



(11) **EP 2 543 744 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**09.01.2013 Patentblatt 2013/02**

(51) Int Cl.:  
**C21D 1/32 (2006.01) C21D 8/02 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **12401136.2**

(22) Anmeldetag: **02.07.2012**

(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**

(30) Priorität: **08.07.2011 DE 102011051682**

(71) Anmelder: **Aicher, Max**  
**83395 Freilassing (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Der Erfinder hat auf seine Nennung verzichtet.**

(74) Vertreter: **Mischung, Ralf**  
**Patentanwälte Eder & Schieschke**  
**Elisabethstrasse 34**  
**80796 München (DE)**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Behandeln eines Stahlprodukts sowie Stahlprodukt**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zum Behandeln eines Stahlprodukts, insbesondere eines Walzprodukts, nach einem Warmumformprozess, insbesondere zur Verbesserung der Streckgrenze und der Zugfestigkeit. Um zu erreichen, dass bei dem Stahlprodukt insbesondere eine verbesserte Streckgrenze und eine verbesserte Zugfestigkeit

realisiert werden kann, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass nach der Warmumformung das Stahlprodukt mit hoher Abkühlgeschwindigkeit, insbesondere mittels Wasserkühlung, abgekühlt wird, und dass nach der Abkühlung das Stahlprodukt einer Wärmebehandlung "Glühen auf kugelige Karbide" unterzogen wird.

**EP 2 543 744 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft zunächst ein Verfahren zum Behandeln eines Stahlprodukts gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 1. Weiterhin betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zum Behandeln eines Stahlprodukts gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 12. Schließlich betrifft die Erfindung auch ein Stahlprodukt.

**[0002]** Es ist bereits bekannt, dass ein Stahlprodukt, beispielsweise ein Knüppel für ein Fertigerzeugnis Stabstahl erwärmt, anschließend entzundert und dann in einer Walzstraße auf den geforderten Enddurchmesser gewalzt wird. Im Anschluss erfolgt die Abkühlung des noch etwa 900 bis 1000 °C heißen Walzgutes am Rechenkühlbett. Während der Abkühlung am Rechenkühlbett wandelt das austenitische Walzgut sukzessive in ein kubisch raumzentriertes Gefüge um. Dabei scheiden sich entsprechend dem thermodynamischen Gleichgewicht zuerst Ferrit und bei weiterer Abkühlung Ferrit und Karbide in Form von Perlit als Gleichgewichtsphasen aus (mitunter werden die Karbide ( $M_3C$ ) auch als Zementit bezeichnet). Am Ende der Abkühlung liegt im Stabstahl ein homogenes perlitisch-ferritisches Gefüge vor, sofern es sich nicht um lufthärtende Stähle handelt.

**[0003]** Eine nachfolgende Wärmebehandlung bewirkt, dass sich die Zementitlamellen des Perlits als kugelige Karbide einformen. Nach der Glühbehandlung besteht das Gefüge aus Ferrit, kugelig eingeformtem Zementit (Eisen-Karbid) sowie einem Anteil an nicht eingeformten Zementitlamellen. Das Material besitzt entsprechend dem eingestellten Gefüge eine hohe Duktilität, was sich in hohen Bruchdehnungs- und Brucheinschnürungswerten widerspiegelt. Die Zugfestigkeit ist auf Grund des hohen Ferritgehaltes entsprechend niedrig.

**[0004]** Das über diese bekannte Prozessroute erzeugte Gefüge besitzt zwar eine sehr gute Kaltumformbarkeit. Allerdings sind die Streckgrenze sowie die Zugfestigkeit gering.

**[0005]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht deshalb darin, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art derart zu verbessern, dass bei dem Stahlprodukt insbesondere eine im Vergleich zum Stand der Technik verbesserte Streckgrenze und eine verbesserte Zugfestigkeit realisiert werden kann. Weiterhin soll ein entsprechend verbessertes Stahlprodukt bereitgestellt werden.

**[0006]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch das Verfahren mit den Merkmalen gemäß dem unabhängigen Patentanspruch 1, die Vorrichtung mit den Merkmalen gemäß dem unabhängigen Patentanspruch 12 sowie das Stahlprodukt mit den Merkmalen gemäß dem unabhängigen Patentanspruch 14. Weitere Merkmale und Details der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung sowie dem Beispiel. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammen-

hang mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung und dem erfindungsgemäßen Stahlprodukt, und jeweils umgekehrt, so dass Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit einem der Erfindungsaspekte beschrieben sind, vollumfänglich stets auch als im Zusammenhang mit den anderen Erfindungsaspekten offenbart gelten.

**[0007]** Der Grundgedanke der vorliegenden Erfindung besteht insbesondere darin, dass heißes Walzgut - die Temperatur wird bevorzugt so gewählt, dass das Walzgutgefüge austenitisch ist - einer schnellen Abkühlung und einer sich daran anschließenden besonderen Wärmebehandlung, dem "Glühen auf kugelige Karbide" unterzogen wird. Insbesondere sind die Streckgrenze und die Zugfestigkeit des entstehenden Stahlprodukts höher als jene, welche über die bekannte Prozessroute erzielbar sind.

**[0008]** Gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Behandeln eines Stahlprodukts, insbesondere eines Walzprodukts, nach einem Warmumformprozess, insbesondere zur Verbesserung der Streckgrenze und der Zugfestigkeit, bereitgestellt, das durch folgende Schritte gekennzeichnet ist:

- Nach der Warmumformung wird das Stahlprodukt mit hoher Abkühlgeschwindigkeit, insbesondere mittels Wasserkühlung, abgekühlt;
- Nach der Abkühlung wird das Stahlprodukt einer Wärmebehandlung "Glühen auf kugelige Karbide" unterzogen

**[0009]** Gemäß der vorliegenden Erfindung wird ein Stahlprodukt behandelt, wobei die Erfindung grundsätzlich nicht auf bestimmte Typen oder Sorten von Stahlprodukten beschränkt ist. Vorzugsweise kann es sich bei dem Stahlprodukt um ein solches handeln, welches mittels eines Warmumformprozesses umgeformt worden ist. Beispielsweise kann das Stahlprodukt als Walzprodukt ausgebildet sein, welches mittels eines Walzprozesses hergestellt worden ist.

**[0010]** Das Stahlprodukt wird zunächst mittels eines Warmumformverfahrens, beispielsweise eines Walzverfahrens, hergestellt. Anschließend wird das Stahlprodukt mit dem erfindungsgemäßen Verfahren behandelt. Ein Herstellungsverfahren beinhaltet insbesondere die Prozessabschnitte Umformung und Behandlung des Stahlprodukts. In diesem Fall stellt das erfindungsgemäße Behandlungsverfahren einen Aspekt des Herstellungsverfahrens eines Stahlprodukts dar.

**[0011]** Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass es sich bei dem Stahlprodukt um ein Fertigerzeugnis Stabstahl handelt. Das hierfür verwendete Ausgangs- oder Vormaterial, beispielsweise "Knüppel", kann beispielsweise im Hubbalkenofen, ausgehend von Raumtemperatur im Bereich von -20 bis +30 °C, über 2 Stunden auf Ofenentnahme- beziehungsweise Ziehtemperatur von 1120 bis 1170 °C erwärmt werden. Das Gussgefüge des Knüppels wandelt während dieses Prozessschrittes ho-

mogen von kubisch raumzentriert bei Raumtemperatur in kubisch flächenzentriert, ein austenitisches Gefüge, bei Ziehtemperatur um.

**[0012]** Nach Erreichen der Ziehtemperatur wird der Knüppel aus dem Erwärmungsaggregat, beispielsweise aus einem Hubbalkenofen, ausgetragen beziehungsweise ausgestoßen. Der an der Knüppeloberfläche anhaftende Zunder, beispielsweise Eisenoxid, kann mittels einer Hochdruckentzunderung vom Knüppel entfernt werden. Es folgt die Umformung von der Ausgangsabmessung Knüppel auf den geforderten Enddurchmesser des Stabstahls in einer Walzstraße.

**[0013]** Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass nach der erfolgten Warmumformung das Stahlprodukt mit hoher Abkühlgeschwindigkeit, insbesondere mittels Wasserkühlung, abgekühlt wird.

**[0014]** Grundsätzlich ist die Erfindung nicht auf bestimmte Arten oder Verfahren der Abkühlung beschränkt. Wichtig ist lediglich, dass im Anschluss an die Umformung eine Intensivkühlung des Stahlprodukts, beispielsweise des Walzguts, erfolgt. Das kann bevorzugt dadurch realisiert werden, dass die Abkühlung mittels Wasserkühlung erfolgt.

**[0015]** Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Abkühlung mit hoher Abkühlgeschwindigkeit erfolgt. Eine hohe Abkühlgeschwindigkeit bedeutet dabei insbesondere, dass die Abkühlgeschwindigkeit höher ist als die Abkühlgeschwindigkeit einer Abkühlung an Luft, einer so genannten Luftabkühlung. Eine solche Luftabkühlung kann beispielsweise auf einem Rechenkühlbett erfolgen.

**[0016]** Die Abkühlung mit hoher Abkühlgeschwindigkeit kann insbesondere durch die Prozessrandbedingungen, wie beispielsweise Walzgeschwindigkeit und/oder Wassertemperatur und/oder Kühlstreckenlänge und/oder Anzahl der verwendeten Kühldüsen und/oder Kühlwassermenge und/oder Kühlwasserdruck beeinflusst werden. Bevorzugt kann das Stahlprodukt unter die A1-Linie abgekühlt werden, beispielsweise auf 350 bis 550 °C oder etwa 350 bis 550 °C abgekühlt werden.

**[0017]** Bevorzugte, jedoch nicht ausschließliche Beispiele zu der Abkühlung mit hoher Abkühlgeschwindigkeit werden im weiteren Verlauf der Beschreibung näher erläutert.

**[0018]** Nach der erfolgten Abkühlung wird das Stahlprodukt einem weiteren Prozess unterzogen. Hierbei handelt es sich um eine Wärmebehandlung "Glühen auf kugelige Karbide". Das "Glühen auf kugelige Karbide" ist grundsätzlich bekannt und dem Fachmann geläufig. Es wird auch als "GKZ-Glühen" bezeichnet. Eine solche Wärmebehandlung kann beispielsweise in einem Wärmebehandlungssofen erfolgen.

**[0019]** Durch das GKZ-Glühen, das heißt eine Wärmebehandlung wenig unterhalb oder oberhalb der A<sub>1</sub>-Linie, mit anschließender definierter Abkühlung, wird insbesondere ein Gefügezustand erreicht, mit dem eine Umformung des Stahlprodukts bei Raumtemperatur leichter durchführbar ist. Hierzu ist ein Gefüge notwendig, das möglichst weitgehend aus duktilem, das heißt zähem

Ferrit besteht, in dem die harten Bestandteile, die Eisen-Karbide, kugelig eingelagert sind. Ziel der GKZ-Glühung sind somit insbesondere kugelig eingeformte Eisenkarbide in einer Ferrit-Matrix.

**[0020]** Nach Abschluss des Behandlungsverfahrens weist das Stahlprodukt insbesondere im Vergleich zu einem entsprechend der eingangs beschriebenen bekannten Prozessroute hergestellten Stahlprodukt eine verbesserte Streckgrenze sowie eine verbesserte Zugfestigkeit auf. Ebenso sind vergleichbare Werte für die Bruchdehnung und die Brucheinschnürung relativ zu einem Stahlprodukt, welches mittels der bekannten Prozessroute hergestellt wird, realisierbar.

**[0021]** Bevorzugt weist das Stahlprodukt vor der Abkühlung eine Temperatur auf, bei der das Gefüge des Stahlprodukts im austenitischen Bereich vorliegt. Die Einlaufemperatur des Materials in eine Abkühlvorrichtung, in der die Abkühlung erfolgt, ist somit in jedem Fall noch so hoch, dass das Stahlproduktgefüge, beispielsweise das Walzgutgefüge, in austenitischem Zustand vorliegt. Beispielsweise kann die Einlaufemperatur im Bereich von etwa 900 bis 1000 °C liegen.

**[0022]** Bevorzugt wird weiterhin, dass die Abkühlung des Stahlprodukts derart erfolgt, dass die Gefügeverteilung und/oder Temperaturverteilung des Stahlprodukts nach erfolgter Abkühlung über den Querschnitt inhomogen ist.

**[0023]** Bevorzugt ist vorgesehen, dass das Stahlprodukt mit solch einer Abkühlgeschwindigkeit abgekühlt wird, dass diffusionsgesteuerte Umwandlungsprozesse zumindest im oberflächennahen Bereich des Stahlprodukts nicht ablaufen. Während des Abkühlvorgangs, beispielsweise während einer Wasserabkühlung, die beispielsweise in einer weiter unten näher erläuterten Wasserkühlstrecke erfolgen kann, wird das Stahlprodukt, beispielsweise das Walzgut, so schnell abgekühlt, dass die diffusionsgesteuerten Umwandlungsvorgänge, insbesondere die Umwandlung des Austenits in Ferrit und Perlit, mangels Zeit zumindest im oberflächennahen Bereich des Stahlprodukts nicht ablaufen können. Dadurch bedingt bildet sich vorwiegend in der Randzone des Stahlprodukts das äußerst harte Ungleichgewichtsgefüge Martensit mit dem im Eisenmatrixgitter zwangsgelösten Kohlenstoff aus.

**[0024]** Bevorzugt wird das Stahlprodukt mit solch einer Abkühlgeschwindigkeit abgekühlt, dass sich in einer Übergangszone zwischen dem Randbereich und dem Kern des Stahlprodukts in Richtung Kern Bainit bildet. Die in Richtung Kern angrenzende Übergangszone erreicht die hohe Abkühlgeschwindigkeit des Randbereiches nicht, sodass sich in diesem Bereich nicht Martensit sondern Bainit bildet.

**[0025]** Bevorzugt wird das Stahlprodukt mit solch einer Abkühlgeschwindigkeit abgekühlt, dass im Kern des Stahlprodukts neben Bainit die Gefüge Troostit, Sorbit und Ferrit gebildet werden. Im Kern des Stahlprodukts, beispielsweise im Walzgutkern, können sich auf Grund der über dem Querschnitt des Stahlprodukts geringsten

Abkühlgeschwindigkeit neben Bainit die keimbildungs- und diffusionsgesteuerten Gefüge Troostit, Sorbit und Ferrit bilden.

**[0026]** Verlässt das Stahlprodukt die Abkühlrichtung, beziehungsweise ist der Abkühlvorgang abgeschlossen, liegt das Gefüge des Stahlprodukts insbesondere vollständig beziehungsweise fast vollständig im kubisch raumzentrierten Zustand vor. Allerdings ist/sind die Gefügeverteilung - etwa Martensit im Randbereich, Bainit in der Übergangszone sowie Bainit, Troostit, Sorbit und Ferrit im Kern - und/oder auch die Temperaturverteilung zwischen Oberfläche und Kern stark inhomogen.

**[0027]** Bevorzugt wird das Stahlprodukt derart abgekühlt, dass der im Kern verbleibende Wärmeinhalt so hoch ist, dass zumindest die Übergangszone zwischen dem Kern und dem Randbereich des Stahlprodukts aus dem Kern wieder erwärmt wird. Ergänzend kann die Abkühlung auch so gewählt werden, dass die im Kern verbliebene Wärme neben der Übergangszone auch den Randbereich wieder erwärmt. Die Oberfläche des Stahlprodukts, beispielsweise die Walzgutoberfläche, die im direkten Kontakt mit dem Kühlwasser stand, sowie die angrenzende Randzone zeigen die niedrigste Temperatur am Stahlprodukt. Beide werden aus dem Kernbereich, der eine höhere Temperatur aufweist, bevorzugt wieder erwärmt beziehungsweise angelassen.

**[0028]** Bevorzugt ist vorgesehen, dass das Stahlprodukt in einer Wasserkühlstrecke abgekühlt wird. Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass das Stahlprodukt durch ein Wasserbad oder Kühlrohre hindurchgeführt wird, oder dass das Stahlprodukt mit Wasser besprüht wird. Die vorliegende Erfindung ist nicht auf bestimmte Ausgestaltungsformen der Wasserkühlstrecke beschränkt. Beispielsweise kann die Abkühlung in einer bis zu 22 Meter langen Wasserkühlstrecke erfolgen.

**[0029]** Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass das abzukühlende Stahlprodukt, beispielsweise das Walzgut durch einen mit Wasser gefüllten Kasten läuft, oder dass das Stahlgut durch eine Einrichtung läuft, in welcher Wasser mit definierten Prozessparametern auf das abzukühlende Stahlprodukt aufgebracht wird. Bevorzugt ist vorgesehen, dass das Wasser mit einem Vordruck von 0 bis 10 bar und/oder mit einem Volumenstrom von 0 bis 1000 m<sup>3</sup>/h auf das abzukühlende Stahlprodukt aufgebracht wird. Mit hoher Abkühlgeschwindigkeit wird das Stahlprodukt abgekühlt, beispielsweise auf etwa 350 bis 550 °C. Dabei findet eine Gleichgewichtsumwandlung zumindest in der Randzone des Stahlproduktes nicht statt und der Kohlenstoff verbleibt zwangsgelöst im Metallgitter. Nach der Abkühlung wird somit bewusst kein homogenes Gefüge, sondern ein inhomogenes Gefüge eingestellt, da anschließend noch eine Wärmebehandlung folgt.

**[0030]** Bevorzugt ist zudem ein Verfahren, bei dem das Stahlprodukt nach der Abkühlung mit hoher Abkühlgeschwindigkeit und vor der Wärmebehandlung "Glühen auf kugelige Karbide" einer weiteren Kühlung, insbesondere auf einem Rechenkühlbett, unterzogen wird.

**[0031]** Die nachfolgende Wärmebehandlung "Glühen auf kugelige Karbide" bewirkt im "oberflächennahen Bereich" des Materials insbesondere, dass der im Martensit vormals zwangsgelöste Kohlenstoff in die Eisen-Karbidform übergeht und sich als kugelig eingeformter Zementit fein dispers ausscheidet. Die Matrix, in welcher dieser Zementit nach der Wärmebehandlung vorliegt, ist Ferrit. Ebenso scheidet der im "Übergangs- und Kernbereich" vorliegende Bainit Eisen-Karbide in feinsten Form aus. Auch die Zementitlamellen des im Kernbereich vorliegenden Sorbits und Troostits formen im Zuge der Glühbehandlung zu globularem Zementit ein.

**[0032]** Im Gegensatz zur eingangs beschriebenen bekannten Prozessroute erfolgt die Karbideinformung auf Grund des sehr geringen Zementitlamellenabstandes des Sorbits und Troostits äußerst fein und homogen.

**[0033]** Zusammenfassend ist festzuhalten, dass der nach der Glühbehandlung im gesamten Material in eine Ferritmatrix eingebettete, fein dispers vorliegende globale Zementit aus den vor der Wärmebehandlung vorgelegenen Gefügebestandteilen: angelassener Martensit, Bainit sowie feinlamellarer Perlit - Sorbit und Troostit - ausgeschieden beziehungsweise eingeformt wurde. Die Duktilität des erfindungsgemäß erzeugten Stahlprodukts ist auf Grund des hohen Ferritanteils im Gefüge und des homogen eingeformten Zementits vergleichbar mit jener, die über die bekannte Prozessroute eingestellt werden kann. Sowohl die Streckgrenze als auch die Zugfestigkeit des erfindungsgemäß erzeugten Stahlprodukts liegen auf Grund des fein dispers ausgeschiedenen und globular eingeformten Zementits deutlich über jenen der konventionellen Route.

**[0034]** Das erfindungsgemäße Verfahren kann insbesondere als HSA-Verfahren (Hardened and Soft Annealed) bezeichnet werden.

**[0035]** Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung wird eine Vorrichtung zum Behandeln eines Stahlprodukts, insbesondere eines Walzprodukts, nach einem Warmumformprozess, insbesondere zur Verbesserung der Streckgrenze und der Zugfestigkeit, bereitgestellt, die gekennzeichnet ist durch eine Einrichtung zum Abkühlen des Stahlprodukts nach der Warmumformung mit hoher Abkühlgeschwindigkeit, insbesondere mittels Wasserkühlung, die etwa als Wasserkühlstrecke ausgebildet sein kann, sowie eine Einrichtung zur Wärmebehandlung "Glühen auf kugelige Karbide" des abgekühlten Stahlprodukts, die etwa als Wärmebehandlungssofen ausgebildet sein kann.

**[0036]** Die Vorrichtung weist insbesondere Mittel zur Durchführung des wie vorstehend beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahrens auf, so dass bezüglich der Ausgestaltung und Funktionsweise der Vorrichtung auf die vorstehenden Ausführungen zum erfindungsgemäßen Verfahren vollinhaltlich Bezug genommen und verwiesen wird.

**[0037]** Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein Stahlprodukt, insbesondere ein Walzprodukt, insbesondere mit verbesserter Streckgrenze und Zugfe-

stigkeit, bereitgestellt. Das Stahlprodukt ist erhältlich durch ein Verfahren mit folgenden Schritten:

- Nach der Warmumformung wird das Stahlprodukt mit hoher Abkühlgeschwindigkeit, insbesondere mittels Wasserkühlung, abgekühlt;
- Nach der Abkühlung wird das Stahlprodukt einer Wärmebehandlung "Glühen auf kugelige Karbide" unterzogen

**[0038]** Das Stahlprodukt ist insbesondere durch ein wie vorstehend beschriebenes erfindungsgemäßes Verfahren erhältlich, so dass bezüglich der Beschaffenheit und der Eigenschaften des Stahlprodukts auf die vorstehenden Ausführungen zum erfindungsgemäßen Verfahren vollinhaltlich Bezug genommen und verwiesen wird. Das Stahlprodukt kann in einer wie vorstehend beschriebenen erfindungsgemäßen Vorrichtung hergestellt beziehungsweise behandelt werden, so dass auch auf die entsprechenden Ausführungen zu der Vorrichtung vollinhaltlich Bezug genommen und verwiesen wird.

**[0039]** Weitere Merkmale und Details der vorliegenden Erfindung lassen sich auch dem nachfolgend in größerem Detail beschriebenen konkreten Ausführungsbeispiel entnehmen.

**[0040]** Bei dem konkreten Beispiel wird ein Stahlprodukt in Form eines Walzprodukts zunächst mittels eines Umformverfahrens, eines Walzverfahrens erzeugt und anschließend behandelt.

**[0041]** Das Gefüge des Walzgutes weist nach dem Walzprozess bevorzugt die folgenden Gefügebestandteile auf:

- Austenit

**[0042]** Das Gefüge des Walzguts nach dem Walz- und Kühlprozess weist bevorzugt folgende Gefügebestandteile auf:

- Rand: Angelassener Martensit
- 1/3 Rand: Angelassener Martensit und Bainit
- Kern: Bainit; Sorbit, Trostit und Ferrit

**[0043]** Das Gefüge des Walzguts nach der Wärmebehandlung weist bevorzugt folgende Gefügebestandteile auf:

- Ferrit und fein dispers verteilter eingeformter - globularer - Zementit

**[0044]** Durch die vorliegende Erfindung können gegenüber der bekannten Prozessroute insbesondere die Werte für Streckgrenze, Zugfestigkeit verbessert werden. Die Zähigkeitseigenschaften wie Bruchdehnung und Brucheinschnürung können in etwa gehalten werden.

**[0045]** Zur Herstellung des Walzguts wird das Vormaterial in einem als Hubbalkenofen ausgebildeten Prozes-

saggregat zunächst erwärmt. Hierbei können beispielsweise folgende Prozessrandbedingungen eingestellt werden: Erwärmen von Umgebungstemperatur das heißt -20 bis +30 °C auf Ziehtemperatur 1120 bis 1170 °C in ungefähr 2 Stunden.

**[0046]** Anschließend wird das Vormaterial in einem als Zunderwäscher ausgebildeten Prozessaggregat entzündet. Hierbei können beispielsweise folgende Prozessrandbedingungen eingestellt werden: Entzündungsdruck: ungefähr 250 bar. Bei dem Entzündungsdruck handelt es sich um jenen Druck der vor den Entzündungsdüsen ansteht.

**[0047]** Anschließend wird das Material umgeformt, im vorliegenden Beispiel gewalzt. Das Prozessaggregat weist bevorzugt folgende Merkmale auf:

- Vorstraße 6 gerüstige in Horizontal-, Vertikal-Anordnung (HV-Anordnung)
- Temperaturnausgleichsstrecke mit einer Länge von 35 m
- Zwischenstraße 8 gerüstige in HV-Anordnung
- Fertigstraße 8 gerüstige in HV-Anordnung

**[0048]** Hierbei können beispielsweise folgende Prozessrandbedingungen eingestellt werden:

- Walzen der Knüppel im Temperaturfenster von 1170 bis ca. 900 °C
- 2-Walzentechnologie

**[0049]** Anschließend folgt die Behandlung des hergestellten Walzguts. Zunächst erfolgt eine Abkühlung mit hoher Abkühlgeschwindigkeit. Hierzu kann ein Prozessaggregat zum Einsatz kommen, das folgende Merkmale aufweist.

- Wasserkühlstrecke mit einer Länge von bis zu 22 m
- Vordruck von 0 bis 10 bar
- Volumenstrom von 0 bis 1000 m<sup>3</sup>/h
- Rechenkühlbett mit Luftabkühlung

**[0050]** Die Prozessrandbedingungen für eine schnelle Wasser-Abkühlung von ungefähr 900 bis 1000 °C auf beispielsweise 350 bis 550 °C werden insbesondere beeinflusst durch die Walzgeschwindigkeit und/oder die Wassertemperatur und/oder die Kühlstreckenlänge und/oder die Anzahl der verwendeten Kühldüsen und/oder die Kühlwassermenge und/oder Kühlwasserdruck.

**[0051]** An diese schnelle Abkühlung kann sich eine langsame oder schnelle weitere Abkühlung anschließen, beispielsweise am Rechenkühlbett.

**[0052]** Danach erfolgt eine Wärmebehandlung des abgekühlten Walzguts in einem Prozessaggregat, das beispielsweise als Wärmebehandlungsofen ausgebildet ist. Die Prozessrandbedingungen werden dabei so eingestellt, dass ein Glühen auf kugelige Karbide, das so genannte GKZ-Glühen, erfolgt.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Behandeln eines Stahlprodukts, insbesondere eines Walzprodukts, nach einem Warmumformprozess, insbesondere zur Verbesserung der Streckgrenze und der Zugfestigkeit, **gekennzeichnet durch** folgende Schritte:
  - (a) Nach der Warmumformung wird das Stahlprodukt mit hoher Abkühlgeschwindigkeit, insbesondere mittels Wasserkühlung, abgekühlt;
  - (b) Nach der Abkühlung wird das Stahlprodukt einer Wärmebehandlung "Glühen auf kugelige Karbide" unterzogen
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stahlprodukt vor der Abkühlung eine Temperatur aufweist, bei der das Gefüge des Stahlprodukts im austenitischen Bereich vorliegt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abkühlung des Stahlprodukts derart erfolgt, dass die Gefügeverteilung und/oder Temperaturverteilung des Stahlprodukts nach erfolgter Abkühlung über den Querschnitt inhomogen ist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stahlprodukt mit solch einer Abkühlgeschwindigkeit abgekühlt wird, dass diffusionsgesteuerte Umwandlungsprozesse zumindest im oberflächennahen Bereich des Stahlprodukts nicht ablaufen.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stahlprodukt mit solch einer Abkühlgeschwindigkeit abgekühlt wird, dass sich in einer Übergangszone zwischen dem Randbereich und dem Kern des Stahlprodukts in Richtung Kern Bainit bildet.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stahlprodukt mit solch einer Abkühlgeschwindigkeit abgekühlt wird, dass im Kern des Stahlprodukts neben Bainit die Gefüge Troostit, Sorbit und Ferrit gebildet werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stahlprodukt derart abgekühlt wird, dass der im Kern verbleibende Wärmehalt so hoch ist, dass zumindest die Übergangszone zwischen dem Kern und dem Randbereich des Stahlprodukts aus dem Kern wieder erwärmt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stahlprodukt auf unter die A1-Linie, bevorzugt auf etwa 350 bis 550 °C abgekühlt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stahlprodukt in einer Wasserkühlstrecke abgekühlt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Wasser mit einem Vordruck von 0 bis 10 bar und/oder mit einem Volumenstrom von 0 bis 1000 m<sup>3</sup>/h auf das abzukühlende Stahlprodukt aufgebracht wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Stahlprodukt nach der Abkühlung mit hoher Abkühlgeschwindigkeit und vor der Wärmebehandlung "Glühen auf kugelige Karbide" einer weiteren Kühlung, insbesondere auf einem Rechenkühlbett, unterzogen wird.
12. Vorrichtung zum Behandeln eines Stahlprodukts, insbesondere eines Walzprodukts, nach einem Warmumformprozess, insbesondere zur Verbesserung der Streckgrenze und der Zugfestigkeit, **gekennzeichnet durch** eine Einrichtung zum Abkühlen des Stahlprodukts nach der Warmumformung mit hoher Abkühlgeschwindigkeit, insbesondere mittels Wasserkühlung, sowie eine Einrichtung zur Wärmebehandlung "Glühen auf kugelige Karbide" des abgekühlten Stahlprodukts.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** diese Mittel zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11 aufweist.
14. Stahlprodukt, insbesondere Walzprodukt, insbesondere mit verbesserter Streckgrenze und Zugfestigkeit, erhältlich durch ein Verfahren mit folgenden Schritten:
  - (a) Nach der Warmumformung wird das Stahlprodukt mit hoher Abkühlgeschwindigkeit, insbesondere mittels Wasserkühlung, abgekühlt;
  - (b) Nach der Abkühlung wird das Stahlprodukt einer Wärmebehandlung "Glühen auf kugelige Karbide" unterzogen
15. Stahlprodukt nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** dieses durch ein Verfahren gemäß einem der Ansprüche 2 bis 11 erhältlich ist.



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 12 40 1136

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 1 031 631 A2 (OVAKO STEEL AB [SE]) 30. August 2000 (2000-08-30) * Absätze [0001], [0012] - Absatz [0014] *	1,2, 12-15	INV. C21D1/32 C21D8/02
X	DE 692 24 562 T2 (NIPPON STEEL CORP [JP]) 15. Oktober 1998 (1998-10-15) * Seite 4, Zeile 32 - Seite 6, Zeile 3; Anspruch 1; Tabellen 2,3 *	1,2, 12-15	
X	DE 600 24 672 T2 (NIPPON STEEL CORP [JP]) 20. Juli 2006 (2006-07-20) * Absatz [0030] - Absatz [0044]; Ansprüche 1,6; Tabellen 2-4 *	1-4,7,8, 12-15	
A	JP 2001 089810 A (HONDA MOTOR CO LTD) 3. April 2001 (2001-04-03) * Zusammenfassung; Ansprüche 1-4 * * Absatz [0015] - Absatz [0023] *	1-4, 12-15 5,6	
X	EP 0 030 699 A2 (NIPPON STEEL CORP [JP]) 24. Juni 1981 (1981-06-24) * Absatz [0022] - Absatz [0025] * * Absatz [0031] - Absatz [0034] *	1-3 5,6	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) C21D
A	JP 2003 073742 A (NIPPON KOKAN KK) 12. März 2003 (2003-03-12) * Zusammenfassung * * Absatz [0016] - Absatz [0024] *	1,2,5,6	
A	DE 693 26 068 T2 (NIPPON STEEL CORP [JP]) 20. April 2000 (2000-04-20) * Seite 3, Zeile 35 - Seite 4, Zeile 24 * * Seite 10, Zeile 28 - Seite 13, Zeile 14; Tabellen 2,3 *	1-6	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 12. Oktober 2012	Prüfer Lilimpakis, Emmanuel
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 12 40 1136

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	DE 195 13 314 A1 (MANNESMANN AG [DE]) 10. Oktober 1996 (1996-10-10) * Spalte 1, Zeile 55 - Zeile 67 * * Spalte 5, Zeile 57 - Spalte 6, Zeile 35; Ansprüche 1,4,9 * -----	1,2,5-7	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 12. Oktober 2012	Prüfer Lilimpakis, Emmanuel
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1  
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 12 40 1136

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.

12-10-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1031631 A2	30-08-2000	CN 1265427 A	06-09-2000
		EP 1031631 A2	30-08-2000
		JP 2000239737 A	05-09-2000
		SE 521770 C2	02-12-2003
		SE 9900598 A	23-08-2000
DE 69224562 T2	15-10-1998	DE 69224562 D1	09-04-1998
		DE 69224562 T2	15-10-1998
		EP 0523375 A2	20-01-1993
		JP 3215891 B2	09-10-2001
		JP 4365816 A	17-12-1992
		US 5252153 A	12-10-1993
DE 60024672 T2	20-07-2006	DE 60024672 T2	20-07-2006
		EP 1243664 A1	25-09-2002
		JP 4435953 B2	24-03-2010
		JP 2001240940 A	04-09-2001
		US 2003075250 A1	24-04-2003
		WO 0148257 A1	05-07-2001
JP 2001089810 A	03-04-2001	JP 4086451 B2	14-05-2008
		JP 2001089810 A	03-04-2001
EP 0030699 A2	24-06-1981	DE 3071605 D1	19-06-1986
		EP 0030699 A2	24-06-1981
		US 4375378 A	01-03-1983
JP 2003073742 A	12-03-2003	JP 3879459 B2	14-02-2007
		JP 2003073742 A	12-03-2003
DE 69326068 T2	20-04-2000	DE 69326068 D1	23-09-1999
		DE 69326068 T2	20-04-2000
DE 19513314 A1	10-10-1996	AR 001416 A1	22-10-1997
		BR 9604830 A	05-01-1999
		CA 2217309 A1	10-10-1996
		CZ 9703047 A3	15-04-1998
		DE 19513314 A1	10-10-1996
		EP 0820529 A1	28-01-1998
		ES 2149455 T3	01-11-2000
		HU 9800702 A2	28-07-1998
		JP H11503491 A	26-03-1999
		PL 322598 A1	02-02-1998
		SK 134297 A3	08-04-1998
		US 5958158 A	28-09-1999
		WO 9631628 A1	10-10-1996

EPO FORM P0461

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

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

EP 12 40 1136

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.

12-10-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
<div></div>			

EPO FORM P0461

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