

(19)



(11)

EP 1 760 162 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
07.03.2007 Patentblatt 2007/10

(51) Int Cl.:
C21D 6/00 (2006.01) **C21D 1/18** (2006.01)
C21D 1/78 (2006.01) **C21D 9/28** (2006.01)
F04D 7/02 (2006.01) **F04D 29/02** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **05019230.1**

(22) Anmeldetag: **05.09.2005**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)**

(72) Erfinder:
• **Bode, Ralf**
47441 Moers (DE)
• **Langenhahn, Beate, Dr.**
41372 Niederkrüchten (DE)

(54) **Verfahren zur Herstellung von kaltzähem Stählen**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Stählen. Dabei wird eine Wärmebehandlung durchgeführt, die sich dadurch auszeichnet, dass der Stahl zweimal hintereinander mit unterschiedlich hohen Temperaturen in Wasser gehärtet und anschließend ei-

ner Anlassbehandlung unterworfen wird.

Es hat sich gezeigt, dass insbesondere der Stahl 26NiCrMoV14-5 eine vergleichsweise hohe Kaltzähigkeit zeigt.

EP 1 760 162 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Stählen, insbesondere von martensitischen Stählen.

[0002] Im heutigen Maschinenbau ist es üblich, dass Stahl, beispielsweise in Verdichtern, bei tiefen Temperaturen von weniger als minus 100°C eingesetzt wird. Die meisten Stahlsorten haben eine ferritisch/martensitische Kristallstruktur und werden bei diesen tiefen Temperaturen sehr spröde. Diese Stahlsorten sind demnach für viele Anwendungen bei minus 100°C nicht mehr zu gebrauchen. Abhilfe könnte schaffen, statt Stahlsorten mit ferritisch/martensitischer Kristallstruktur andere, nämlich kaltzähe Stähle einzusetzen. Kaltzähe Stähle sind durch ihre austenitische Struktur charakterisiert und vergleichsweise weich. Darüber hinaus zeigen diese kaltzähen Stähle eine geringe Festigkeit.

[0003] Unter Zähigkeit ist bei festen Körpern die Eigenschaft, sich unter mechanischer Beanspruchung makroskopisch messbar plastisch verformen zu können, zu verstehen. Unter Zähigkeit kann auch die Stärke des Widerstandes bezeichnet werden, den ein Körper einer plastischen Formänderung entgegensetzt, d. h. für die Größe der mechanischen Spannung und/oder Energie, die für eine Verformung aufgebracht werden müssen. Sprödigkeit kann als gegensätzliche Eigenschaft bezeichnet werden.

[0004] Um dennoch im anspruchsvollen Maschinenbau Stähle bei weniger als minus 100°C einsetzen zu können, werden Stähle mit höherer Festigkeit mit einem Gefügeanteil von 10% bis 20% Austenit verwendet. Diese Stähle zeigen darüber hinaus auch noch gute Tieftemperatureigenschaften. Der Anteil von 10% bis 20% Austenit ergibt sich durch eine gezielte Wärmebehandlung und einen Legierungsgehalt von 9% Nickel. Dieser Stahl ist auch unter der Normbezeichnung X8Ni9 bekannt.

[0005] Allerdings ist ein Nachteil des 9%igen Nickelstahles, dass er unter mechanischer Beanspruchung vergleichsweise früh anfängt zu fließen. Darüber hinaus ist es möglich, dass sich beispielsweise Wellen von Verdichtern verformen, wenn diese unterschiedlichen Temperaturen ausgesetzt werden. Die geschieht vor allem dann, wenn der Austenit ungleichmäßig verteilt in der Welle auftritt.

[0006] An dieser Stelle setzt die Erfindung an, deren Aufgabe es ist, ein Verfahren zur Herstellung eines Stahles anzugeben, wodurch die Kaltzähigkeit eines Stahles erhöht wird und das Verfahren einfach umzusetzen ist.

[0007] Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung von Stählen, wobei eine Wärmebehandlung durchgeführt wird, die ein Härten und Anlassen umfasst, die gekennzeichnet ist durch folgende Schritte:

- a) Härten bei einer Temperatur zwischen 920°C und 960°C,
- b) Durchführen einer zweiten Härtung bei einer Tem-

peratur zwischen 820°C und 860°C,

c) Anlassen bei einer Temperatur zwischen 620°C und 660°C.

[0008] Der Vorteil ist unter anderem darin zu sehen, dass mit dem Verfahren eine vergleichsweise einfache Möglichkeit angeboten wird, einen Stahl dahingehend zu verbessern, dass dieser eine hohe Kaltzähigkeit besitzt. Die Erfindung geht hierbei von dem Aspekt aus, dass eine Standardwärmebehandlung, die bei ca. 850°C einen ersten und einzigen Härtevorgang mit einem Anlassvorgang bei ca. 630°C bei einer Luftkühlung vorsieht, keine befriedigenden Eigenschaften des Stahles hervorbringt. Durch das erfindungsgemäße Wärmebehandeln, bei dem ein erstes Härten bei einer ersten Temperatur und ein zweites Härten bei einer zweiten Temperatur unter Wasserabschreckung erfolgt und mit einer anschließenden Anlass Temperatur im angegebenen Temperaturbereich wird überraschenderweise ein Stahl erzeugt, dessen Kaltzähigkeit vergleichsweise hoch ist. Dieser Stahl kann dadurch bis mindestens minus 170°C, zum Beispiel als Wellenmaterial für Kompressoren, verwendet werden.

[0009] In einer vorteilhaften Weiterbildung wird bei dem Verfahren martensitischer Stahl, vorzugsweise von Typ 3,5%Ni und 1,5%Cr insbesondere der Stahl 26NiCrMoV14-5 gemäß Stahl-Eisen-Werkstoffblatt (SEW) 555 verwendet.

[0010] Es hat sich gezeigt, dass gerade ein martensitischer Stahl besonders geeignet ist für dieses Verfahren. Darüber hinaus ist martensitischer Stahl besonders einfach und dadurch kostengünstiger herzustellen.

[0011] Besonders der Stahl 26NiCrMoV14-5 ist ein Stahl, der durch die erfindungsgemäße Wärmebehandlung mit einer vergleichsweise hohen Kaltzähigkeit versehen werden kann. Insbesondere kann dieser Stahl als Wellenmaterial für Kompressoren verwendet werden. Darüber hinaus ist der Stahl 26NiCrMoV14-5 ein sozusagen Standardwellenmaterial für Turbinen und Generatoren und deshalb besser verfügbar als z. B. der Stahl mit der Bezeichnung X8Ni9. Der Stahl X8Ni9 muss beispielsweise in Sonderschmelzen erzeugt werden. Des Weiteren ist der Stahl 26NiCrMoV14-5 durch seinen niedrigeren Gehalt an Legierungselementen preisgünstiger als X8Ni9.

[0012] Ein weiterer Vorteil ist, dass die martensitische Kristallstruktur zu einem günstigeren Verhalten bei mechanischer Beanspruchung führt.

[0013] Ein weiterer Vorteil ist, dass durch eine einheitliche Kristallstruktur Besonderheiten beim thermischen Ausdehnungsverhalten vermieden werden.

[0014] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung erfolgt die Abschreckung bei den Härtevorgängen in den Schritten a) und b) im Wasser.

[0015] Dadurch ist eine Möglichkeit angegeben, den Härtevorgang besonders preisgünstig zu gestalten. Ein weiterer Aspekt hierbei ist, dass das Abschrecken mit Wasser zu guten Resultaten führt.

[0016] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung wird der Anlassvorgang unter Luftabkühlung durchgeführt.

[0017] Auch hier ist der besondere Vorteil darin zu sehen, dass durch die Luftabkühlung ein einfaches Verfahren angeboten wird, mit dem sehr gute Resultate erzielt werden. Der durch dieses Verfahren erzeugte Stahl zeigt eine sehr hohe Kaltzähigkeit.

[0018] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend näher beschrieben.

[0019] Anstelle eines 9%igen Nickel-Stahls wird der Stahl 26NiCrMoV14-5 verwendet. Es wird ein Verfahren zur Erhöhung der Kaltzähigkeit von Stählen angewandt, wobei eine Wärmebehandlung durchgeführt wird, die sich durch folgende Schritte auszeichnet:

- 1) Härten bei einer Temperatur zwischen 920°C und 960°C,
- 2) Durchführen einer zweiten Härtung bei einer Temperatur zwischen 820°C und 860°C und
- 3) Anlassen bei einer Temperatur zwischen 620°C und 660°C.

[0020] Es hat sich gezeigt, dass die Temperatur bei dem ersten Härtevorgang insbesondere bei ca. 950°C sein sollte. Idealerweise sollte die Temperatur bei der zweiten Härtung bei einem Wert von ca. 850°C liegen.

[0021] Es hat sich ebenso gezeigt, dass die Temperatur während des Anlassvorganges idealerweise bei ca. 630°C sein sollte.

[0022] Durch diese besondere Wärmebehandlung ist es möglich, den martensitischen Stahl 26NiCrMoV14-5 mit einer so hohen Kaltzähigkeit zu versehen, dass er bis mindestens minus 170°C als Wellenmaterial für Kompressoren verwendet werden kann. Es sind aber auch andere Einsatzmöglichkeiten für diesen wärmebehandelten Stahl möglich. Es hat sich gezeigt, dass es nicht auszuschließen ist, dass gute Chargen des Stahls 26NiCrMoV14-5 auch mit der Standardwärmebehandlung ausreichende Kaltzähigkeit aufweisen, d. h. bei der Standardwärmebehandlung wird zunächst bei ca. 850°C gehärtet und unter Wasser abgeschreckt und anschließend bei einer Temperatur von 630°C angelassen unter Luftabkühlung. Aber um sehr gute Werte hinsichtlich der Kaltzähigkeit sicherzustellen, wie sie in Tieftemperaturkompressoren benötigt werden, ist jedoch die erfindungsgemäße Wärmebehandlung erforderlich.

- b) Durchführen einer zweiten Härtung bei einer Temperatur zwischen 820°C und 860°C,
- c) Anlassen bei einer Temperatur zwischen 620°C und 660°C.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem martensitischer Stahl verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem der Stahl 26NiCrMoV14-5 verwendet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, bei dem die Abschreckungen bei den Härtevorgängen in den Schritten a) und b) in Wasser erfolgen.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Anlassvorgang unter Luftabkühlung erfolgt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Stählen, bei dem eine Wärmebehandlung durchgeführt wird, die ein Härten und ein Anlassen umfasst, die **gekennzeichnet ist durch** folgende Schritte:

- a) Härten bei einer Temperatur zwischen 920°C und 960°C,



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 05 01 9230

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1999, Nr. 01, 29. Januar 1999 (1999-01-29) -& JP 10 265846 A (KAWASAKI STEEL CORP), 6. Oktober 1998 (1998-10-06) * Zusammenfassung; Tabelle 2 *	1,2,4,5	C21D6/00 C21D1/18 C21D1/78 C21D9/28 F04D7/02 F04D29/02
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 014, Nr. 363 (C-0746), 7. August 1990 (1990-08-07) -& JP 02 133518 A (SUMITOMO METAL IND LTD), 22. Mai 1990 (1990-05-22) * Zusammenfassung; Tabelle 2 *	1,2,4,5	
X	SU 1 423 609 A1 (INST MEKHANIKI AN USSR; INST PROBLEM PROCHNOSTI AN USSR) 15. September 1988 (1988-09-15) * das ganze Dokument *	1,2	
A	SU 1 439 133 A1 (ALTAJSKIJ TRAKTORNYJ ZAVOD IM.M.I.KALININA) 23. November 1988 (1988-11-23) * Zusammenfassung *	4,5	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	US 6 149 734 A (ISOGAI ET AL) 21. November 2000 (2000-11-21) * Zusammenfassung; Abbildung 1 * * Spalte 3, Zeile 18 - Zeile 61 *	1	C21D F04D
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 017, Nr. 167 (C-1043), 31. März 1993 (1993-03-31) & JP 04 325625 A (SUMITOMO METAL IND LTD), 16. November 1992 (1992-11-16) * Zusammenfassung; Tabelle 2 *	1	
		-/--	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 6. März 2006	Prüfer von Zitzewitz, A
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE 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		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 05 01 9230

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	C. WEGST, M. WEGST: "Stahlschlüssel" 2004, VERLAG STAHLSCHLÜSSEL WEGST GMBH , MARBACH 20 , XP002369727 ISBN: 3-922599-20-6 * Seiten 71,502 * -----	1,3,4	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 6. März 2006	Prüfer von Zitzewitz, A
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		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 anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

4

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 05 01 9230

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

06-03-2006

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
JP 10265846	A	06-10-1998	KEINE		
JP 02133518	A	22-05-1990	KEINE		
SU 1423609	A1	15-09-1988	KEINE		
SU 1439133	A1	23-11-1988	KEINE		
US 6149734	A	21-11-2000	DE 19854726	A1	10-06-1999
			JP 3387427	B2	17-03-2003
			JP 11217626	A	10-08-1999
JP 04325625	A	16-11-1992	KEINE		

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82