

(12)

PATENTCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1290/92

(51) Int.Cl.⁶ : **C22C 38/58**
C21D 6/00

(22) Anmeldetag: 24. 6.1992

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 2.1996

(45) Ausgabetag: 25. 9.1996

(56) Entgegenhaltungen:

CHEMICAL ABSTRACTS 101: 15 587 9W & JPN KOKAI TOKKYO
KOHJO JP 59 104 455
CHEMICAL ABSTRACTS 102: 170 620N & JPN KOKAI TOKKYO
KOHJO JP 60 13.063
CHEMICAL ABSTRACTS 107: 221 381E & JPN KOKAI TOKKYO
KOHJO JP 62 47 428

(73) Patentinhaber:

BÖHLER YBBSTALWERKE GES.M.B.H.
A-3333 BÖHLERWERK, NIEDERÖSTERREICH (AT).

(72) Erfinder:

DÜBERL DIETER DIPL.ING.
BÖHLERWERK, NIEDERÖSTERREICH (AT).
DAXELMÜLLER MANFRED DIPL.ING.
WAIÐHOFEN, NIEDERÖSTERREICH (AT).
LEBAN KARL DIPL.ING.
WIENER NEUSTADT, NIEDERÖSTERREICH (AT).

(54) AMAGNETISCHES BAUTEIL MIT HOHER FESTIGKEIT UND ZÄHIGKEIT BEI TEMPERATUREN UNTER 5 GRAD K SOWIE VERFAHREN ZU DESSEN HERSTELLUNG

(57) Für amagnetische Bauteile bestehend aus einer austenitischen korrosionsbeständigen Legierung enthaltend in Gew.-%

Kohlenstoff	max. 0,15
Silizium	max. 1,0
Mangan	11,0 bis 25,0
Chrom	10,0 bis 20,0
Nickel	bis 5,0
Molybdän	bis 1,5
Stickstoff	0,05 bis 0,55,

Rest Eisen und herstellungsbedingte Verunreinigungen wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, daß der Werkstoff mindestens 4-fach warmverformt, danach bei einer Temperatur von 1010°C bis 1080°C lösungsgeglüht, anschließend abgeschreckt und zumindest 5 % kaltverformt ist. Zur Stabilisierung des amagnetischen Materialzustandes mit einer relativen Permeabilität von kleiner als 1,005 und Erhalt der Zähfestigkeit bei Temperaturen unter 5°K wird der warmverformte Werkstoff einer Lösungsglühbehandlung bei 1010°C bis 1080°C mit einer Zeitdauer von mindestens einer Stunde unterworfen und anschließend abgeschreckt, wonach eine Kaltverformung mit einem mindestens 5-fachen Umformgrad bei einer Temperatur zwischen 90°C und 700°C erfolgt.

AT 401 531 B

Die Erfindung betrifft ein amagnetisches Bauteil mit hoher Festigkeit und Zähigkeit bei Temperaturen unter 5 °K, insbesondere für Anlagen mit Supraleitung bestehend aus einer austenitischen korrosionsbeständigen Legierung enthaltend in Gew.-%

5

Kohlenstoff	max. 0,15	vorzugsweise	max. 0,06
Silizium	max. 1,0		
Mangan	11,0 bis 25,0	vorzugsweise	18,0 bis 21,5
Chrom	10,0 bis 20,0	vorzugsweise	12,0 bis 15,0
Nickel	bis 5,0		
Molybdän	bis 1,5	vorzugsweise	0,3 bis 0,8
Stickstoff	0,05 bis 0,55	vorzugsweise	0,2 bis 0,4

10

gegebenenfalls ein oder mehrere der folgenden Elemente Vanadin, Bor, Aluminium, Niob, Tantal mit einer Konzentration von höchstens 2,0 Gew.-%, Rest Eisen und herstellungsbedingte Verunreinigungen.

15

Weiters bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zur Herstellung eines Bauteiles, insbesondere einer Halterung in elektrischen bzw. elektromagnetischen Einrichtungen, aus einer austenitischen korrosionsbeständigen Legierung enthaltend in Gew.-%

20

Kohlenstoff	max. 0,15	vorzugsweise	max. 0,06
Silizium	max. 1,0		
Mangan	11,0 bis 25,0	vorzugsweise	18,0 bis 21,5
Chrom	10,0 bis 20,0	vorzugsweise	12,0 bis 15,0
Nickel	bis 5,0		
Molybdän	bis 1,5	vorzugsweise	0,3 bis 0,8
Stickstoff	0,05 bis 0,55	vorzugsweise	0,2 bis 0,4

25

gegebenenfalls ein oder mehrere der Elemente Vanadin, Bor, Aluminium, Niob, Tantal mit einer Konzentration von höchstens 2,0 Gew.-%, Rest Eisen und herstellungsbedingte Verunreinigungen.

30

Eine praktisch verlustfreie Stromleitung kann in Werkstoffen eintreten, wenn diese bis nahe an den absoluten Nullpunkt abgekühlt werden. Dieses zumeist sprunghafte Verschwinden des elektrischen Widerstandes des Leiters nennt man Supraleitung.

Die Supraleitung kann bei der elektrischen Energieerzeugung sowie in Hochleistungskabeln genutzt werden und ist vielfach Voraussetzung für große Synchrotronanlagen für die Atomforschung bzw. für Teilchenbeschleuniger. Durch Supraleitung können Dipolmagnete mit einer Feldstärke von z.B. 10 Tesla hergestellt werden. Die Spulenhalterungen bzw. Bauteile müssen dabei aus einem austenitischen Stahl gefertigt sein, der auch bei Kryogenbedingungen, also beispielsweise bei 4,2° oder 1,8°K vollkommen amagnetisch ist. Weiters sind hohe Festigkeits- und gute Zähigkeitswerte des Werkstoffes zur Aufnahme von mechanischen Belastungen, insbesondere Stoßbelastungen, wichtige Faktoren. Auch eine hohe Zeitstandsfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit, insbesondere bei aussetzendem Betrieb, müssen derartige Bauteile aufweisen.

35

Aus den Chemical Abstracts 101:155879w (Jpn.Kokai Tokyo JP 59,104,455) ist ein kupferlegierter Werkstoff, im übrigen mit einer der eingangs genannten Legierung ähnlichen Zusammensetzung, für supraleitende Magnetbehälter bekannt geworden. Die Bleche werden dabei nach einem Lösungsglühen und einem Abschrecken in Wasser ohne Kaltverformung eingesetzt.

45

Ein sehr wesentliches Kriterium für den Bauteil ist eine insbesondere auch nach mehreren Temperaturzyklen vorliegende vollkommene Freiheit von magnetisierbaren Volumsbereichen. Bei Tiefkühlung, insbesondere nach einer die Materialfestigkeit erhöhenden Kaltverformung, besteht nämlich die Gefahr, daß das kubisch-flächenzentrierte austenitische Gamma-Gitter der Legierung sich diffusionslos in ein tetragonal verzerrtes kubisch-raumzentriertes martensitisches Alpha-Strich-Gitter umwandelt. Da der Alpha-Strich-Martensit im Gegensatz zum Gamma-Austenit magnetisierbar ist, kann die Verwendbarkeit eines sich derartig verhaltenden austenitischen Werkstoffes unmöglich sein. Weiters wirkt sich ein Alpha-Strich-Martensit auch in geringen Anteilen nachteilig auf die korrosions-chemischen Eigenschaften des Materials aus. Insbesondere kann eine Versprödung bzw. ein Steilabfall der Zähigkeit der Legierung in diesem niedrigen Temperaturbereich erfolgen. Oftmalige Abkühlvorgänge können weiters eine Verstärkung der Instabilität der Atomstruktur in energetisch begünstigten Gitter-Bereichen und damit eine zumindest örtliche Gefügestabilität bewirken, welche durch Umwandlungen mit einer gegebenenfalls geringfügigen Martensit-

50

55

bildung eine Erhöhung der relativen Permeabilität des Werkstoffes verursacht.

Aufgabe der Erfindung ist, ein amagnetisches Bauteil mit hoher Festigkeit und Zähigkeit bei Temperaturen unter 5°K, insbesondere für Anlagen mit Supraleitung, anzugeben. Weiters ist es Ziel der Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung eines Bauteiles für Anlagen mit Supraleitung anzugeben.

- 5 Diese Aufgabe wird bei einem Bauteil unter Verwendung einer austenitischen korrosionsbeständigen Legierung mit einer eingangs genannten Zusammensetzung erfindungsgemäß dann gelöst, wenn der Werkstoff der amagnetischen Teile mindestens 4-fach warmverformt, danach bei einer Temperatur von 1020°C bis 1080°C lösungsgeglüht, anschließend abgeschreckt und zumindest 5 %, vorzugsweise
- 10 einer Feldstärke H größer als 1000 Oe aufweist, werden besonders gute magnetische Gebrauchseigenschaften, insbesondere für Anlagen mit Supraleitung und Stoßbelastungen erreicht.

- Ein Verfahren der eingangs genannten Art ist erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß zur Stabilisierung des vollkommen austenitischen amagnetischen Materialzustandes mit einer relativen Permeabilität des Teiles von kleiner als 1,005 und Erhalt der Zähfestigkeit bei Temperaturen unter 5°K auch bei
- 15 oftmaligem Temperaturwechsel bzw. Absenkung auf niedrigste Arbeitstemperaturen im Zuge der Herstellung der zumindest 4-fach warmverformte Werkstoff einer Lösungsglühbehandlung bei 1010°C bis 1080°C mit einer Zeitdauer von mindestens einer Stunde unterworfen und anschließend abgeschreckt wird, wonach eine Kaltverformung mit einem mindestens 5-fachen, vorzugsweise mindestens 11-fachen, Umformgrad bei einer Temperatur zwischen 80°C und 700°C, vorzugsweise zwischen 100°C und 550°C, erfolgt.

- 20 Die erfindungsgemäßen Bauteile bleiben trotz Kaltumformung des Werkstoffes auch bei Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt und auch bei oftmaligen Abkühlungsvorgängen vollkommen austenitisch. Überraschenderweise treten vom Fachmann erwartete Versprödungen durch Nitridausscheidung und eine örtliche Martensitbildung in Bereichen der Gitterspannungsspitzen im Material auch bei niedrigsten Temperaturen nicht auf, so daß eine gute Zähigkeit eines vollkommen amagnetischen Werkstoffes erhalten bleibt.
- 25 Auch eine dem Fachmann bekannte Bildung von sogenannten Verformungsmartensit, der magnetisierbar ist, insbesondere an Stellen mit Druckbelastung und/oder geringsten Formänderungen, konnte nicht festgestellt werden.

- Im Sinne von besonders guten mechanischen Eigenschaften des Werkstoffes und zur Stabilisierung des vollkommen austenitischen amagnetischen Materialzustandes hat sich obiges Verfahren zur Herstellung
- 30 eines Bauteiles als vorteilhaft erwiesen.

- Dabei kann die 0,2 - Dehngrenze $R_{p0.2}$ von ca. 400 bis 450 N/mm² im lösungsgeglühten Zustand des Materials auf 850 bis 950 N/mm² im mit 25 % bis 35 % kaltverformten Zustand angehoben werden, wobei die Zugfestigkeit des Werkstoffes von ca. 800 N/mm² auf 980 N/mm² erhöht wird und die Bruchdehnung von 45 - 60 % auf ca. 25 % sinkt. Sind also bestimmte mechanische Eigenschaften des Werkstoffes
- 35 gewünscht, so können diese auf einfache Weise durch eine Wahl des Kaltumformgrades eingestellt werden. Besonders vorteilhaft auch hinsichtlich einer weiters erhöhten Sicherheit betreffend eine magnetisierbare Phasen bildende Gefügeveränderung hat sich eine Kaltverformung bei einer Temperatur über 90°C, jedoch unter 700°C, herausgestellt, wobei die Zähigkeit bzw. die DVM Kerbschlagarbeit auf über 120 Joule angehoben und Ermüdungserscheinungen bzw. Ermüdungsbrüche zu höheren Belastungen und/oder höheren Lastspielen verschoben werden können. Dabei erfolgt auch ein Abbau von inneren Spannungen im
- 40 Bauteil, so daß die Formgebung des Bauteiles genau und verzugsfrei erfolgen kann. Die bevorzugten Grenzen für die Kaltverfestigung liegen bei Temperaturen über 100°C und unterhalb 550°C, wobei auch höchste Beständigkeit gegen intra- und interkristalline Korrosion bzw. Spannungsrißkorrosion erreichbar ist.

Im folgenden wird die Erfindung anhand der Beispiele näher erläutert.

- 45 Die Schmelzen gemäß Tabelle 1 wurden zu Stäben und Blechen verformt und gemäß Tabelle 2 bearbeitet bzw. erprobt.

Tabelle 1

50

Schmelze	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	N ₂
A	0,062	0,48	19,23	0,035	0,005	13,94	0,49	™	0,23
B	0,029	0,39	20,36	0,029	0,004	12,98	0,32	1,67	0,19
C	0,038	0,56	18,97	0,020	0,004	14,31	0,73	0,56	0,21
55 D	0,043	0,61	19,8	0,023	0,003	14,10	0,51	™	0,32

™ Kein Ni legiert. Wert nicht bestimmt.

AT 401 531 B

Tabelle 2

Schmelze	Schmiede Temp. °C	Lösungsgl. Temp. °C/h	Kaltverf. Temp. °C	0,2 Dehngrenze Rp0,2 N/mm ²	relativ. Permeabilität
A	1150-910	1055/2 ^h	130	830± 40	1.004
A	1150-910	1055/2 ^h	20	839± 40	1.002 - 1.006 *
B	1110-900	1040/2 ^h	400	840± 40	1.004
C	1150-920	1020/3 ^h	500	880± 40	1.004
D	1140-910	1070/15 ^h	200	910± 40	1.004

*Es wurden unterschiedliche Werte ermittelt.

15 Patentansprüche

1. Amagnetisches Bauteil mit hoher Festigkeit und Zähigkeit bei Temperaturen unter 5 °K, insbesondere für Anlagen mit Supraleitung bestehend aus einer austenitischen korrosionsbeständigen Legierung enthaltend in Gew.-%

20

25

Kohlenstoff	max. 0,15	vorzugsweise	max. 0,06
Silizium	max. 1,0		
Mangan	11,0 bis 25,0	vorzugsweise	18,0 bis 21,5
Chrom	10,0 bis 20,0	vorzugsweise	12,0 bis 15,0
Nickel	bis 5,0		
Molybdän	bis 1,5	vorzugsweise	0,3 bis 0,8
Stickstoff	0,05 bis 0,55	vorzugsweise	0,2 bis 0,4

30

gegebenenfalls ein oder mehrere der folgenden Elemente Vanadin, Bor, Aluminium, Niob, Tantal mit einer Konzentration von höchstens 2,0 Gew.-%, Rest Eisen und herstellungsbedingte Verunreinigungen, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Werkstoff der amagnetischen Teile mindestens 4-fach warmverformt, danach bei einer Temperatur von 1010 °C bis 1080 °C lösungsgeglüht, anschließend abgeschreckt und zumindest 5 %, vorzugsweise zumindest 11 %, kaltverformt ist.

35

2. Bauteil nach Anspruch 1 mit einer relativen Permeabilität von kleiner als 1,005 bei einer Feldstärke H größer als 1000 Oe.

40

3. Verfahren zur Herstellung eines Bauteiles, insbesondere einer Halterung in elektrischen bzw. elektromagnetischen Einrichtungen, aus einer austenitischen korrosionsbeständigen Legierung enthaltend in Gew.-%

45

50

55

AT 401 531 B

Kohlenstoff	max. 0,15	vorzugsweise	max. 0,06
Silizium	max. 1,0		
Mangan	11,0 bis 25,0	vorzugsweise	18,0 bis 21,5
Chrom	10,0 bis 20,0	vorzugsweise	12,0 bis 15,0
Nickel	bis 5,0		
Molybdän	bis 1,5	vorzugsweise	0,3 bis 0,8
Stickstoff	0,05 bis 0,55	vorzugsweise	0,2 bis 0,4

gegebenenfalls ein oder mehrere der Elemente Vanadin, Bor, Aluminium, Niob, Tantal mit einer Konzentration von höchstens 2,0 Gew.-%, Rest Eisen und herstellungsbedingte Verunreinigungen, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Stabilisierung des vollkommen austenitischen amagnetischen Materialzustandes mit einer relativen Permeabilität des Teiles von kleiner als 1,005 und Erhalt der Zähfestigkeit bei Temperaturen unter 5 °K auch bei oftmaligem Temperaturwechsel bzw. Absenkung auf niedrigste Arbeitstemperaturen im Zuge der Herstellung der zumindest 4fach warmverformte Werkstoff einer Lösungsglüh-behandlung bei 1010 ° bis 1080 °C mit einer Zeitdauer von mindestens einer Stunde unterworfen und anschließend abgeschreckt wird, wonach eine Kaltverformung mit einem mindestens 5-fachen, vorzugsweise mindestens 11-fachen, Umformgrad bei einer Temperatur zwischen 90 °C und 700 °C, vorzugsweise zwischen 100 °C und 550 °C, erfolgt.