

(19)



österreichisches
patentamt

(10)

AT 506 790 A4 2009-12-15

(12)

Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: **A 1815/2008**

(22) Anmeldetag: **20.11.2008**

(43) Veröffentlicht am: **15.12.2009**

(51) Int. Cl.⁸: **C22C 38/22** (2006.01),
C22C 38/24 (2006.01),
C22C 38/44 (2006.01),
C22C 38/46 (2006.01)

(73)Patentinhaber:

BÖHLER EDELSTAHL GMBH & CO KG
A-8605 KAPFENBERG (AT)

(72)Erfinder:

SILLER INGO DIPL.ING. DR.
SEMRIACH (AT)
CALISKANOGLU DEVRIM DIPL.ING. DR.
BRUCK/MUR (AT)
ZINNER SILVIA DIPL.ING.
ST. LORENZEN (AT)
SCHWEIGER HERBERT ING.
WARTBERG (AT)

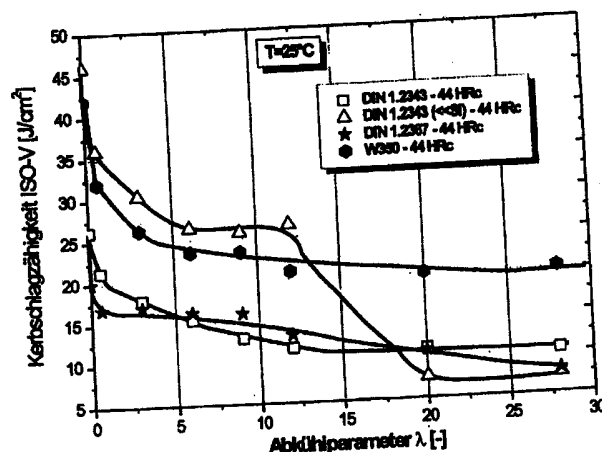
(54) WARMARBEITSSTAHL-LEGIERUNG

(57) Die Erfindung bezieht sich auf eine Warmarbeitsstahl-Legierung, enthaltend die Elemente Kohlenstoff (C), Silicium (Si), Mangan (Mn), Chrom (Cr), Molybdän (Mo), Vanadin (V), Stickstoff (N) und Verunreinigungselemente sowie Eisen als Rest.

Um bei einer thermischen Vergütung eine hohe Härte und eine verbesserte Zähigkeit des Werkstoffes auch bei niedrigen Abkühlraten zu erreichen, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Legierungselemente Gehalte in Gew.-% von

Kohlenstoff (C)	0.35	bis	0.42
Silicium (Si)	0.15	bis	0.29
Mangan (Mn)	0.40	bis	0.70
Chrom (Cr)	4.70	bis	5.45
Molybdän (Mo)	1.55	bis	1.95
Vanadin (V)	0.40	bis	0.75
Stickstoff (N)	0.011	bis	0.016

aufweisen.



AT 506 790 A4 2009-12-15

Zusammenfassung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Warmarbeitsstahl-Legierung, enthaltend die Elemente Kohlenstoff (C), Silicium (Si), Mangan (Mn), Chrom (Cr), Molybdän (Mo),
5 Vanadin (V), Stickstoff (N) und Verunreinigungselemente sowie Eisen als Rest.

Um bei einer thermischen Vergütung eine hohe Härte und eine verbesserte Zähigkeit des Werkstoffes auch bei niedrigen Abkühlraten zu erreichen, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Legierungselemente Gehalte in Gew.-% von

10	Kohlenstoff (C)	0.35	bis	0.42
	Silicium (Si)	0.15	bis	0.29
	Mangan (Mn)	0.40	bis	0.70
	Chrom (Cr)	4.70	bis	5.45
	Molybdän (Mo)	1.55	bis	1.95
15	Vanadin (V)	0.40	bis	0.75
	Stickstoff (N)	0.011	bis	0.016

aufweisen.

Warmarbeitsstahl-Legierung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Warmarbeitsstahl-Legierung mit hoher Zähigkeit und gleichzeitig großer Einhärttiefe bzw. verbesserter, martensitischer

5 Durchhärthbarkeit bei einem thermischen Vergüten von Erzeugnissen wie beispielsweise Druckgießformen oder Strangpressmatrizen und dgl..

Ein thermisches Vergüten eines Teiles, zB. aus Warmarbeitsstahl, zur Einstellung einer hohen Materialhärte bei Einsatztemperaturen des Teiles bis zu 550°C und

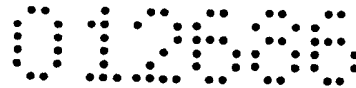
10 höher beinhaltet im Wesentlichen ein Anwärmen des Werkstoffes auf eine Temperatur, bei welcher dieser eine kubisch-flächenzentrierte Atomstruktur bzw. ein austenitisches Gefüge hat, gefolgt von einer forcierten Abkühlung zur Erlangung eines Martensitgefüges und einer nachfolgenden, gegebenenfalls mehrmaligen Anlassbehandlung bei Temperaturen von zumeist über 500°C. Während des

15 Anlassens werden einerseits die bei der Abkühlung und Gefügeumwandlung gebildeten Spannungen im Werkstoff zumindest teilweise abgebaut und andererseits durch Karbidausscheidungen die Materialhärte erhöht bzw. eine sog. sekundäre Härtesteigerung erreicht.

20 Eine Umwandlung eines austenitischen Gefüges in eine Martensitstruktur erfordert, wie dem Fachmann bekannt ist, eine Mindestabkühlgeschwindigkeit des Werkstoffes, weil diese Umwandlung aufgrund einer ausgeprägt hohen Unterkühlung als diffusionsloser Umklappprozess der Atomstruktur erfolgt. Niedrigere Abkühlraten führen zur Bildung eines Bainit- oder Perlit-Gefüges.

25 Die Eigenschaften eines Werkstoffes sind von dessen chemischer Zusammensetzung und von dessen durch eine Wärmebehandlung eingestellten Gefügestruktur abhängig und ergeben daraus ein bestimmtes Eigenschaftsprofil eines Teiles.

30 Mit anderen Worten: Die chemische Zusammensetzung eines Werkstoffes und die Intensität der Abkühlung bzw. der Wärmeabfuhr von der Oberfläche beim Härten des Teiles bestimmen die Gefügestruktur im Bereich der Oberfläche und aufgrund der Rückwärmung aus dem Teilinneren die Gefügebildung in Abhängigkeit vom



Abstand zur Teiloberfläche. Die jeweilige örtliche Gefügestruktur ist für die örtlich gegebenen Materialeigenschaften des thermisch vergüteten Werkstoffes bestimmend.

- 5 Warmarbeitswerkstoffe für Druckgussformen und dgl. unterliegen aus Gründen einer zunehmend wirtschaftlichen Herstellung der Produkte steigenden Beanspruchungen durch verkürzte Pressfolgezeiten und erhöhte Gießdrücke. Weiters werden in steigendem Maße komplexe Geometrien der Formhohlräume vorgesehen, sodass summarisch wesentlich erhöhte Gesamtbelastungen des Werkstoffes vorliegen.
- 10 Diese Gesamtbelastungen können Werkzeugausfälle durch Spannungsrisse, Brandrisse, Grobbruch, Korrosion und Erosion verursachen, sodass Werkstoffe mit hoher Härte und Festigkeit sowie gleichzeitig hoher Zähigkeit und Duktilität gefordert sind. Diese geforderten Eigenschaften sind jedoch von der chemischen Zusammensetzung der Legierung und der daraus resultierenden
- 15 Vergüteeigenschaften derselben abhängig.

Seit langem werden Cr-Mo-V-Stähle für Warmarbeitswerkzeuge verwendet, wobei die Stahlsorten X38 CrMoV 51 und X38 CrMoV 53 entsprechend DIN Stahl-Eisen-

20 Liste Werkstoff Nr. 1.2343 und Werkstoff Nr. 1.2367, wie auch listenmäßig angegeben, „hochanlassbeständig“ und für „Werkzeuge mit großen Abmessungen“ geeignet sind.

Der Werkstoff Nr. 1.2343 dient für „hochbeanspruchte Werkzeuge, Gesenke und Pressen“.

25 Obige Werkstoffe weisen eine große Einhärttiefe bzw. eine tiefreichende, thermische Vergütbarkeit auf geforderte Härtewerte zwischen 50 und 55 HRC auf. Allerdings sind deren Zähigkeitseigenschaften gering, was nachteilig für die Gebrauchseigenschaften von Druckgussformen sein kann.

30 Bei einem Werkstoff Nr. 1.2343 kann durch ein Absenken des vorgesehenen Siliciumgehaltes von 0.90 bis 1.20 Gew.-% auf eine Konzentration um 0.2 Gew.-% eine wesentliche Erhöhung der Materialzähigkeit nach einer Vergütebehandlung erreicht werden, allerdings sind dafür hohe Abkühlgeschwindigkeiten beim Härten

erforderlich, die oftmals nicht erreicht werden können.

Die Erfindung setzt sich nun zum Ziel, einen Warmarbeitsstahl der eingangs genannten Art zu schaffen, welcher bei einer forcierten Abkühlung aus dem Austenitgebiet auch bei niedrigen Abkühlraten eine weitgehend vollständige, martensitische Gefügestruktur bildet, wonach durch eine gezielte Anlassbehandlung eine hohe Härte- und verbesserte Zähigkeit des Werkstoffes erreicht wird.

Diese Ziel wird bei einer Warmarbeitsstahl-Legierung dadurch erreicht, dass die

Legierungselemente Gehalte in Gew.-% von

Kohlenstoff (C) 0.35 bis 0.42

Silicium (Si) 0.15 bis 0.29

Mangan (Mn) 0.40 bis 0.70

Chrom (Cr) 4.70 bis 5.45

Molybdän (Mo) 1.55 bis 1.95

Vanadin (V) 0.40 bis 0.75

Stickstoff (N) 0.011 bis 0.016

Eisen (Fe) und Verunreinigungselemente als Rest aufweisen.

Der Vorteil der erfindungsgemäßen Legierungszusammensetzung ist im Wesentlichen darin zu sehen, dass die Elemente insgesamt, insbesondere die Elemente Silicium, Molybdän, Vanadin und Stickstoff, in engen Grenzen umwandlungskinetisch aufeinander abgestimmt sind, sodass eine gewünschte Festigkeit und Härte bei hoher Zähigkeit des Werkstoffes bei einer thermischen Vergütung mit verminderter Abkühlrate beim Härten erreicht werden kann.

Dadurch ist es möglich, entweder größere Eindringtiefen eines für die mechanischen Eigenschaften des Teiles günstigen, martensitischen Härtegefüges bei einer gegebenen Abkühlgeschwindigkeit zu erreichen oder mit Vorteil eine niedrigere Abkühlrate bei einer Härtung zu verwenden und dadurch die Härtespannungen im vielfach mit einer Gravur bzw. mit einer Negativform des Gussteiles versehenen Druckgießform zu minimieren. Dies ist von besonderer Bedeutung, weil im zunehmendem Maße ein sogenanntes Vakuumhärten von Formteilen verwendet

wird, wobei auch aus Gründen der Vermeidung von Oxidationen und Entkohlung der bearbeiteten Oberfläche des Werkstückes bzw. der Form bei einer Austenitisierung eine Anwärmung im Vakuum erfolgt, wonach eine forcierte Abkühlung mit einem Stickstoff-Gasstrom durchgeführt wird. Für diese Art der Härtung eines Teiles hat
 5 sich eine erfindungsgemäß chemisch zusammengesetzte Legierung besonders bewährt.

Eine weitere wesentliche Steigerung der Zähigkeitseigenschaften des vergüteten Werkstoffes kann erreicht werden, wenn die Warmarbeitsstahl-Legierung maximale
 10 Konzentrationen ein oder sämtlicher Elemente in Gew.-% von

Phosphor (P)	0.005
Schwefel (S)	0.003
Nickel (Ni)	0.10
Wolfram (W)	0.10
15 Kupfer (Cu)	0.10
Cobalt (Co)	0.10
Titan (Ti)	0.008
Niob (Nb)	0.03
Sauerstoff (O)	0.003
20 Bor (B)	0.001
Arsen (As)	0.01
Zinn (Sn)	0.0025
Antimon (Sb)	0.01
Zink (Zn)	0.001
25 Calcium (Ca)	0.0002
Magnesium (Mg)	0.0002

aufweist.

Obige Elemente können entweder Ausscheidungen oder Verbindungen bilden,
 30 welche insbesondere an den Korngrenzen angereichert sind und derart die Zähigkeitseigenschaften des Werkstoffes sprunghaft ab einer Konzentrationsgrenze erniedrigen oder sie bewirken Korngrenzenbelegungen, die gleichartig ungünstig wirken.

Durch eine in sehr engen Grenzen eingestellte, chemische Zusammensetzung des erfindungsgemäßen Werkstoffes nach einer bevorzugten Ausführungsform desselben enthält die Warmarbeitsstahl-Legierung ein oder mehrere der Legierungselemente in Gew.-%

5	Kohlenstoff (C)	0.37 bis 0.40		
	Silicium (Si)	0.16 bis 0.28, vorzugsweise	0.18 bis 0.25	
	Mangan (Mn)	0.45 bis 0.60, vorzugsweise	0.50 bis 0.58	
	Chrom (Cr)	4.80 bis 5.20, vorzugsweise	4.90 bis 5.10	
	Molybdän (Mo)	1.50 bis 1.90, vorzugsweise	1.65 bis 1.80	
10	Vanadin (V)	0.45 bis 0.70, vorzugsweise	0.52 bis 0.60	
	Stickstoff (N)	0.012 bis 0.015		
	Eisen (Fe) und Verunreinigungselemente als Rest.			

Mittels dieser durch besonders enge Grenzen in der chemischen Zusammensetzung gekennzeichneten, erfindungsgemäßen Legierung, welche besondere Anforderungen an eine Erschmelzungstechnologie stellt, ist es möglich, hohe Zähigkeitswerte des Werkstoffes auch bei niedrigen Abkühlungsraten im thermischen Vergütungsverfahren bei hohen Materialhärten zu erreichen.

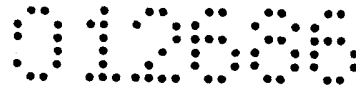
Im Folgenden soll die Erfindung anhand von Untersuchungsergebnissen näher erläutert werden.

Hilfsweise sind die Untersuchungsergebnisse in Fig. 1 zusammengefasst.

Fig. 1 zeigt: Kerbschlagzähigkeitswerte des Werkstoffes nach einer thermischen Vergütung in Abhängigkeit von den Abkühlparametern bei der Härtebehandlung.

Legierungen mit einer chemischen Zusammensetzung gemäß der Erfindung und nach DIN Werkstoff Nr. 1.2343 mit normgerechten und mit abgesenkten Si-Gehalten sowie nach DIN Werkstoff Nr. 1.2367, wie in Tab. 1 angegeben, wurden nach einer thermischen Vergütebehandlung auf eine Materialhärte von 44 HRC mit unterschiedlichen Abkühlparametern α beim Härten untersucht. Dabei wird der Wert, der den Parameter α kennzeichnet, wie folgt berechnet:

Abkühlparameter [α] entspricht der Zeit [in sec.] für eine Abkühlung von 800°C auf



500°C gebrochen durch 100.

Nachfolgend sind die in Tab. 1 aufgelisteten Legierungselemente der Werkstoffe genannt, wobei der Rest den Gehalt an Eisen und Begleit- sowie Verunreinigungselementen darstellt.

5

Legierungszusammensetzung in Gew.-%

Werkstoff Nr.	C	Si	Mn	P	S	N	Cr	Mo	Ni	V
1.2343	0.39	1.11	0.41	0.021	0.023	-	5.28	1.26	0.21	0.38
1.2343 So	0.38	0.21	0.39	0.022	0.019	-	5.34	1.30	0.16	0.40
1.2367	0.38	0.40	0.47	0.029	0.021	-	5.00	2.98	0.20	0.61
W 350	0.39	0.19	0.51	0.004	0.001	0.013	4.91	1.69	0.06	0.53

Fig. 1 zeigt, dass mit einem Abkühlparameter bis ca. $\lambda = 12$ der Werkstoff Nr. 1.2343 mit Si-Gehalten abgesenkt auf ca. 0.20 Gew.-% im auf eine Materialhärte von 44

10

HRC thermisch vergüteten Zustand die höchste Zähigkeit gemessen nach Charpy-V hat. Allerdings fallen in der Folge mit steigendem Abkühlparameter λ die Zähigkeitswerte sprunghaft auf niedriges Niveau ab.

Die Werkstoffe Nr. 1.2343 mit normgerechten Si-Gehalten und Nr. 1.2367 weisen bei einer Vergütungshärte von 44 HRC eine geringere Zähigkeit auf, haben jedoch eine beachtliche Durchhärthbarkeit, was sich durch nur geringfügig sinkende Zähigkeitswerte in Abhängigkeit vom Abkühlparameter dokumentiert.

15

Eine erfindungsgemäße Versuchslegierung W 350 zeigt zwar bei hohen Abkühlraten bzw. im Bereich des Abkühlparameters λ bis 13 im Vergleich mit den So-Werkstoff Nr. 1.2343 (Si $\approx$ 0.2 Gew.-%) etwas geringere Zähigkeitswerte bei Raumtemperatur im auf 44 HRC vergüteten Zustand; die Zähigkeit des Werkstoffes bleibt jedoch auch bei sinkenden Abkühlraten bzw. höheren Abkühlparametern im Wesentlichen unverändert auf überlegen hohen Werten.

20

25

Patentansprüche

1. Warmarbeitsstahl-Legierung, enthaltend die Elemente Kohlenstoff (C), Silicium (Si), Mangan (Mn), Chrom (Cr), Molybdän (Mo), Vanadin (V), Stickstoff (N) und

5 Verunreinigungselemente sowie Eisen als Rest, mit der Maßgabe, dass die Legierungselemente Gehalte in Gew.-% von

Kohlenstoff (C)	0.35	bis	0.42
Silicium (Si)	0.15	bis	0.29
Mangan (Mn)	0.40	bis	0.70
10 Chrom (Cr)	4.70	bis	5.45
Molybdän (Mo)	1.55	bis	1.95
Vanadin (V)	0.40	bis	0.75
Stickstoff (N)	0.011	bis	0.016

aufweisen.

15

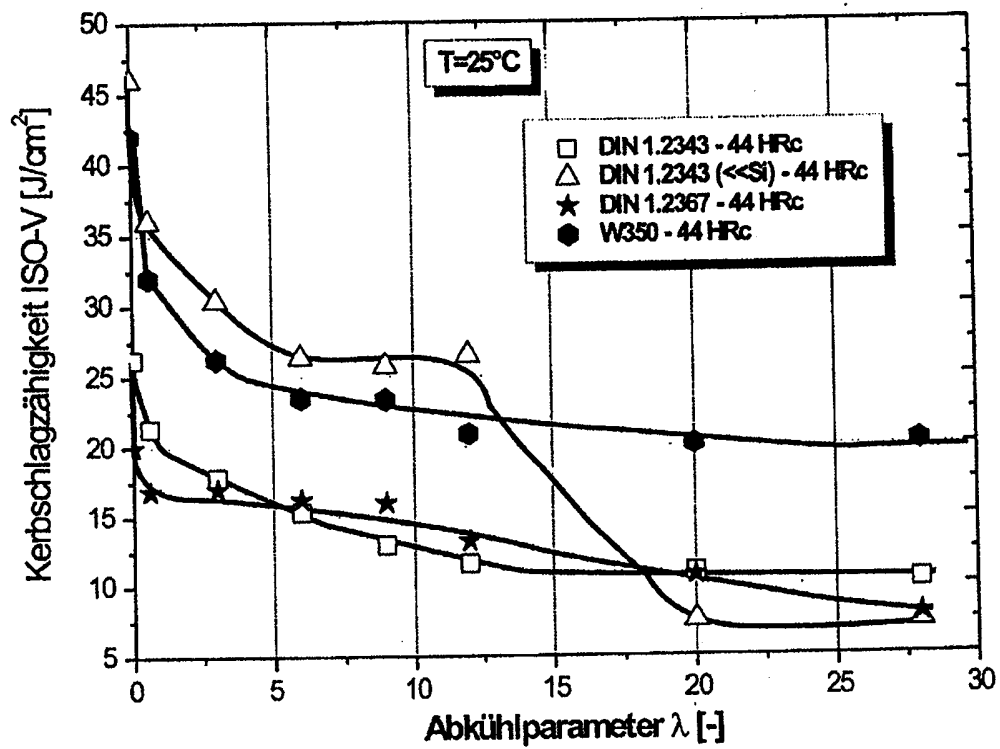
2. Warmarbeitsstahl-Legierung nach Anspruch 1, enthaltend maximale Konzentrationen ein oder sämtlicher Elemente in Gew.-% von

Phosphor (P)	0.005
Schwefel (S)	0.003
20 Nickel (Ni)	0.10
Wolfram (W)	0.10
Kupfer (Cu)	0.10
Cobalt (Co)	0.10
Titan (Ti)	0.008
25 Niob (Nb)	0.03
Sauerstoff (O)	0.003
Bor (B)	0.001
Arsen (As)	0.01
Zinn (Sn)	0.0025
30 Antimon (Sb)	0.01
Zink (Zn)	0.001
Calcium (Ca)	0.0002
Magnesium (Mg)	0.0002

3. Warmarbeitsstahl-Legierung nach Anspruch 1 oder 2, enthaltend ein oder mehrere der Legierungselemente in Gew.-%

	Kohlenstoff (C)	0.37 bis 0.40	
	Silicium (Si)	0.16 bis 0.28, vorzugsweise	0.18 bis 0.25
5	Mangan (Mn)	0.45 bis 0.60, vorzugsweise	0.50 bis 0.58
	Chrom (Cr)	4.80 bis 5.20, vorzugsweise	4.90 bis 5.10
	Molybdän (Mo)	1.50 bis 1.90, vorzugsweise	1.65 bis 1.80
	Vanadin (V)	0.45 bis 0.70, vorzugsweise	0.52 bis 0.60
	Stickstoff (N)	0.012 bis 0.015	
10	Eisen (Fe) und Verunreinigungselemente als Rest.		

~~Wien, am 20. November 2008~~

Fig. 1