

(19)



(11)

EP 2 662 461 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
13.11.2013 Patentblatt 2013/46

(51) Int Cl.:
C21D 6/00 (2006.01) **C21D 8/00** (2006.01)
C22C 1/02 (2006.01) **C22C 38/42** (2006.01)
C22C 38/44 (2006.01) **C22C 38/58** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12167011.1**

(22) Anmeldetag: **07.05.2012**

(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

(71) Anmelder: **Schmidt + Clemens GmbH & Co. KG**
51789 Lindlar (DE)

(72) Erfinder:
• **Overbeck, Georg-Wilhelm**
51709 Marienheide-Müllenbach (DE)
• **Raabe, Clemens**
51789 Lindlar (DE)

(74) Vertreter: **Tilmann, Max Wilhelm et al**
König-Szynka-Tilmann-von Renesse
Patentanwälte Partnerschaft
Mönchenwerther Straße 11
40545 Düsseldorf (DE)

(54) **Eisen-Chrom-Mangan-Nickel-Legierung**

(57) Nickel-Chrom-Mangan-Legierung mit 0,005 bis 0,07 Gew% Kohlenstoff, 20,5 bis 23,0 Gew% Chrom, 0,05 bis 1,5 Gew% Silizium, 1,5 bis 6,0 Gew% Mangan, 1,7 bis 3,0 Gew% Nickel, 0,15 bis 0,30 Gew% Stickstoff, 0,1 bis 0,8 Gew% Molybdän, 0,05 bis 4,5 Gew% Kupfer, bis 0,3 Gew% Kobalt, bis 0,04 Gew% Phosphor, bis 0,04 Gew% Schwefel, bis 0,2 Gew% Niob, bis 0,2 Gew% Vanadium, bis 0,2 Gew% Zirkonium, bis 0,2 Gew% Wolfram, bis 0,2 Gew% Tantal, bis 0,1 Gew% Blei, bis 0,1

Gew% Bismut, bis 0,1 Gew% Zinn, bis 0,1 Gew% Zink, bis 0,1 Gew% Selen, bis 0,1 Gew% Arsen, bis 0,1 Gew% Titan, bis 0,05 Gew% Aluminium, bis 0,05 Gew% Calcium, bis 0,05 Gew% Magnesium, bis 0,05 Gew% Barium, bis 0,05 Gew% Lanthan, bis 0,05 Gew% Cer, bis 0,05 Gew% Yttrium, bis 0,05 Gew% Rhenium, bis 0,05 Gew% Sauerstoff, bis 0,05 Gew% Bor, Rest Eisen einschließlich erschmelzungsbedingter Verunreinigungen.

EP 2 662 461 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Nickel-Chrom-Mangan-Legierung, ein Bauteil, ein Verfahren zur Herstellung einer Legierung, ein Verfahren zur Herstellung eines Bauteils sowie die Verwendung von Nickel-Chrom-Mangan-Legierungen.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind Duplexstähle bekannt. Als Duplexstahl wird ein Stahl bezeichnet, der ein zweiphasiges Gefüge aufweist, das aus einer Ferrit-Matrix mit eingelagertem Austenit besteht. Duplexstähle haben sich in vielen Bereichen der Technik als Konstruktionswerkstoffe aufgrund des Zusammenspiels von guten mechanischen Eigenschaften und sehr guten Korrosionseigenschaften durchgesetzt. Nachteilig an Duplexstählen ist, dass sie nur mit erhöhtem Aufwand zerspannt werden können. Ferner ist an aus der Praxis bekannten Duplexwerkstoffen der höhere Anteil an Nickel und der hohe Anteil an Molybdän nachteilig, da dies die Werkstoffe verhältnismäßig teuer werden lässt. Ferner sind die derzeit bekannten Herstellungsmethoden für Duplexstähle aufwendig, sodass für die Herstellung von Duplexstählen standardmäßig AOD-/VOD-Konverter (Argon Oxygen Decarburisation-/Vacuum Oxygen Decarburisation-Konverter) mit entsprechenden sekundärmetallurgischen Möglichkeiten genutzt werden. Eine Gießerei verfügt über derartige Konverter im Regelfall nicht.

[0003] Aus EP 1 327 008 B1 ist eine Legierung bekannt. Diese Legierung weist einen relativ niedrigen Nickel-Gehalt sowie einen verhältnismäßig hohen Mangan-Gehalt auf. Dies hat den Nachteil, dass durch den niedrigen Nickel- und hohen Mangangehalt die Versprödungsneigung der Legierung zunimmt.

[0004] Ferner ist aus US 6,096,441 eine Legierung bekannt, die einen sehr niedrigen Nickelgehalt und mittleren Mangangehalt aufweist. Diese Legierung ist gießtechnisch nahezu nicht abbildbar.

[0005] Aus US 3,736,131 ist eine Legierung bekannt, die einen sehr niedrigen Nickelgehalt und hohen Mangangehalt aufweist. Diese Legierung weist gemäß heutigen Anforderungen einen zu geringen Austenitgehalt und eine nicht ausreichende Zähigkeit auf.

[0006] Vor diesem Hintergrund lag der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Nickel-Chrom-Mangan-Legierung vorzuschlagen, die gute mechanische Eigenschaften, eine gute Korrosionsbeständigkeit sowie gute Zerspanbarkeit aufweist und die vorzugsweise in kosteneffizienter Weise in einer Gießerei ohne besondere schmelzmetallurgische Behandlung hergestellt werden kann. Ferner war es Aufgabe der Erfindung, ein Bauteil, ein Verfahren zur Herstellung einer Legierung, ein Verfahren zur Herstellung eines Bauteils sowie eine Verwendung von Nickel-Chrom-Mangan-Legierungen vorzuschlagen.

[0007] Diese Aufgabe wird durch die Legierung gemäß Anspruch 1, das Bauteil gemäß Anspruch 8, das Verfahren zur Herstellung einer Legierung gemäß Anspruch 9, das Verfahren zur Herstellung eines Bauteils gemäß Anspruch 11 und die Verwendung gemäß Anspruch 14 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind in den Unteransprüchen und der hiernach folgenden Beschreibung wiedergegeben.

[0008] Die Erfindung geht von dem Grundgedanken aus, eine gute Zerspanbarkeit hervorzurufen, indem Nickel durch eines oder mehrere der Legierungselemente Mangan, Stickstoff und Kupfer substituiert wird. Es wird davon ausgegangen, dass Nickel bei der Bearbeitung zu einer Aufhärtung des Spans, einer Haftung der Späne am Werkzeug und einem ungünstigen Spanbruchverhalten führt. Es hat sich gezeigt, dass diese negativen Eigenschaften durch die Substitution von Nickel durch Kupfer und/oder Mangan verringert werden können. So hat es sich gezeigt, dass die Aufhärtung und die Klebneigung bei dieser Substitution deutlich verringert werden können. Dies führt in vorteilhafter Weise zu geringem Werkzeugverschleiß und höheren Schnittwerten. Die Substitution mit Stickstoff dient in Verbindung mit Mangan zur Einstellung eines vorteilhaften Ferrit-Austenit-Verhältnisses und zur Verbesserung des Spanbruchs.

[0009] Die Erfindung schlägt eine Nickel-Chrom-Mangan-Legierung vor mit 0,005 bis 0,07 Gew% Kohlenstoff, 20,5 bis 23,0 Gew% Chrom, 0,05 bis 1,5 Gew% Silizium, 1,5 bis 6,0 Gew% Mangan, 1,7 bis 3,0 Gew% Nickel, 0,15 bis 0,30 Gew% Stickstoff, 0,1 bis 0,8 Gew% Molybdän, 0,05 bis 4,5 Gew% Kupfer, bis 0,3 Gew% Kobalt, bis 0,04 Gew% Phosphor, bis 0,04 Gew% Schwefel, bis 0,2 Gew% Niob, bis 0,2 Gew% Vanadium, bis 0,2 Gew% Zirkonium, bis 0,2 Gew% Wolfram, bis 0,2 Gew% Tantal, bis 0,1 Gew% Blei, bis 0,1 Gew% Bismut, bis 0,1 Gew% Zinn, bis 0,1 Gew% Zink, bis 0,1 Gew% Selen, bis 0,1 Gew% Arsen, bis 0,1 Gew% Titan, bis 0,05 Gew% Aluminium, bis 0,05 Gew% Calcium, bis 0,05 Gew% Magnesium, bis 0,05 Gew% Barium, bis 0,05 Gew% Lanthan, bis 0,05 Gew% Cer, bis 0,05 Gew% Yttrium, bis 0,05 Gew% Rhenium, bis 0,05 Gew% Sauerstoff, bis 0,05 Gew% Bor und Rest Eisen einschließlich erschmelzungsbedingter Verunreinigungen.

[0010] Insbesondere bevorzugt wird eine Legierung, die jedoch einzeln oder nebeneinander mehr als 0,005 und weniger als 0,07 Gew% Kohlenstoff, mehr als 20,5 und weniger als 23,0 Gew% Chrom, mehr als 0,05 und weniger als 1,5 Gew% Silizium, mehr als 1,5 und weniger als 6,0 Gew% Mangan, mehr als 1,7 und weniger als 3,0 Gew% Nickel, mehr als 0,15 und weniger als 0,30 Gew% Stickstoff, mehr als 0,1 und weniger als 0,8 Gew% Molybdän, mehr als 0,05 und weniger als 4,5 Gew% Kupfer aufweist.

[0011] Als erschmelzungsbedingte Verunreinigungen werden die im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindungsbeschreibung nicht ausdrücklich genannten Legierungselemente verstanden, die bei Erschmelzen der Legierung Eingang in die Legierung finden. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform weist die Erfindung keine solchen erschmelzungsbedingten Verunreinigungen und somit nur die im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindungsbe-

schreibung genannten Legierungselement auf; der Rest wäre in dieser bevorzugten Ausführungsform also nur Eisen.

[0012] In einer bevorzugten Ausführungsform weist die erfindungsgemäße Legierung möglichst geringe oder gar keine Bestandteile der folgenden Legierungselemente auf: Kobalt, Phosphor, Schwefel, Niob, Vanadium, Zirkonium, Wolfram, Tantal, Blei, Bismut, Zinn, Zink, Selen, Arsen, Titan, Aluminium, Calcium, Magnesium, Barium, Lanthan, Zr, Yttrium, Rhenium, Sauerstoff, Bor. Insbesondere bevorzugt weist die Legierung weniger als 0,1 Gew.-% von Niob (Nb), Vanadium (V), Zirkonium (Zr), Tantal (Ta) auf. Es wurde erkannt, dass die beim Gießen erzeugten Korngrößen und die durch das Gießen entstehenden Erstarrungszeiten bei stickstofflegierten Stählen eine Versprödung und somit einen starken Abfall der Kerbschlagbiegefestigkeit hervorrufen können, da anders als im Strangguss mit anschließender Warmumformung das Zulegieren der vorgenannten Mikrolegierungselemente zur Ansammlung von Nitriden und Karbonitriden in der ferritischen Matrix führen kann und es somit zu einer Versprödung des Ferrits kommt. Es wird deshalb bevorzugt, die Gehalte der vorgenannten Mikrolegierungselemente besonders gering zu halten.

[0013] In einer bevorzugten Ausführungsform der Legierung wird der Sauerstoffgehalt minimiert, vorzugsweise auf weniger als 0,04 Gew.-%. Dies hat eine zähigkeitssteigernde Wirkung. Bei anderen Herstellungsprozessen kann dies durch entgasende metallurgische Maßnahmen erreicht werden, deren Erfolg im Gießprozess jedoch nicht garantiert werden kann. Deshalb sollte bereits bei der Einstellung der Legierung auf einen möglichst geringen Sauerstoffgehalt geachtet werden. In einer bevorzugten Ausführungsform wird nur die minimal nötige Menge an Nickel eingesetzt (also Mengen von $\geq 1,7$ Gew.% Ni), um dadurch die optimierte mechanische Bearbeitung und gute mechanische Eigenschaften zu erreichen.

[0014] In einer bevorzugten Ausführungsform weist die erfindungsgemäße Nickel-Chrom-Mangan-Legierung 0,005 bis 0,05 Gew.% Kohlenstoff auf. Es hat sich gezeigt, dass mit der Herabsetzung des möglichen Kohlenstoffgehalts von 0,07 Gew.% auf 0,05 Gew.% die Karbidbildung des Werkstoffs minimiert und die Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion steigt.

[0015] In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Nickel-Chrom-Mangan-Legierung 21,2 bis 22,5 Gew.% Chrom, insbesondere bevorzugt 21,4 bis 22 Gew.% Chrom auf. Es hat sich gezeigt, dass durch das Heraufsetzen der unteren Bereichsgrenze für Chrom von 20,5 Gew.% auf 21,2 bzw. 21,4 Gew.% und dem Herabsetzen der oberen Bereichsgrenze für Chrom von 23,0 Gew.% auf 22,5 bzw. 22,0 Gew.% eine vorteilhafte Zusammensetzung des Ferrit-Austenit-Verhältnisses erreicht wird, die zu den positiven mechanischen Eigenschaften der Legierung führt.

[0016] In einer bevorzugten Ausführungsform weist die erfindungsgemäße Nickel-Chrom-Mangan-Legierung 0,25 bis 1,0 Gew.% oder 0,2 bis 1,0 Gew.% Silizium auf. Es hat sich gezeigt, dass durch das Heraufsetzen der unteren Bereichsgrenze für Silizium von 0,05 auf 0,25, bzw. 0,2 Gew.% und durch das Herabsetzen der oberen Bereichsgrenze für Silizium von 1,5 Gew.% auf 1,0 Gew.% insbesondere der Vorteil erzielt wird, dass der noch in der Schmelze vorhandene Sauerstoff durch das Silizium abgebunden wird, ohne dass das Ferrit-Austenit-Verhältnis negativ beeinflusst wird.

[0017] In einer bevorzugten Ausführungsform weist die erfindungsgemäße Nickel-Chrom-Mangan-Legierung nur bis 0,03 Gew.% Phosphor und/oder nur bis 0,015 Gew.% Schwefel auf. Es hat sich gezeigt, dass durch das Herabsetzen der oberen Bereichsgrenze für Phosphor von 0,04 Gew.% auf 0,03 Gew.% und/oder das Absenken der oberen Bereichsgrenze für Schwefel von 0,04 Gew.% auf 0,015 Gew.% der Vorteil erreicht wird, dass sich keine technologisch relevanten verspröden Phasen ausscheiden.

[0018] In einer bevorzugten Ausführungsform weist die erfindungsgemäße Nickel-Chrom-Mangan-Legierung 2,0 bis 2,7 Gew.% Nickel auf. Es hat sich gezeigt, dass durch das Heraufsetzen der unteren Bereichsgrenze für Nickel von 1,7 auf 2,0 Gew.% und durch das Herabsetzen der oberen Bereichsgrenze für Nickel von 3,0 Gew.% auf 2,7 Gew.% insbesondere der Vorteil erzielt wird, dass sich die mechanischen Eigenschaften des Werkstoffs bei minimalem Nickelgehalt prozesssicher ohne Versprödung erreichen lassen. Es wird davon ausgegangen, dass eine Versprödung des Werkstoffs bei Nickel-Gehalten von weniger als 1,7 Gew.-% eintritt. Dies konnte durch eine abnehmende Kerbschlagbiegefestigkeit bei Werkstoffen mit Nickel-Gehalten von weniger als 1,7 Gew.-% nachgewiesen werden.

[0019] Es wurde ferner erkannt, dass Nickel zur Bildung des Austenits beiträgt und zur Verringerung der Löslichkeit des Stickstoffs im Ferrit führt. Daher ist ein Mindestgehalt an Nickel in der Legierung zur Austenitbildung hilfreich. Des Weiteren ist eine Beschränkung des Höchstwertes zur Begrenzung der abnehmenden Löslichkeit des Stickstoffs im Ferrit ratsam.

[0020] In einer bevorzugten Ausführungsform weist die erfindungsgemäße Nickel-Chrom-Mangan-Legierung 0,2 bis 0,25 Gew.% Stickstoff auf. Es hat sich gezeigt, dass durch das Heraufsetzen der unteren Bereichsgrenze für Stickstoff von 0,15 auf 0,2 Gew.% und durch das Herabsetzen der oberen Bereichsgrenze für Stickstoff von 0,3 Gew.% auf 0,25 Gew.% insbesondere der Vorteil erzielt wird, dass der Werkstoff ein Gefüge von 30-50 % Ferrit-Anteil bei optimalen mechanischen Eigenschaften besitzt.

[0021] In einer bevorzugten Ausführungsform weist die erfindungsgemäße Nickel-Chrom-Mangan-Legierung 0,3 bis 0,7 Gew.% Molybdän auf. Es hat sich gezeigt, dass durch das Heraufsetzen der unteren Bereichsgrenze für Molybdän von 0,1 auf 0,3 Gew.% und durch das Herabsetzen der oberen Bereichsgrenze für Molybdän von 0,8 Gew.% auf 0,7 Gew.% insbesondere der Vorteil erzielt wird, dass eine deutlich erhöhte Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion und eine Erhöhung der Festigkeit auftritt ohne Nachteile bei der mechanischen Bearbeitung.

[0022] Die erfindungsgemäße Nickel-Chrom-Mangan-Legierung kann in einer bevorzugten Ausführungsform mit relativ geringen Kupfer-Gehalten ausgeführt werden. In dieser bevorzugten Ausführungsform weist die Erfindung lediglich 0,3 bis 1,0 Gew.% Kupfer auf. Dadurch wird der Vorteil erzielt, dass der Werkstoff eine verbesserte Zerspanbarkeit bei stabilem Ferrit-Austenit-Verhältnis besitzt.

[0023] In Weiterführung dieser bevorzugten Ausführungsform, aber auch als eigenständige Maßnahme kann die erfindungsgemäße Legierung 3,5 bis 5,0 Gew.% Mangan, insbesondere bevorzugt 3,5 bis 4,5 Gew.% Mangan enthalten. Durch Heraufsetzen der unteren Bereichsgrenze von 1,5 Gew.% Mangan auf 3,5 Gew.% Mangan und durch Herabsetzen der oberen Bereichsgrenze von 6,0 Gew.% Mangan auf 5,0 Gew.% bzw. 4,5 Gew.% Mangan lässt sich der Vorteil erreichen, dass der Werkstoff eine optimale Zerspanbarkeit besitzt, ohne dass eine Versprödung der ferritischen Matrix auftritt.

[0024] In einer ergänzenden oder alternativen Ausführungsform kann die gewünschte gute mechanische Bearbeitung und die gewünschte hohe Festigkeit durch das Zulegieren von Kupfer erreicht werden. In einer bevorzugten Ausführungsform werden deshalb Kupfer-Gehalte von größer 3 Gew.% verwendet, um auch die gießtechnischen Anforderungen an den Werkstoff zu erfüllen. Insbesondere bevorzugt werden Kupfer-Gehalte von 3,0 bis 4,5 Gew.% Kupfer verwendet. In einer bevorzugten Ausführungsform wird bei hohen Kupfer-Gehalten der Mangan-Gehalt abgesenkt, vorzugsweise auf Werte von weniger als 3,0 Gew.% und mindestens 1,5 Gew.%. In einer bevorzugten Ausführungsform wird das Ferrit-Austenit-Verhältnis mit angepasster Wärmebehandlung auf 45 - 70% Austenit eingestellt.

[0025] In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Mangan-Gehalt der Legierung in Gewichtsprozent geringer als der dreifache Nickel-Gehalt der Legierung in Gewichtsprozent. Insbesondere bevorzugt liegt das Verhältnis des Mangan-Gehalts der Legierung in Gewichtsprozent zu dem Nickel-Gehalt der Legierung in Gewichtsprozent zwischen dem 1,5- und 3-fachen, vorzugsweise zwischen dem 1,5 - 2,5fachen. Es wurde erkannt, dass das Einstellen eines solchen Verhältnisses besonders gut zu den gewünschten mechanischen Eigenschaften und zu einer verbesserten Zerspanbarkeit führt. Es wird davon ausgegangen, dass ein Mn-Gehalt/Ni-Gehalt von größer 3 zu einer Versprödung des Werkstoffs führt. Es wird davon ausgegangen, dass eine Verringerung des Mn-Gehalts/Ni-Gehalts kleiner 1,5 zu einer Abnahme der Festigkeit sowie zu einer schlechteren Zerspanbarkeit führt.

[0026] Es wurde erkannt, dass Mangan ein schwacher Austenit-Bildner ist, der die Eigenschaft hat, die Löslichkeit des Stickstoffs in der Legierung zu erhöhen. Dies scheint sowohl für die austenitische als auch für die ferritische Phase zu gelten. Dies birgt die Gefahr der Stickstoffübersättigung des Ferrits und einem daraus folgenden Abfall der Werkstoffzähigkeit. Daher ist es ratsam den Mangangehalt zu begrenzen sowie diesen in Abhängigkeit des Nickelgehaltes festzulegen.

[0027] In einer alternativen bevorzugten Ausführungsform ist die Summe aus dem Mangan-Anteil und dem Kupfer-Anteil der Legierung in Gewichtsprozent geringer als der dreifache Nickel-Gehalt der Legierung in Gewichtsprozent. Insbesondere bevorzugt liegt das Verhältnis dieser Summe zu dem Nickel-Gehalt der Legierung in Gewichtsprozent zwischen dem 1,5- und 3,5-fachen, vorzugsweise zwischen dem 1,8 und 3,0fachen. Es wurde erkannt, dass das Einstellen eines solchen Verhältnisses zu den gewünschten mechanischen Eigenschaften und zu einer verbesserten Zerspanbarkeit führt. Eine Abweichung unter dieses Verhältnisses kann zu einem nicht bevorzugten Ferritgehalt < 30% und geringeren Festigkeitseigenschaften führen. Eine Abweichung über dieses Verhältnisses kann zu geringen Zähigkeitseigenschaften führen.

[0028] Es wurde erkannt, dass ein erhöhter Gehalt an Kupfer in Kombination mit Mangan zur Substitution von Nickel eingesetzt werden kann. Kupfer führt in geringen Gehalten (bis 1 Gew.%) zu einer Erhöhung der Festigkeit der Legierung ohne erkennbaren Effekt auf das Ferrit-Austenit-Verhältnis. In höheren Gehalten von größer gleich 3 Gew.% wirkt der Kupfer schwach austenitbildend. Im mittleren Legierungsbereich zwischen 1 und 3 Gew.% Kupfer heben sich diese Effekte gegenseitig auf, was zu einer unnötigen Verteuerung der Legierung führt. Der Kupfergehalt der Legierung sollte daher mit dem Mangan und Nickelgehalt abgestimmt werden.

[0029] In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Legierung einen Ferrit-Anteil am Gesamtgefüge von 30 bis 55 %, insbesondere bevorzugt von 35 bis 55 % auf. Es hat sich gezeigt, dass mit einem solchen Ferrit-Anteil besonders gute mechanische Eigenschaften erreicht werden. In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Rest des Gefüges Austenit.

[0030] Das erfindungsgemäße Bauteil besteht zumindest zum Teil, vorzugsweise vollständig, aus der erfindungsgemäßen Legierung. In einer bevorzugten Ausführungsform weist dieses Bauteil zumindest eine, vorzugsweise alle der nachfolgend aufgezählten mechanischen Eigenschaften bei Raumtemperatur auf:

0,2% - Dehngrenze ($R_{p0,2}$) ≥ 420 N/mm²,

Zugfestigkeit (R_m) ≥ 620 N/mm²,

Dehnung (A_5) $\geq 20\%$ und

Kerbschlagzähigkeit (Charpy - V) ≥ 60 J,

wobei die Dehnung (Bruchdehnung) durch das in DIN EN ISO 6892-1 beschriebene Verfahren "Zugversuch" ermittelt wird und die Kerbschlagzähigkeit (Charpy - V) die in DIN EN ISO 148-1 genannten "verbrauchte Schlagenergie" ist.

[0031] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Herstellen der erfindungsgemäßen Legierung sieht vor, dass die Legierungsbestandteile in einem Induktionsofen erschmolzen und mittels Pfannenzuschlägen desoxidiert werden. Es hat sich gezeigt, dass die erfindungsgemäße Legierung auf diesem Wege besonders einfach hergestellt werden kann.

[0032] In einer bevorzugten Ausführungsform wird das Erschmelzen der Legierungsbestandteile in einem Mittelfrequenztiegelofen ohne nachfolgende Sekundärmetallurgie, wie beispielsweise einer Pfannenentgasung durchgeführt.

[0033] Das erfindungsgemäße Verfahren zum Herstellen des erfindungsgemäßen Bauteils sieht die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Herstellen der erfindungsgemäßen Legierung vor, um dadurch eine Gusslegierung zu erzeugen und sieht dann den Abguss des erfindungsgemäßen Bauteils aus dieser Gusslegierung vor.

[0034] In einer bevorzugten Ausführungsform erfolgt das Gießen des Bauteils unter Normalatmosphäre, also ohne Vakuum- oder Schutzgasatmosphäre.

[0035] In einer bevorzugten Ausführungsform erfolgt nach dem Gießen des Bauteils vorzugsweise kein nachträgliches Umformen. In einer bevorzugten Ausführungsform findet zumindest kein Walzen und/oder kein Schmieden statt. Eine Umformung führt zu einer Verringerung der Korngröße. Dies führt zwar vielfach zu einer Verbesserung der mechanischen Eigenschaften. Das erfindungsgemäße Verfahren verzichtet aber bevorzugt auf ein Umformen, um diesen Arbeitsgang einzusparen. Es wurde erkannt, dass in dickwandigen Bereichen, also Bereichen mit einer Wandstärke von mehr als 20 mm, Korngrößen von mehr als 1,5 mm vermehrt vorzufinden sind, die auch über den gesamten Lebenszyklus des Bauteils erhalten bleiben. Korngrößen von mehr als 1,5 mm sind bei Gussbauteilen nicht zu vermeiden, weshalb die Legierung bereits von vornherein so eingestellt werden sollte, dass diese ohne Umformung die geforderten Eigenschaften erreicht.

[0036] In einer bevorzugten Ausführungsform wird das gegossene Bauteil einer Wärmebehandlung bei einer Temperatur von 1.000 bis 1.250°C mit beschleunigter Abkühlung unterzogen. Dies ermöglicht es, ein Ferrit-Austenit-Verhältnis von vorzugsweise 45 - 55% Ferrit, Rest Austenit einzustellen.

[0037] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform werden bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens der Mangan-, Nickel- und Kupfer-Gehalt so eingestellt, dass die Legierung gießbar bleibt und nach dem Erstarren optimale Schnittwerte und gute mechanisch-technologische Eigenschaften aufweist. Dies wird insbesondere dadurch erreicht, dass der Mangan-Gehalt in den folgenden Grenzen: 1,5 bis 6,0 Gew.%, der Nickel-Gehalt innerhalb der folgenden Grenzen: 1,7 bis 3,0 Gew.% und der Kupfer-Gehalt innerhalb der folgenden Grenzen: 0,05 bis 4,5 Gew.% gewählt wird.

[0038] In einer bevorzugten Ausführungsform wird die erfindungsgemäße Nickel-Chrom-Mangan-Legierung als Gusslegierung verwendet. Dabei wird unter einer Gusslegierung insbesondere eine Legierung verstanden, die in einem Urformverfahren ohne nachträgliche Umformung hergestellt wird. Durch die Verwendung der erfindungsgemäßen Nickel-Chrom-Mangan-Legierung als Gusslegierung steht für das erfindungsgemäße Herstellungsverfahren für das Bauteil ein großes Gestaltungsspektrum bereit. Durch das Gießen können sowohl dünnwandige als auch dickwandige Bauteilgeometrien erzeugt werden. Es hat sich gezeigt, dass sowohl dünnwandige als auch dickwandige Bauteile durch Gießen aus der erfindungsgemäßen Nickel-Chrom-Mangan-Legierung hergestellt werden können.

[0039] In einer bevorzugten Ausführungsform wird die erfindungsgemäße Nickel-Chrom-Mangan-Legierung so eingestellt, dass sie ohne Nachbehandlung, zumindest aber allein mit nachfolgender Wärmebehandlung die für den Einsatz des aus dieser Legierung bestehenden Bauteils gewünschten mechanischen Anforderungen bereits erfüllt.

[0040] Des Weiteren ist eine Beschränkung des Höchstwertes zur Begrenzung der abnehmenden Löslichkeit des Stickstoffs im Ferrit ratsam.

[0041] Insbesondere bevorzugt wird die erfindungsgemäße Legierung als Duplex-Werkstoff verwendet. Insbesondere bevorzugt wird die erfindungsgemäße Legierung verwendet, um daraus Bauteile für den allgemeinen Maschinenbau, insbesondere bevorzugt für Bauteile in der Trenntechnik, beispielsweise dem Dekanter- oder Zentrifugenbau oder aber für Bauteile in Mischern, Pumpen, Armaturen, Ventilen und/oder Rohrleitungen angewendet.

[0042] Die nachfolgende Tabelle 1 zeigt als Beispiele der erfindungsgemäßen Legierung die Legierungen 1 - 18. Ferner zeigt die nachstehend einkopierte Tabelle 1 als Referenzlegierungen (nicht zur Erfindung gehörige Legierungen) Legierungen, die ähnlich der Legierungstypen 22Cr-5Ni (Werkstoffnummer 1.4470) bzw. 23Cr-4Ni (Werkstoffnummer 1.4362) hergestellt wurden. Die Tabelle zeigt die Kohlenstoff (C), Silizium (Si), Mangan (Mn), Phosphor (P), Schwefel (S), Chrom (Cr), Nickel (Ni), Molybdän (Mo), Stickstoff (N), Aluminium (Al) und Kupfer (Cu) Gew.-% der jeweiligen Legierung, wobei der Rest jeweils Eisen und unvermeidbare Verunreinigungen waren. Ferner zeigt die Tabelle das Verhältnis des Mn-Gehalts zum Ni-Gehalt und das Verhältnis der Summe Mangan- und Kupfer-Gehalte zu Nickel-Gehalt (* = Referenzlegierungen).

Tabelle 1:

Bsp.	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	N	Al	Cu	(Mn+Cu) /Ni	Mn/Ni
1	0,03	0,73	4,95	0,028	0,001	21,59	1,57	0,54	0,215	0,012	0,19	3,27	3,15
2	0,025	0,87	5,41	0,015	0,003	21,28	1,6	0,52	0,22	0,015	0,25	3,54	3,38
3	0,027	0,8	3,69	0,021	0,005	20,7	2,2	0,2	0,186	0,005	0,6	1,95	1,68
4	0,03	0,69	4,8	0,015	0,004	21,6	2,6	0,83	0,225	0,029	0,51	2,04	1,85
5	0,03	0,62	4,77	0,018	0,001	21,1	2,28	0,47	0,241	0,011	0,3	2,22	2,09
6	0,028	0,86	4,46	0,08	0,005	21,08	1,74	0,53	0,228	0,014	0,23	2,70	2,56
7	0,035	0,4	4,2	0,02	0,003	21,5	2,3	0,4	0,23	0,01	0,6	2,09	1,83
8	0,025	0,6	3,8	0,02	0,003	21,76	2,34	0,7	0,24	0,011	0,4	1,79	1,62
9	0,03	0,56	4,13	0,019	0,004	21,62	2,21	0,34	0,21	0,018	0,63	2,15	1,87
10	0,028	0,72	4,18	0,022	0,006	21,43	2,17	0,45	0,23	0,02	0,38	2,10	1,93
11	0,035	0,8	3,68	0,017	0,003	21,4	2,03	0,52	0,228	0,009	0,59	2,10	1,81
12	0,027	0,47	4,26	0,025	0,003	22,01	2,48	0,39	0,236	0,014	0,57	1,95	1,72
13	0,035	0,34	4,42	0,02	0,002	22,41	2,46	0,33	0,207	0,014	0,81	2,13	1,80
14	0,035	0,31	2,8	0,02	0,002	21,2	2,85	0,41	0,179	0,016	0,15	1,04	0,98
15	0,035	0,23	2,3	0,012	0,003	21,25	2,57	0,39	0,221	0,001	3,34	2,19	0,89
16	0,015	0,33	1,83	0,006	0,04	21,63	2,12	0,4	0,226	0,01	3,31	2,42	0,86
17	0,025	0,53	3,87	0,019	0,003	21,51	2,21	0,41	0,25	0,034	0,79	2,1	1,75
18	0,035	0,5	2	0,02	0,003	22	2,3	0,5	0,22	0,01	3,5	2,39	0,87
19*	0,023	0,68	0,98	0,019	0,001	23,54	4,64	0,47	0,22	0,019	0,27	0,27	0,21
20*	0,023	0,68	0,89	0,02	0,001	23,27	4,79	0,49	0,205	0,017	0,25	0,24	0,19
21*	0,02	0,62	1,18	0,018	0,001	23,47	4,61	0,45	0,23	0,02	0,29	0,32	0,26
22*	0,022	0,67	1,11	0,02	0,002	23,45	4,37	0,54	0,213	0,018	0,23	0,31	0,25
23*	0,028	0,74	1,12	0,023	0,006	22,67	6	2,59	0,16	0,016	0,1	0,20	0,19

[0043] Die nachstehende Tabelle 2 zeigt die zu den vorgenannten Legierungen ermittelten mechanisch-technologischen Kennwerte.

Tabelle 2:

Bsp.	Rp0,2	Rm	A	ISO-V (RT)	Tooling	Werte erfüllt	(Mn+Cu) /Ni	Mn/Ni
1	477	636	36,4	46,2	133	1	3,27	3,15
2	459,7	638	42,8	49,5	132	1	3,54	3,38
3	445	625,5	42,4	180,5	130	2	1,95	1,68
4	441,3	639	42,2	148	n.b.	2	2,04	1,85
5	450	649	44,7	205	128	2	2,22	2,09
6	457,5	641	43,3	93,7	125	2	2,70	2,56
7	448	641	40,3	185	130	2	2,09	1,83
8	457	648	39,3	170,6	127	2	1,79	1,62
9	445	643	38,6	156	n.b.	2	2,15	1,87
10	451	637	43,2	192,3	135	2	2,10	1,93
11	462	642	41,2	173	130	2	2,10	1,81
12	473	660	44,6	201,3	131	2	1,95	1,72
13	468	653	43,7	178,5	131	2	2,13	1,80
14	438	597	48,7	180	118	1	1,04	0,98
15	425	650	42	218	n.b.	2	2,19	0,89
16	441	635	40	154	124	2	2,42	0,86
17	441	640	43,8	189	n.b.	2	2,11	1,75
18	475	665	35,7	125	n.b.	2	2,39	0,87
19*	465,3	660	42,1	197	100	2	0,27	0,21
20*	455,7	647,3	41,3	196,3	100	2	0,24	0,19
21*	458,3	668	42,6	179	102	2	0,32	0,26
22*	513	653	39	209	99	2	0,31	0,25
23*	484	681	38,3	239	89	2	0,20	0,19

[0044] Die Fig. 1 zeigt den Erfüllungsgrad an die gewünschten mechanischen Eigenschaften 0,2%-Dehngrenze ($R_{p0,2} \geq 420 \text{ N/mm}^2$, Zugfestigkeit ($R_m \geq 620 \text{ N/mm}^2$, Dehnung ($A_5 > 20\%$ und Kerbschlagzähigkeit (Charpy - V) $\geq 60 \text{ J}$.

[0045] Man erkennt, dass durch die Einstellung des Mn/Ni - Gehaltes ein Werkstoff entsteht, der das gesamte Anforderungsprofil abdeckt und zusätzlich eine bessere Zerspanbarkeit besitzt (Fig. 2). Während beim Unter- und Überschreiten dieses Verhältnisses ein Nichterreichen der mechanisch-technologischen Werte (Festigkeit oder Zähigkeit) bzw. bei Unterschreiten eine schlechtere Zerspanbarkeit zu erkennen ist.

[0046] Die Fig. 2 zeigt die Bearbeitbarkeit der Versuchsanalysen bezogen auf Mo-arme Referenzlegierungen in Abhängigkeit vom Mn-/Ni-Verhältnis. Man erkennt die verbesserte Zerspanbarkeit bei höheren Mn/Ni-Verhältnissen.

[0047] Die Fig. 3, 4 und 6 zeigen typische Gefüge der erfindungsgemäßen Ni-Cr-Mn-Duplexlegierung gemäß der in der vorstehend aufgeführten Tabelle näher definierten Legierungszusammensetzung gemäß Beispiel 5, 10 und 15. Man erkennt das typische ausgewogene Zweiphasengefüge der Duplexstähle.

[0048] Die Fig. 5 zeigt den repräsentativen Spaltbruch bei ungünstigem Mn-Ni-Verhältnis aus Legierungszusammensetzung Nr. 1. Durch das zu hohe Verhältnis lässt sich ein Abfall der Zähigkeit erkennen.

Patentansprüche

1. Nickel-Chrom-Mangan-Legierung mit

0,005 bis 0,07 Gew% Kohlenstoff
 20,5 bis 23,0 Gew% Chrom
 0,05 bis 1,5 Gew% Silizium
 1,5 bis 6,0 Gew% Mangan
 5 1,7 bis 3,0 Gew% Nickel
 0,15 bis 0,30 Gew% Stickstoff
 0,1 bis 0,8 Gew% Molybdän
 0,05 bis 4,5 Gew% Kupfer
 bis 0,3 Gew% Kobalt
 10 bis 0,04 Gew% Phosphor
 bis 0,04 Gew% Schwefel
 bis 0,2 Gew% Niob
 bis 0,2 Gew% Vanadium
 bis 0,2 Gew% Zirkonium
 15 bis 0,2 Gew% Wolfram
 bis 0,2 Gew% Tantal
 bis 0,1 Gew% Blei
 bis 0,1 Gew% Bismut
 bis 0,1 Gew% Zinn
 20 bis 0,1 Gew% Zink
 bis 0,1 Gew% Selen
 bis 0,1 Gew% Arsen
 bis 0,1 Gew% Titan
 bis 0,05 Gew% Aluminium
 25 bis 0,05 Gew% Calcium
 bis 0,05 Gew% Magnesium
 bis 0,05 Gew% Barium
 bis 0,05 Gew% Lanthan
 bis 0,05 Gew% Cer
 30 bis 0,05 Gew% Yttrium
 bis 0,05 Gew% Rhenium
 bis 0,05 Gew% Sauerstoff
 bis 0,05 Gew% Bor
 Rest Eisen einschließlich erschmelzungsbedingter Verunreinigungen.

35

2. Legierung nach Anspruch 1, die jedoch einzeln oder nebeneinander 0,005 bis 0,05 Gew% Kohlenstoff

21,2 bis 22,5 Gew% Chrom
 0,25 bis 1,0 Gew% Silizium
 40 3,5 bis 5,0 Gew% Mangan
 0,3 bis 1,0 Gew% Kupfer
 bis 0,03 Gew% Phosphor
 bis 0,015 Gew% Schwefel
 enthält.

45

3. Legierung nach Anspruch 2, die jedoch einzeln oder nebeneinander 21,4 bis 22,0 Gew% Chrom

3,5 bis 4,5 Gew% Mangan
 2,0 bis 2,7 Gew% Nickel
 50 0,2 bis 0,25 Gew% Stickstoff
 0,3 bis 0,7 Gew% Molybdän
 enthält.

4. Legierung nach Anspruch 1, die jedoch einzeln oder nebeneinander 0,005 bis 0,05 Gew% Kohlenstoff

55

21,2 bis 22,5 Gew% Chrom
 0,2 bis 1,0 Gew% Silizium
 1,5 bis 3,0 Gew% Mangan

3,0 bis 4,5 Gew% Kupfer
bis 0,03 Gew% Phosphor
bis 0,015 Gew% Schwefel
enthält.

5

5. Legierung nach Anspruch 4, **gekennzeichnet durch** 21,4 bis 22,0 Gew% Chrom

2,0 bis 2,7 Gew% Nickel
0,2 bis 0,25 Gew% Stickstoff
0,3 bis 0,7 Gew% Molybdän
enthält.

10

6. Legierung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Mangan-Gehalt der Legierung in Gew.% geringer ist, als der 3fache Nickel-Gehalt der Legierung in Gew.% und höher als 1,5fache Nickelgehalt der Legierung in Gew.%.

15

7. Legierung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verhältnis der Summe des Kupfer-Anteils und des Mangan-Anteils in Gew.% zum Nickelgehalt der Legierung in Gew.% zwischen 1,5 zu 3,5 liegt.

20

8. Legierung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierung einen Ferrit-Anteil von 30 bis 55 % am Gesamtgefüge hat.

9. Bauteil aus einer Legierung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bauteil zumindest eine der nachfolgenden mechanischen Eigenschaften bei Raumtemperatur aufweist:

25

0,2%-Dehngrenze ($R_{p0,2}$) ≥ 420 N/mm²,
Zugfestigkeit (R_m) ≥ 620 N/mm²,
Dehnung (A_5) $> 20\%$ und
Kerbschlagzähigkeit (Charpy - V) ≥ 60 J.

30

10. Verfahren zum Herstellen einer Legierung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierungsbestandteile in einem Induktionsofen erschmolzen werden und mittels Pfannenzuschlägen desoxidiert werden.

35

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierungsbestandteile in einem Mittelfrequenz-tiegelofen erschmolzen werden ohne weitere Sekundärmetallurgie.

12. Verfahren zum Herstellen des Bauteils nach Anspruch 9, **gekennzeichnet durch** die Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 8 oder 9 zum Erzeugen einer Gusslegierung und Gießen des Bauteils.

40

13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bauteil nach dem Gießen nicht gewalzt oder geschmiedet wird.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Wärmebehandlung des gegossenen Bauteils bei einer Temperatur von 1000 bis 1250 °C erfolgt.

45

15. Verwendung der Legierung nach einem der Ansprüche 1 bis 8 als Duplexstahl.

50

55

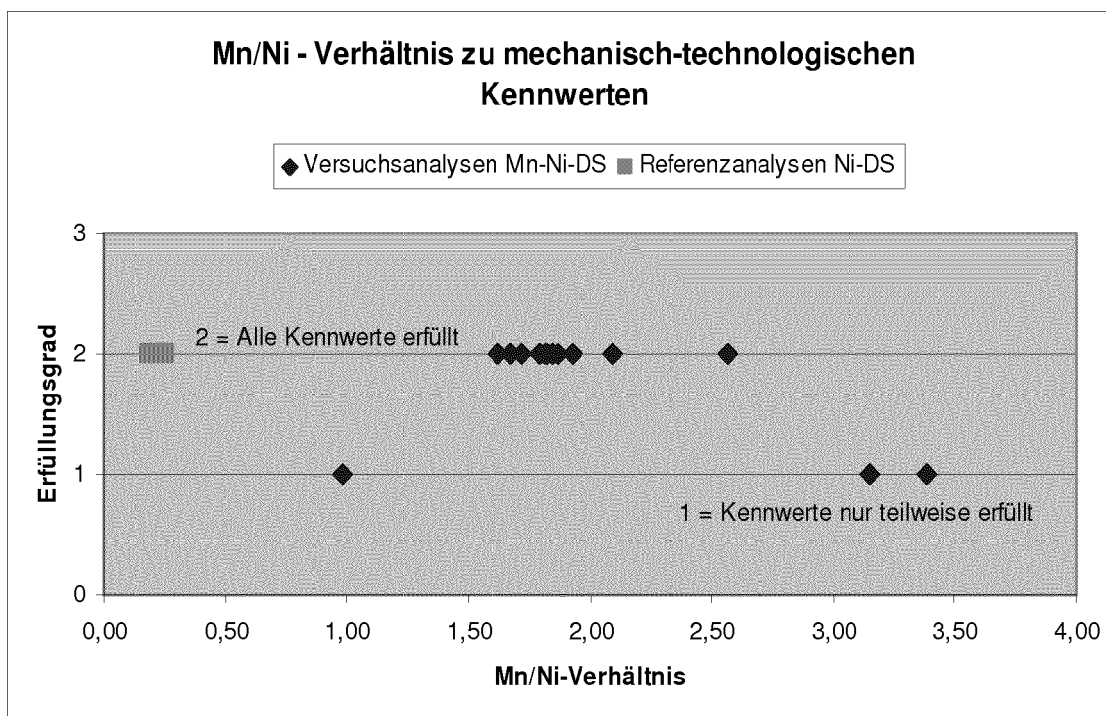


Fig. 1

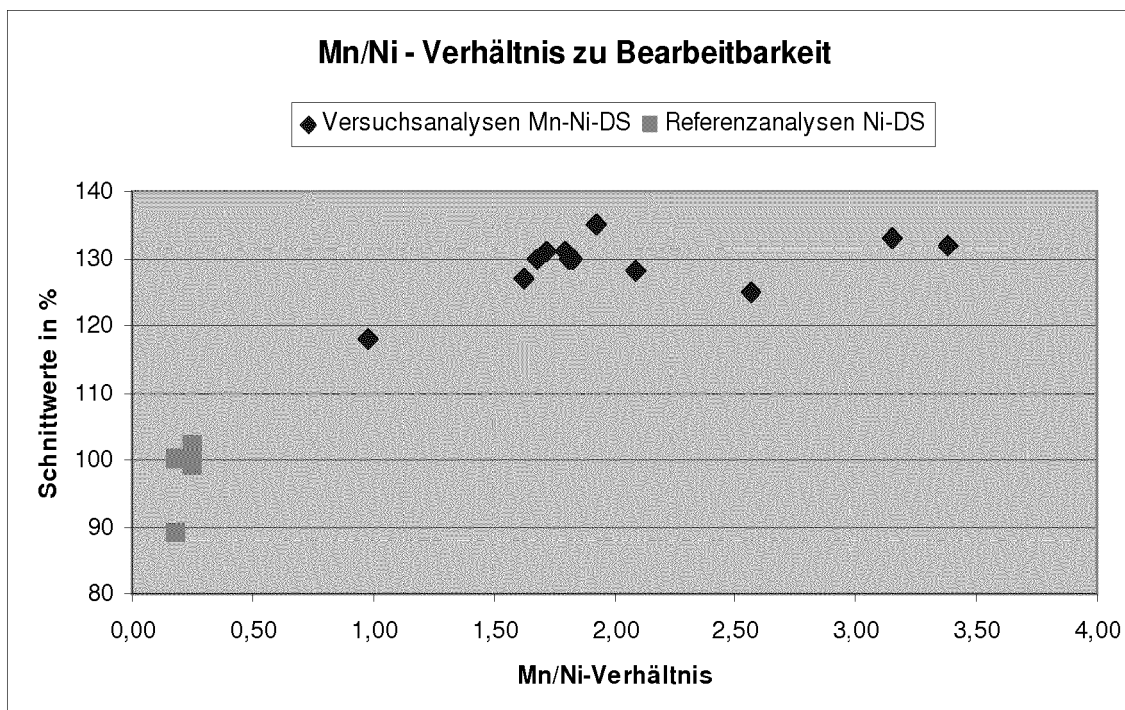


Fig. 2

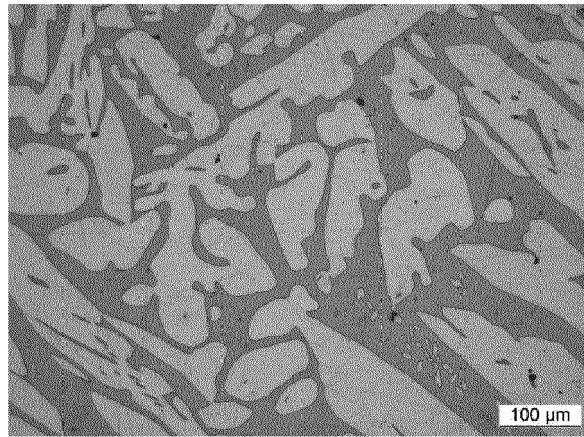


Fig. 3

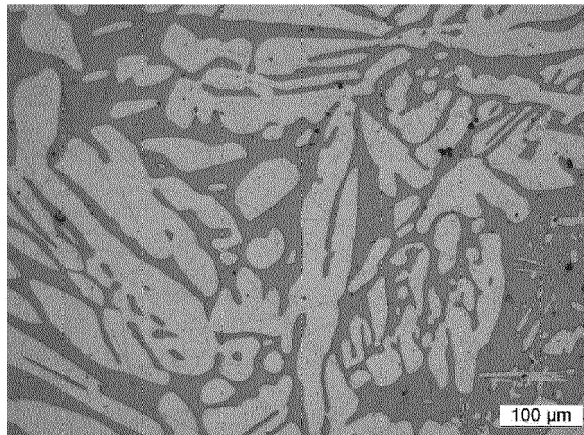


Fig. 4

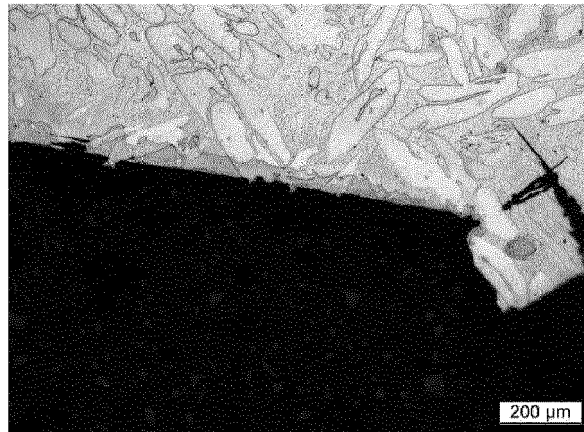


Fig. 5

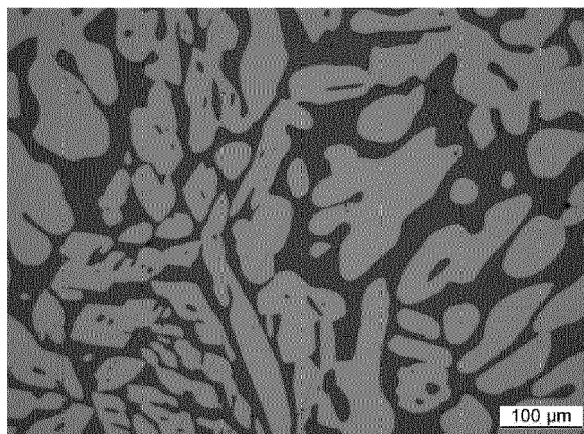


Fig. 6



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 12 16 7011

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 2 258 885 A1 (NIPPON STEEL & SUMIKIN SST [JP]) 8. Dezember 2010 (2010-12-08) * Zusammenfassung * * Beispiele 5,8,9,11,15,16,18,20,21,23,24,25,16,30,34,35,36; Tabellen 1,2 * * Absätze [0030] - [0044] * * Tabelle 5 * * Absatz [0046] * * Absätze [0001], [0093] * -----	1-15	INV. C21D6/00 C21D8/00 C22C1/02 C22C38/42 C22C38/44 C22C38/58
X	US 2 624 670 A (BINDER WILLIAM O ET AL) 6. Januar 1953 (1953-01-06) * Spalte 1, Zeilen 1-9 * * Spalte 2, Zeilen 30-40 * * Ansprüche 1,2; Tabelle 1 * -----	1-15	
X,D	FR 2 119 612 A5 (ARMCO STEEL CORP) 4. August 1972 (1972-08-04) * Beispiel E; Tabelle 1 * * Seite 1, Absatz 1; Ansprüche 1,3,4,5,6,7 * -----	1	
A,D	EP 1 327 008 B1 (AVESTAPOLARIT AKTIEBOLAG PUBL [SE] OUTOKUMPU STAINLESS AB [SE]) 15. Februar 2006 (2006-02-15) * das ganze Dokument * -----	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) C21D C22C
A	WESSMAN S M ET AL: "On the effect of nickel substitution in duplex stainless steel", MATERIALS SCIENCE AND TECHNOLOGY, MANEY PUBLISHING, GB, Bd. 24, Nr. 3, 1. März 2008 (2008-03-01), Seiten 348-355, XP008154661, ISSN: 0267-0836, DOI: 10.1179/174328408X276116 * das ganze Dokument * -----	1-15	
3 Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 16. August 2012	Prüfer Ugarte, Eva
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 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)

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

EP 12 16 7011

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

16-08-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2258885 A1	08-12-2010	CN 101981216 A	23-02-2011
		EP 2258885 A1	08-12-2010
		KR 20100113642 A	21-10-2010
		US 2011097234 A1	28-04-2011
		WO 2009119895 A1	01-10-2009
US 2624670 A	06-01-1953	KEINE	
FR 2119612 A5	04-08-1972	CA 961310 A1	21-01-1975
		FI 56201 B	31-08-1979
		FR 2119612 A5	04-08-1972
		GB 1363087 A	14-08-1974
		IT 945560 B	10-05-1973
		JP 56051222 B	03-12-1981
		SE 363350 B	14-01-1974
		US 3736131 A	29-05-1973
EP 1327008 B1	15-02-2006	AT 317919 T	15-03-2006
		AU 8817901 A	08-04-2002
		DE 60117276 T2	09-11-2006
		EP 1327008 A1	16-07-2003
		ES 2258546 T3	01-09-2006
		SE 517449 C2	04-06-2002
		SE 0003448 A	28-03-2002
		US 2003172999 A1	18-09-2003
		US 2010172785 A1	08-07-2010
		WO 0227056 A1	04-04-2002
		ZA 200302011 A	16-02-2004

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

- EP 1327008 B1 [0003]
- US 6096441 A [0004]
- US 3736131 A [0005]