

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 90890088.9

51 Int. Cl.<sup>5</sup>: **C22C 38/04, C22C 38/08,**  
**C22C 38/06, C22C 38/16,**  
**C22C 38/60**

22 Anmeldetag: 27.03.90

30 Priorität: 24.04.89 AT 964/89

71 Anmelder: **BÖHLER Gesellschaft m.b.H.**  
**Nordwestbahnstrasse 12-14**  
**A-1201 Wien(AT)**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
31.10.90 Patentblatt 90/44

72 Erfinder: **Leban, Karl, Dipl.-Ing.**  
**Raugasse 4**  
**A-2700 Wiener Neustadt(AT)**

84 Benannte Vertragsstaaten:  
**BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU NL SE**

54 **Martensitaushärtbarer Stahl.**

57 Martensitaushärtbarer Stahl, insbesondere für die Herstellung von Kunststoffformen, welcher aus in Gew.-%

Kohlenstoff 0,06 - 0,2

Silizium 0,15 - 0,8

Mangan 1,4 - 3,6

Schwefel 0,12 - 0,4

Chrom 0 - 0,9

Nickel 2,8 - 4,3

Vanadin 0,03 - 0,15

Kupfer 0,1 - 4,0

Aluminium 0,1 - 4,0

Aluminium + Kupfer 0,9 - 4,1

Niob 0,03 - 0,12

Zirkon 0,01 - 0,1

Kalzium 0 - 0,01

Titan 0,01 - 0,1

Molybdän 0 - 1,0

Wolfram 0 - 1,0

Mo +  $\frac{W}{2}$  0 - 1,5

Rest Eisen und herstellungsbedingten Verunreinigungen besteht.

**EP 0 395 623 A1**

**Martensitaushärtbarer Stahl**

Die Erfindung bezieht sich auf einen martensitaushärtbaren Stahl, insbesondere für die Herstellung von Kunststoffformen, sowie dessen Verwendung.

5 Martensitaushärtbare Stähle mit 18 % Ni, 8 % Co, 5 % Mo und bis zu 1 % Ti, bei welchen ein Teil des Nickelgehaltes durch Mangan ersetzbar ist, weisen eine hohe Zugfestigkeit auf, sind jedoch wegen ihrer für die Aushärtung erforderlichen hohen Kobalt- und Molybdängehalte teuer. Kobalt- und molybdänfreie Stähle mit einem Gehalt von 12 % Mn, 5 % Ni und 4 % Ti können zwar ausgehärtet werden, jedoch weisen diese Stähle eine erschwerte Martensitbildung auf, haben daher für die praktische Verwendung als Werkstoff für Kunststoffformen zu hohe Restaustenitgehalte, wobei auch die hohen Titankonzentrationen zu unwirtschaftlich langen Auslagerungszeiten führen.

10 Für die Herstellung von Kunststoffformen werden vorwiegend der Kunststoffformenstahl DIN Werkstoff Nr. 1.2311 oder eine schwefelhaltige Variante DIN Werkstoff Nr. 1.2312 verwendet. Diese Stähle können vom Erzeuger auf eine Zugfestigkeit von 900 bis höchstens 1100 N/mm<sup>2</sup> vergütet und in diesem Zustand zu Formen bzw. Werkzeugen verarbeitet werden, um Maßänderungen oder Oberflächenbeeinträchtigungen bei einer Wärmebehandlung von fertigbeschichteten Werkzeugen zu vermeiden.

15 Dabei ist einerseits auf Grund der in steigendem Maße erschwerten Bearbeitbarkeit des Werkstoffes dessen Festigkeit limitiert, andererseits tritt ein hoher Werkzeugverschleiß bei der Zerspanung von Rohkörpern mit höheren Festigkeitswerten, z.B. 1050 N/mm<sup>2</sup> auf.

Aufgabe der Erfindung war daher, einen Stahl anzugeben, der insbesondere für die Erzeugung von Kunststoffformen geeignet ist und welcher Stahl im vergüteten Zustand eine Festigkeit von mindestens 1050 N/mm<sup>2</sup> sowie eine Härte von mindestens 38 HRC bei verbesserter Isotropie der mechanischen Werte aufweist, leicht spanabhebend bearbeitbar sowie entsprechend polierbar ist und in diesem Zustand ohne thermische Nachbehandlung eingesetzt werden kann. Zur Lösung dieser Aufgabe wird erfindungsgemäß ein Stahl mit einer Zusammensetzung gemäß Anspruch 1 vorgeschlagen.

25 Die herkömmlichen martensitaushärtbaren Stähle kommen wegen ihres hohen Legierungsgehaltes und der damit verbundenen Kosten, wegen der aufwendigen Herstelltechnologie für die Kunststoffformen und/oder wegen der schlechten Bearbeitbarkeit durch spanabhebende Formgebung mit hohem Werkzeugverschleiß nur begrenzt in Frage. Beim erfindungsgemäßen Stahl bzw. beim erfindungsgemäß zu verwendenden Stahl handelt es sich um eine Eisenbasislegierung mit den im Anspruch 1 angegebenen Komponenten. Im Stahl sind im Hinblick auf eine synergistische Wirkung die Legierungselemente in erfindungsgemäß entsprechender Konzentration enthalten, um gute Bearbeitbarkeit bei geringem Werkzeugverschleiß auch im ausgehärteten, hohe Zugfestigkeit und Härte des Materials aufweisenden Zustand zu erreichen, wobei gleichzeitig die Isotropie der mechanischen Werte, die Polierbarkeit bzw. erreichbare Oberflächenqualität und die Standzeit der Kunststoffformen verbessert werden. Es können dadurch auch große Kunststoffformen hergestellt werden, weil keinerlei thermische Nachbehandlung bzw. Auslagerung der bearbeiteten Form, die Verzugserscheinungen bewirken kann, erforderlich ist.

30 In der erfindungsgemäßen Legierung ist ein Kohlenstoffgehalt im Bereich von mindestens 0,06 % und höchstens 0,2 %, vorzugsweise 0,08 % bis 0,18 %, insbesondere 0,1 % bis 0,15 %, für ein Erreichen der entsprechenden Matrixfestigkeit - und Härte wichtig. Gehalte unter 0,06 % C erniedrigen die erreichbare Festigkeit, Gehalte über 0,2 % C führen zur Versprödung des Materials. Siliziumkonzentrationen unter 0,15 % bewirken einen schlechten Reinheitsgrad und solche über 0,8 % einen Abfall der Zähigkeit des Werkstoffes trotz Anstieges der Härte. Mangan wirkt austenitstabilisierend, insbesondere jedoch sulfidbildend, sodaß bei entsprechender Mangan- und Schwefelkonzentration die Zerspanungseigenschaften des Werkstoffes durch Sulfideinschlüsse verbessert werden. Bei Schwefelgehalten von 0,12 % bis 0,4 % ist eine Mangankonzentration von 1,4 % bis 3,6 % für eine Sulfidausscheidung mit entsprechender Morphologie und ein gewünschtes Ausmaß einer Austenitstabilisierung gegeben, wobei die günstigsten Werte bei 0,15 bis 0,25 % Schwefel und 1,8 bis 2,2 % Mangan gefunden wurden. Sulfide bzw. Sulfideinschlüsse können nach einer Warmumformung zu einer Zeilenstruktur des Werkstoffes und zu einer Anisotropie der mechanischen Eigenschaften führen und weiters Kolkverschleiß des Werkzeuges bei einer spanabhebenden Bearbeitung verursachen. Bei Zirkon- und Titangehalten von 0,01 bis 0,1 %, vorzugsweise von 0,02 bis 0,06 % 45 %, insbesondere von 0,03 bis 0,05 % wird die Sulfidmorphologie günstig beeinflusst, sodaß dadurch bei verbesserter Zerspanungseigenschaft des Werkstoffes eine gesteigerte Isotropie seiner mechanischen Eigenschaften und eine Verringerung des Werkzeugverschleißes bei der Bearbeitung erreicht werden. Kalziumgehalte bis 0,01 %, insbesondere in einem Bereich von 0,002 bis 0,006 %, bewirken ein Einformen von Tonerdespinelleinschlüssen und eine günstige Sulfidmorphologie in der erfindungsgemäß zusammengesetzten Schmelze. Durch diese Einflußmodifizierung wird die Isotropie der mechanischen Eigenschaften

ten und die Bearbeitbarkeit des Werkstoffes weiter verbessert, insbesondere erfolgt dabei eine wesentliche Verschleißminderung bzw. Standzeiterhöhung der spanabhebenden Werkzeuge. Vanadinegehalte von 0,03 bis 0,15 %, insbesondere von 0,05 bis 0,1 %, erbringen einen Sekundärhärteanstieg bei der Wärmebehandlung und bewirken eine Kornfeinung und damit verbunden eine hohe Materialzähigkeit. Niob erhält sich  
 5 ähnlich wie Vanadin, jedoch ist die kornfeinende Wirkung durch die hohe Kohlenstoffaktivität des Niobs stärker ausgeprägt, wobei Konzentrationen von 0,03 bis 0,12 % verbesserte und Gehalte von 0,05 bis 0,08 % die günstigsten Ergebnisse erbringen. Der erfindungsgemäße Stahl ist weiters mit Kohlenstoff, Mangan, Nickel, Kupfer und Aluminium legiert, welche Elemente beim Erwärmen auf eine Temperatur von über 800 ° C im Austenit gelöst und durch rasche Abkühlung auf Raumtemperatur in Lösung gehalten werden. Ein  
 10 Wiedererwärmen bzw. Auslagern bei Temperaturen um 500 ° C führt zu einem Ausscheiden der Legierungselemente aus dem Martensit bzw. zur Bildung intermetallischer Phasen oder Verbindungen, die einen Anstieg der Härte des Werkstoffes bewirken. Bei Mangangehalten von 1,4 bis 3,6 % und Nickelgehalten von 2,8 bis 4,3 % wirken dabei Kupferkonzentrationen von 0,1 bis 4,0 % und Aluminiumkonzentrationen von 0,1 bis 4,0 % festigkeits- und härtesteigernd. Um jedoch bei einem gewünschten Härte- und Festigkeitsanstieg auf mindestens 38 HRC, insbesondere 40 HRC, bzw. mindestens 1100 N/mm<sup>2</sup>, insbesondere 1200  
 15 N/mm<sup>2</sup> keinen unerwünschten Zähigkeitsverlust des Materials zu bewirken, sind Gehalte an Kupfer + Aluminium von 0,9 bis 4,1 % vorzusehen. Die besten Ergebnisse wurden bei der erfindungsgemäßen Legierung mit Gehalten von 1,8 bis 2,2 % Mangan, 3,4 bis 3,6 % Nickel, 0,4 bis 2,4 % Kupfer, 0,1 bis 2,1 % Aluminium gefunden, wenn der Wert von Kupfer und Aluminium zwischen 1,5 und 2,5 % lag. Chrom als  
 20 die Austenitbildung hinderndes Element soll eine Konzentration von 0,9 %, vorzugsweise 0,5 %, nicht übersteigen, weil bei höheren Gehalten die Ausscheidungsvorgänge der erfindungsgemäßen Legierungen nachteilig beeinflusst werden. Auch Molybdän und Wolfram, insbesondere kombiniert, wirken ab Konzentrationen von 1,0 % bzw. 1,5 % ungünstig, obwohl diese Elemente in höheren Gehalten in üblichen martensitahärtbaren Stählen als festigkeits- und härtesteigernde Komponenten oftmals erforderlich sind.  
 25 Im folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Beispiel 1:

30 Ein Stahl A mit einer Zusammensetzung gemäß der Tabelle 1 wurde auf eine Festigkeit von 1271 N/mm<sup>2</sup> und eine Härte von 40 HRC ausscheidungsgehärtet. Eine spanabhebende Bearbeitung erfolgte durch Drehen (Trockenschnitt) mit folgenden Parametern:  
 Schneidstoff : WSP SB20 SPUN 12 03 08  
 Schnittgeschwindigkeit V = 180 m /min  
 35 Schnitttiefe: a = 2,0 mm  
 Vorschub: s = 0,220 mm/U  
 Nach einer Schnittzeit von 20 Minuten wies das Werkzeug eine Verschleißmarkenbreite von VB = 0,15 mm auf. Im gleichen Test mit gleichen Parametern wurden die Stähle gemäß DIN Werkstoff Nr. 1.2311 und Werkstoff Nr. 1.2312 mit einer Festigkeit von 1250 N/mm<sup>2</sup> bearbeitet, wobei die Verschleißmarkenbreite der  
 40 Werkzeuge 0,26 mm bzw. 0,24 mm betrug. Im Vergleich mit Werkstoff Nr. 1.2312 waren bei Untersuchungen der mechanischen Eigenschaften und der erreichten Oberflächenqualität beim Polieren die erhaltenen Werte der Legierung A wesentlich verbessert.

45 Beispiel 2:

Ein Stahl B mit den Legierungskonzentrationen gemäß Tabelle 1 wurde auf eine Festigkeit von 1264 N/mm<sup>2</sup> und eine Härte von über 40 HRC ausscheidungsgehärtet. Wiederum ist im Vergleich mit Stählen gemäß Werkstoff Nr. 1.2311 und Werkstoff Nr. 1.2312 erfolgte ein Fräsen von Proben mit hartmetallbe-  
 50 stückten Schlagzahnfräsern bei folgenden Bedingungen:  
 Schnittgeschwindigkeit: V = 118 m /min  
 Vorschub: s = 0,24 mm/Zahn  
 Schnitttiefe: a = 2,0 mm  
 Die Verschleißmarkenbreite V der Werkzeuge bei einem zerspannten Volumen von 350 cm<sup>3</sup> betrug bei  
 55 Stahl B 0,23 mm, bei Werkstoff Nr.1.2311 0,35 mm und bei Werkstoff Nr. 1.2312 0,33 mm.

Beispiel 3:

## EP 0 395 623 A1

Vergleichende Erprobungen erfolgten beim Tieflochbohren mit hartmetallbestückten Einlippenbohrern ( Durchmesser 10 mm ) an einem Stahl C gemäß Tabelle 1 mit einer Festigkeit von 1280 N/mm<sup>2</sup>(40,5 HRC) und den Werkstoffen Nr. 1.2311 bzw. Nr. 1.2312 mit einer Festigkeit von 1040 bzw. 1080 N/mm<sup>2</sup>. Die Schnittgeschwindigkeit betrug jeweils 48 m/min, der Vorschub S = 0,125 mm/U. Die Bohrleistung bzw. der Bohrweg war in Stahl C 3171 mm , wogegen im werkstoff Nr. 1.2311 2018 mm und im Werkstoff Nr. 1.2312 2163 mm erreicht wurden, was eine ca. 47% höhere Bohrleistung beim erfindungsgemäßen Stahl C bedeutet.

Tabelle 1

Chemische Zusammensetzung														
Stahl	C	Mn	S	Cr	Ni	V	Nb	Cu	Al	Zr	Ti	Co	Si	Mo
A	0,14	2,19	0,25	0,22	3,52	0,09	0,06	2,05	0,42	0,03	0,04	0,003	0,63	0,28
B	0,11	1,97	0,18	0,51	3,43	0,1	0,04	1,23	1,03	0,07	0,03	-	0,28	0,40
C	0,08	1,62	0,16	0,43	3,69	0,07	0,08	0,79	1,34	0,04	0,06	0,005	0,31	-
Werkstoff Nr.1.2311	0,41	1,45	0,008	1,92	0,63	-	-	0,18	0,001	-	-	-	0,32	0,23
Werkstoff Nr. 1.2312	0,39	1,52	0,09	1,87	0,28	-	-	0,21	0,002	-	-	-	0,28	0,19

### Ansprüche

1. Martensitaushärtbarer Stahl, insbesondere für die Herstellung von Kunststoffformen, welcher aus in Gew.-%
  - Kohlenstoff 0,06 - 0,2
  - Silizium 0,15 - 0,8
  - Mangan 1,4 - 3,6
  - Schwefel 0,12 - 0,4
  - Chrom 0 - 0,9
  - Nickel 2,8 - 4,3
  - Vanadin 0,03 - 0,15
  - Kupfer 0,1 - 4,0
  - Aluminium 0,1 - 4,0
  - Aluminium + Kupfer 0,9 - 4,1
  - Niob 0,03 - 0,12
  - Zirkon 0,01 - 0,1
  - Kalzium 0 - 0,01
  - Titan 0,01 - 0,1
  - Molybdän 0 - 1,0
  - Wolfram 0 - 1,0
  - Mo +  $\frac{W}{2}$  0 - 1,5
- Rest Eisen und herstellungsbedingten Verunreinigungen besteht.
2. Martensitaushärtbarer Stahl gemäß Anspruch 1, welcher aus in Gew.-%
  - Kohlenstoff 0,08 - 0,18
  - Silizium 0,25 - 0,40
  - Mangan 1,6 - 2,8
  - Schwefel 0,15 - 0,3
  - Chrom 0 - 0,5
  - Nickel 3,3 - 3,7
  - Vanadin 0,05 - 0,1
  - Kupfer 0,3 - 3,0
  - Aluminium 0,1 - 2,8
  - Aluminium + Kupfer 1,0 - 3,1
  - Niob 0,04 - 0,09
  - Zirkon 0,02 - 0,06

## EP 0 395 623 A1

- Titan 0,02 - 0,06  
Kalzium 0 - 0,008  
Molybdän 0 - 0,8  
Wolfram 0 - 0,8  
5 Molybdän +  $\frac{W}{2}$  0 - 1,0  
Rest Eisen und herstellungsbedingten Verunreinigungen besteht.  
3. Martensitaushärtbarer Stahl gemäß Anspruch 1, welcher aus in Gew.-%  
Kohlenstoff 0,10 - 0,15  
Silizium 0,25 - 0,35  
10 Mangan 1,8 - 2,2  
Schwefel 0,15 - 0,25  
Chrom 0 - 0,5  
Nickel 3,4 - 3,6  
Vanadin 0,05 - 0,1  
15 Kupfer 0,4 - 2,4  
Aluminium 0,1 - 2,1  
Aluminium + Kupfer 1,5 - 2,5  
Niob 0,05 - 0,08  
Zirkon 0,03 - 0,05  
20 Titan 0,03 - 0,05  
Kalzium 0,002 - 0,006  
Molybdän 0 - 0,8  
Wolfram 0 - 0,8  
Molybdän +  $\frac{W}{2}$  0 - 1,0  
25 Rest Eisen und herstellungsbedingten Verunreinigungen besteht.  
4. Martensitaushärtbarer Stahl, insbesondere für die Herstellung von Kunststoffformen, welcher zusätzlich in Gew.-%  
0,12 - 0,4, vorzugsweise 0,15 - 0,30, insbesondere 0,15 - 0,25 Schwefel  
0,01 - 0,1, vorzugsweise 0,02 - 0,06, insbesondere 0,05 - 0,08 Zirkon,  
30 0,01 - 0,1, vorzugsweise 0,02 - 0,06, insbesondere 0,05 - 0,08 Titan,  
0,001 - 0,01 Kalzium, enthält.  
5. Verwendung eines martensitaushärtbaren Stahles gemäß Anspruch 1 oder 2 oder 3 als Werkstoff zur  
Herstellung von Kunststoffformen.

35

40

45

50

55



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
X	US-A-3 824 096 (CHIAKI ASADA et al.) * Patentansprüche 1,2,4; Spalte 2, Zeilen 22-39 *	1-3,5	C 22 C 38/04 C 22 C 38/08 C 22 C 38/06
A	US-A-2 715 576 (PAYSON et al.) * Patentansprüche 1-15; Spalte 2, Zeilen 63-68; Spalte 1, Zeilen 17-27 *	1-3	C 22 C 38/16 C 22 C 38/60
A	FR-A-2 189 182 (STORA KOPPARBERGS BERGSLAGS AB) * Patentansprüche 1,3 *	1,5	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			C 22 C 38
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 01-08-1990	Prüfer LIPPENS M.H.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		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 andern Gründen angeführtes Dokument ..... & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
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			