

(19)



(11)

EP 3 412 790 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
12.12.2018 Patentblatt 2018/50

(51) Int Cl.:
C22C 38/02 (2006.01) **C21D 6/02** (2006.01)
C21D 8/02 (2006.01) **C21D 1/25** (2006.01)
C22C 38/04 (2006.01) **C22C 38/42** (2006.01)
C22C 38/44 (2006.01) **C22C 38/46** (2006.01)
C22C 38/48 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17174590.4**

(22) Anmeldetag: **06.06.2017**

(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:
MA MD

(72) Erfinder:
 • **FUCHS, Johannes**
56825 Gevenich (DE)
 • **HIPPENSTIEL, Frank**
57080 Siegen (DE)

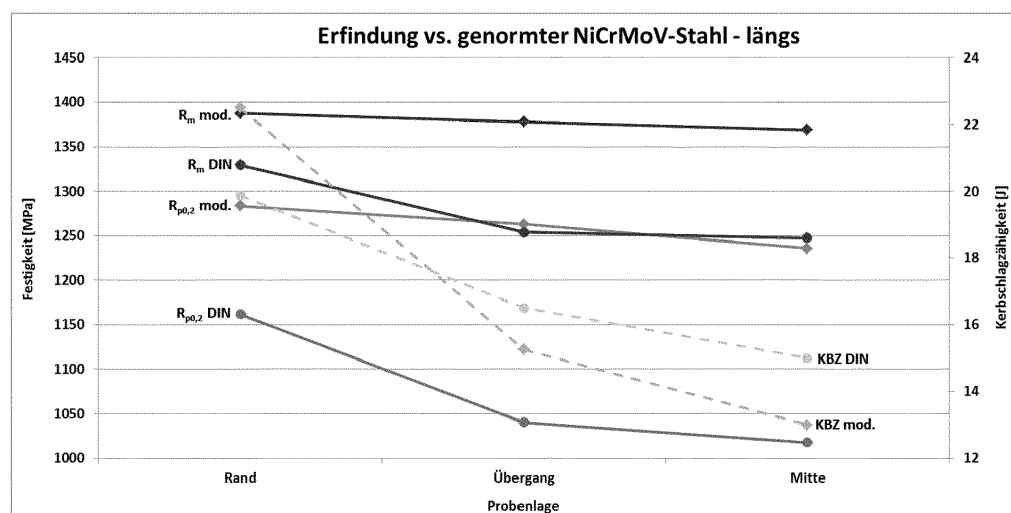
(74) Vertreter: **Patentanwälte Olbricht Buchhold**
Keulertz
Partnerschaft mbB
Bettinastraße 53-55
60325 Frankfurt am Main (DE)

(71) Anmelder: **BGH Edelstahl Siegen GmbH**
57076 Siegen (DE)

(54) **AUSSCHEIDUNGSHÄRTENDER STAHL UND VERWENDUNG EINES SOLCHEN STAHLS FÜR WARMUMFORMWERKZEUGE**

(57) Ein Werkzeugstahl besitzt die folgende Zusammensetzung, wobei die Bestandteile jeweils in Massenprozent angegeben sind:
 $0,30 \leq C$ (Kohlenstoff) $\leq 0,55$
 $0,02 \leq Si$ (Silizium) $\leq 1,00$
 $0,05 \leq Mn$ (Mangan) $\leq 1,00$
 P (Phosphor) $\leq 0,025$
 S (Schwefel) $\leq 0,015$
 $0,50 \leq Cr$ (Chrom) $\leq 2,00$
 $0,10 \leq Mo$ (Molybdän) $\leq 1,00$

$0,50 \leq Ni$ (Nickel) $\leq 3,00$
 $0,50 \leq Cu$ (Kupfer) $\leq 2,50$
 $0,001 \leq Nb$ (Niob) $\leq 0,100$
 $0,01 \leq V$ (Vanadium) $\leq 0,60$
 wobei der Rest aus Eisen, üblichen Verunreinigungen und/oder Begleitelementen in Spuren bis zu 0,02 Massenprozent pro Begleitelement besteht. Ein derartiger Stahl besitzt bei hoher Festigkeit gute Zähigkeitswerte und ist dank anlassbeständiger Aushärtungen auf Cu-Basis temperaturbeständig.

Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Werkzeugstahl, insbesondere für hochbeanspruchte Warmumformwerkzeuge.

[0002] Warmarbeitsstähle finden ihren Einsatz in den ur- und umformenden Metall- und teilweise Kunststoffverarbeitungsprozessen. Die Oberflächentemperatur der zu formenden Produkte liegt in diesen Prozessen für gewöhnlich über 200 °C. Die angesprochene Stahlgruppe ist daher mit chemischen Elementen legiert, welche die Anlassbeständigkeit des Werkstoffs und damit des Werkzeugs erhöhen, sodass die geforderte Festigkeit auch zu höheren Temperaturen hin aufrechterhalten werden kann.

[0003] Beispielhafte ur- und umformende Prozesse sind das Druckgießen, das Schmieden, das Walzen von Metallen, Kunststoffen oder Glas, und das Strangpressen.

[0004] Die chemische Zusammensetzung von Werkzeugstählen ist in der DIN EN ISO 4957 geregelt. Hier sind in Anlassdiagrammen ebenfalls die einstellbaren Härten der dort geregelten Stähle dargestellt. Die in der Norm geregelten Warmarbeitsstähle können in folgende Gruppen untergliedert werden:

- Nickel-Chrom-Molybdän-Vanadin (Ni-Cr-Mo-V) Stähle
- Sekundärhärtende Chrom-Molybdän-Vanadin (Cr-Mo-V) Stähle
- Chrom-Wolfram-Molybdän (Cr-W-Mo) Stähle
- Chrom-Cobalt-Wolfram-Molybdän-Vanadin (Cr-Co-W-Mo-V) Stähle

[0005] Die Ni-Cr-Mo-V Stähle werden bevorzugt in dynamisch belasteten Schmiede- und Pressgesenken eingesetzt. Ein repräsentativer Stahl aus dieser Gruppe ist die Werkstoffnummer 1.2714 mit den in Tab.1 aufgeführten Analysegrenzen.

Tabelle 1: Dargestellt sind die Analysengrenzen des Werkstoffs 1.2714 nach DIN EN ISO 4957.

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V
0,50	0,10	0,60			0,80	0,35	1,50	0,05
0,60	0,40	0,90	0,030	0,020	1,20	0,55	1,80	0,15

[0006] Durch ihre relativ guten Zähigkeitseigenschaften bei hoher Festigkeit, sind diese Stähle für den Einsatz unter kurzen Be- und Entlastungszeiten geeignet. Nachteilig wirkt sich die zu geringe Anzahl von Ausscheidungen aus, wodurch die Versetzungsbewegung während der thermischen und mechanischen Werkzeugbelastung nur unzureichend behindert wird. Aufgrund dieser Versetzungsbewegung folgt das letztendliche Versagen des Werkstoffs. Insbesondere besteht neben dem Verlust der Maßgenauigkeit die Gefahr von Ausbrüchen, so dass die Standzeit von aus derartigen Stählen hergestellten Warmarbeitswerkzeugen unbefriedigend ist.

[0007] Für höher belastete Bauteile werden oft auch sekundärhärtende Cr-Mo-V Stähle eingesetzt. Als charakteristischer Werkstoff dieser Gruppe ist der Stahl 1.2343 mit der in Tab. 2 angegebenen Analysenvorgabe.

Tabelle 2: Dargestellt sind die Analysengrenzen des Werkstoffs 1.2343 nach DIN EN ISO 4957.

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V
0,31	0,80	0,25			4,80	1,10	0,30
0,41	1,20	0,50	0,030	0,020	5,50	1,50	0,50

[0008] Ihr Vorteil besteht in der Ausscheidung von Sekundärkarbiden im Einsatztemperaturbereich. Diese Ausscheidungen behindern die Versetzungsbewegung innerhalb des Werkstoffs. Nachteilig wirken sich diese karbidischen Ausscheidungen allerdings auf die Zähigkeitseigenschaften des Werkzeugs aus, diese werden durch die harten Karbide herabgesetzt.

[0009] Aus den oben genannten Eigenschaften geht hervor, dass die jeweilige Stahlgruppe auf bestimmte Anwendungsbereiche konditioniert ist.

[0010] Das gezielte Vorsehen eines geregelten Kupfer-Gehalts (Cu) ist bereits vereinzelt vorgeschlagen worden, um das Entstehen von Ausscheidungshärtungen zu fördern. Allerdings ist das Hinzulegieren von Kupfer nicht unkritisch. Zu erwähnen ist vor allem die Gefahr der Rotbrüchigkeit, die zu Ausbrüchen bei der Warmumformung führen kann, wodurch ein Rohling unbrauchbar werden kann. Ein bewusstes Legieren findet aktuell deshalb einen nur sehr begrenzten Einsatz in der Stahlientwicklungs- und Herstellung:

Cu-legierte Chrom-Nickel-Molybdän (Cr-Ni-Mo) Einsatzstähle
Cu-legierte Kunststoffformenstähle

Cu-legierte martensitaushärtende Chrom-Nickel-Kupfer (Cr-Ni-Cu) Stähle

[0011] Ein aktuell abgeschlossenes interdisziplinäres Forschungsvorhaben untersuchte die Wirkung des Kupfers in Cr-Ni-Mo Einsatzstählen, deren Legierungsbasis in Tab. 3 dargestellt ist. (siehe hierzu: Bambach, M.D.; Bleck, W.; Kramer, H.S.; Klein, M.; Eifler, D.; Beck, T.; Surm, H.; Zoch, H.-W.; Hoffmann, F.: "Tailoring the Hardening Behavior of 18CrNiMo7-6 via Cu Alloying", steel research int., 87 (2016), No. 5, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weilheim)

Tabelle 3: Analyse eines Cu-legierten Einsatzstahls aus vorgenannter Quelle:

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu
0,20	0,31	0,57	*	*	1,50	0,27	1,52	0,97
* Werte liegen nicht vor								

[0012] Die Untersuchungen basierten auf dem Werkstoff 1.6587 und hatten das Ziel, die Lebensdauer von einsatzgehärteten Getriebebauteilen zu erhöhen, was durch die Bildung von Cu-Ausscheidungen erreicht werden sollte.

[0013] Cu-legierte Kunststoffformenstähle werden als höher belastbare Alternative für konventionelle niedriglegierte Werkzeugstähle wie 1.2312 oder 1.2738 angeboten. Als relevanter Werkstoff ist der Stahl NAK80 zu nennen, dessen Richtanalyse in Tab. 4 aufgeführt ist.

Tabelle 4: Richtanalyse des NAK80.

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cu	Al
0,15	0,30	1,50	*	*	3,00	1,00	1,00
* Werte liegen nicht vor							

[0014] Obschon es sich hier ebenfalls um einen Cu-legierten Werkzeugstahl handelt, liegt der Erfindung ein anderes Legierungs- und Anwendungskonzept zu Grunde. Während der Stahl NAK80 hauptsächlich als Kunststoffform in einem Festigkeitsbereich < 40 HRC eingesetzt wird, soll der Einsatzbereich der Erfindung bei Festigkeiten üblicherweise > 40 HRC als Schmiedewerkzeug und damit bei höheren Temperaturen eingesetzt werden. Des Weiteren zeigt der Werkstoff NAK80 einen geringen C-Gehalt und einen deutlich erhöhten Mn-Gehalt, wobei auch Aluminium als wesentlicher Legierungsbestandteil zwingend vorgeschrieben ist.

[0015] Den martensitaushärtenden Stählen liegt das Legierungskonzept der weichmartensitischen Stähle zu Grunde. Tab. 5 zeigt als charakteristischen Werkstoff die Analyse des Stahls 1.4542 nach DIN 10088-3

Tabelle 5: Analyse des Werkstoff 1.4542 nach DIN 10088-3.

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu
					15,00		3,00	3,00
0,07	0,70	1,50	0,040	0,030	17,00	0,60	5,00	5,00

[0016] Aufgrund des niedrigen C-Gehalts, wird zur martensitischen Umwandlung Nickel legiert. Die Stähle weisen aufgrund des geringen C-Gehalts eine sehr gute Zähigkeit bei hohen Werkstofffestigkeiten auf. Die Festigkeit wird durch die Bildung von Cu-Ausscheidungen nochmals erhöht.

[0017] Der vorliegenden Erfindung liegt im Vergleich zu dieser Werkstoffgruppe ein anderes Legierungskonzept zu Grunde. Die vorstehend besprochenen Werkstoffe wandeln primär in den Nickelmartensit um, was weniger die Absicht der hier in Rede stehenden Erfindung ist.

[0018] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Stahl zu entwickeln, welcher die positiven Eigenschaften der Ni-Cr-Mo-V und der sekundärhärtenden Cr-Mo-V Stähle vereint. Insbesondere soll der bereitgestellte Stahl eine optimale Kombination aus Festigkeit, Warmfestigkeit und Zähigkeit im Temperaturbereich bis 600 °C bieten.

[0019] Im Einzelnen sollen die guten Zähigkeiten der Ni-Cr-Mo-V Stähle bei hohen Festigkeiten eingestellt werden können. Des Weiteren ist als eine Zielsetzung zu nennen, durch eine geeignete Wärmebehandlung das Gefüge dahingehend einzustellen, dass sich eine ausreichende Menge an Ausscheidungen bildet, welche auch bei hohen Einsatztemperaturen nicht zur Auflösung oder Vergrößerung neigen. Hierdurch soll die Versetzungsbewegung auch bei hohen Einsatztemperaturen gehemmt werden, sodass die Werkstoffzerrüttung zu längeren Einsatzzeiten hin verschoben werden kann. Darüber hinaus sollen die übrigen Eigenschaften welche Warmarbeitsstähle haben wie z.B. die Schweißbarkeit und die Bearbeitbarkeit mit konventioneller Maschinentechnik auch der vorliegenden Erfindung zugeschrieben werden.

[0020] Bei gleichzeitiger Verbesserung der mechanischen Eigenschaften, sollen die Ressourcen zur Herstellung der Entwicklung keine signifikante Mehrbelastung erfahren. Vielmehr kann durch die Vorgaben zur chemischen Analyse

das Einsatzmaterial zur Erschmelzung so gewählt werden, dass im Vergleich zur Gruppe der Ni-Cr-Mo-V Stähle keine Mehrkosten entstehen.

[0021] Erfindungsgemäß wird ein Stahl mit der folgenden chemischen Zusammensetzung vorgeschlagen (Tab. 6):

Tabelle 6

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	Nb	V
0,30	0,02	0,05			0,50	0,10	0,50	0,50	0,001	0,01
0,55	1,00	1,00	0,025	0,015	2,00	1,00	3,00	2,50	0,100	0,60

Alle Angaben in Massen-%

[0022] Der Rest besteht aus Eisen und den üblichen herstellungsbedingten Verunreinigungen und/oder Begleitelementen.

[0023] Die vorgeschlagene Legierungszusammensetzung kombiniert die positiven Eigenschaften der Ni-Cr-Mo-V Stähle mit jenen der sekundärhärtenden Cr-Mo-V Stähle. Zum einen wird durch den definiert eingestellten C-Gehalt in dem genannten Fenster eine gute Zähigkeit auch bei hohen Festigkeiten eingestellt, zum anderen soll durch die Bildung von Ausscheidungen die Versetzungsbewegung behindert werden, wodurch Festigkeit und Warmfestigkeit ansteigen. Durch den erhöhten Kohlenstoffgehalt nutzt die Erfindung die Umwandlung in Kohlenstoffmartensit zur Festigkeitssteigerung. Die typische Einsatzfestigkeit liegt bei 1250 - 1400 MPa. Je nach Anwendungszweck können auch niedrigere Festigkeiten eingestellt werden, wodurch die Zähigkeit verbessert wird, im Gegensatz sind auch höhere Festigkeiten bis 1800 MPa möglich, wobei hierdurch die Zähigkeitswerte eingeschränkt werden.

[0024] Die Legierungszusammensetzung wurde derart gewählt, dass im Zuge der Wärmebehandlung anlassbeständige Ausscheidungen auf Cu-Basis gebildet werden. Diese Ausscheidungen sorgen für eine erhöhte Festigkeit auch bei erhöhten Temperaturen. Durch den Festigkeitsanstieg aufgrund dieser Ausscheidungen kann der Kohlenstoffgehalt im Vergleich zu anderen Ni-Cr-Mo-V bei gleicher Festigkeit abgesenkt werden. Daraus resultieren eine bessere Kerbschlagzähigkeit und eine bessere Durchvergütung des Materials. Dies ist insbesondere bei der Fertigung von Gesenkkavitäten wichtig, da hier die mechanischen Eigenschaften über den gesamten Bauteilquerschnitt zu erbringen sind. Des Weiteren kann durch die Ausscheidungsbildung die Streckgrenze erhöht werden. Zusätzlich verhindern karbidbildende Elemente das Kornwachstum im Zuge der Wärmebehandlung, wodurch ein stabiles Feinkorn gewährleistet wird.

[0025] In einer besonders bevorzugten Zusammensetzung des Stahls ist weiterhin vorgesehen, dass als weitere Bedingung zu den vorstehend besprochenen Zusammensetzungen folgende Randbedingungen eingehalten werden sollen, um das Anforderungsprofil aus guter Zähigkeit einerseits und besonderer Festigkeit andererseits umzusetzen, ohne dass sich das Risiko einer Rotbrüchigkeit erhöht:

$$\text{Ni/Cu} \geq 1,1$$

[0026] Eine weitere einschränkende Bedingung bei der Einstellung der Zusammensetzung, sieht vorzugsweise vor, dass

$$1,5 \leq \text{Cr} + \text{Mo} + \text{Nb} + \text{V} \leq 2,5 \text{ ist.}$$

[0027] Diese Bedingung fördert wiederum die Zähigkeitseigenschaften des Stahls durch die Begrenzung der Bildung von Sekundärkarbiden einerseits, ermöglicht aber dennoch eine gute Festigkeit, so dass die gewünschte Balance in besonderer Qualität erreicht wird.

[0028] Begleitelemente können gezielt als Mikrolegierungselemente in den üblichen Mengen zugegebene Elemente sein, wie. z.B. Niob oder Titan, aber auch nicht störende Elemente, die herstellungsseitig oder rohstoffseitig in die Zusammensetzung eingebracht und sich analysetechnische nachweisen lassen, wie z.B. Calciumreste in Folge einer Calciumbehandlung.

[0029] Die vorliegende Erfindung betrifft auch die Verwendung eines zuvor genannten erfindungsgemäßen Stahls für Warmumformwerkzeuge, vorzugsweise als Gesenkstahl.

[0030] Nachfolgend wird die Erzeugung/Herstellung einer erfindungsgemäßen Stahlzusammensetzung unter weiterer Betrachtung auch der Wärmebehandlungsschritte erörtert.

[0031] Die Stahlerzeugung erfolgt im Elektrolichtbogenofen oder im LD-Konverter. Nach der primärmetallurgischen Erschmelzung folgt die sekundärmetallurgische Behandlung im Pfannenofen. Optional kann eine Behandlung in einer Entgasungsanlage angeschlossen werden. Zur Einstellung des geforderten Reinheitsgrades kann die Schmelze einer Calciumbehandlung unterzogen werden. Der Stahl kann anschließend im Strang oder Block vergossen werden.

Je nach Anforderungen - speziell an den Reinheitsgrad - kann ein tertiärmetallurgisches Umschmelzen, nach dem (Druck-) Elektro-Schlacke-Umschmelzen oder dem Vakuum-Lichtbogen-Umschmelzen durchgeführt werden.

[0032] Der Erstarrungsquerschnitt und die Abkühlbedingungen können ein Homogenisieren bzw. Diffusionsglühen

nötig machen. Die Haltezeit ist so zu wählen, dass eine ausreichende Zeit zur Diffusion und damit zum Abbau von Konzentrationsgradienten gegeben ist.

Dem Homogenisieren schließt sich die Warmformgebung an. Diese kann durch Schmieden oder Walzen erfolgen.

[0033] Das nach der Umformung abgekühlte Material wird zur Einstellung der mechanischen Eigenschaften vergütet, wobei sich dem Härten ein ein- oder mehrmaliges Anlassen anschließt. Die Haltezeiten sind so zu wählen, dass die Werkstücke eine homogene Temperaturverteilung aufweisen, wobei eine Begrenzung der Haltezeit hinsichtlich Vergrößerungserscheinungen im Gefüge vorteilhaft ist. Als Abkühlmedien werden Öl, Polymer, Wasser und Luft vorgeschlagen. Das Medium ist entsprechend dem jeweiligen Wärmebehandlungsschritt zu wählen.

[0034] Nachfolgend wird anhand der beigefügten Abbildungen näher auf die besonderen Eigenschaften der erfindungsgemäßen Stahlzusammensetzung eingegangen. Es zeigen:

Fig. 1: einen Vergleich der mechanischen Eigenschaften eines erfindungsgemäßen Stahls mit einem genormten NiCrMoV-Stahl in Längsrichtung;

Fig. 2: einen Vergleich der mechanischen Eigenschaften eines erfindungsgemäßen Stahls mit einem genormten NiCrMoV-Stahl in Querrichtung.

[0035] Der zum Vergleich mit dem Normstahl herangezogene Stahl mit erfindungsgemäßer Zusammensetzung (Ausführungsbeispiel "Erfindung") zeigt gegenüber dem Ni-Cr-Mo-V-Stahl ("Vergleichsstahl") die in der Tabelle 7 angegebenen Analyseergebnisse:

Tabelle 7:

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	Nb	V
Erfindung	0,49	0,18	0,76	0,008	0,001	1,05	0,5	2,08	1,88	0,028	0,106
Vergleichsstahl	0,515	0,34	0,77	0,008	0,001	1,1	0,55	1,63	0,074	0,002	0,117

Alle Angaben sind wiederum in Masse-%

[0036] Der Vergleich mit einer Standardanalyse eines Ni-Cr-Mo-V Stahls zeigt, dass insbesondere die Streckgrenze und das Streckgrenzenverhältnis $R_{p0,2}/R_m$ verbessert werden können. Bei höheren Festigkeiten können nahezu gleiche Kerbschlagwerte erzielt werden. Darüber hinaus, ist im Vergleich zur Standardanalyse kein signifikanter Abfall der Festigkeit und Zähigkeit zum Bauteilkern hin zu erkennen (siehe Fig. 1 und Fig. 2).

[0037] Da diese Werkstoffeigenschaften aufgrund der anlassbeständigen Ausscheidungen auf Cu-Basis mit einer sehr hohen Temperaturbeständigkeit einhergehen, eignet sich der Stahl insbesondere für den Einsatz als Warmarbeitsstahl bis in einen Temperaturbereich von 600 °C.

Patentansprüche

1. Werkzeugstahl mit der folgenden Zusammensetzung, wobei die Bestandteile jeweils in Massenprozent angegeben sind:

$0,30 \leq C \text{ (Kohlenstoff)} \leq 0,55$

$0,02 \leq Si \text{ (Silizium)} \leq 1,00$

$0,05 \leq Mn \text{ (Mangan)} \leq 1,00$

$P \text{ (Phosphor)} \leq 0,025$

$S \text{ (Schwefel)} \leq 0,015$

$0,50 \leq Cr \text{ (Chrom)} \leq 2,00$

$0,10 \leq Mo \text{ (Molybdän)} \leq 1,00$

$0,50 \leq Ni \text{ (Nickel)} \leq 3,00$

$0,50 \leq Cu \text{ (Kupfer)} \leq 2,50$

$0,001 \leq Nb \text{ (Niob)} \leq 0,100$

$0,01 \leq V \text{ (Vanadium)} \leq 0,60$

wobei der Rest aus Eisen, üblichen Verunreinigungen und/oder Begleitelementen in Spuren bis zu 0,02 Massenprozent pro Begleitelement besteht.

EP 3 412 790 A1

2. Werkzeugstahl nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gehalt an Kohlenstoff in Massenprozent zwischen 0,40 und 0,55 liegt.
3. Werkzeugstahl nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gehalt an Silizium in Massenprozent zwischen 0,02 und 0,40 liegt.
4. Werkzeugstahl nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gehalt an Nickel in Massenprozent zwischen 0,50 und 2,50 liegt.
5. Werkzeugstahl nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zusammensetzung zusätzlich die Randbedingung erfüllt, wonach das Verhältnis der Massenprocente $\text{Ni/Cu} \geq 1,1$ ist.
6. Werkzeugstahl nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zusammensetzung der Massenprocente zusätzlich die Randbedingung $1,5 \leq \text{Cr} + \text{Mo} + \text{Nb} + \text{V} \leq 2,5$ erfüllt.
7. Werkzeugstahl nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** seine Einsatzfestigkeit auf weniger als 1800 MPa eingestellt ist.
8. Werkzeugstahl nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** seine Einsatzfestigkeit auf einen Bereich zwischen 1250 MPa und 1400 MPa eingestellt ist.
9. Verwendung eines Werkzeugstahles nach einem der vorhergehenden Ansprüche als Warmarbeitsstahl.
10. Verwendung eines Werkzeugstahls nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Warmarbeitsstahl ein Gesenkstahl ist.

Fig. 1

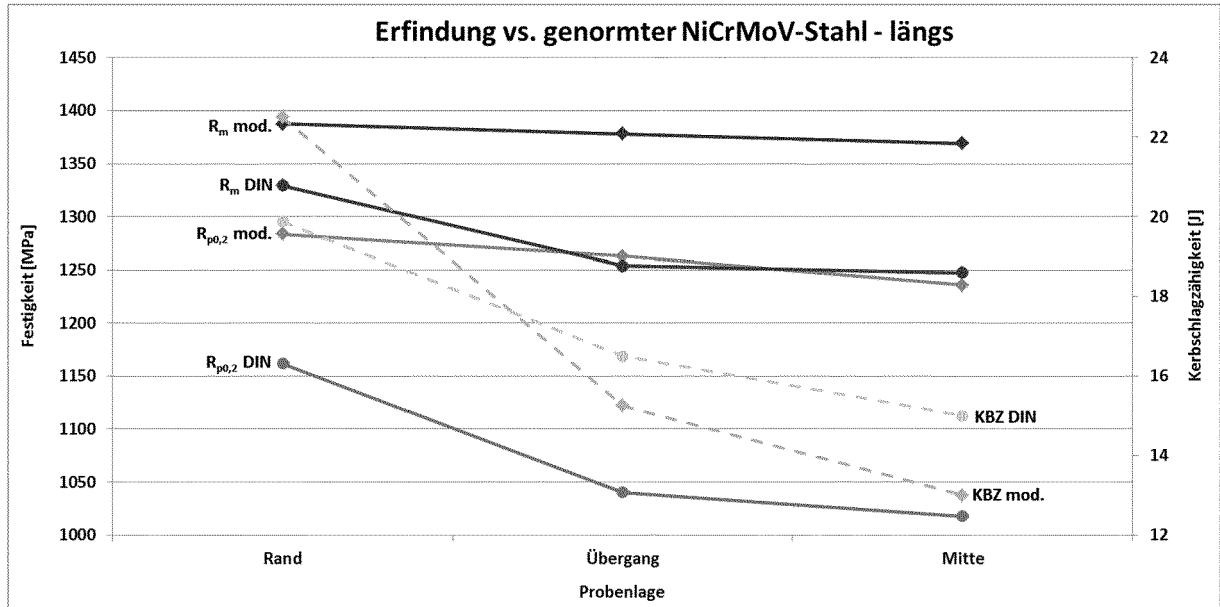
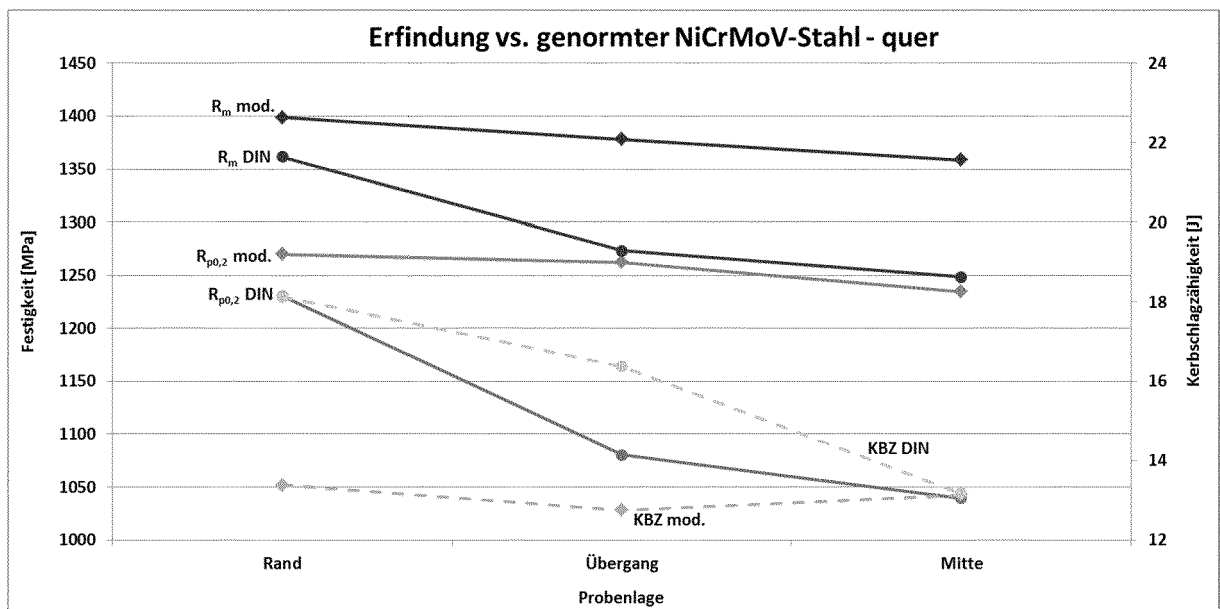


Fig. 2





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 17 17 4590

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)
Y	BAMBACH M D ET AL: "Tailoring the Hardening Behavior of 18CrNiMo7-6 via Cu Alloying", STEEL RESEARCH INTERNATIONAL, Bd. 87, Nr. 5, 1. Mai 2016 (2016-05-01), Seiten 550-561, XP002772874, WILEY-VCH VERLAG DEU DOI: 10.1002/SRIN.201500129 * das ganze Dokument *	1-10	INV. C22C38/02 C21D6/02 C21D8/02 C21D1/25 C22C38/04 C22C38/42 C22C38/44 C22C38/46 C22C38/48
Y	Anonymous: "Bezeichnung Premium 1.2714", Abrams Premium Stahl 27. November 2012 (2012-11-27), XP055398747, Gefunden im Internet: URL: http://www.premium-stahl.de/1.2714.pdf [gefunden am 2017-08-15] * das ganze Dokument * & Abrams Premium Stahl: "ABRAMS STAHLBERATER", 27. November 2012 (2012-11-27), XP055398746, Gefunden im Internet: URL: https://web.archive.org/web/20121127211800/http://www.stahlberater.de/produkt/1.2714 [gefunden am 2017-08-15] * das ganze Dokument *	1-10	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) C22C C21D
Y	DE 195 31 260 A1 (BUDERUS EDELSTAHLWERKE AG [DE]) 27. Februar 1997 (1997-02-27) * Seite 2, Zeilen 1-23; Anspruch 8; Tabellen 1,2 *	1-10	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 17. August 2017	Prüfer Rausch, Elisabeth
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 17 17 4590

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	JP 2004 018925 A (NIPPON STEEL CORP) 22. Januar 2004 (2004-01-22) * Zusammenfassung * * Absätze [0013], [0032], [0033], [0035], [0036]; Ansprüche 1,4,5; Tabelle 9 * -----	1,5,9	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 17. August 2017	Prüfer Rausch, Elisabeth
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 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	

EPO FORM 1503 03/82 (P04C03)

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

EP 17 17 4590

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.

17-08-2017

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	DE 19531260	A1	27-02-1997	KEINE	

15	JP 2004018925	A	22-01-2004	CN 1659297 A	24-08-2005
				JP 4267260 B2	27-05-2009
				JP 2004018925 A	22-01-2004
				KR 20050008823 A	21-01-2005
				TW I306476 B	21-02-2009
20				WO 03106724 A1	24-12-2003

25					
30					
35					
40					
45					
50					
55					

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 Nicht-Patentliteratur

- **BAMBACH, M.D. ; BLECK, W. ; KRAMER, H.S. ; KLEIN, M. ; EIFLER, D. ; BECK, T. ; SURM, H. ; ZOCH, H.-W. ; HOFFMANN, F.** Tailoring the Hardening Behavior of 18CrNiMo7-6 via Cu Alloying. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, 2016, vol. 87 **[0011]**