



(19) REPUBLIK
ÖSTERREICH
Patentamt

(10) Nummer: AT 409 636 B

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: A 230/2001
(22) Anmeldetag: 14.02.2001
(42) Beginn der Patentdauer: 15.02.2002
(45) Ausgabetag: 25.09.2002

(51) Int. Cl.⁷: C22C 38/18
C22C 38/44

(73) Patentinhaber:
BÖHLER EDELSTAHL GMBH & CO KG
A-8605 KAPFENBERG, STEIERMARK (AT).
(72) Erfinder:
SAMMT KLAUS DIPL.ING.
ZELTWEG, STEIERMARK (AT).
SAMMER JOHANN ING.
LEOBEN, STEIERMARK (AT).
LICHTENEGGER GERHARD DIPL.ING. DR.
KAPFENBERG, STEIERMARK (AT).

(54) STAHL FÜR KUNSTSTOFFFORMEN UND VERFAHREN ZUR WÄRMEBEHANDLUNG DESSELBEN

(57) Die Erfindung betrifft einen martensitaushärtbaren Stahl mit verbesserter Zerspanbarkeit, guter Schweißbarkeit und hoher Korrosionsbeständigkeit, ein Verfahren zur Wärmebehandlung eines derartigen Stahles, sowie dessen Verwendung.

Erfindungsgemäß enthält dieser Stahl (in Gewichtsprozent)
0.02 - 0.075% Kohlenstoff
0.1 - 0.6% Silicium
0.5 - 0.9% Mangan
0.08 - 0.25% Schwefel
max 0.04% Phosphor
12.4 - 15.2% Chrom
0.05 - 1.0% Molybdän
0.2 - 1.8% Nickel
max 0.15% Vanadium
0.1 - 0.45% Kupfer
max. 0.03% Aluminium
0.02 - 0.08% Stickstoff,

sowie gegebenenfalls ein oder mehrere weitere Legierungselemente bis zu max. 2.0%, Rest Eisen und herstellungsbedingte Verunreinigungen und besitzt einen Ferritan-

teil im Gefüge von weniger als 28 Volumsprozent.

Ein Verfahren zur Wärmebehandlung eines martensitaushärtbaren Stahles mit verbesserter Zerspanbarkeit, welches Verfahren einen auch bei großem Querschnitt durchgehärteten Gegenstand bereitstellt, besteht im wesentlichen darin, daß ein Stahlblock mit obiger Zusammensetzung in einem ersten Schritt einer Glühbehandlung zur Ausbildung und Einstellung eines Ferritanteiles im Gefüge unterworfen wird und in einem zweiten Schritt eine Warmverformung desselben erfolgt, wonach in einem dritten Schritt eine Weichglühung und anschließend eine thermische Vergütung durchgeführt werden.

AT 409 636 B

Die Erfindung betrifft einen martensitaushärtbaren Stahl mit verbesserter Zerspanbarkeit, guter Schweißbarkeit und hoher Korrosionsbeständigkeit, sowie dessen Verwendung. Weiters umfaßt die Erfindung ein Verfahren zur Wärmebehandlung eines martensitaushärtbaren Stahles mit verbesserter Zerspanbarkeit, welches Verfahren einen auch bei großem Querschnitt durchgehärteten Gegenstand bereitstellt.

In vielen Erzeugnissen des allgemeinen und technischen Bedarfes sind Kunststoffe enthalten, welche Kunststoffteile in der Regel eine bestimmte Form und Oberflächenbeschaffenheit aufweisen sollen. Eine Formgebung kann beispielsweise durch ein Pressen, ein Spritzpressen oder ein Spritzgießen von Massen in Formteilen vorgenommen werden. Die zur ästhetischen Beurteilung durch den Kunden wichtige Oberflächenbeschaffenheit der Teile wird im wesentlichen bei der Formgebung durch die Oberflächengüte des verwendeten Werkzeuges bestimmt.

Als Werkzeuge zur Formgebung von Kunststoffmassen und auch als Spannelemente wie Rahmen und dergleichen werden gewöhnlich Gegenstände bzw. Teile aus Stahl, insbesondere auch aus martensitausgehärteten Stählen verwendet. Bei der Bereitstellung einer Stahlsorte dieser Art sind für den genannten Zweck die Interessen des Formenbauers einerseits und die Interessen des Formenbenutzers andererseits zu berücksichtigen.

Der Formenbauer wünscht zu einer kurzfristig wirtschaftlichen Herstellung von Kunststoffformen und zugehörigen Teilen möglichst massive Werkstücke aus thermisch vergüteten Stab- oder Flachmaterial vom Lager zu verwenden, wodurch einerseits bei gleichzeitig geringem Abfall Produktionskosten durch Entfallen der Wärmebehandlung reduziert werden können. Andererseits können bei einer Fertigung aus bereits vergütetem Material einem Formenbenutzer Kunststoffformen oder Teile besonderer Maßgenauigkeit zur Verfügung gestellt werden, da Verzugserscheinungen einer Form durch eine der Formfertigung nachfolgende thermische Behandlung vermieden werden.

Von einem thermisch vergüteten Ausgangsmaterial fordert der Formenbauer zur leichten Bearbeitung und Erzielung einer hinreichenden Oberflächenqualität der Kunststoffteile insbesondere eine gute Zerspanbarkeit. Weiters wird eine vollständige Durchhärtung der verwendeten Werkstücke gefordert, damit über den gesamten Querschnitt gleichmäßige mechanische Eigenschaften der daraus hergestellten Kunststoffformen erzielt werden können.

Für den Formenbenutzer stellt aus wirtschaftlichen Gründen neben einer guten Schweißbarkeit zur kostengünstigen Erstellung und insbesondere Reparatur von Formen die Korrosionsbeständigkeit des Werkstoffes einen Aspekt hoher Bedeutung dar. Nur Kunststoffformen und Formteile aus hinreichend korrosionsbeständigen Stählen eignen sich zur oftmaligen Verwendung mit Zwischenlagerzeiten und/oder im Dauerbetrieb. Durch Füllstoffe, insbesondere jedoch durch Verunreinigungen der Kunststoffe, wie beispielsweise durch aus einer sauer katalysierten Polymerisation stammenden Säuren, stehen die Oberflächen der Formen im regelmäßigen Kontakt mit aggressiven, Korrosion verursachenden Chemikalien.

Bekannt ist, für die Herstellung von Kunststoffformen mit vergleichsweise hoher Korrosionsbeständigkeit, Stähle mit einem Chromgehalt von mehr als 12 Gew.-% zu verwenden. Solche Stähle sind durch die Legierungen mit den DIN-Werkstoffnummern 1.2085, 1.2314 oder 1.2316 bekannt. Stähle dieser Art weisen bei einem Chromgehalt von zumindest 14.0 Gew.-% einen Kohlenstoffgehalt von 0.33 Gew.-% und mehr auf, welche hohen Kohlenstoffgehalte bei einer Karbidebildung eine Erniedrigung der Chromkonzentration in der Matrix und somit eine Verringerung der Korrosionsbeständigkeit, insbesondere im Umfeld der Karbide, bewirken können.

Zur Erreichung besserer Korrosionsbeständigkeit werden durchwegs Stähle mit abgesenktem Kohlenstoffgehalt, wie beispielsweise ein Stahl mit der DIN-Werkstoffnummer 1.4005 verwendet. Ein kohlenstoffarmer, martensitischer Stahl wird auch in US 6,045,633 A Herstellung von Kunststoffformen vorgeschlagen. Ein derartiger Stahl enthält neben Eisen und herstellungsbedingten Verunreinigungen in Gewichtsprozent 1.0 - 1.6% Mangan, 0.25 - 1.0% Silicium, 0.5 - 1.3% Kupfer, 12.0 - 14.0% Chrom, 0.06 - 0.3% Schwefel, sowie weitere Elemente. Bei dieser Legierung soll zusätzlich zum abgesenkten Kohlenstoffgehalt eine Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit durch Kupfer bewirkt werden. Kupfergehalte in dieser Höhe können allerdings erhebliche Probleme bei einer Warmumformung von Werkstücken bedingen und insbesondere eine Ausbildung feiner Risse an der Oberfläche der bearbeiteten Werkstücke bewirken, welche Risse wiederum Spaltkorrosion begünstigen können.

Die bekannten Stähle für Kunststoffformen und dergleichen Teile können den vielfältigen

- Bedürfnissen der Formenbauer und Formenbenutzer durchaus hinsichtlich der mechanischen und korrosionschemischen Eigenschaften gerecht werden, allerdings wird bei Werkstoffen dieser Art eine oftmals unzureichende Zerspanbarkeit beobachtet. Weiters hat sich auch gezeigt, daß gegebenenfalls eine Durchhärtung von Werkstücken aus diesen Legierungen bei einer thermischen
- 5 Vergütung schwer erreicht wird, vor allem bei massiven Gegenständen mit großen Querschnitten, wie beispielsweise produktionstechnisch vorteilhaft anfallenden Schmiedestäben. Daraus können ungleichmäßige mechanische Eigenschaften der aus solchen Werkstücken erzeugten Formen und damit Schwachstellen in diesen resultieren, welche vorwiegend durch vorzeitiges Materialversagen deutlich werden.
- 10 Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde einen martensitaushärtbaren Stahl bereitzustellen, welcher Stahl gleichzeitig gute Schweißbarkeit, hohe Korrosionsbeständigkeit und verbesserte Zerspanbarkeit aufweist.
- 15 Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Wärmebehandlung eines martensitaushärtbaren Stahles mit verbesserter Zerspanbarkeit, welches Verfahren einen auch bei großem Querschnitt durchgehärteten Gegenstand bereitstellt, anzugeben.
- 20 Schließlich ist es Ziel der Erfindung Anwendungen eines erfindungsgemäßen Stahles darzustellen.
- 25 Die Aufgabe einen martensitaushärtbaren Stahl mit verbesserter Zerspanbarkeit, guter Schweißbarkeit und hoher Korrosionsbeständigkeit bereitzustellen, wird durch einen martensitaushärtbaren Stahl, enthaltend (in Gewichtsprozent)
- 0.02 - 0.075% Kohlenstoff
- 0.1 - 0.6% Silicium
- 0.5 - 0.95% Mangan
- 0.08 - 0.25% Schwefel
- 25 maximal 0.04% Phosphor
- 12.4 - 15.2% Chrom
- 0.05 - 1.0% Molybdän
- 0.2 - 1.8% Nickel
- 30 maximal 0.15% Vanadium
- 0.1 - 0.45% Kupfer
- maximal 0.03% Aluminium
- 0.02 - 0.08% Stickstoff,
- 35 sowie gegebenenfalls ein oder mehrere weitere Legierungselemente bis zu maximal 2.0%, Rest Eisen und herstellungsbedingte Verunreinigungen, welcher Stahl einen Ferritanteil im Gefüge von weniger als 28 Volumsprozent aufweist, gelöst.
- 40 Die Vorteile der Erfindung sind insbesondere darin zu sehen, daß durch abgestimmte legierungstechnische Maßnahmen ein martensitaushärtbarer Stahl bereitgestellt wird, welcher synergistisch einen mittels Wärmebehandlung gewünscht einstellbaren Ferritanteil im Gefüge und somit eine verbesserte Zerspanbarkeit aufweist, gleichzeitig jedoch mit einem Kohlenstoffgehalt von 0.02 - 0.075 Gew.-% und einem Chromgehalt von 12.4 - 15.2 Gew.-% eine hohe Korrosionsbeständigkeit und gute Schweißbarkeit sicherstellt. Dabei ist erfindungsgemäß ein Nickelgehalt von 0.2 - 1.8 Gew.-% vorgesehen, welcher einerseits zur Einstellung des Ferritanteiles im Gefüge genutzt wird. Andererseits wird durch Nickel in Verbindung mit Chrom eine Beständigkeit gegenüber reduzierenden Chemikalien erzielt, wodurch ein erfindungsgemäßer Stahl eine hohe chemische Resistenz erreicht.
- 45 Zur Bildung von die Zerspanbarkeit fördernden Mangansulfiden im Werkstoff sind Mangangehalte von 0.5 - 0.95 Gew.-% und Schwefelgehalte von 0.08 - 0.25 Gew.-% erfindungswesentlich, wobei das Verhältnis der Gehalte an Mangan und Schwefel so abzustimmen ist, daß eine vorteilhafte Zerspanbarkeit bei gleichzeitig guter Korrosionsbeständigkeit erreicht wird. Es wurden Hinweise gefunden, daß geringere Mangangehalte als 0.5 Gew.-% eine Tendenz zur Bildung von Chromsulfiden bewirken können, welche Chromsulfide die Zerspanbarkeit nachteilig beeinflussen. Hingegen sollte sich bei höheren Mangangehalten als 0.95 Gew.% regelmäßig eine Bildung von chromfreien Mangansulfiden ergeben. Calcium bis zu maximal 0.01 Gew.-% kann eine günstige isotrope Morphologie der Mangansulfideinschlüsse erbringen.
- 50 55 Kupfer ist im Bereich von 0.1 - 0.45 Gew.-% vorgesehen, welche Kupfergehalte zur Erhöhung

der Korrosionsbeständigkeit beitragen. Eine obere Grenze des Kupfergehaltes ist dabei mit 0.45 Gew.-% gegeben, bis zu welcher Grenze eine gute Warmumformbarkeit von Werkstücken, insbesondere großen Schmiedestücken, aus einem erfindungsgemäßen Stahl erreichbar ist.

Molybdän mit einem Gehalt von 0.05 bis 1.0 Gew.-% dient dem Erhalt einer gewünschten Umwandlungskinetik zur Härtesteigung beim Martensitaushärten und erweist sich im vorgeschriebenen Konzentrationsbereich zudem einerseits als günstig zur weitgehenden Unterdrückung einer Chromkarbidbildung und erhöht andererseits die Korrosionsbeständigkeit. Höhere Molybdängehalte als 1.0 Gew.-% hingegen senken die Rißbeständigkeit bei Warmumformungsprozessen von Werkstücken in einigen Temperaturbereichen.

Weitere Elemente eines erfindungsgemäßen Stahles sind mit Kohlenstoff, Silicium, Phosphor, Vanadium, Aluminium und Stickstoff mit den gemäß Anspruch 1 dargelegten Gewichtsanteilen vorgesehen.

Legierungsbestandteile, wie insbesondere auch Übergangsmetalle der 5. und 6. Periode, können mit einem Gesamtanteil bis zu 2 Gew.-%, ohne beobachtbaren nachteiligen Einfluß auf die Zerspanbarkeit anwesend sein und gegebenenfalls für eine Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit genutzt werden.

Ein erfindungsgemäßer Stahl weist in einer bevorzugten Ausgestaltung 0.80 - 0.90 Gew.-% Mangan und 0.10 - 0.16 Gew.-% Schwefel auf. In diesem Zusammensetzungsbereich mit einem Mn/S Gewichtsverhältnis von 5.0 bis 9.0 wird bei besonders verbesserter Zerspanbarkeit eine gute Korrosionsbeständigkeit erreicht, welcher Effekt dem Einfluß einer kugeligen Morphologie der Mangansulfidpartikel in der in Rede stehenden Ausgestaltung zugeordnet werden kann. Auch scheint bei einem stöchiometrischen Verhältnis von Mn/S < 3:1 eine Ausbildung gegebenenfalls auch geringfügig chromhälftiger Mangansulfidpartikel begünstigt zu sein, wodurch der Werkstoff vorteilhafte Korrosionseigenschaften erreichen kann.

Mit höheren Chromgehalten verbessert sich im wesentlichen die Korrosionsbeständigkeit von Legierungen, während deren Bearbeitbarkeit geringfügig abnimmt. Ein erfindungsgemäßer Stahl weist mit Vorteil 13.8 - 15.0%, vorzugsweise 14.1 - 14.7% Chrom auf, in welchen Zusammensetzungsbereichen die gewünschten vorteilhaften Eigenschaften gleichzeitig erreicht werden können.

In bezug auf gute Korrosionseigenschaften sowie eine exakte Ferritanteil-Einstellung und verbesserte Zerspanungseigenschaften, ist es wesentlich, daß ein erfindungsgemäßer Stahl mit Nickel in Gehalten von 0.25 - 1.6 Gew.-%, vorzugsweise 0.35 - 1.1 Gew.-% und insbesondere 0.8 - 1.0 Gew.-% legiert ist. Höhere Nickelkonzentrationen stabilisieren zumeist nachteilig Austenit bei höheren Temperaturen, wohingegen niedrigere Nickelgehalte das Umwandlungsverhalten des Werkstoffes beim thermischen Vergüten ungünstig beeinflussen.

Bei der Optimierung der Werkstoffeigenschaften hat sich ein Kupfergehalt von 0.25 - 0.35 Gew.-% als vorteilhaft herausgestellt. In diesem Bereich der Kupferkonzentration beträgt die durch dieses Legierungselement erwirkte Verbesserung der allgemeinen Korrosionsbeständigkeit bei warmumgeformten Gegenständen ein Maximum, wobei eine zunehmende Spaltkorrosionsneigung bei höheren Gehalten an Kupfer durch eine Ausbildung feiner Oberflächenrisse erklärt werden kann.

Eine gute Bearbeitbarkeit des erfindungsgemäßen Werkstoffes wird bei einem Ferritanteil im Gefüge bis zu 15 Vol.-% erreicht. Es können jedoch auch in vorteilhafter Weise, bei nur geringfügig geringerer Bearbeitbarkeit, Ferritanteile von bis zu 10 Vol.-% und bis zu 6 Vol.-% vorgesehen sein, wodurch die mechanischen Eigenschaften eines Formteiles, insbesondere quer zur Verformungsrichtung erhöht sind.

Die weitere Aufgabe ein Verfahren zur Wärmebehandlung eines martensitaushärtbaren Stahles mit verbesserter Zerspanbarkeit anzugeben, welches Verfahren einen auch bei großem Querschnitt durchgehärteten Gegenstand bereitstellt, wird dadurch gelöst, daß ein Stahlblock mit einer Zusammensetzung (in Gewichtsprozent) von

- 50 0.02 - 0.075% Kohlenstoff
- 0.1 - 0.6% Silicium
- 0.5 - 0.95% Mangan
- 0.08 - 0.25% Schwefel
- maximal 0.04% Phosphor
- 55 12.4 - 15.2% Chrom

0.05 - 1.0% Molybdän

0.2 - 1.8% Nickel

maximal 0.15% Vanadium

0.1 - 0.45% Kupfer

5 maximal 0.03% Aluminium

0.02 - 0.08% Stickstoff

sowie gegebenenfalls weitere Legierungselemente in Summe bis zu maximal 2.0%, Rest Eisen und herstellungsbedingte Verunreinigungen, in einem ersten Schritt einer Glühbehandlung zur Ausbildung und Einstellung eines Ferritanteiles im Gefüge unterworfen wird und in einem zweiten Schritt eine Warmverformung mit einem mindestens 4-fachen Verformungsgrad desselben erfolgt, wonach in einem dritten Schritt eine Weichglühung des Schmiedestückes und anschließend eine thermische Vergütung bestehend aus mindestens einer Härtbehandlung und mindestens einer Anlaßbehandlung durchgeführt werden.

10 Die Vorteile eines erfindungsgemäßen Verfahren sind darin zu sehen, daß ein wärmebehandelter metallischer Gegenstand bereitgestellt werden kann, welcher auch bei großen Querschnitten ein vollständig durchgehendes Härtegefüge aufweist, weshalb aus solchen Werkstücken Kunststoffformteile mit gleichmäßigen mechanischen Eigenschaften und hoher Güte erstellt werden können. Die vorteilhafte Durchhärtung kann dabei vorwiegend der Wirkung von Nickel im Verbund mit weiteren Legierungselementen zugeschrieben werden.

15 Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es möglich, eine Einstellung des Ferritgehaltes im Gefüge in weiten Bereichen zu treffen und damit die Zerspanbarkeit von Werkstücken zu beeinflussen.

20 Bei einem vorgesehenen Nickelgehalt von 0.2 - 1.8 Gew.-% kann, nach der Erfindung, in gezielter Weise jeweils durch eine Wahl der Glühbehandlungstemperatur und Zeit ein Ferritanteil im Gefüge von 0 bis 70 Volumenprozent eingestellt werden. Bei ausreichender Glühzeit folgt beispielweise der Ferritanteil nachstehenden empirischen Gleichungen in Abhängigkeit vom Nickelgehalt:

25 0.5% Nickel: Ferritanteil [Vol.-%] = $0.345 \times \text{Glühbehandlungstemperatur [}^{\circ}\text{C} \text{]} - 370$ (1)

1.0% Nickel: Ferritanteil [Vol.-%] = $0.355 \times \text{Glühbehandlungstemperatur [}^{\circ}\text{C} \text{]} - 390$ (2)

30 1.5% Nickel: Ferritanteil [Vol.-%] = $0.375 \times \text{Glühbehandlungstemperatur [}^{\circ}\text{C} \text{]} - 430$ (3)

Es kann auch bei vorgegebener Glühbehandlungstemperatur der Ferritanteil im Gefüge auf einfache Weise durch eine Veränderung des Nickelgehaltes im Stahl eingestellt werden.

35 Wenn, wie sich als vorteilhaft erwiesen hat, die Glühbehandlung zwischen 1080°C und 1350°C und für zumindest 12 Stunden, vorzugsweise für zumindest 24 Stunden, durchgeführt wird, kann eine genaue Einstellung der Ferritmenge mit einer günstigen Stabilität betreffend die Weiterverarbeitung des Werkstoffes sichergestellt werden.

40 In weiterer vorteilhafter Ausbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird durch eine Glühbehandlung der Ferritanteil im Gefüge (in Volumenprozent) bis zu 15%, vorzugsweise bis zu 10%, und insbesondere bis zu 6% Volumenprozent eingestellt, wodurch eine gewünscht gute Zerspanbarkeit der Werkstücke bei gleichzeitig guten Festigkeitseigenschaften erreicht wird.

45 Es wurde gefunden, daß sich der Ferritgehalt eines erfindungsgemäß erstellten Werkstückes besonders exakt festlegen läßt, wenn der Stahl (in Gewichtsprozent) 13.8 - 15.0%, vorzugsweise 14.1 - 14.7% Chrom und/oder 0.25 - 1.6%, vorzugsweise 0.35 - 1.1% und insbesondere 0.8 - 1.0% Nickel enthält, wobei in diesem Gehaltsbereich an Chrom und Nickel Werkstücke mit einer den Stand der Technik überragenden Korrosionsbeständigkeit erstellt werden können.

50 Wenn, wie sich gezeigt, der Stahl 0.25 bis 0.35 Gew.-% Kupfer enthält wird die Korrosionsbeständigkeit des Werkstoffes besonders verbessert. Kupferkonzentrationen von über 0.35 Gew.-% können jedoch Nachteile bei einer Warmumformung des Materials und verminderte Oberflächengüte des Teiles bewirken. Weiters kann die Neigung zur Spaltkorrosion des Werkstoff durch höhere Kupfergehalte als 0.35 Gew.-% vergrößert sein.

55 Die Verwendung eines erfindungsgemäßen Stahles hat sich beim Einsatz für Rahmenkonstruktionen für Kunststoffformen als besonders vorteilhaft und wirtschaftlich herausgestellt. Aufgrund verbesserter Zerspanbarkeit, hoher Korrosionsbeständigkeit und guter Schweißbarkeit eignet sich ein derartiger Stahl zur wirtschaftlichen Herstellung solcher Formenteile, welche sich im Gebrauch durch eine hohe chemische Widerstandsfähigkeit und lange Standzeit auszeichnen. Als besonders

günstig für eine Erstellung der Formen oder Teile, insbesondere im Hinblick auf höchste Wirtschaftlichkeit, hat sich eine Verwendung von Schmiedestücken aus der erfindungsgemäßen Legierung herausgestellt.

Im folgenden ist die Erfindung anhand von lediglich als beispielhaft zu verstehenden Ausführungen dargelegt.

Es zeigt Fig. 1 ein Schaubild über die Verschleißmarkenbreite des Werkzeuges in Abhängigkeit vom Standweg für Werkstücke aus einem erfindungsgemäßen Stahl (bezeichnet mit 1-3), sowie aus Vergleichsstählen (bezeichnet mit 4-6).

Zur Prüfung der Materialeigenschaften kamen erfindungsgemäß hergestellte Werkstücke und Vergleichswerkstücke mit chemischen Zusammensetzungen gemäß Tabelle 1 zur Anwendung. Die chemischen Zusammensetzungen der Werkstücke 1 bis 3 betreffen jeweils einen Stahl nach der Erfindung, jene mit der Bezeichnung 4 bis 6 betreffen aus dem Stand der Technik bekannte Vergleichsstähle.

Tabelle 1: Chemische Zusammensetzung untersuchter Werkstücke in Gew.-% (mit Ausnahme herstellungsbedingter Verunreinigungen).

Element	Zusammensetzung [Gew.%]					
	Werkstück 1	Werkstück 2	Werkstück 3	Werkstück 4	Werkstück 5	Werkstück 6
C	0.05	0.04	0.06	0.34	0.08	0.05
Mn	0.8	0.70	0.86	1.40	0.80	1.35
Si	0.34	0.43	0.37	0.35	0.45	0.48
S	0.24	0.1	0.14	0.12	0.18	0.22
P	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
Cr	13.9	12.5	14.5	16.0	12.8	12.6
Ni	0.63	0.4	0.95	0.65		
Cu	0.15	0.25	0.34			0.95
Mo	0.1	0.25	0.92	0.15		
V	0.06	0.03	0.09			0.08
Al	0.03	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04
Ni	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04
Rest	Fe	Fe	Fe	Fe	Fe	Fe

Die Werkstücke wurden einer Wärmebehandlung unterworfen, welche Wärmebehandlung in einem ersten Schritt aus einer 15 stündigen Glühbehandlung zwischen 1080°C und 1350°C bestand, wobei bei erfindungsgemäßen Werkstücken ein gewünschter Ferritgehalt bei gegebenem Nickelgehalt über die Temperatur eingestellt wurde. In einem zweiten Schritt wurden die Werkstücke jeweils bei circa 1000°C mit einem Verformungsgrad von 6-fach geschmiedet und danach einer Weichglühung bei 590°C unterworfen. Abschließend erfolgte eine thermische Vergütung, umfassend ein Härteten von 1020°C und ein Anlassen im Bereich von 530°C. Die Werkstücke wurden auf ihre Durchhärtung untersucht. Weiters wurde die Zerspanbarkeit geprüft und die Korrosionsbeständigkeit untersucht.

Die Durchhärtung der Werkstücke wurde quantitativ am Querschnitt der Werkstücke mittels fünf Härtetmessungen entlang der horizontalen Achse des Querschnitts beurteilt. Die Härteunterschiede in bezug auf den größten Härtewert lagen bei erfindungsgemäß erstellten Werkstücken jeweils innerhalb von maximal $\pm 5\%$, wohingegen die Vergleichswerkstücke 4, 5 oder 6 Unterschiede der Härte von $\pm 10\%$ und mehr aufweisen.

Zur Bestimmung der Zerspanbarkeit wurde ein mit Hartmetallwendeschneidplatten bestückter Torusfräser verwendet, wobei die Schnittparameter wie folgt gegeben waren:

Schnittgeschwindigkeit: 350 mmin⁻¹

Vorschub/Zahn: 0.3 mm

Die durch die Erfindung erzielte Verbesserung ist anhand von Fig. 1 dargelegt, aus welcher

günstig für eine Erstellung der Formen oder Teile, insbesondere im Hinblick auf höchste Wirtschaftlichkeit, hat sich eine Verwendung von Schmiedestücken aus der erfindungsgemäßen Legierung herausgestellt.

5 Im folgenden ist die Erfindung anhand von lediglich als beispielhaft zu verstehenden Ausführungen dargelegt.

Es zeigt Fig. 1 ein Schaubild über die Verschleißmarkenbreite des Werkzeuges in Abhängigkeit vom Standweg für Werkstücke aus einem erfindungsgemäßen Stahl (bezeichnet mit 1-3), sowie aus Vergleichsstählen (bezeichnet mit 4-6).

10 Zur Prüfung der Materialeigenschaften kamen erfindungsgemäß hergestellte Werkstücke und Vergleichswerkstücke mit chemischen Zusammensetzungen gemäß Tabelle 1 zur Anwendung. Die chemischen Zusammensetzungen der Werkstücke 1 bis 3 betreffen jeweils einen Stahl nach der Erfindung, jene mit der Bezeichnung 4 bis 6 betreffen aus dem Stand der Technik bekannte Vergleichsstähle.

15 **Tabelle 1:** Chemische Zusammensetzung untersuchter Werkstücke in Gew.-% (mit Ausnahme herstellungsbedingter Verunreinigungen).

20	Element	Zusammensetzung [Gew. %]					
		Werkstück	Werkstück	Werkstück	Werkstück	Werkstück	Werkstück
		1	2	3	4	5	6
	C	0.05	0.04	0.06	0.34	0.08	0.05
	Mn	0.8	0.70	0.86	1.40	0.80	1.35
	Si	0.34	0.43	0.37	0.35	0.45	0.48
25	S	0.24	0.1	0.14	0.12	0.18	0.22
	P	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
	Cr	13.9	12.5	14.5	16.0	12.8	12.6
	Ni	0.63	0.4	0.95	0.65		
30	Cu	0.15	0.25	0.34			0.95
	Mo	0.1	0.25	0.92	0.15		
	V	0.06	0.03	0.09			0.08
	Al	0.03	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04
	Ni	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04
35	Rest	Fe	Fe	Fe	Fe	Fe	Fe

40 Die Werkstücke wurden einer Wärmebehandlung unterworfen, welche Wärmebehandlung in einem ersten Schritt aus einer 15 stündigen Glühbehandlung zwischen 1080°C und 1350°C bestand, wobei bei erfindungsgemäßen Werkstücken ein gewünschter Ferritgehalt bei gegebenem Nickelgehalt über die Temperatur eingestellt wurde. In einem zweiten Schritt wurden die Werkstücke jeweils bei circa 1000°C mit einem Verformungsgrad von 6-fach geschmiedet und danach einer Weichglühung bei 590°C unterworfen. Abschließend erfolgte eine thermische Vergütung, umfassend ein Härteln von 1020°C und ein Anlassen im Bereich von 530°C. Die Werkstücke wurden auf ihre Durchhärtung untersucht. Weiters wurde die Zerspanbarkeit geprüft und die Korrosionsbeständigkeit untersucht.

45 Die Durchhärtung der Werkstücke wurde quantitativ am Querschnitt der Werkstücke mittels fünf Härtmessungen entlang der horizontalen Achse des Querschnitts beurteilt. Die Härteunterschiede in bezug auf den größten Härtewert lagen bei erfindungsgemäß erstellten Werkstücken jeweils innerhalb von maximal $\pm 5\%$, wohingegen die Vergleichswerkstücke 4, 5 oder 6 Unterschiede der Härte von $\pm 10\%$ und mehr aufweisen.

50 Zur Bestimmung der Zerspanbarkeit wurde ein mit Hartmetallwendeschneidplatten bestückter Torusräser verwendet, wobei die Schnittparameter wie folgt gegeben waren:

Schnittgeschwindigkeit: 350 mmin⁻¹

Vorschub/Zahn: 0.3 mm

55 Die durch die Erfindung erzielte Verbesserung ist anhand von Fig. 1 dargelegt, aus welcher

- mensetzung (in Gewichtsprozent) von
0.02 - 0.075% Kohlenstoff
0.1 - 0.6% Silicium
0.5 - 0.95% Mangan
5 0.08 - 0.25% Schwefel
maximal 0.04% Phosphor
12.4 - 15.2% Chrom
0.05 - 1.0% Molybdän
0.2 - 1.8% Nickel
10 maximal 0.15% Vanadium
0.1 - 0.45% Kupfer
max. 0.03% Aluminium
0.02 - 0.08% Stickstoff
15 sowie gegebenenfalls weiteren Legierungselemente bis zu maximal 2.0%, Rest Eisen und herstellungsbedingte Verunreinigungen, in einem ersten Schritt einer Glühbehandlung zur Ausbildung und Einstellung eines Ferritanteiles im Gefüge unterworfen wird und in einem zweiten Schritt eine Warmverformung mit mindestens 4-fachen Verformungsgrad desselben erfolgt, wonach in einem dritten Schritt eine Weichglühung und anschließend eine thermische Vergütung bestehend aus mindestens einer Härtebehandlung und mindestens einer Anlaßbehandlung durchgeführt werden.
- 20 8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Glühbehandlung zur Ausbildung und Einstellung eines Ferritanteiles im Gefüge zwischen 1080 und 1350°C und für zumindest 12 Stunden, vorzugsweise für zumindest 24 Stunden, durchgeführt wird.
- 25 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß durch die Glühbehandlung der Ferritgehalt (in Volumenprozent) auf bis zu maximal 15%, vorzugsweise bis zu 10%, und insbesondere bis zu 6% Volumenprozent eingestellt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Stahl (in Gewichtsprozent) 13.8 - 15.0%, vorzugsweise 14.1 - 14.7% Chrom und/oder 0.25 - 1.6%, vorzugsweise 0.35 - 1.1 % und insbesondere 0.8 - 1.0 % Nickel enthält.
- 30 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Stahl 0.25 - 0.35 Gew.-% Kupfer enthält.
12. Verwendung eines Stahles nach einem der Ansprüche 1 bis 6 für Rahmenkonstruktionen für Kunststoffformen.
- 35 13. Verwendung eines Stahles nach einem der Ansprüche 1 bis 6 für ein Schmiedestück mit einer Dicke von mindestens 0.32m und einer Querschnittsfläche von mindestens 0.1m², wärmebehandelt nach einem der Verfahren gemäß einem der Ansprüche 7 bis 9 zur Herstellung von durch spanende Bearbeitung gefertigte Kunststoffformen und/oder Formenteilen.

40

HIEZU 1 BLATT ZEICHNUNGEN

45

50

55

Fig. 1

