 0.03 Gew.-% begrenzt.

**[0029]** 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.

**[0030]** 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.

**[0031]** 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.

**[0032]** Aluminium ist ebenfalls ein Ferritbildner. Aluminium kann bei tiefen Siliziumgehalten als Desoxidationsmittel dazugegeben werden.

**[0033]** 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.

**[0034]** 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.

**[0035]** 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.

**[0036]** Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

**[0037]** 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).

**[0038]** 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

[0039] 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 Ferritfaktors KFF für einen mittels Luftkühlung hergestellten Stabstahl mit Durchmesser 16 mm;

Fig. 4 eine Darstellung der Dehngrenze ( $R_{p0.2}$ ) als Funktion des Ferritfaktors 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

[0040] 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

[0041] 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

[0042] 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 <sub>walz</sub> | 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<sub>walz</sub>: Endwalztemperatur

Patentansprüche

1. Gewindestab zur Einbettung in zementhaltigen Bindemitteln, gebildet 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),
- 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),

## EP 3 640 430 A1

• 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.

- 5
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
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.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

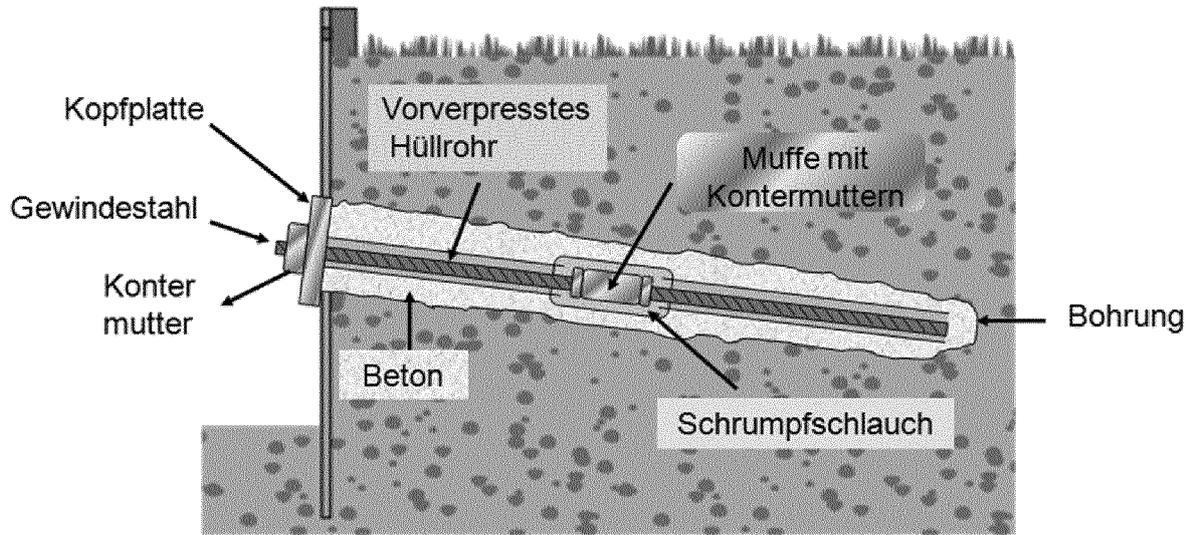


Fig. 1

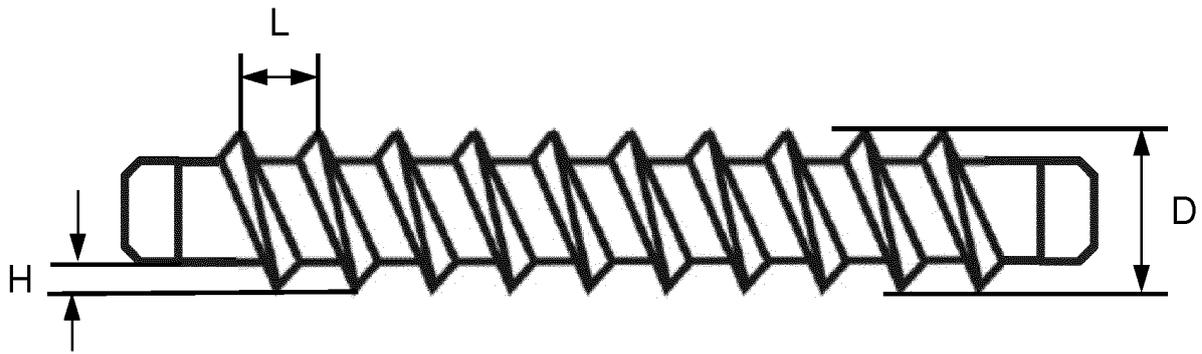


Fig. 2

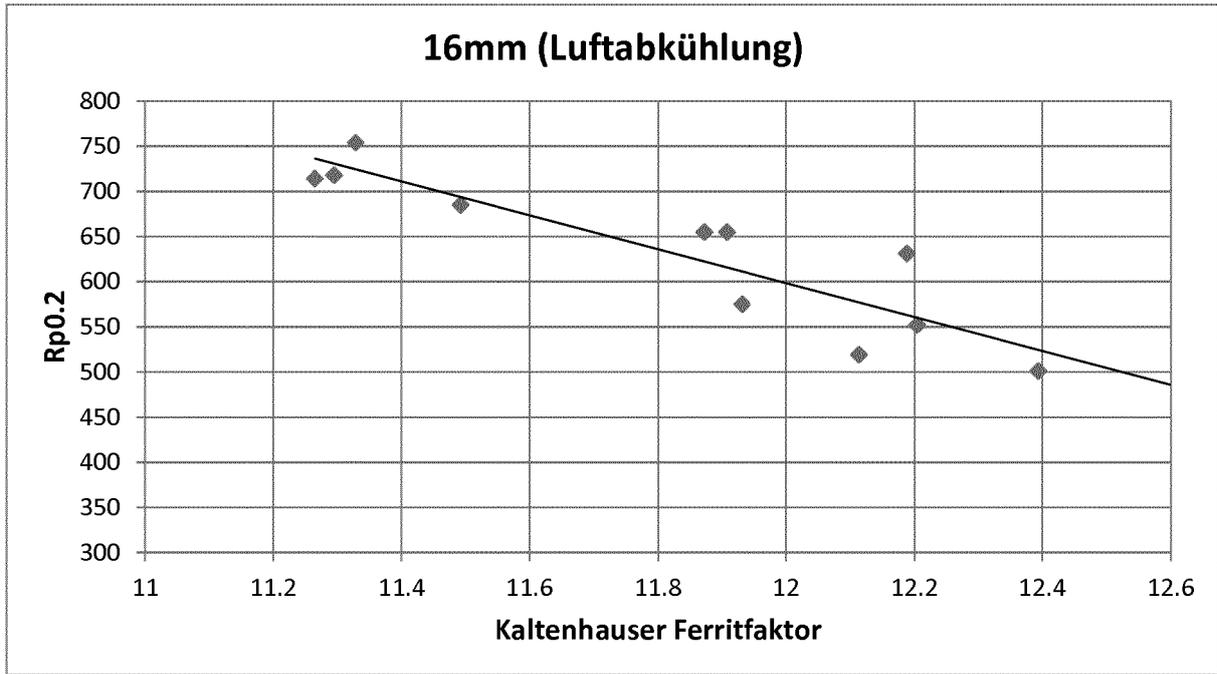


Fig. 3

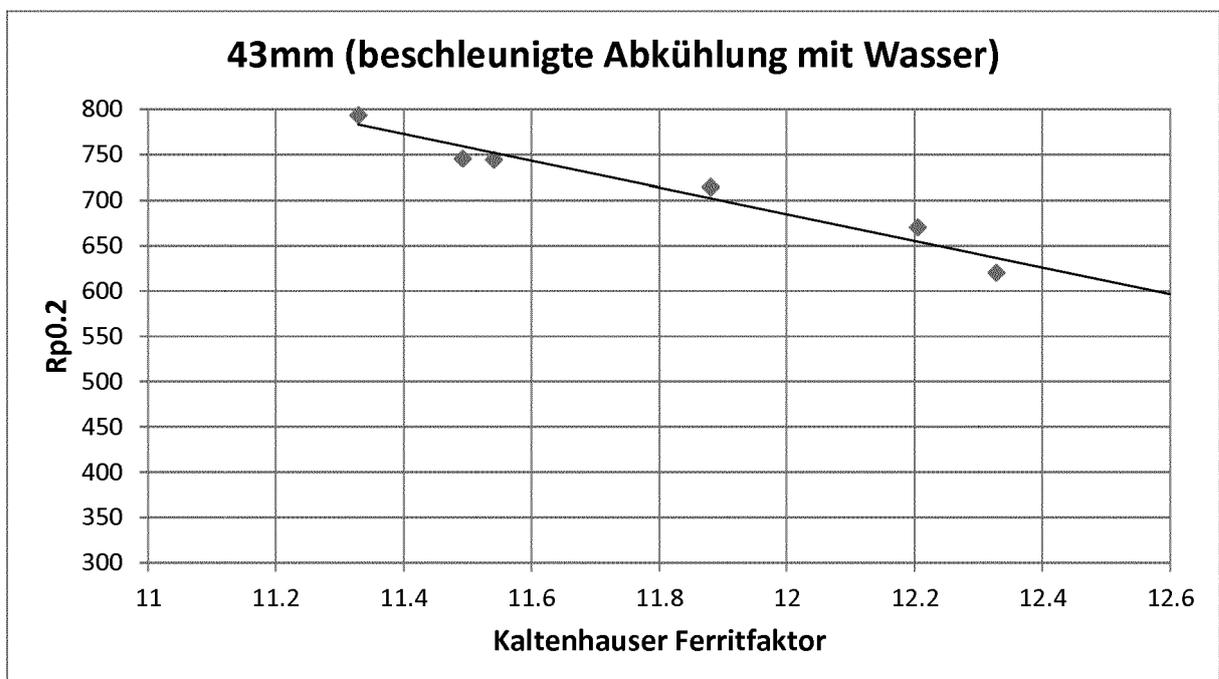


Fig. 4

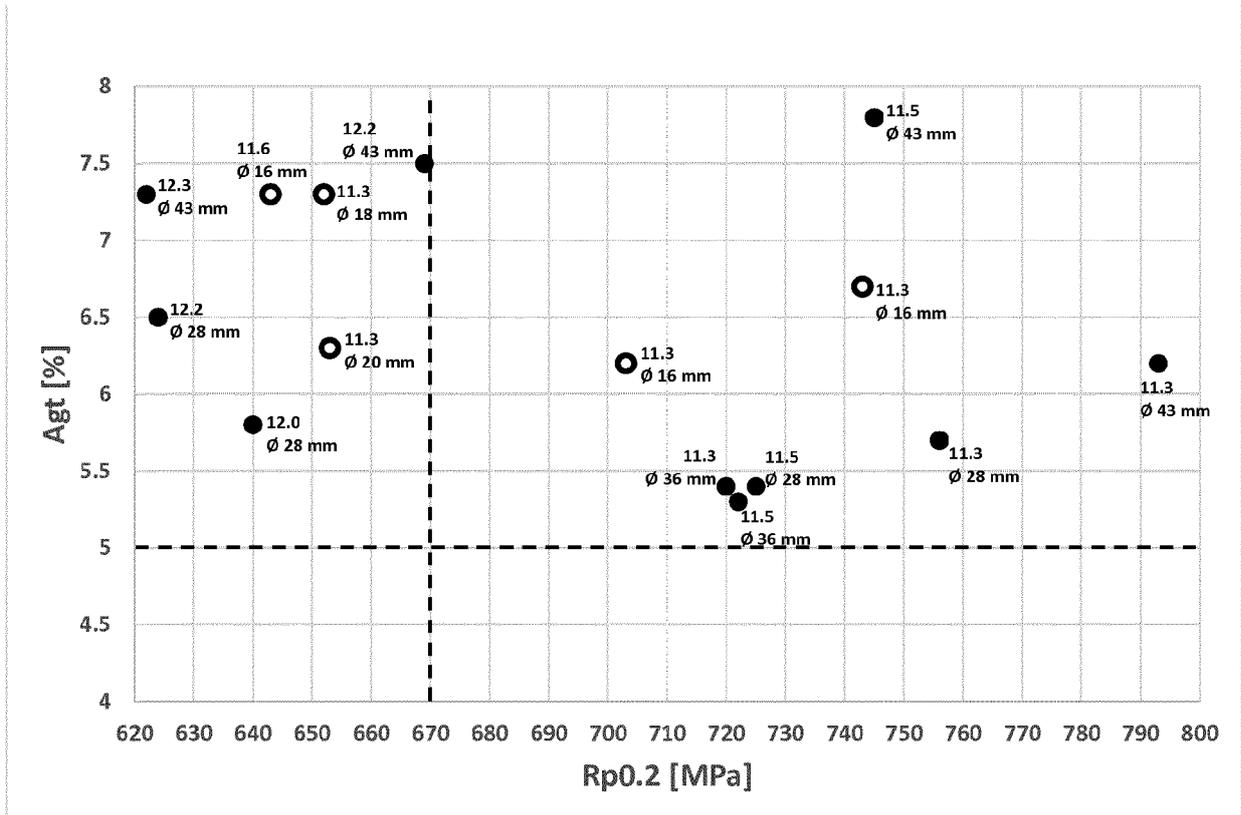


Fig. 5



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 18 20 0634

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE  |  |  |                                    |
|---|--|--|------------------------------------|
| Kategorie   | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile  | Betrifft Anspruch  | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC) |
| A   | GB 2 521 943 A (SYMPAFIX BV [NL])<br>8. Juli 2015 (2015-07-08)<br>* Seite 3, Zeile 11 - Zeile 14 *   | 1-10   | INV.<br>E21D20/02                  |
| A   | WO 2010/066009 A1 (ANDRECO HURLL<br>REFRACTORY SERVI [AU]; LEBAUT NICK [AU];<br>XU NAN [AU]) 17. Juni 2010 (2010-06-17)<br>* Seite 2, Zeile 4 - Zeile 20 * | 1-10   |                                    |
| A   | CN 202 672 550 U (SHANGHAI SYNICA<br>ENVIRONMENTAL PROT ENERGY SAVING MATERIAL<br>CO LTD) 16. Januar 2013 (2013-01-16)<br>* Anspruch 1 *                   | 1-10   |                                    |
| A   | GB 2 335 671 A (PARRY ROBERT NICHOLAS<br>[GB]) 29. September 1999 (1999-09-29)<br>* Seite 5; Ansprüche 3,10; Abbildungen 1,3<br>*                          | 1-10   |                                    |
|   |  |  | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)    |
|   |  |  | E21D<br>C22C                       |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt   |  |  |                                    |
| Recherchenort<br><b>München</b>   |  | Abschlußdatum der Recherche<br><b>16. April 2019</b>   | Prüfer<br><b>Badcock, Gordon</b>   |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE<br>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : nichtschriftliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur |  | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                    |

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 18 20 0634

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

16-04-2019

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| GB 2521943 A                                       | 08-07-2015                    | KEINE                             |                               |
| -----  | -----                         | -----                             | -----                         |
| WO 2010066009 A1                                   | 17-06-2010                    | AU 2009326866 A1                  | 17-06-2010                    |
|  |                               | CA 2746646 A1                     | 17-06-2010                    |
|  |                               | CN 102245989 A                    | 16-11-2011                    |
|  |                               | EP 2376856 A1                     | 19-10-2011                    |
|  |                               | JP 2012511626 A                   | 24-05-2012                    |
|  |                               | KR 20110096544 A                  | 30-08-2011                    |
|  |                               | MA 33021 B1                       | 01-02-2012                    |
|  |                               | RU 2011123960 A                   | 20-01-2013                    |
|  |                               | US 2011293365 A1                  | 01-12-2011                    |
|  |                               | WO 2010066009 A1                  | 17-06-2010                    |
|  |                               | ZA 201103600 B                    | 25-01-2012                    |
| -----  | -----                         | -----                             | -----                         |
| CN 202672550 U                                     | 16-01-2013                    | KEINE                             |                               |
| -----  | -----                         | -----                             | -----                         |
| GB 2335671 A                                       | 29-09-1999                    | KEINE                             |                               |
| -----  | -----                         | -----                             | -----                         |

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**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**

- **C. SIYASIYA ; G.T. VAN ROOYEN ; 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*, 2005, vol. 105, 473-481 [0014]
- **B.G. TEUBNER.** *Bemessung nach DIN 1045-1*, 2003, 44 [0016]