



(19) österreichisches  
patentamt

(10) **AT 504 331 B1 2008-05-15**

(12)

## Patentschrift

- (21) Anmeldenummer: A 1814/2006 (51) Int. Cl.<sup>8</sup>: **G10D 7/06** (2006.01)  
**G10D 9/02** (2006.01)  
(22) Anmeldetag: 2006-10-27  
(43) Veröffentlicht am: 2008-05-15

(56) Entgegenhaltungen:

JP 63-118054A US 2004/0187972A1  
JP 63-213641A JP 2001-200341A  
US 5435827A1

(73) Patentanmelder:

BÖHLER EDELSTAHL GMBH  
A-8605 KAPFENBERG (AT)

(72) Erfinder:

PUTZGRUBER ERNST  
BRUCK/MUR (AT)  
CALISKANOGLU ZIYA DEVRIM DR.  
BRUCK/MUR (AT)

### (54) STAHLLEGIERUNG FÜR SPANABHEBENDE WERKZEUGE

(57) Die Erfindung bezieht sich auf eine Stahllegierung für spanabhebenden Werkzeuge.

Um eine feine Erstarrungsstruktur sowie eine gute Warmumformbarkeit des Blockes zu erhalten und daraus einen Werkzeugwerkstoff mit hoher Härteannahme und hoher Anlassbeständigkeit wirtschaftlich zu schaffen, ist erfindungsgemäß eine Stahllegierung, im Wesentlichen bestehend aus den Elementen in Gew.-% von:

C	=	0.76	bis	0.89
Si	=	0.41	bis	0.59
Mn	=	0.15	bis	0.39
Cr	=	3.60	bis	4.60
Mo	=	2.00	bis	3.15
W	=	1.50	bis	2.70
V	=	0.80	bis	1.49
Al	=	0.60	bis	1.40
P	=	MAX		0.03
S	=	0.001	bis	0.30
N	=	0.01	bis	0.10

Fe sowie Verunreinigungselemente als Rest vorgesehen.

**AT 504 331 B1 2008-05-15**

DVR 0078018

Die Erfindung bezieht sich auf eine Stahllegierung für spanabhebende Werkzeuge.

Bei einer Spanabnahme von Werkstücken wird der Schneidenbereich des Werkzeuges mehrfach hoch belastet. Der Werkzeugwerkstoff muss, um der Summenbelastung zu widerstehen, gleichzeitig hohe Härte und Zähigkeit sowie dgl. Abriebfestigkeit aufweisen, welche Eigenschaften bis zu hohen Temperaturen, beispielsweise 550°C und darüber erhalten bleiben sollen. Nur derart sind hohe Standzeiten des Werkzeuges und ein wirtschaftlicher Einsatz desselben erreichbar.

Eine Belastung, besser dargelegt das Profil einer Belastung, eines Schneidkantenbereiches eines Werkzeuges beim Schnitt bzw. bei einer Abspannung hängt wesentlich von der Art und den Eigenschaften des Werkstückwerkstoffes ab. So wurden beispielsweise Schnellarbeitsstähle mit unterschiedlichen chemischen Zusammensetzungen, insbesondere abgestimmt auf die spezifischen Beanspruchungen bei der Spanabnahme von Werkstücken mit unterschiedlichen Eigenschaften entwickelt und zählen zum Stand der Technik.

Schnellarbeitsstähle weisen allerdings vorwiegend hohe Gehalte an einem oder mehreren teuren Legierungselementen wie Molybdän, Wolfram, Vanadin, Niob und Kobalt auf. Wolfram und/oder Molybdän können bis zu Gehalten von 20 Gew.-% und höher vorgesehen sein, wobei Vanadin in üblichen PM-Schnellstählen mit Gehalten von 1.2 bis 15 Gew.-% zulegiert sein kann.

Wie vorher mittels einer PM-Erzeugungsvariante angedeutet, ist ein Problem in der Erstarrungsstruktur in Abhängigkeit von der chemischen Zusammensetzung der Legierung zu sehen. In der EP 1 469 094 A1 wird beispielsweise vorgeschlagen, einen Schnellstahlschmelzblock einer Langzeit-Lösungsglühbehandlung zu unterwerfen, wobei eine Abkühlung von 1200°C bis 1300°C auf eine Temperatur von weniger als 900°C mit einer Geschwindigkeit von mehr als 3°C/min erfolgen soll. Derart sind geringe Karbidgrößen mit gleichmäßiger Karbidverteilung im Werkzeugwerkstoff und folglich eine hohe Zähigkeit desselben erreichbar.

Einen Stahl für spanabhebende Werkzeuge mit niedrigen Kosten für Legierungselemente offenbart die AT 412 285 B. Dieser insbesondere für Kreissägen vorteilhaft verwendbare Stahl nutzt ein bestimmtes Aluminium-zu-Stickstoff-Verhältnis, um den Spanverschleiß am Werkzeug gering zu halten. Allerdings arbeiten Sägezähne bei einer Spanabnahme meist bei geringeren Temperaturen, sodass zumeist keine ausgeprägte Anlass temperaturbeständigkeit des Werkstoffes gefordert ist.

Die Erfindung zielt nun darauf ab, einen Stahl für spanabhebende Werkzeuge zu schaffen, welcher eine feine Erstarrungsstruktur und eine gute Warm-Umformbarkeit aufweist, eine hohe Härteannahme und Anlassbeständigkeit besitzt und hohe Wirtschaftlichkeit bzw. ein günstiges Preis-Leistungsverhältnis zeigt.

Dieses Ziel, welches summarisch erstarrungstechnische, umformtechnische, härtetechnische und wirtschaftliche Probleme löst, wird gemäß der Erfindung erreicht mit einer Stahllegierung für spanabhebende Werkzeuge, bestehend aus den Elementen in Gew.-% von:

C	=	0.76	bis	0.89
Si	=	0.41	bis	0.59
Mn	=	0.15	bis	0.39
Cr	=	3.60	bis	4.60
Mo	=	2.00	bis	3.15
W	=	1.50	bis	2.70
V	=	0.80	bis	1.49
Al	=	0.60	bis	1.40
P	=		MAX	0.03

S = 0.001 bis 0.30  
N = 0.01 bis 0.10

Fe sowie Verunreinigungselemente als Rest.

5

Die Zusammensetzung der Stahllegierung nach der Erfindung hat metallurgischtechnische Vorteile, die synergetisch auf einen engen Konzentrationsbereich der Legierungselemente beschränkt sind.

10

Der Kohlenstoffgehalt bzw. die Kohlenstoffaktivität steht in Wechselwirkung mit dem monokarbidbildenden Element Vanadin, mit den starken Karbidbildnern Molybdän und Wolfram sowie mit Chrom, wobei das Legierungselement Aluminium, welches das Gebiet der kubischflächenzentrierten Atomstruktur der Legierung stark einengt, auch, wie sich zeigte, die Erstarrungsstruktur und somit eine Verformbarkeit des Werkstoffes günstig beeinflusst sowie auf ein Härteverhalten und auf eine Anlassbeständigkeit des Werkzeuges hohe Wirkung zeigt.

15

Im Bereich zwischen 0.60 und 1.40 Gew.-% Aluminium in der Legierung nach der Erfindung wird eine grobe Karbidausscheidung bei einer ledeburitischen Resterstarrung der Schmelze vermindert und eine feinkörnige Karbidbildung im Erstarrungsgefüge erreicht.

20

Im Vergleich mit einem Schnellarbeitsstahl-Gussblock der Legierung HS 6-5-2 bzw. DIN Werkstoff Nr. 1.3343 zeigte ein Block mit gleichen Dimensionen jedoch aus einer erfindungsgemäße Legierung eine bessere Verformbarkeit bei höheren Stichabnahmen.

25

Nach einer Weichglühbehandlung wurde mikroskopisch eine weitgehend gleichmäßige Verteilung der Karbide mit geringer Korngröße im Walzmaterial nach der Erfindung festgestellt.

Materialuntersuchungen nach einer thermischen Vergütung mit einer Härtung von einer Temperatur von 1190°C bis 1230°C mit nachfolgender Abkühlung in Öl und einem Anlassen in einem Temperaturbereich von 500°C bis 580°C zeigten folgende Ergebnisse:

30

Kohlenstoff ab einem Gehalt von 0.76 Gew.-% führt mit einer Konzentration von größer 0.8 Gew.-% Vanadin sowie von größer 1.5 Gew.-% Wolfram und mindestens 2.0 Gew.-% Molybdän in Anwesenheit von mindestens 3.60 Gew.-% Chrom zu einer gewünschten Härteannahme des Werkstückes, wobei Aluminium mit mindestens 0.60 Gew.-% die Durchhärtung fördert, hohe Materialzähigkeit bewirkt und insbesondere die Anlassbeständigkeit zu höheren Temperaturen und längeren Zeiten verschiebt. Höhere Gehalte an Kohlenstoff von 0.89 Gew.-%, an Vanadin von 1.49 Gew.-%, an Wolfram von 2.70 Gew.-% und an Chrom von 4.60 Gew.-% führen auch bei Gehalten von 1.40 Gew.-% Aluminium zu groben Karbidausscheidungen aus der Schmelze und zu nachteilig groben Karbidkörnern im Werkstoff, wobei höhere Aluminiumkonzentrationen als 1.40 Gew.-% auch eine allgemeine Grobkornbildung verursachen können. Es wurde auch gefunden, dass bei den Aluminiumgehalten der Stickstoff in Konzentrationsgrenzen von 0.01 bis 0.1 Gew.-% kornfeinernd und eigenschaftsverbessernd für das Werkzeug wirkt. Höhere Stickstoffgehalte bilden jedoch zumeist in nachteiliger Weise grobe inhomogen verteilte Nitride im Werkstoff.

35

40

45

Silizium in den engen Grenzen von 0.41 bis 0.59 Gew.-% im Stahl hat einen vorteilhaften Einfluss auf den Einschlussgehalt und die Härtebarkeit des Werkstoffes, wobei Mangan unterstützend wirkt. Eine Schwefelabbindung zu Mangansulfid kann von einem Teil des Mangangehaltes in der Legierung, welcher Werte von 0.15 bis 0.39 Gew.-% aufweist, sichergestellt werden.

50

Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung, die die Eigenschaften der Stahllegierung weiter verbessern können, werden erreicht, wenn diese ein oder mehrere der Elemente in einem engeren Konzentrationsbereich in Gew.-% von:

55

C	=	0.80	bis	0.85
Si	=	0.45	bis	0.55
Mn	=	0.20	bis	0.30
Cr	=	4.00	bis	4.39
Mo	=	2.40	bis	2.80
W	=	1.90	bis	2.30
V	=	1.00	bis	1.20
Al	=	0.80	bis	1.20

10 aufweist.

Es wurde gefunden, dass es günstig für die Materialzähigkeit und vorteilhaft für die Härtean-  
nahme des Werkstoffes ist, wenn Molybdän und Wolfram mit Mindestgehalten von 2.00 Gew.-%  
und 1.50 Gew.-% in der Stahllegierung in einem ausgewogenen Verhältnis enthalten sind. In  
einer besonders bevorzugten Ausführungsform weist die erfindungsgemäße Legierung eine  
Konzentration von Molybdän plus der Hälfte der Konzentration von Wolfram einen Wert zwi-  
schen 3.3 und 4.0 auf, insbesondere kann mit einem Wert zwischen 3.4 und 3.9 ein überdurch-  
schnittlich günstiges Eigenschaftsprofil des thermisch vergüteten Werkzeuges erreicht werden.

Ein spanabhebendes Werkzeug, bestehend aus einer vorzugsweise mindestens 4.1-fach ver-  
formten und thermisch vergüteten Stahllegierung mit einer chemischen Zusammensetzung  
gemäß der Erfindung, besitzt zumindest im spanabhebenden Bereich eine Materialhärte von  
größer 63 HRC, hat eine aus angelassenem Martensit gebildete Mikrostruktur, besitzt gute  
Gebrauchseigenschaften und hohe Zähigkeit im spanabhebenden Betrieb. Die wirtschaftlichen  
Vorteile der Stahllegierung resultieren aus einer etwa Halbierung der Legierungskosten für  
Molybdän, Wolfram und Vanadin.

Als ein Ausführungsbeispiel der Erfindung, welches Werkzeuge mit verschiedenen Zusammen-  
setzungen des Stahles im Vergleich mit solchen aus dem Werkstoff HS 6-5-2 bzw. DIN Werk-  
stoff Nr. 1.3343 zeigt, wird im Folgenden näher beschrieben:

Drehmesser, die durch Härten und dreimaligen Anlassen thermisch vergütet worden waren,  
wurde im spanabnehmenden Testbetrieb an einem Werkstück aus dem Werkstoff St33 bzw.  
aus DIN Werkstoff Nr. 1.0035 im unterbrochenen Schnitt erprobt.

Die chemische Zusammensetzung und die Härte der Drehmesser sind in der nachfolgenden  
Tabelle 1 und Tabelle 2 angegeben.

Werkstoff	C	Si	Mn	Cr	Mo	W	V	Al	N	S	Mo+W/2
1. HS 6-5-2	0.87	0.26	0.25	3.96	4.81	6.68	1.83	-	-	0.015	8.15
2. HS 6-5-2	0.90	0.21	0.34	4.19	5.20	6.56	1.90	-	-	0.009	8.48
Vers. Leg. A	0.80	0.48	0.38	4.51	2.23	2.59	0.92	0.71	0.009	0.02	3.53
Vers. Leg. S	0.83	0.50	0.26	4.20	2.61	2.11	1.11	1.02	0.03	0.064	3.67
Vers. Leg. C	0.88	0.47	0.21	3.74	3.06	1.75	1.38	1.32	0.008	0.005	3.90

Tabelle 1

Werkstoff	Härte in HRC
1. HS 6-5-2	64
2. HS 6-5-2	65
Vers. Leg. A	64

Werkstoff	Härte in HRC
Vers.Leg. S	65
Vers.Leg. C	66

Tabelle 2

Bis zum Ausscheiden der Drehmesser im Testbetrieb wegen Verschleiß erfolgten Begutachtungen des Schneidenbereiches, deren Ergebnisse vergleichend in Tabelle 3 angegeben sind, wobei die Werte der Legierung 1 HS 6-5-2 mit jeweils 100% bezeichnet wurde.

Werkstoff	Einsatzzeit %	Schneidhaltigkeit %	Beständigkeit gegen Kolkverschleiß %
1. HS 6-5-2	30%	100	100
2. HS 6-5-2	30%	105	110
Vers.Leg. A	30%	92	98
Vers.Leg. S	30%	96	100
Vers.Leg. C	30%	94	100
1. HS 6-5-2	60%	100	100
2. HS 6-5-2	60%	Bruch der Werkzeugschneide	
Vers.Leg. A	60%	93	98
Vers.Leg. S	60%	97	100
Vers.Leg. C	60%	95	99
1. HS 6-5-2	90%	100	100
2. HS 6-5-2	90%	-	-
Vers.Leg. A	90%	92	89
Vers.Leg. S	90%	95	92
Vers.Leg. C	90%	92	94

Tabelle 3

An Proben der Versuchslegierung S mit der Bezeichnung S 419 wurden im Vergleich mit 2. HS 6-5-2 Untersuchungen, die Zähigkeit und die Härte in Abhängigkeit der Anlasstemperatur betreffend, durchgeführt.

Fig. 1 zeigt die Zähigkeit (bending strenght) gemessen mit Schlagbiegeproben nach STAHL-EISEN-Prüfblätter (SEP) nach einem Härten von einer Härtetemperatur  $T_H$  von 1200°C bzw. 1120°C und einem Anlassen im Temperaturbereich zwischen 500°C und 580°C. bzw. 540°C und 580°C. Eine wesentlich höhere Zähigkeit des erfindungsgemäßen Werkstoffes ist auch durch die geringere Karbidmenge von 4 Vol.-% (HS 6-5-2 ca. 10 Vol.-%) begründet.

In Fig. 2 ist die Werkstoffhärte bei einer Härtung von 1200°C bzw. von 1120°C in Abhängigkeit von der Anlasstemperatur wiedergegeben. Bei steigenden Anlasstemperaturen von größer 500°C nähern sich die Härtewerte der Versuchslegierung von unten an jene des 2. HS 6-5-2 an und erreichen bei 580°C das gleiche Niveau von 65 HRC.

## Patentansprüche:

1. Stahllegierung für spanabhebende Werkzeuge, bestehend aus den Elementen in Gew.-% von:

	C	=	0.76	bis	0.89
	Si	=	0.41	bis	0.59
	Mn	=	0.15	bis	0.39
	Cr	=	3.60	bis	4.60
5	Mo	=	2.00	bis	3.15
	W	=	1.50	bis	2.70
	V	=	0.80	bis	1.49
	Al	=	0.60	bis	1.40
	P	=		MAX	0.03
10	S	=	0.001	bis	0.30
	N	=	0.01	bis	0.10

Fe sowie Verunreinigungselemente als Rest.

2. Stahllegierung nach Anspruch 1, enthaltend ein oder mehrere der Elemente in einem Konzentrationsbereich in Gew.-% von:

	C	=	0.80	bis	0.85
	Si	=	0.45	bis	0.55
	Mn	=	0.20	bis	0.30
20	Cr	=	4.00	bis	4.39
	Mo	=	2.40	bis	2.80
	W	=	1.90	bis	2.30
	V	=	1.00	bis	1.20
	Al	=	0.80	bis	1.20

3. Stahllegierung nach Anspruch 1 oder 2, in welcher die Konzentration von Molybdän plus der Hälfte der Konzentration von Wolfram einen Wert zwischen 3.3 und 4.0 aufweist, bevorzugt einen Wert zwischen 3.4 und 3.9 besitzt.

4. Spanabhebendes Werkzeug, bestehend aus einer verformten und thermisch vergüteten Stahllegierung gemäß der Ansprüche 1 bis 3, mit einer zumindest im spanabhebenden Bereich vorliegenden Materialhärte von größer 63 HRC und einer aus angelassenem Martensit gebildeter Mikrostruktur.

**Hiezu 1 Blatt Zeichnungen**

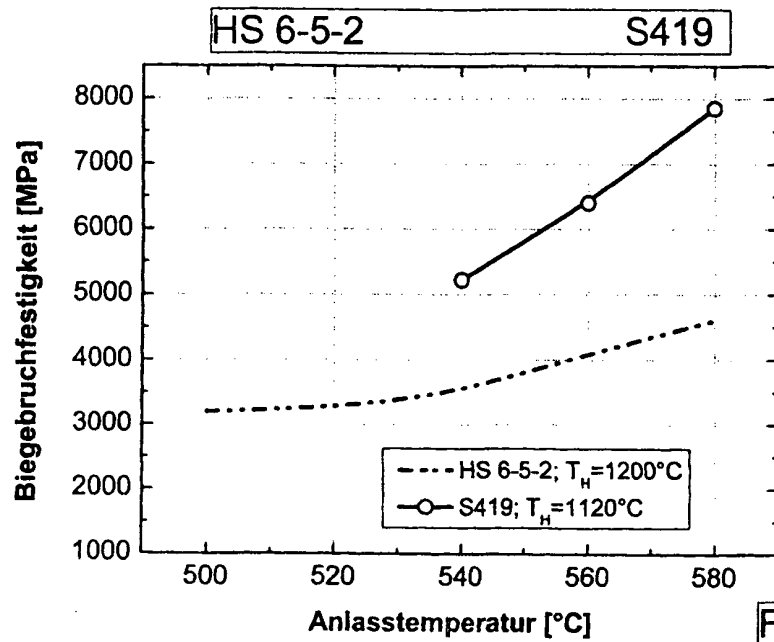


Fig. 1

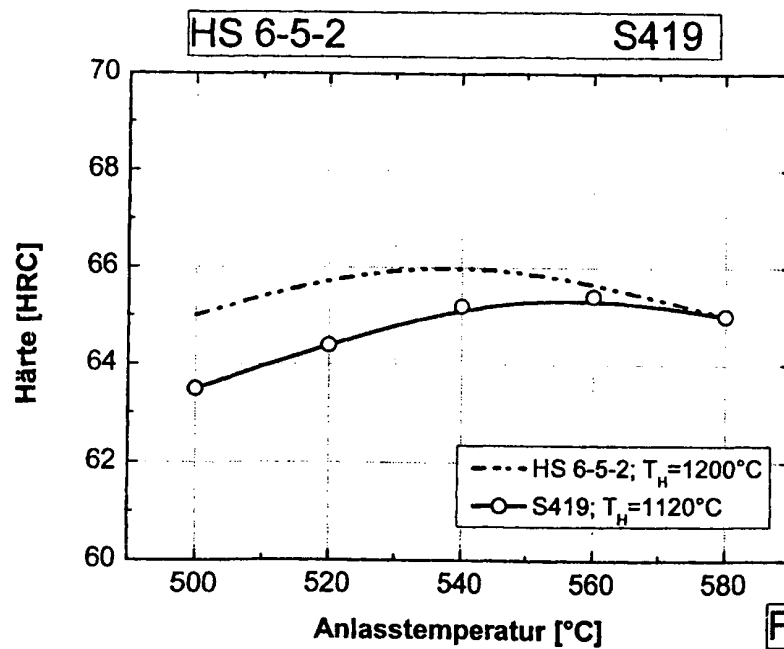


Fig. 2