



Republik
Österreich
Patentamt

(11) Nummer: AT 392 804 B

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 511/85

(51) Int.Cl.⁵ : C22C 38/26

(22) Anmeldetag: 20. 2.1985

(42) Beginn der Patentdauer: 15.11.1990

(45) Ausgabetag: 25. 6.1991

(30) Priorität:

21. 2.1984 DE 3406156 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:

US-A-4388122

(73) Patentinhaber:

THYSSEN EDELSTAHLWERKE AG
D-4150 KREFELD (DE).

(54) SCHWEISSBARER KALTFLIESSPRESSBARER STAHL

(57) Die Erfindung betrifft die Verwendung eines Stahls, bestehend aus (in Gew.-%):

0,10 bis 0,30 % C

0,50 bis 3,0 % Si

0,70 bis 2,0 % Mn

0,80 bis 3,0 % Cr

0,05 bis 0,20 % V

0,01 bis 0,15 % Nb

< 0,015 % Al

0,005 bis 0,045 % N

Rest Eisen einschließlich unvermeidbarer Verunreinigungen

als schweißbarer, kaltfließpreßbarer Konstruktionswerkstoff sowie als Grundwerkstoff für Verbundwerkstoffe. Das Gefüge des Stahls ist nach geregelter Abkühlung von der Umformtemperatur aus Ferrit und Perlit oder aus Ferrit, Perlit sowie Bainit zusammengesetzt. Ohne eine gesonderte Wärmebehandlung werden gute Festigkeitseigenschaften, insbesondere hohe Zeitstandfestigkeit sowie Zunderbeständigkeit bis zu Temperaturen von mindestens 550 °C erreicht.

AT 392 804 B

Der Anlagenbau benötigt für Konstruktionsteile wie Stachelbrecher und Brechrostbalken Stähle, die ausreichende Warmfestigkeit bei guter Zunderbeständigkeit bis etwa 550 °C aufweisen. Bislang verwendete Stähle wie ST 37 und ST 70 verhalten sich bezüglich der genannten Eigenschaften unbefriedigend. Daher werden teilweise aufwendigere molybdänhaltige Stähle wie 15 Mo 3 und 13 CrMo 44 verwendet. Letztere Stähle werden nach der Warmumformung normalgeglüht sowie vergütet und weisen mit bainitischem Gefüge genügend Zeitstandfestigkeit auf. Nach Schweißarbeiten ist Spannungsarmglühen erforderlich.

Schichtverbundwerkstoffe lassen im Werkzeugbau Einsparungen an aufwendigen Legierungselementen und Eigenschaftskombinationen erwarten. Gewöhnlich hat der Grundwerkstoff die benötigten Festigkeits-, Warmfestigkeits- und Zähigkeitseigenschaften beizusteuern, während die Auflageschicht den besonderen Anforderungen der Arbeitsfläche an Warmfestigkeit, Verschleiß-, Zunder- oder Korrosionsbeständigkeit zu genügen hat.

An einem Warmarbeitswerkzeug können beispielsweise auf einen vergüteten Grundkörper aus Warmarbeitsstahl 56 NiCrMoV 7 durch pulvermetallurgische Verfahren, Spritzen oder Auftragschweißen höher warmfeste Schichten aufgebracht werden, die die Leistungsfähigkeit des Werkzeugs erhöhen. Nach Durchführung des Auftragsschweißens ist der Schichtverbundwerkstoff mehrfach anzulassen, um der Sprödbarkeit durch Neuhärtung in der wärmebeeinflussten Zone des Grundkörpers zu begegnen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen kostengünstigen Stahl vorzustellen, der spanlos durch Kaltfließpressen formbar, ohne Nachbehandlung schweißbar ist und der ohne gesonderte Wärmebehandlung bis zu einer Temperatur von rd. 550 °C genügende Warmfestigkeit und Zunderbeständigkeit besitzt.

Üblicherweise wird an Baustählen höhere Festigkeit durch Einstellung von bainitischem oder martensitischem Gefüge erhalten. Dementsprechend wird in der DE-PS 32 20 890 ein Stahl angegeben, der nach geregelter Abkühlung mit bainitischem Gefüge große Festigkeit und geringe Abrostungsverluste erzielt. Zur Erhöhung der Zeitstandfestigkeit wird den warmfesten Stählen wie 15 Mo 3, 13 CrMo 44, 25 CrMo 4 und 10 CrMo 9 10 in der Regel Molybdän zulegiert. Als günstiges Gefüge für große Warmfestigkeit wird die obere Bainitstufe gewählt. Allgemein nachteilig für genannte Stähle mit bainitischem oder martensitischem Gefüge sind die auftretenden großen Eigenspannungen.

Demgegenüber weist der aufgefundene Stahl spannungsarmes Mischgefüge aus Ferrit, Perlit und zum Teil geringen Anteilen von Bainit auf. Die Zusammensetzung des erfindungsgemäßen Stahls liegt in folgendem Bereich (in Gew.-%):

0,16	bis	0,30	%	C
0,5	bis	3,0	%	Si
0,7	bis	2,0	%	Mn
0,8	bis	3,0	%	Cr
0,05	bis	0,2	%	V
0,01	bis	0,15	%	Nb
	<	0,015	%	Al
0,005	bis	0,045	%	N
Rest Eisen				
und unvermeidliche Verunreinigungen.				

Der Stahl weist ohne eine gesonderte Wärmebehandlung gute Zunderbeständigkeit bis zu Temperaturen von mindestens 550 °C auf und besitzt bei Raumtemperatur Festigkeitswerte über 850 N/mm² und bei 500 °C eine 10 000 h-Zeitstandfestigkeit von mindestens 140 N/mm².

Daß gewünschte Gefüge wird durch eine abmessungsbedingte, geregelte Abkühlung des Werkstücks von der Warmumformtemperatur eingestellt. Bei kleinen Abmessungen handelt es sich häufig um eine Luftabkühlung, bei größeren Abmessungen um eine Ölbadabkühlung.

Die Besonderheit des erfindungsgemäßen, kostengünstigen, molybdänfreien Stahles liegt in seiner Umwandlungskinetik, nach der selbst bei relativ schneller Abkühlung aus dem austenitischen Zustandsbereich die Umwandlung vornehmlich in der Perlitstufe stattfindet. Das Vorliegen von perlitischem Gefüge ist vorteilhaft, da es arm an Eigenspannungen ist. Es war nicht von vornherein zu erwarten, daß der beanspruchte Stahl nach Schweißarbeiten in der wärmebeeinflussten Zone keine Neuhärtung erfährt, die bei größeren Bauteilen Rißbildung bewirken kann. Zudem war nicht abzusehen, daß der Stahl ohne Vergütungsbehandlung trotz seines überwiegend ferritisch-perlitischen Gefüges beachtliche Festigkeits- und insbesondere Warmfestigkeitseigenschaften sowie Zunderbeständigkeit bis ca. 550 °C aufweist.

Beispiele für Stähle aus dem beanspruchten Zusammensetzungsbereich sind in Tafel 1 angegeben.

Für die Warmfestigkeit und Zeitstandeigenschaften bei 550 °C enthält Tafel 2 Werte. Anhaltswerte über das Zunderverhalten bei 500 und 600 °C können Tafel 3 entnommen werden. Der erfindungsgemäße Stahl eignet sich besonders für geschweißte Formteile für den Anlagen- und Werkzeugbau, die kaltfließgepreßt werden.

Anwendungsbeispiele sind kaltfließgepreßte Konstruktionsteile, wie Werkzeuge (Steckschlüssel), warmumgeformte Profile, Scheiben und Bänder, die im Schichtverbund mit Sonderwerkstoffen etwa zu Sägen, Matrizen, Gesenken, Büchsen verarbeitet werden.

Besonders sei auf das Anwendungsbeispiel kreuzweise angeordneter Schmiedewerkzeuge von NC-gesteuerten, mechanisch angetriebenen 4-Hämmer-Schmiedemaschinen mit Schmiedekräften bis 3000 t hingewiesen. Bisher besteht der Werkstoff des Grundkörpers üblicherweise aus dem Warmarbeitsstahl 56 NiCrMoV 7, vergütet auf 900 bis 1050 N/mm² Festigkeit. Der Grundkörper wird zweischichtig gepanzert mit der warmfesten Nickellegierung NiMo 16 CrW und mit der hochwarmfesten Superlegierung NiCr 19 Co 12 MoTiAl, um an der Arbeitsfläche benötigte Warmfestigkeit und Thermoschockbeständigkeit zu erhalten. Beim Auftragsschweißen der Nickellegierung ergibt sich im angrenzenden Warmarbeitsstahl eine wärmebeeinflusste Zone. An Stellen, die durch Schweißwärme die Umwandlungstemperatur A_{c1} zum Austenitgebiet überschreiten, tritt bei nachfolgender Abkühlung auf Raumtemperatur Neuhärtung durch Martensitbildung ein. Die aus Bild 1, Kurve (1) zu ersiehenden hohen Härtewerte in Nachbarschaft des Schweißgutes können unter dem Einfluß von Schrumpfspannungen beim Auftragen der anschließenden Deckschicht zur Rißbildung und letztlich zum Ablösen der Panzerschicht führen. Die Härte der wärmebeeinflussten Zone kann abgesenkt werden durch mehrmaliges Anlassen des Werkzeuges unterhalb der Vergütungstemperatur des Grundkörpers, wie aus Kurve (2) in Bild 1 hervorgeht.

Der erfindungsgemäße Stahl empfiehlt sich aufgrund seiner vorerwähnten Eigenschaften für Grundkörper mit einer Beschichtung mit anderen höher warmfesten, verschleißbeständigen und/oder korrosionsbeständigen Werkstoffen, darunter auch Superlegierungen und Hartstoffe oder Hartlegierungen für Formteile für Anlagen- und Werkzeugbau. Die Beschichtung kann durch bekannte Verfahren wie Pulverspritzen, Auftragsschweißen, Sintern, Heißpressen, Verbindungsschweißen, Auflöten erfolgen.

Aufwendige Wärmebehandlungen wie bei dem Warmarbeitsstahl 56 NiCrMoV 7 sind nicht erforderlich, wenn der Grundkörper aus dem erfindungsgemäßen warmfesten Stahl gefertigt wird. Die Einstellung des erwünschten Ferrit-Perlit-Gefüges mit wenig Bainitanteilen ist auch bei größeren Werkstückabmessungen, wie bei Hammersätteln, durch geregelte Abkühlung von der Warmumformtemperatur gewährleistet. Die bei Warmarbeitsstählen übliche Vergütungsbehandlung wird eingespart. Zum Auftragsschweißen mit warm- und hochwarmfesten Nickellegierungen können größere Grundkörper auf 300 bis 350 °C vorgewärmt werden, um den Abbau von Schweißspannungen zu erleichtern. Nach dem Auftragsschweißen zeigt sich in der wärmebeeinflussten Zone des Grundkörpers keine Neuhärtung, wie aus Kurve (3) in Bild 1 zu entnehmen ist, so daß sich anschließende Anlaßbehandlungen erübrigen.

Tafel 1

Chemische Zusammensetzung, Gefüge und Festigkeitskennwerte erfindungsgemäßer Stähle

Chemische Zusammensetzung (%)

Bezeichn.	C	Si	Mn	Cr	V	Nb	Al	N
A)	0.24	1.27	0.72	2.39	0.20	0.07	< 0.004	0.025
B)	0.28	2.07	1.11	1.48	0.21	0.04	0.01	0.018

Gefüge

Bezeichn.

A)	Ferrit,	Perlit,	Bainit
B)	Ferrit,	Perlit	

Tafel 1 (Fortsetzung)Festigkeitskennwerte

5

Bezeichn.	$R_{p\ 0,2}$ N/mm ²	R_m N/mm ²	A_5 %	Z %
A)	650	915	17,0	62
B)	637	925	18,0	59

10

Tafel 2

15

Kennwerte der Warm- und Zeitstandfestigkeit von erfindungsgemäßem StahlStahlzusammensetzung (%)

20

C	Si	Mn	Cr	V	Nb	Al	N
0.28	2.07	1.11	1.48	0.21	0.04	0.01	0.018

25

0,2-Dehngrenze
bei 500 °C

30

N/mm²1 %-Zeitdehngrenze
für 10 000 h
bei 500 °C
N/mm²Zeitstandfestigkeit
für 10 000 h
bei 500 °C
N/mm²

457

135

170

35

Tafel 3Oxidationsverhalten von erfindungsgemäßem Stahl

40

Stahlzusammensetzung (%)

45

C	Si	Mn	Cr	V	Nb	Al	N
0,28	2,07	1,11	1,48	0,21	0,04	0,01	0,018

50

Versuchsatmosphäre:

Feuchte Luft mit Taupunkt von 25 °C

55

Tafel 3 (Fortsetzung)5 Oxidationsverhalten:

	Prüftemperatur	Gewichtszunahme nach Glühdauer von 200 °C
10	°C	mg/cm ²
	500	0,26
15	600	4,2

20 **PATENTANSPRUCH**

25 Schweißbarer kaltfließpreßbarer Stahl, bestehend aus (in Gew.-%):

	0,16	bis	0,30	%	C
	0,50	bis	3,0	%	Si
30	0,70	bis	2,0	%	Mn
	0,80	bis	3,0	%	Cr
	0,05	bis	0,20	%	V
	0,01	bis	0,15	%	Nb
			<	0,015	% Al
35	0,005	bis	0,045	%	N
	Rest Eisen				
	und unvermeidliche Verunreinigungen.				

40 mit einem nach geregelter Abkühlung von der Umformtemperatur aus Ferrit und Perlit oder aus Ferrit, Perlit sowie Bainit bestehendes Gefüge.

45

Hiezu 1 Blatt Zeichnung

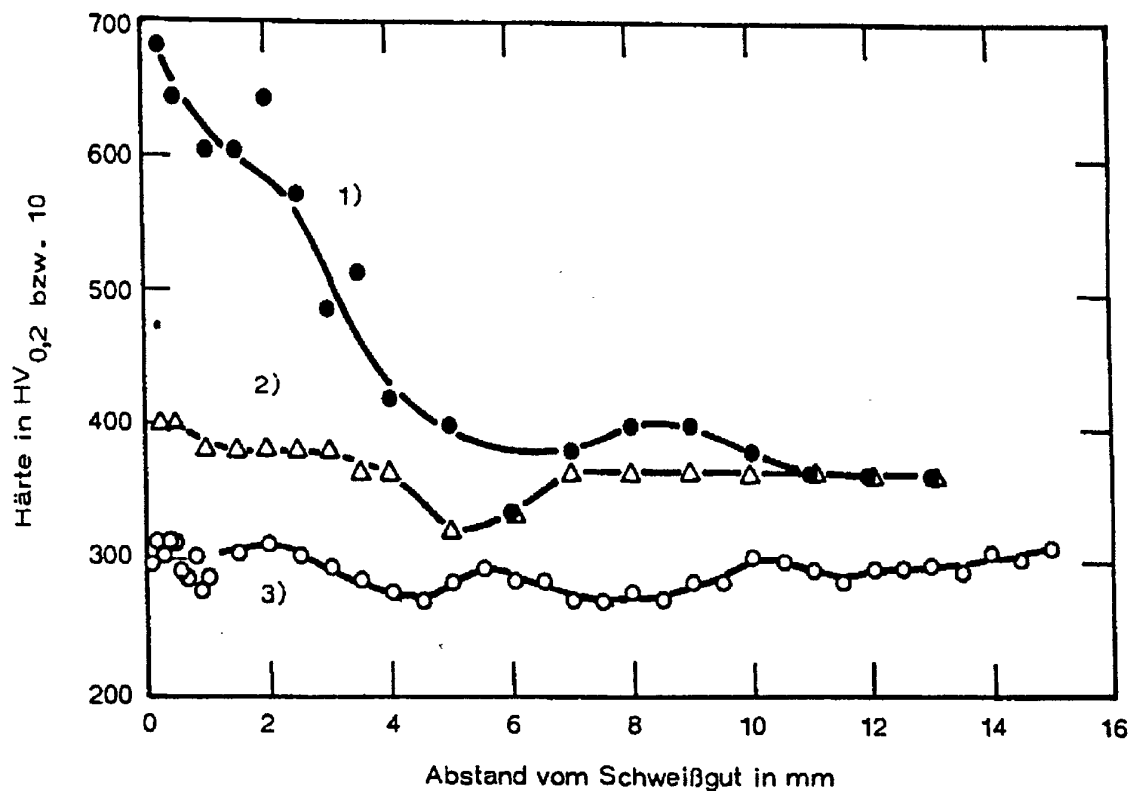
Vorwärmtemperatur: 300°C

Schweißverfahren: WIG , 3 Lagen , Luftabkühlung

Werkstoff des Schweißgutes: NiMo 16 CrW

Grundwerkstoff und Zustand:

- 1) 56 NiCrMoV 7 Schweißzustand
- 2) 56 NiCrMoV 7 auftragsgeschweißt + angelassen 625°C 3 x 2 h/Luft
- 3) 22 SiCrV 8 Schweißzustand



Härte der wärmebeeinflussten Zone des Grundwerkstoffes in verschiedenen
Abständen vom Schweißgut