

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年10月24日(24.10.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/219316 A1

(51) 国際特許分類:

C22C 38/00 (2006.01) *C21D 6/04* (2006.01)
C21D 6/00 (2006.01) *C22C 38/10* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2024/014670

(22) 国際出願日: 2024年4月11日(11.04.2024)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:

特願 2023-069626 2023年4月20日(20.04.2023) JP

(71) 出願人: 新報国マテリアル株式会社(SHINHOKUKU MATERIAL CORP.) [JP/JP];

〒3501124 埼玉県川越市新宿町5丁目
13番地1 Saitama (JP).

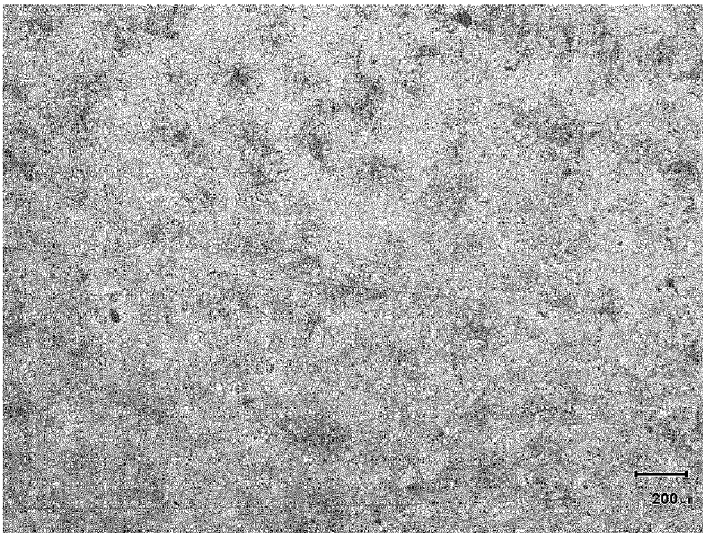
(72) 発明者: 小奈 浩太郎(ONA, Kotaro); 〒3501124
埼玉県川越市新宿町5丁目13番地1 新
報国マテリアル株式会社内 Saitama (JP). 大
野 晴康(OHNO, Haruyasu); 〒3501124 埼玉県
川越市新宿町5丁目13番地1 新報国マ
テリアル株式会社内 Saitama (JP). 松村 信
吾(MATSUMURA, Shingo); 〒3501124 埼玉県
川越市新宿町5丁目13番地1 新報国マ
テリアル株式会社内 Saitama (JP).

(74) 代理人: 青木 篤, 外(AOKI, Atsushi et al.);
〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目23

(54) Title: LOW THERMAL EXPANSION STEEL CASTING PRODUCT AND METHOD FOR MANUFACTURING
SAME

(54) 発明の名称: 低熱膨張鋳鋼品及びその製造方法

図2



(57) Abstract: The present invention addresses the problem of providing a low thermal expansion steel casting product having excellent ultrasonic flaw detection properties. A low thermal expansion steel casting product according to the present invention has a component composition containing, in mass%, 0.040% or less of C, 0.30% or less of Si, 0.05-0.50% of Mn, 0.005% or less of S, 31.00-34.00% of Ni, 2.00-6.00% of Co, and 0.035-0.100% of Al, the remaining portion being Fe and unavoidable impurities, has an austenite structure having an average grain size of 200 μm or less, and has an



番 1 号 虎ノ門ヒルズ森タワー 青和特
許法律事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,
CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC,
EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG,
KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU,
LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,
PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS,
MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,
TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS,
IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF,
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE,
SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

ultrasonic bottom echo attenuation coefficient of 2.0 dB/cm or less.

(57) 要約: 本発明は、優れた超音波探傷性を有する低熱膨張鋳鋼品を提供することを課題とする。本発明の低熱膨張鋳鋼品は、成分組成が、質量%で、C: 0.040%以下、Si: 0.30%以下、Mn: 0.05~0.50%、S: 0.005%以下、Ni: 31.00~34.00%、Co: 2.00~6.00%、及びAl: 0.035~0.100%を含有し、残部がFe及び不可避免的不純物であり、オーステナイト組織の平均結晶粒径が200μm以下であり、超音波底面エコーの減衰係数が2.0dB/cm以下である。

明 細 書

発明の名称：低熱膨張鋳鋼品及びその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は低い熱膨張係数を有する低熱膨張鋳鋼品及びその製造方法に関する。

背景技術

[0002] エレクトロニクスや半導体関連機器、レーザー加工機、超精密加工機器の部品材料として、熱的に安定なインバー合金が広く使用されている。

[0003] 特許文献1には、Ni：29.5～35%、Co：2.0～7.0%、Cr：0.001～2.0%を含有する、熱膨張係数が $0.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C} \sim 2.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ の低熱膨張合金が開示されている。この合金は、均質溶体化処理後、焼入れするかあるいは $1^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ 以下の速度で冷却して焼鈍を行った後、10%以上の冷間圧延加工を行うことで得られる。

[0004] 特許文献2には、Co：65%以下、Ni：30%以下、Cr：10%以下を含有し、Co及びNiの合計含有量が25～65%である低熱膨張線が開示されている。特許文献2は、低熱膨張線を冷間加工によりオーステナイト相の一部の加工誘起マルテンサイト相に変態させる方法を開示している。

[0005] 特許文献3には、Ni：0.03～1.5%、NiとCoの合計：53～55%、Cr：9～10%を含有する低熱膨張合金を開示している。特許文献3は、合金を650～900℃で焼鈍した後、炉内で $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 未満の速度で冷却する方法を開示している。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特許第2796966号公報

特許文献2：特開平6-279945号公報

特許文献3：特許第5534150号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 低熱膨張鋳鋼品においてはオーステナイト結晶粒が粗大化しやすく、鍛造品と比較して超音波探傷性に劣る傾向にある。すなわち、超音波が結晶粒界で散乱・減衰するため、非破壊試験である超音波探傷試験による欠陥の検出が難しくなる。

[0008] 本発明は、上記の問題を解決し、優れた超音波探傷性を有する低熱膨張鋳鋼品を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明者らは、超音波探傷性を向上する方法を鋭意検討し、本発明をなした。本発明は、以下の態様を含む。

[0010] (1) 成分組成が、質量%で、C : 0.040%以下、Si : 0.30%以下、Mn : 0.05~0.50%、S : 0.005%以下、Ni : 31.00~34.00%、Co : 2.00~6.00%、Al : 0.035~0.100%を含有し、残部がFe及び不可避免的不純物であり、オーステナイト組織の平均結晶粒径が $200\mu\text{m}$ 以下であり、超音波底面エコーの減衰係数が $2.0\text{dB}/\text{cm}$ 以下であることを特徴とする低熱膨張鋳鋼品。

[0011] (2) $25\sim 100^{\circ}\text{C}$ における平均熱膨張係数が $1.0\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下であることを特徴とする前記(1)の低熱膨張鋳鋼品。

[0012] (3) 前記(1)又は(2)の低熱膨張鋳鋼品を製造する方法であって、成分組成が、質量%で、C : 0.040%以下、Si : 0.30%以下、Mn : 0.05~0.50%、S : 0.005%以下、Ni : 31.00~34.00%、Co : 2.00~6.00%、及びAl : 0.035~0.100%を含有し、残部がFe及び不可避免的不純物である鋳鋼品を、Ms点以下まで冷却して、Ms点以下の温度で0.5~3hr保持した後室温まで昇温するクライオ処理工程と、クライオ処理を施した鋳鋼品を、 $800\sim 1100^{\circ}\text{C}$ に加熱し、0.5~5hr保持する再結晶処理工程と、を順に備えることを特徴とする低熱膨張鋳鋼品の製造方法。

発明の効果

[0013] 本発明によれば、優れた超音波探傷性を有する低熱膨張鋳鋼品を得ることができる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]鋳鋼品にクライオ処理を施した後の組織の一例である。

[図2]鋳鋼品に再結晶処理を施した組織の一例である。

発明を実施するための形態

[0015] 以下、本発明について詳細に説明する。

[0016] <成分組成>

はじめに、本発明の鋳鋼品の成分組成について説明する。以下、成分組成に関する「%」は特に断りのない限り「質量%」を表すものとする。

[0017] (C : 0.040%以下)

Cは、オーステナイトに固溶し強度の上昇に寄与する。しかしながら、Cは再結晶処理工程でマトリックスに固溶し、冷却時に析出し、熱膨張係数を大きくする。25～100℃における平均熱膨張係数を $1.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下にするためには、Cの析出量を低くする必要がある。したがって、Cの含有量を0.040%以下とする。Cの含有量は0.035%以下、0.030%以下、0.025%以下、又は0.020%以下であってよい。Cは必須の元素ではなく、Cの含有量は0%であってよい。Cの含有量は0.001%以上、0.002%以上、0.004%以上、0.008%以上、0.010%以上、又は0.015%以上であってよい。

[0018] (Si : 0.30%以下)

Siは脱酸剤として添加される。本発明においては、吹かれの無い健全な鋳鋼品をつくるため、脱酸に必要な最小限の量をそれぞれ添加すればよい。最終的に製造される鋳鋼品にはSiが含有される必要はなく、Siの含有量の下限は0%である。Siは0.30%以下の範囲で含有してよい。脱酸はAlでも行えるため、Siは添加しなくてもよい。Siの含有量は0.25%以下、0.20%以下、0.15%以下、又は0.10%以下であってよい。Siの含有量は0.01%以上、0.02%以上、0.03%以上、0

、0.04%以上、0.05%以上、又は0.07%以上であってよい。

[0019] (Mn : 0.05~0.50%)

Mnは脱酸剤として添加される。また、Sと反応しMnSを形成することで、Sを固定するために添加される。本発明においては、この効果を得るために、Mnの含有量は0.05%以上とする。Mnの含有量が多すぎても効果が飽和するだけなので、Mnの含有量は0.50%以下とする。Mnの含有量は0.10%以上、0.15%以上、0.20%以上、0.25%以上、又は0.30%以上であってよい。Mnの含有量は0.48%以下、0.45%以下、0.40%以下、又は0.35%以下であってよい。

[0020] (S : 0.005%以下)

Sは不純物として含有される。Sは粒界に偏析すると、再結晶を阻害し、超音波探傷性を低下させるので、Sの含有量は少ない方がよい。本発明の低熱膨張鋳鋼品においては、Sの含有量は0.005%以下とする。Sの含有量は0.004%以下、又は0.003%以下であってよい。Sの含有量は少ないほどよく、Sの含有量の下限は0%である。ただし、Sの含有量を0%とするのはコスト増となるので、Sの含有量は0.001%以上、又は0.002%以上であってよい。

[0021] (Ni : 31.00~34.00%)

Niは、熱膨張係数を低下させる元素である。Niの含有量は多すぎても少なすぎても熱膨張係数が十分に小さくならない。また、Niの含有量が多すぎると冷却によりマルテンサイト変態を生じさせるのが困難になり、再結晶後の等軸晶の割合が低下する。25~100℃における平均熱膨張係数を $1.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下にするためには、Niの含有量を狭い範囲に制御する必要がある。具体的には、Niの含有量は31.00~34.00%の範囲とする。Niの含有量は、31.10%以上、31.20%以上、31.30%以上、31.40%以上、31.50%以上、31.60%以上、又は31.70%以上であってよい。Niの含有量は33.80%以下、33.50%以下、33.00%以下、又は32.50%以下であってよい。

[0022] (C o : 2.00~6.00%)

C o は、N i との組み合わせにより熱膨張係数の低下に寄与する。25~100℃における平均熱膨張係数を $1.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下にするためには、C o の含有量は2.00~6.00%の範囲とする。C o の含有量は2.30%以上、2.50%以上、2.70%以上、3.00%以上、3.50%以上、又は4.00%以上であってよい。C o の含有量は5.80%以下、5.60%以下、5.40%以下、5.20%以下、又は5.00%以下であってよい。

[0023] さらに、熱膨張係数を低下させるためには、N i の含有量（質量%）[N i] と、C o の含有量（質量%）[C o] が、 $34.00 \leq [\text{N i}] + 0.8 \times [\text{C o}] \leq 38.00$ を満たすことが好ましい。[N i] + $0.8 \times [\text{C o}]$ は34.20%以上、34.50%以上、34.70%以上、35.00%以上、又は35.50%以上であってよい。[N i] + $0.8 \times [\text{C o}]$ は37.80%以下、37.60%以下、37.20%以下、36.80%以下、又は36.50%以下であってよい。

[0024] (A l : 0.035~0.100%)

A l は脱酸剤として添加される。A l の含有量が少ないと、脱酸が十分にされずMn酸化物が形成されることによって、Mn S が形成されなくなり、粒界にSが偏析しやすくなるため、再結晶が阻害される。その結果、超音波探傷性が低下する。そのため、A l の含有量は0.035%以上とする。A l の含有量が多すぎても効果が飽和するので、A l の含有量は0.100%以下とする。A l の含有量は0.040%以上、又は0.045%以上であってよい。A l の含有量は0.090%以下、0.080%以下、0.070%以下、又は0.060%以下であってよい。

[0025] 成分組成の残部は、F e 及び不可避免の不純物である。不可避免の不純物とは、本発明で規定する成分組成を有する鋼を工業的に製造する際に、原料や製造環境等から、意図的に鋼に含有させたものではなく、不可避免に混入するものをいう。不可避免の不純物としては、製造工程において意図的に添加して

いない元素であるP、Cuなどが挙げられる。不純物の含有量は本発明の効果に影響を与えない範囲であれば限定されない。不純物の含有量は、質量%で、合計で、0.50%以下、0.40%以下、0.30%以下、0.20%以下、0.15%以下、0.10%以下、0.05%以下、又は0%であってよい。

[0026] <鋳鋼品の組織>

本発明の鋳鋼品の組織は、平均粒径が $200\mu\text{m}$ 以下のオーステナイト組織である。組織は、微細な等軸晶を中心とする。等軸晶の割合が低いと、オーステナイトの平均結晶粒径が大きくなる。組織のすべてが等軸晶である必要はないが、等軸晶の割合が面積率で60%以上であることが好ましい。等軸晶の割合は、面積率で70%以上80%以上、85%以上、90%以上、又は95%以上であってよい。

[0027] オーステナイトの平均結晶粒径は、鋳鋼品の中心部付近から組織観察用試料を切り出し、観察面を鏡面研磨後、Marble試薬にてエッチングを行い光学顕微鏡にて観察した結晶粒の円相当径の平均値として求めた。ここで、光学顕微鏡で観察した結晶粒のうち、結晶粒の長辺と短辺の比が3倍以上のものを柱状晶、3倍未満のものを等軸晶と判断する。

[0028] <減衰係数>

本発明の鋳鋼品は、超音波底面エコーの減衰係数が $2.0\text{dB}/\text{cm}$ 以下である。ここで、減衰係数は、垂直法による底面エコー検出において、1回目の底面エコー高さを、超音波の出力100%に対して75~85%となるように出力調整したときの、1回目の底面エコー高さを $B_1(\text{dB})$ 、2回目の底面エコー B_2 のエコー高さを $B_2(\text{dB})$ 、鋳鋼品の試料表面から底面までの距離を $L(\text{cm})$ としたときに、 $(B_1 - B_2)/L$ で求められる値(dB/cm)で定義される。減衰係数は好ましくは $1.8\text{dB}/\text{cm}$ 以下、 $1.5\text{dB}/\text{cm}$ 以下、 $1.2\text{dB}/\text{cm}$ 以下、 $1.0\text{dB}/\text{cm}$ 以下である。減衰係数が小さいため、非破壊試験である超音波探傷試験による欠陥の検出に有利である。このような減衰係数は、成分組成を上述の範囲とし

、後述する製造方法により低熱膨張鋳鋼品を製造することにより得ることができる。

[0029] <熱膨張係数>

本発明の鋳鋼品は、 $25 \sim 100^{\circ}\text{C}$ における平均熱膨張係数が $1.0 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下であることが好ましい。熱膨張係数は、鋳鋼品の中心部付近から熱膨張測定試験片を採取し、熱膨張測定機を用いて 0°C から 130°C まで昇温速度 $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$ で加熱し測定し、 25 から 100°C の平均熱膨張係数を測定する。熱膨張測定装置としては、NETZSCH社製DIL 402Cを使用することができる。 $25 \sim 100^{\circ}\text{C}$ における平均熱膨張係数は、 $1.00 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下、 $0.90 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下、 $0.80 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下、 $0.70 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下、 $0.60 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下、又は $0.50 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下であってよい。

[0030] 《製造方法》

次に、本発明の低熱膨張鋳鋼品の製造方法について説明する。本発明の低熱膨張鋳鋼品は、以下に説明する鋳造、及び熱処理によって得ることができる。なお、本発明の低熱膨張鋳鋼品の製造方法においては、鍛造は行わない。

[0031] (鋳造)

はじめに、鋳鋼品が前述した成分組成を有するものとなるように調整した溶鋼を製造する。溶鋼の製造方法は特に限定されるものではなく、公知の装置、方法を用いればよい。次に、溶鋼を鋳型へ注入して凝固させ、鋳鋼品を得る。鋳型や、鋳型への溶鋼の注入装置、注入方法は特に限定されるものではなく、公知の装置、方法を用いればよい。鋳型で製造された鋳鋼品の組織は柱状晶を中心とした組織となる。得られた鋳鋼品に、以下の熱処理を施す。

[0032] (クライオ処理工程)

次に、鋳鋼品を、 M_s 点以下まで急冷し、 M_s 点以下の温度で $0.5 \sim 3 \text{ h}$ 保持した後、室温まで昇温する（クライオ処理工程）。冷却の方法は特

に限定されない。一般的に、 M_s 点は鋼の成分を用いて、下記の式で推定できる。

$$[0033] \quad M_s \text{ (}^\circ\text{C)} = 521 - 353C - 22Si - 24.3Mn - 7.7Cu - 17.3Ni - 17.7Cr - 25.8Mo$$

ここで、 C 、 Si 、 Mn 、 Cu 、 Ni 、 Cr 、 Mo は各元素の含有量（質量％）である。含有しない元素は0とする。

[0034] 本発明の低熱膨張鋳鋼品の成分組成の場合、上式で計算される M_s 点は、特に Ni の含有量に依存して、 -10°C から -70°C 程度となるので、冷却媒体としてはドライアイスとメチルアルコールあるいはエチルアルコール、液体窒素に浸漬する方法、あるいは液体窒素を噴霧する方法が用いることができる。これにより、微細なマルテンサイトを含有した組織が形成される。また、昇温は室温の大気中に引き上げることで行えばよい。図1に、クライオ処理工程の後の組織の例を示す。組織写真中、黒い部分がマルテンサイトである。多量のマルテンサイトが生成することにより、次の再結晶処理工程においてオーステナイト粒径が微細化する。

[0035] （再結晶処理工程）

次に、鋳鋼品を $800\sim 1100^\circ\text{C}$ まで再加熱し、 $800\sim 1100^\circ\text{C}$ で $0.5\sim 5\text{ h r}$ 保持し、冷却する。これにより、マルテンサイトが形成された組織はオーステナイト組織へと戻る。通常の凝固により形成される組織の結晶粒径は $1\sim 10\text{ mm}$ 程度であるが、上記のクライオ処理工程と、その後の再結晶処理工程を経ることで、オーステナイト組織は、等軸晶を中心とした平均粒径が $200\text{ }\mu\text{m}$ 以下となる微細な組織となる。図2に、再結晶処理工程の後の組織の例を示す。再結晶処理工程後の組織が、平均粒径が $200\text{ }\mu\text{m}$ 以下となる微細な組織となっていることが確認できる。

[0036] （溶体化処理工程）

クライオ処理の後に、鋳鋼品を $800\sim 1100^\circ\text{C}$ に加熱して、 $0.5\sim 5\text{ h r}$ 保持し、急冷する溶体化処理工程を設けてもよい。溶体化処理工程は

必須の工程ではなく、必要に応じて実施してよい。溶体化により、鑄造時に析出した析出物が固溶して、延性、靱性が向上する。

[0037] (拡散処理工程)

クライオ処理工程の前に、さらに、鑄鋼品を1100～1300℃で5～50hr保持する拡散処理工程を備えてもよい。拡散処理工程は必須の工程ではなく、必要に応じて実施してよい。これにより鋼中のNi及び不純物の偏析がなくなり、大きなサイズの鑄鋼品であっても、低い熱膨張係数を有する鑄鋼品をより安定して製造できる。

[0038] (調質処理工程)

クライオ処理工程と再結晶処理工程の間に、再結晶オーステナイト結晶粒をより微細化させるために、鑄鋼品をAC₃点直下の300～400℃に加熱し、300～400℃で1～10hr保持するマルテンサイトの調質処理を施してもよい。調質処理工程は必須の工程ではなく、必要に応じて実施してよい。

実施例

[0039] <発明例1>

高周波溶解炉を用いて、溶湯を鑄型に注湯し、表1のNo. 1に示す組成となるように調整したY型供試材を製造した。製造したY型供試材に対して、-196℃まで冷却させ、1.5hr保持するクライオ処理を施し、続いて、900℃まで再加熱し、2.0hr保持し、大気放冷する再結晶処理を施し、低熱膨張鑄鋼品を得た。

[0040] <発明例2～7、比較例1～6>

成分組成、クライオ処理、再結晶処理の温度を表1及び表2に記載の条件とした他は実施例1と同様にして、低熱膨張鑄鋼品を得た。表2中の各処理温度について、「－」は、その工程を設けなかったことを意味する。なお、比較例6は、鑄造後、鍛造を行った鍛造品である。

[0041] (オーステナイトの平均結晶粒径、25～100℃の平均熱膨張係数)

得られた低熱膨張鑄鋼品に対して、前述の方法で、オーステナイトの平均

結晶粒径、25～100℃の平均熱膨張係数を求めた。

[0042] (減衰係数)

Y型供試材から25×25×100Lの試料を採取し、長手方向に垂直な方向で、垂直法により底面エコー高さを測定した。超音波の周波数は2MHzとし、試料の1回目の底面エコー高さを80%に調整した状態で、2回目の底面エコー高さB2(dB)を求め、1回目の高さB1(dB)、試料の高さ(L)から、 $(B1 - B2) / L$ を求め、減衰係数とした。

[0043] 以上の結果を表2に示す。なお、表2の減衰係数における「 ≥ 2.70 」は、減衰が大きく、測定不能であったことを意味する。また、Ms点は、上述の推定式を用いて計算された値である。

[0044] [表1]

表1

No.	成分組成 (質量%) 残部: Fe及び不純物							[Ni]+0.8×[Co] (質量%)
	C	Si	Mn	S	Ni	Co	Al	
発明例1	0.017	0.09	0.18	0.003	31.83	3.21	0.045	34.40
発明例2	0.004	0.04	0.21	0.003	33.16	5.39	0.035	37.47
発明例3	0.031	0.26	0.48	0.004	31.37	5.86	0.087	36.06
発明例4	0.017	0.09	0.18	0.003	31.53	4.35	0.049	35.01
発明例5	0.012	0.24	0.14	0.004	32.30	5.44	0.041	36.65
発明例6	0.008	0.13	0.23	0.005	32.70	2.90	0.048	35.02
発明例7	0.015	0.14	0.12	0.004	33.87	2.04	0.055	35.50
比較例1	0.017	0.09	0.18	0.003	31.83	3.21	0.045	34.40
比較例2	0.017	0.09	0.21	0.005	31.98	5.21	<u>0.028</u>	36.15
比較例3	0.019	0.09	0.24	<u>0.015</u>	32.41	4.03	<u>0.022</u>	35.63
比較例4	0.011	0.08	0.38	0.005	<u>34.33</u>	<u>6.13</u>	<u>0.002</u>	39.23
比較例5	0.006	0.24	0.40	0.004	<u>30.80</u>	<u>1.90</u>	<u>0.013</u>	32.32
比較例6	0.003	0.09	0.24	0.005	32.53	5.36	0.045	36.82

※下線は本発明の範囲外であることを示す。

[0045]

[表2]

表 2

No.	Ms点	クライオ処理 温度	再結晶処理 温度	結晶粒径	熱膨張係数 (25~100℃)	減衰係数
	[℃]	[℃]	[℃]	[μm]	[$\times 10^{-6}/\text{℃}$]	[dB/cm]
発明例1	-42	-196	900	75	0.55	0.82
発明例2	-60	-196	1100	190	0.94	1.55
発明例3	-50	-196	800	60	0.61	0.85
発明例4	-37	-196	900	50	0.34	0.91
発明例5	-51	-196	1000	50	0.77	1.14
発明例6	-56	-196	900	80	0.82	1.26
発明例7	-76	-196	900	170	0.91	1.93
比較例1	-42	-	-	<u>1200</u>	0.55	<u>≥ 2.70</u>
比較例2	-45	-196	800	<u>430</u>	0.52	<u>≥ 2.70</u>
比較例3	-54	-196	1000	<u>480</u>	0.70	<u>≥ 2.70</u>
比較例4	-88	-196	<u>1200</u>	<u>1200</u>	3.14	<u>≥ 2.70</u>
比較例5	-29	-196	1000	70	2.78	<u>≥ 2.70</u>
比較例6	-51	-	-	100	0.58	0.53~0.65

※下線は本発明の範囲外であること、又は所望の特性が得られなかったことを示す。

[0046] 表2に示すとおり、本発明例の低熱膨張鋳鋼品は、25~100℃で低い熱膨張係数が得られ、また、鋳造ままで、鍛造品と同程度に減衰係数が小さい、すなわち、優れた超音波探傷性を有することが確認できた。

[0047] 比較例1は、クライオ処理、再結晶処理を施さなかった例であり、鋳造ままの粗大なオーステナイト粒となった。その結果、減衰係数が大きくなった。

[0048] 比較例2は、Alの含有量が少なかった例であり、Mn酸化物が形成されることによって、MnSが形成されなくなり、粒界にSが偏析しやすくなり、再結晶が阻害されたと考えられる。その結果、オーステナイトの平均結晶粒径が大きくなり、減衰係数が大きくなった。

[0049] 比較例3は、Sの含有量が多く、Alの含有量が少なかった例であり、Mn酸化物が形成されることによってMnSが形成されなくなり、加えてSの含有量が多いため粒界にSが偏析しやすくなり、再結晶が阻害されたと考えられる。その結果、オーステナイトの平均結晶粒径が大きくなり、減衰係数

が大きくなった。

[0050] 比較例4は、Niの含有量が多く、Coの含有量が多く、Alの含有量が少なかった例であり、Ni及びCoの含有量が適切でないため熱膨張係数が大きくなり、また、Mn酸化物が形成されることによって、MnSが形成されなくなり、粒界にSが偏析しやすくなり、再結晶が阻害されたと考えられる。また、Niの含有量が多くオーステナイトが安定しクライオ処理によるマルテンサイト変態量が少なく再結晶後の等軸晶が低くなったと考えられる。その結果、オーステナイトの平均結晶粒径が大きくなり、減衰係数が大きくなった。

[0051] 比較例5は、Niの含有量が少なく、Coの含有量が少なく、Alの含有量が少なかった例であり、Ni及びCoの含有量が適切でないため熱膨張係数が大きくなり、また、Mn酸化物が形成されることによって、MnSが形成されなくなり、粒界にSが偏析しやすくなり、再結晶が阻害されたと考えられる。その結果、オーステナイトの平均結晶粒径が大きくなり、減衰係数が大きくなった。

[0052] 比較例6は、クライオ処理、再結晶処理を施さず、鍛造を行った鍛造品の例である。鍛造品であるので加工組織を有し、鋳鋼である本発明の低熱膨張鋳鋼品とは異なるものである。

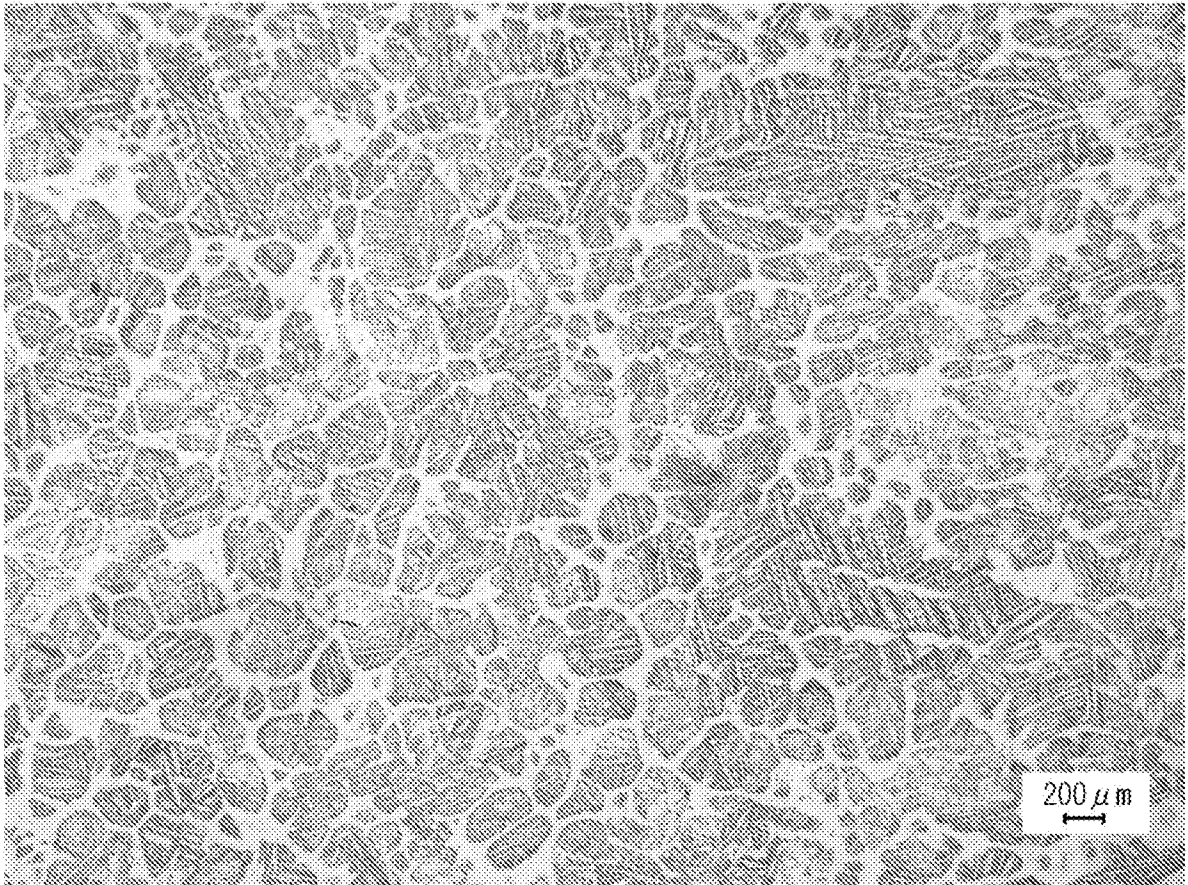
請求の範囲

- [請求項1] 成分組成が、質量％で、
C : 0.040％以下、
Si : 0.30％以下、
Mn : 0.05～0.50％、
S : 0.005％以下、
Ni : 31.00～34.00％、
Co : 2.00～6.00％、
Al : 0.035～0.100％
を含有し、残部がFe及び不可避免の不純物であり、
オーステナイト組織の平均結晶粒径が $200\mu\text{m}$ 以下であり、
超音波底面エコーの減衰係数が $2.0\text{dB}/\text{cm}$ 以下である
ことを特徴とする低熱膨張鋳鋼品。
- [請求項2] $25\sim100^{\circ}\text{C}$ における平均熱膨張係数が $1.0\times10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 以下
であることを特徴とする請求項1に記載の低熱膨張鋳鋼品。
- [請求項3] 請求項1又は2に記載の低熱膨張鋳鋼品を製造する方法であって、
成分組成が、質量％で、
C : 0.040％以下、
Si : 0.30％以下、
Mn : 0.05～0.50％、
S : 0.005％以下、
Ni : 31.00～34.00％、
Co : 2.00～6.00％、
Al : 0.035～0.100％
を含有し、残部がFe及び不可避免の不純物である鋳鋼品を、Ms点以下まで冷却して、Ms点以下の温度で0.5～3hr保持した後室温まで昇温するクライオ処理工程と、
クライオ処理を施した鋳鋼品を、 $800\sim1100^{\circ}\text{C}$ に加熱し、0

． 5 ～ 5 h r 保持する再結晶処理工程と、
を順に備えることを特徴とする低熱膨張鋳鋼品の製造方法。

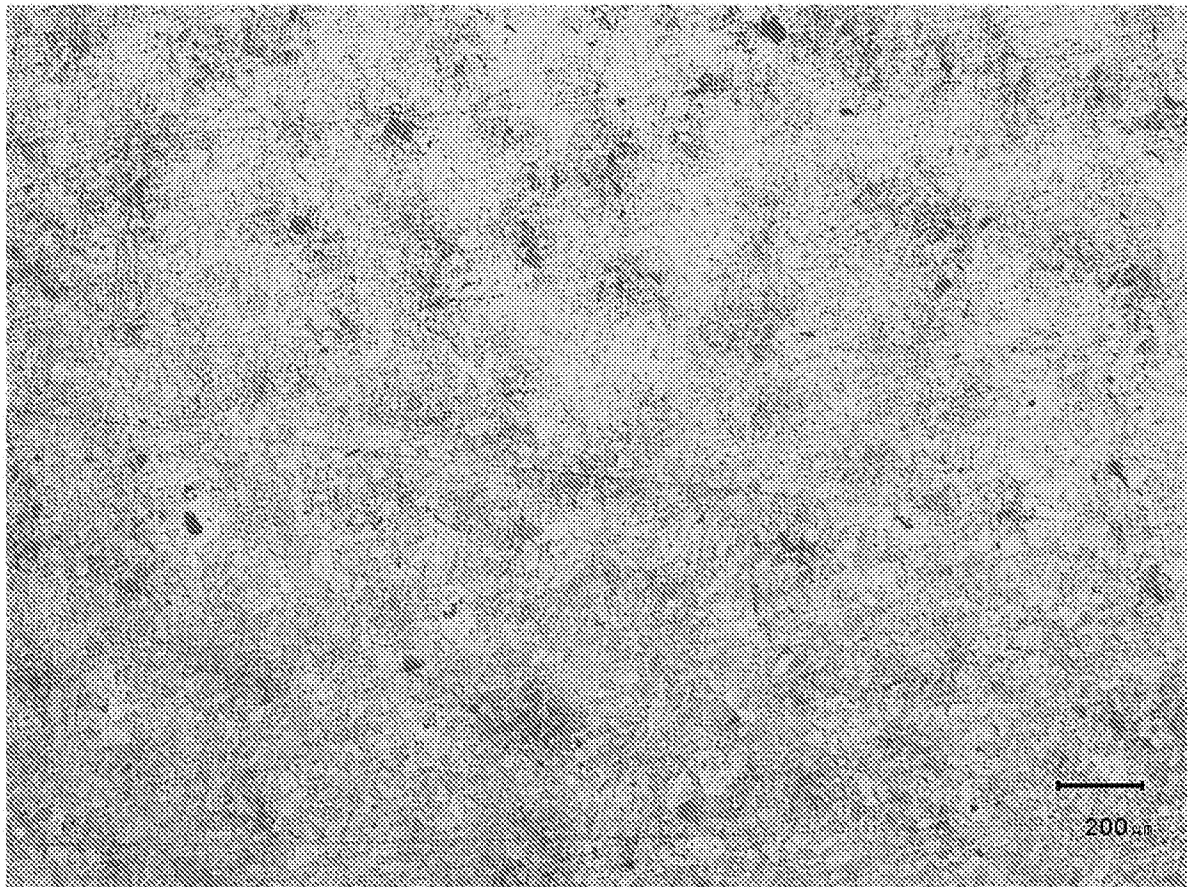
[図1]

図1



[図2]

図2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/014670

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**C22C 38/00**(2006.01)i; **C21D 6/00**(2006.01)i; **C21D 6/04**(2006.01)i; **C22C 38/10**(2006.01)i

FI: C22C38/00 302R; C22C38/10; C21D6/00 101A; C21D6/00 101H; C21D6/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C22C38/00-C22C38/60; C21D6/00-C21D6/04; C21D8/00-C21D8/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024

Registered utility model specifications of Japan 1996-2024

Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII); Caplus/REGISTRY (STN)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2016-27187 A (SHIN-HOKOKU STEEL CORP.) 18 February 2016 (2016-02-18) claims, paragraphs [0054]-[0059]	1-3
Y		1-3
Y	JP 2018-145491 A (SHIN-HOKOKU STEEL CORP.) 20 September 2018 (2018-09-20) paragraph [0021], table 1	1-3
Y	JP 2005-113249 A (SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD.) 28 April 2005 (2005-04-28) paragraphs [0027], [0038]	1-3
A	JP 10-237595 A (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 08 September 1998 (1998-09-08)	1-3
A	JP 11-269616 A (NIPPON MINING & METALS CO., LTD.) 05 October 1999 (1999-10-05)	1-3

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“D” document cited by the applicant in the international application

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 May 2024

Date of mailing of the international search report

18 June 2024

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/014670

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2016-27187	A	18 February 2016	CN 105296844 A	
JP	2018-145491	A	20 September 2018	(Family: none)	
JP	2005-113249	A	28 April 2005	(Family: none)	
JP	10-237595	A	08 September 1998	(Family: none)	
JP	11-269616	A	05 October 1999	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

C22C 38/00(2006.01)i; C21D 6/00(2006.01)i; C21D 6/04(2006.01)i; C22C 38/10(2006.01)i
FI: C22C38/00 302R; C22C38/10; C21D6/00 101A; C21D6/00 101H; C21D6/04

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

C22C38/00-C22C38/60; C21D6/00-C21D6/04;C21D8/00-C21D8/10

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-2024年
日本国実用新案登録公報 1996-2024年
日本国登録実用新案公報 1994-2024年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII); CPlus/REGISTRY (STN)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2016-27187 A（新報国製鉄株式会社）18.02.2016（2016 - 02 - 18） 特許請求の範囲、[0054] - [0059]	1-3
Y		1-3
Y	JP 2018-145491 A（新報国製鉄株式会社）20.09.2018（2018 - 09 - 20） [0021]、表1	1-3
Y	JP 2005-113249 A（住友金属工業株式会社）28.04.2005（2005 - 04 - 28） [0027]，[0038]	1-3
A	JP 10-237595 A（株式会社東芝）08.09.1998（1998 - 09 - 08）	1-3
A	JP 11-269616 A（日鉱金属株式会社）05.10.1999（1999 - 10 - 05）	1-3

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの
“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日
21.05.2024

国際調査報告の発送日
18.06.2024

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

権限のある職員（特許庁審査官）

小川 武 4K 9270

電話番号 03-3581-1101 内線 3465

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2024/014670

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2016-27187	A	18.02.2016	CN	105296844	A	
JP	2018-145491	A	20.09.2018	(ファミリーなし)			
JP	2005-113249	A	28.04.2005	(ファミリーなし)			
JP	10-237595	A	08.09.1998	(ファミリーなし)			
JP	11-269616	A	05.10.1999	(ファミリーなし)			