

(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12月12日(12.12.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/252667 A1

(51) 国際特許分類:
C22C 38/00 (2006.01) C21D 9/00 (2006.01)
C22C 38/50 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/021540

(22) 国際出願日: 2023年6月9日(09.06.2023)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 日本製鉄株式会社 (NIPPON STEEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 浜口 友彰 (HAMAGUCHI, Tomoaki); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内 Tokyo (JP). 大川 暁 (OKAWA, Satoru); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内 Tokyo (JP). 渡里 宏二 (WATARI, Koji); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内 Tokyo (JP). 西原 基成 (NISHIHARA, Kison); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: アセンド弁理士法人 (ASCEND IP LAW FIRM); 〒5300003 大阪府大阪市北区堂島一丁目5番17号 Osaka (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))

(54) Title: STEEL MATERIAL

(54) 発明の名称: 鋼材

(57) Abstract: Provided is a steel material having excellent high-temperature strength and excellent high-temperature toughness. This steel material has a chemical composition comprising, in terms of mass%, 0.20-0.60% C, 0.05-1.00% Si, 0.20-1.00% Mn, up to 0.030% P, up to 0.0300% S, 5.60-7.00% Cr, 1.00-4.00% Mo, 0.10-1.50% V, 0.0005-0.1000% sol.Al, 0.0050-0.0500% N, and Fe and unavoidable impurities as the remainder, has a total areal proportion of martensite and bainite of 99% or higher, and has prior-austenite crystal grains with an average crystal-grain diameter of 150 μm or less. A residue extracted from the steel material by an electrolytic extraction method has a Cr content of 0.5-3.0 mass% and an Mo content of 0.2-2.0 mass%.

(57) 要約: 優れた高温強度と優れた高温靱性とを有する鋼材を提供する。本開示による鋼材は、化学組成が、質量%で、C: 0.20~0.60%、Si: 0.05~1.00%、Mn: 0.20~1.00%、P: 0.030%以下、S: 0.0300%以下、Cr: 5.60~7.00%、Mo: 1.00~4.00%、V: 0.10~1.50%、sol.Al: 0.0005~0.1000%、N: 0.0050~0.0500%、残部: Fe及び不純物からなり、マルテンサイト及びベイナイトの総面積率が99%以上であり、旧オーステナイト結晶粒の平均結晶粒径が150 μm以下であり、電解抽出法により鋼材から抽出される残渣中に含有されているCr含有量が質量%で0.5~3.0%であり、Mo含有量が質量%で0.2~2.0%である。



WO 2024/252667 A1

明 細 書

発明の名称：鋼材

技術分野

[0001] 本開示は鋼材に関し、さらに詳しくは、熱間工具に代表される、高温環境での使用に適した鋼材に関する。

背景技術

[0002] 熱間鍛造や熱間押し出し加工では、熱間鍛造金型や、押し出し工具といった、熱間工具が用いられる。熱間加工時において、熱間工具は、850～1300℃程度の高温の素材と衝突したり、接触したりする。そのため、熱間工具として用いられる鋼材では、高温環境での優れた強度と、高温環境での優れた靱性とが求められる。本明細書において、熱間加工のような高温環境で求められる強度及び靱性を「高温強度」及び「高温靱性」という。

[0003] 熱間工具として用いられる鋼材の高温靱性を高める技術が、国際公開第2005/182586号（特許文献1）、国際公開第2016/013273号（特許文献2）及び特開2018-165400号公報（特許文献3）に提案されている。これらの文献に開示された鋼材はいずれも、鋼材中の結晶粒を微細化することにより、高温靱性を高めている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：国際公開第2015/182586号

特許文献2：国際公開第2016/013273号

特許文献3：特開2018-165400号公報

非特許文献

[0005] 非特許文献1：Kengo Hata, “Three-dimensional EBSD Analysis and TEM Observation for Interface Microstructure during Reverse Phase Transformation i

n Low Carbon Steels” I S I J I n t e r n a t i o n a l , v o l . 5 8 (2 0 1 8) , N o . 4 , p p . 7 4 2 ~ 7 5 0

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献1～特許文献3に開示されている鋼材では、高温強度と高温靱性との両立に関する検討がなされていない。

[0007] 本開示の目的は、優れた高温強度と優れた高温靱性とを有する鋼材を提供することである。

課題を解決するための手段

[0008] 本開示による鋼材は、次の構成を有する。

[0009] 鋼材であって、

化学組成が、質量%で、

C : 0.20～0.60%、

Si : 0.05～1.00%、

Mn : 0.20～1.00%、

P : 0.030%以下、

S : 0.0300%以下、

Cr : 5.60～7.00%、

Mo : 1.00～4.00%、

V : 0.10～1.50%、

sol. Al : 0.0005～0.1000%、

N : 0.0050～0.0500%、

Ni : 0～2.00%、

Cu : 0～0.050%、

Nb : 0～0.1000%、

Ti : 0～0.050%、及び、

残部 : Fe 及び不純物、からなり、

マルテンサイト及びベイナイトの総面積率が99%以上であり、

旧オーステナイト結晶粒の平均結晶粒径が $150\mu\text{m}$ 以下であり、
電解抽出法により前記鋼材から抽出される残渣中に含有されているCr含有量が質量%で $0.5\sim3.0\%$ であり、
前記残渣中に含有されているMo含有量が質量%で $0.2\sim2.0\%$ である、
鋼材。

発明の効果

[0010] 本開示の鋼材は、優れた高温強度及び優れた高温靱性を有する。

発明を実施するための形態

[0011] 本発明者らは、優れた高温強度と優れた高温靱性とを有する鋼材について、検討を行った。その結果、本発明者らは、次の知見を得た。

[0012] まず本発明者らは、優れた高温強度と優れた高温靱性とを有する鋼材について、化学組成の観点から検討した。その結果、本発明者らは、質量%で、
C： $0.20\sim0.60\%$ 、Si： $0.05\sim1.00\%$ 、Mn： $0.20\sim1.00\%$ 、P： 0.030% 以下、S： 0.0300% 以下、Cr： $5.60\sim7.00\%$ 、Mo： $1.00\sim4.00\%$ 、V： $0.10\sim1.50\%$ 、sol. Al： $0.0005\sim0.1000\%$ 、N： $0.0050\sim0.0500\%$ 、Ni： $0\sim2.00\%$ 、Cu： $0\sim0.050\%$ 、Nb： $0\sim0.1000\%$ 、Ti： $0\sim0.050\%$ 、及び、残部：Fe及び不純物、からなる化学組成であれば、優れた高温強度及び優れた高温靱性を両立できる可能性があると考えた。そこで、本発明者らはさらに、上述の化学組成を有する鋼材に対して、ミクロ組織の観点から、優れた高温強度が得られ、かつ、優れた高温靱性が得られる手段について、検討を行った。

[0013] 高温靱性については、結晶粒の微細化が有効である。そこで、本発明者らは、上述の化学組成の鋼材において、優れた高温靱性が得られるための結晶粒径について、検討を行った。その結果、旧オーステナイト結晶粒の平均結晶粒径が $150\mu\text{m}$ 以下であれば、優れた高温強度及び優れた高温靱性の両立が可能であると考えた。

[0014] しかしながら、上述の化学組成を有し、かつ、旧オーステナイト結晶粒の平均結晶粒径が $150\mu\text{m}$ 以下であっても、依然として、優れた高温強度と優れた高温靱性とを両立できない場合があることが判明した。

そこで、本発明者らは、優れた高温強度及び優れた高温靱性を両立するためのさらなる検討を行った。

[0015] ここで、本発明者らは、鋼材中の析出物に注目した。上述の化学組成を有する鋼材では、複数の種類の微細な析出物が生成し得る。鋼材中の析出物は、析出強化により高温強度を高める。しかしながら、析出物は割れの起点になり、高温靱性を低下する場合もある。そこで、本発明者らは、特定の析出物が適切な量で生成すれば、鋼材の高温強度を高めつつ、割れの起点となって高温靱性が低下するのも抑制できると考えた。

[0016] ところで、上述の化学組成の鋼材で生成する析出物のサイズは、ナノレベルであって極めて微細である。そのため、走査型電子顕微鏡等で種類ごとに析出物の個数密度を定量的に測定することは困難である。しかしながら、鋼材に対して電解抽出法を実施し、得られた抽出残渣の化学組成を定量すれば、鋼材中の析出物を予想することができる。

[0017] そこで、本発明者らは、上述の化学組成を有する鋼材に対して電解抽出法を実施して、得られた残渣中の成分と、高温強度と、高温靱性との関係を調査した。その結果、上述の化学組成を有し、旧オーステナイト結晶粒の平均結晶粒径が $150\mu\text{m}$ 以下の鋼材において、抽出残渣で得られたC r含有量が質量%で0.5～3.0%であり、かつ、Mo含有量が質量%で0.2～2.0%であれば、優れた高温強度と優れた高温靱性とが得られることを、本発明者らは見出した。

[0018] 以上の知見に基づいて完成した本実施形態の鋼材は、次の構成を有する。

[0019] [1]

鋼材であって、

化学組成が、質量%で、

C : 0.20～0.60%、

Si : 0.05 ~ 1.00%、
Mn : 0.20 ~ 1.00%、
P : 0.030%以下、
S : 0.0300%以下、
Cr : 5.60 ~ 7.00%、
Mo : 1.00 ~ 4.00%、
V : 0.10 ~ 1.50%、
sol. Al : 0.0005 ~ 0.1000%、
N : 0.0050 ~ 0.0500%、
Ni : 0 ~ 2.00%、
Cu : 0 ~ 0.050%、
Nb : 0 ~ 0.1000%、
Ti : 0 ~ 0.050%、及び、
残部 : Fe 及び不純物、からなり、
マルテンサイト及びベイナイトの総面積率が99%以上であり、
旧オーステナイト結晶粒の平均結晶粒径が150 μ m以下であり、
電解抽出法により前記鋼材から抽出される残渣中に含有されているCr含有量が質量%で0.5 ~ 3.0%であり、
前記残渣中に含有されているMo含有量が質量%で0.2 ~ 2.0%である、
鋼材。

[0020] [2]

[1] に記載の鋼材であって、
前記化学組成は、
Ni : 0.01 ~ 2.00%、
Cu : 0.001 ~ 0.050%、
Nb : 0.0001 ~ 0.1000%、及び、
Ti : 0.001 ~ 0.050%、

からなる群から選択される１種以上を含有する、
鋼材。

[0021] [3]

[1] 又は [2] に記載の鋼材であって、
前記鋼材は熱間工具である、
鋼材。

[0022] 以下、本実施形態の鋼材について詳述する。なお、元素に関する「%」は、特に断りがない限り、質量%を意味する。

[0023] [本実施形態の鋼材の特徴]

本実施形態の鋼材は、次の特徴１～特徴４を満たす。

(特徴１)

化学組成が、質量%で、C : 0.20～0.60%、Si : 0.05～1.00%、Mn : 0.20～1.00%、P : 0.030%以下、S : 0.0300%以下、Cr : 5.60～7.00%、Mo : 1.00～4.00%、V : 0.10～1.50%、sol. Al : 0.0005～0.1000%、N : 0.0050～0.0500%、Ni : 0～2.00%、Cu : 0～0.050%、Nb : 0～0.1000%、Ti : 0～0.050%、及び、残部：Fe 及び不純物、からなる。

(特徴２)

マルテンサイト及びベイナイトの総面積率が９９%以上である。

(特徴３)

旧オーステナイト結晶粒の平均結晶粒径が１５０μm以下である。

(特徴４)

電解抽出法により鋼材から抽出される残渣中に含有されているCr含有量が質量%で0.5～3.0%であり、残渣中に含有されているMo含有量が質量%で0.2～2.0%である。

以下、特徴１～特徴４について説明する。

[0024] [(特徴１) 化学組成について]

本実施形態の鋼材の化学組成は、次の元素を含有する。

[0025] C : 0.20 ~ 0.60 %

炭素 (C) は、鋼材の焼入れ性を高め、鋼材の高温強度を高める。C はさらに、炭化物及び／又は炭窒化物を形成して、鋼材の高温強度を高める。C はさらに、オーステナイトを安定化する。具体的には、C は、オーステナイトとして安定に存在できる温度域を広げたり、逆変態のときに短時間の温度保持でオーステナイトに変態しやすくしたりする。C 含有量が 0.20 % 未満であれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、上記効果が十分に得られない。

一方、C 含有量が 0.60 % を超えれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、高温環境での使用により、炭化物が粗大化する。そのため、鋼材の高温強度及び高温靱性が低下する。

したがって、C 含有量は 0.20 ~ 0.60 % である。

C 含有量の好ましい下限は 0.25 % であり、さらに好ましくは 0.27 % であり、さらに好ましくは 0.29 % である。

C 含有量の好ましい上限は 0.55 % であり、さらに好ましくは 0.52 % であり、さらに好ましくは 0.50 % である。

[0026] Si : 0.05 ~ 1.00 %

シリコン (Si) は、鋼を脱酸する。Si はさらに、鋼材の被削性を高める。Si はさらに、焼戻し軟化抵抗を高め、鋼材の高温強度を高める。Si 含有量が 0.05 % 未満であれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、上記効果が十分に得られない。

一方、Si 含有量が 1.00 % を超えれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、粗大な酸化物が生成する。そのため、鋼材の高温強度が低下し、鋼材の靱性が低下する。

したがって、Si 含有量は 0.05 ~ 1.00 % である。

Si 含有量の好ましい下限は 0.07 % であり、さらに好ましくは 0.08 % であり、さらに好ましくは 0.09 % である。

S i 含有量の好ましい上限は0.90%であり、さらに好ましくは0.80%であり、さらに好ましくは0.70%であり、さらに好ましくは0.60%であり、さらに好ましくは0.55%である。

[0027] Mn : 0.20~1.00%

マンガン (Mn) は、鋼を脱酸する。Mn はさらに、鋼材の焼入れ性を高め、鋼材の高温強度を高める。Mn はさらに、オーステナイトを安定化する。Mn 含有量が0.20%未満であれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、上記効果が十分に得られない。

一方、Mn 含有量が1.00%を超えれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、鋼材中にMn が偏析する。そのため、鋼材の高温強度が低下し、鋼材の高温靱性が低下する。

したがって、Mn 含有量は0.20~1.00%である。

Mn 含有量の好ましい下限は0.22%であり、さらに好ましくは0.25%であり、さらに好ましくは0.27%であり、さらに好ましくは0.30%である。

Mn 含有量の好ましい上限は0.95%であり、さらに好ましくは0.90%であり、さらに好ましくは0.85%であり、さらに好ましくは0.80%であり、さらに好ましくは0.75%であり、さらに好ましくは0.70%である。

[0028] P : 0.030%以下

燐 (P) は不可避に含有される不純物であり、P 含有量は0%超である。P は粒界に偏析する。P 含有量が0.030%を超えれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、鋼材の熱間加工性、高温強度、及び、高温靱性が低下する。

したがって、P 含有量は0.030%以下である。

P 含有量はなるべく低い方が好ましい。しかしながら、P 含有量の極端な低減は、製造コストを大幅に高める。したがって、工業生産を考慮した場合、P 含有量の好ましい下限は0.001%であり、さらに好ましくは0.0

0.3%であり、さらに好ましくは0.005%であり、さらに好ましくは0.010%である。

P含有量の好ましい上限は0.028%であり、さらに好ましくは0.025%であり、さらに好ましくは0.023%であり、さらに好ましくは0.020%であり、さらに好ましくは0.015%である。

[0029] S : 0.0300%以下

硫黄 (S) は不可避に含有される不純物であり、S含有量は0%超である。Sは粒界に偏析したり、硫化物を形成したりする。S含有量が0.0300%を超えれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、鋼材の熱間加工性、高温強度、及び、高温靱性が低下する。

したがって、S含有量は0.0300%以下である。

S含有量はなるべく低い方が好ましい。しかしながら、S含有量の極端な低減は、製造コストを大幅に高める。したがって、工業生産を考慮した場合、S含有量の好ましい下限は0.0001%であり、さらに好ましくは0.0003%であり、さらに好ましくは0.0005%である。

S含有量の好ましい上限は0.0250%であり、さらに好ましくは0.0200%であり、さらに好ましくは0.0150%であり、さらに好ましくは0.0100%であり、さらに好ましくは0.0090%であり、さらに好ましくは0.0070%であり、さらに好ましくは0.0060%である。

[0030] Cr : 5.60~7.00%

クロム (Cr) は、鋼材の焼入れ性を高め、鋼材の高温強度を高める。Crはさらに、焼戻し軟化低下を高め、鋼材の高温強度及び高温靱性を高める。Crはさらに、炭化物を形成して、鋼材の高温強度を高める。Cr含有量が5.60%未満であれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、上記効果が十分に得られない。

一方、Cr含有量が7.00%を超えれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、鋼材の強度が高くなりすぎる。この場合、鋼材の高温

靱性が低下する。

したがって、C r含有量は5.60～7.00%である。

C r含有量の好ましい下限は5.63%であり、さらに好ましくは5.66%であり、さらに好ましくは5.69%である。

C r含有量の好ましい上限は6.97%であり、さらに好ましくは6.94%であり、さらに好ましくは6.91%である。

[0031] Mo : 1.00～4.00%

モリブデン (Mo) は、固溶強化により、鋼材の高温強度を高める。Mo はさらに、炭化物を形成して、鋼材の高温強度を高め、鋼材の高温靱性を高める。Mo はさらに、鋼材の耐摩耗性を高める。Mo 含有量が1.00%未満であれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、上記効果が十分に得られない。

一方、Mo 含有量が4.00%を超えれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、鋼材の強度が高くなりすぎる。この場合、鋼材の被削性が低下したり、鋼材の高温靱性が低下したりする。

したがって、Mo 含有量は1.00～4.00%である。

Mo 含有量の好ましい下限は1.10%であり、さらに好ましくは1.20%であり、さらに好ましくは1.30%であり、さらに好ましくは1.40%であり、さらに好ましくは1.50%である。

Mo 含有量の好ましい上限は3.90%であり、さらに好ましくは3.80%であり、さらに好ましくは3.70%である。

[0032] V : 0.10～1.50%

バナジウム (V) は、固溶強化により、鋼材の高温強度を高める。V はさらに、炭化物及び／又は炭窒化物を形成して、鋼材の高温強度を高める。V 含有量が0.10%未満であれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、上記効果が十分に得られない。

一方、V 含有量が1.50%を超えれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、高温環境での使用により、炭化物及び／又は炭窒化物が

粗大化する。そのため、鋼材の高温強度及び高温靱性が低下する。

したがって、V含有量は0.10～1.50%である。

V含有量の好ましい下限は0.15%であり、さらに好ましくは0.20%であり、さらに好ましくは0.25%であり、さらに好ましくは0.30%であり、さらに好ましくは0.35%であり、さらに好ましくは0.40%である。

V含有量の好ましい上限は1.45%であり、さらに好ましくは1.40%であり、さらに好ましくは1.30%であり、さらに好ましくは1.10%であり、さらに好ましくは1.00%である。

[0033] sol. Al : 0.0005～0.1000%

アルミニウム (Al) は、鋼を脱酸する。 sol. Al 含有量が0.0005%未満であれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、上記効果が十分に得られない。

一方、 sol. Al 含有量が0.1000%を超えれば、酸化物が過剰に生成する。この場合、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、鋼材の高温強度及び高温靱性が低下する。さらに、鋼材の被削性が低下する。

したがって、 sol. Al 含有量は0.0005～0.1000%である。

sol. Al 含有量の好ましい下限は0.0010%であり、さらに好ましくは0.0015%であり、さらに好ましくは0.0020%である。

sol. Al 含有量の好ましい上限は0.0900%であり、さらに好ましくは0.0800%であり、さらに好ましくは0.0750%であり、さらに好ましくは0.0700%であり、さらに好ましくは0.0600%であり、さらに好ましくは0.0500%であり、さらに好ましくは0.0400%である。

本明細書でいうAl含有量は「酸可溶Al」、つまり、「 sol. Al 」の含有量を意味する。

[0034] N : 0.0050～0.0500%

窒素（N）は、窒化物及び／又は炭窒化物を形成して、鋼材の高温強度を高める。Nはさらに、固溶強化により、鋼材の高温強度を高める。Nはさらに、オーステナイト安定化元素として鋼材の組織を安定化させる。N含有量が0.0050%未満では、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、上記効果が十分に得られない。

一方、N含有量が0.0500%を超えれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、高温環境での使用により、窒化物及び／又は炭窒化物が粗大化する。そのため、鋼材の高温強度及び高温靱性が低下する。

したがって、N含有量は0.0050～0.0500%である。

N含有量の好ましい下限は0.0060%であり、さらに好ましくは0.0065%であり、さらに好ましくは0.0070%である。

N含有量の好ましい上限は0.0400%であり、さらに好ましくは0.0380%であり、さらに好ましくは0.0360%である。

[0035] 本実施形態による鋼材の化学組成の残部は、Fe及び不純物からなる。ここで、化学組成における不純物とは、鋼材を工業的に製造する際に、原料としての鉱石、スクラップ、又は製造環境などから混入されるものであって、本実施形態による鋼材に悪影響を与えない範囲で許容されるものを意味する。

[0036] [任意元素（Optional Elements）]

本実施形態の鋼材の化学組成はさらに、

Ni：0～2.00%、

Cu：0～0.050%、

Nb：0～0.1000%、及び、

Ti：0～0.050%、

からなる群から選択される1種以上の元素を含有してもよい。

以下、これらの任意元素について説明する。

[0037] [第1群：Ni及びCuについて]

本実施形態の鋼材の化学組成はさらに、Ni及びCuからなる群から選択

される１種以上を含有してもよい。これらの元素はいずれも任意元素であり、含有されなくてもよい。含有される場合、Ni及びCuは、オーステナイトの安定化に寄与する。

[0038] Ni : 0～2.00%

ニッケル（Ni）は任意元素であり、含有されなくてもよい。つまり、Ni含有量は0%であってもよい。

Niが含有される場合、つまり、Ni含有量が0%超である場合、NiはMnと同様にオーステナイトの安定化に寄与する。Niが少しでも含有されれば、上記効果がある程度得られる。

しかしながら、Ni含有量が2.00%を超えれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、変態点が低下する。この場合、鋼材の高温強度が低下する。

したがって、Ni含有量は0～2.00%である。

Ni含有量の好ましい下限は0.01%であり、さらに好ましくは0.03%であり、さらに好ましくは0.05%である。

Ni含有量の好ましい上限は1.80%であり、さらに好ましくは1.60%であり、さらに好ましくは1.40%であり、さらに好ましくは1.20%である。

[0039] Cu : 0～0.050%

銅（Cu）は任意元素であり、含有されなくてもよい。つまり、Cu含有量は0%であってもよい。

Cuが含有される場合、つまり、Cu含有量が0%超である場合、Cuはオーステナイトの安定化に寄与する。Cuが少しでも含有されれば、上記効果がある程度得られる。

しかしながら、Cu含有量が0.050%を超えれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、鋼材の高温強度が低下する。

したがって、Cu含有量は0～0.050%である。

Cu含有量の好ましい下限は0.001%であり、さらに好ましくは0.

0.03%であり、さらに好ましくは0.05%であり、さらに好ましくは0.08%である。

Cu含有量の好ましい上限は0.045%であり、さらに好ましくは0.040%であり、さらに好ましくは0.035%であり、さらに好ましくは0.030%である。

[0040] [第2群：Nb及びTiについて]

本実施形態の鋼材の化学組成はさらに、Nb及びTiからなる群から選択される1種以上を含有してもよい。これらの元素はいずれも任意元素であり、含有されなくてもよい。含有される場合、Nb及びTiは、鋼材の高温強度を高める。

[0041] Nb：0～0.1000%

ニオブ（Nb）は任意元素であり、含有されなくてもよい。つまり、Nb含有量は0%であってもよい。

Nbが含有される場合、つまり、Nb含有量が0%超である場合、Nbは炭化物及び／又は炭窒化物を形成し、鋼材の高温強度を高める。Nbが少しでも含有されれば、上記効果がある程度得られる。

しかしながら、Nb含有量が0.1000%を超えれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、高温環境での使用により、炭化物及び／又は炭窒化物が粗大化する。そのため、鋼材の高温強度及び高温靱性が低下する。

したがって、Nb含有量は0～0.1000%である。

Nb含有量の好ましい下限は0.0001%であり、さらに好ましくは0.0003%であり、さらに好ましくは0.0005%であり、さらに好ましくは0.0010%である。

Nb含有量の好ましい上限は0.0800%であり、さらに好ましくは0.0600%であり、さらに好ましくは0.0550%であり、さらに好ましくは0.0400%であり、さらに好ましくは0.0300%であり、さらに好ましくは0.0200%である。

[0042] Ti : 0 ~ 0.050%

チタン (Ti) は任意元素であり、含有されなくてもよい。つまり、Ti 含有量は0%であってもよい。

Ti が含有される場合、つまり、Ti 含有量が0%超である場合、Ti は炭化物及び／又は炭窒化物を形成し、鋼材の高温強度を高める。Ti が少しでも含有されれば、上記効果がある程度得られる。

しかしながら、Ti 含有量が0.050%を超えれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、高温環境での使用により、炭化物及び／又は炭窒化物が粗大化する。そのため、鋼材の高温強度及び高温靱性が低下する。

したがって、Ti 含有量は0 ~ 0.050%である。

Ti 含有量の好ましい下限は0.001%であり、さらに好ましくは0.002%であり、さらに好ましくは0.003%である。

Ti 含有量の好ましい上限は0.040%であり、さらに好ましくは0.030%であり、さらに好ましくは0.020%であり、さらに好ましくは0.010%である。

[0043] [(特徴2) マルテンサイト及びベイナイトの総面積率について]

本実施形態の鋼材のミクロ組織では、マルテンサイト及びベイナイトの総面積率が99%以上である。

ミクロ組織観察において、マルテンサイトとベイナイトとを区別することは極めて困難である。一方で、フェライトと、マルテンサイト及びベイナイトとは、コントラストにより極めて容易に区別できる。したがって、ミクロ組織観察において、フェライト以外の領域を、「マルテンサイト及びベイナイト」と認定する。

[0044] 本実施形態の鋼材のミクロ組織において、マルテンサイト及びベイナイトの総面積率が99%未満である場合、ミクロ組織の残部にフェライトが生成している。この場合、十分な高温強度が得られなかったり、十分な高温靱性が得られなかったりする。一方、マルテンサイト及びベイナイトの総面積率

が 99%以上であれば、優れた高温強度及び優れた高温靱性が得られる。

[0045] [マルテンサイト及びベイナイトの総面積率の測定方法]

鋼材のミクロ組織中のマルテンサイト及びベイナイトの総面積率は、次の方法で求めることができる。

鋼材の表面から 1 mm 以上の深さ位置から、試験片を採取する。試験片のサイズは特に限定されないが、例えば、20 mm × 15 mm × 15 mm である。20 mm × 15 mm の表面を、観察面とする。

[0046] 試験片の観察面を鏡面研磨する。鏡面研磨後の観察面をナイトール腐食液に 10 秒程度浸漬して、エッチングによる組織現出を行う。エッチングした観察面を、500 倍の光学顕微鏡を用いて観察する。観察視野の視野面積は 20000 μm^2 とする。上述のとおり、観察視野中において、フェライトと、マルテンサイト及びベイナイトとは、コントラストに基づいて容易に区別できる。そこで、観察視野中のフェライトを特定して、特定されたフェライトの面積を求める。フェライトの面積を、観察視野の総面積で除して、フェライトの面積率 (%) を求める。求めたフェライトの面積率は、小数第一位を四捨五入した整数値とする。

得られたフェライトの面積率を用いて、マルテンサイト及びベイナイトの総面積率 (%) を、次の式で求める。

マルテンサイト及びベイナイトの総面積率 (%) = 100 - フェライトの面積率

[0047] [(特徴 3) 旧オーステナイト結晶粒の平均結晶粒径について]

本実施形態の鋼材において、旧オーステナイト結晶粒の平均結晶粒径は 150 μm 以下である。

旧オーステナイト結晶粒の平均結晶粒径が 150 μm 以下であれば、鋼材において、優れた高温強度、及び、優れた高温靱性が得られる。

[0048] 旧オーステナイト結晶粒の平均結晶粒径の好ましい上限は 140 μm であり、さらに好ましくは 130 μm であり、さらに好ましくは 120 μm であり、さらに好ましくは 110 μm であり、さらに好ましくは 100 μm であ

る。

旧オーステナイト結晶粒の平均結晶粒径の下限は特に限定されない。旧オーステナイト結晶粒の平均結晶粒径の好ましい下限は $10\ \mu\text{m}$ であり、さらに好ましくは $15\ \mu\text{m}$ であり、さらに好ましくは $20\ \mu\text{m}$ である。

[0049] [旧オーステナイト結晶粒の平均結晶粒径の求め方]

本実施形態による鋼材の旧オーステナイト結晶粒の平均結晶粒径 (μm) は次の方法で求める。最初に、鋼材の表面から 1mm 以上の深さ位置から、試験片を採取する。試験片のサイズは特に限定されないが、例えば、 $10\text{mm} \times 10\text{mm}$ の表面（観察面）を有する試験片とする。

[0050] 試験片の観察面を鏡面研磨する。観察面のうち、任意の $800\ \mu\text{m} \times 800\ \mu\text{m}$ の視野領域に対して、非特許文献 1 に記載の EBSD (Electron Back Scattering Diffraction: 電子線後方散乱回折法) 解析を実施して、マルテンサイト及びベイナイトの結晶方位情報を得る。このとき、EBSD 解析でのステップサイズに特に限定はないが、例えば、ステップサイズを $1\ \mu\text{m}$ とする。得られた結晶方位情報と、Kurdjumov-Sachs の関係とに基づいて、視野領域中の旧オーステナイト結晶粒の結晶粒界を特定する。旧オーステナイト結晶粒の結晶粒界が特定された視野領域中の各旧オーステナイト結晶粒の円相当径 (μm) を求める。ただし、対象とする旧オーステナイト結晶粒は、当該旧オーステナイト結晶粒の全てが視野領域内に含まれるものとする。さらに、面積が $1\ \mu\text{m}^2$ 以下と特定された旧オーステナイト結晶粒は、誤検出とみなして対象外とする。ここで、円相当径とは、各旧オーステナイト結晶粒の面積を、同じ面積を有する円に換算した場合の円の直径を意味する。求めた各旧オーステナイト結晶粒の円相当径の算術平均値を、旧オーステナイト結晶粒の平均結晶粒径 (μm) と定義する。旧オーステナイト結晶粒の平均結晶粒径は、小数第一位を四捨五入した整数値とする。

[0051] [(特徴 4) 抽出残渣中の Cr 含有量及び Mo 含有量について]

本実施形態の鋼材では、電解抽出法により鋼材から抽出される残渣中に含

有されているC r含有量が質量%で0.5～3.0%であり、残渣中に含有されているMo含有量が質量%で0.2～2.0%である。

[0052] 本実施形態の鋼材では、C r及び／又はMoを含有する析出物が生成している。以下、C r及び／又はMoを含有する析出物を、「C r Mo含有析出物」という。

C r Mo含有析出物は、高温環境で使用する鋼材の高温強度を高める。残渣中におけるC r含有量が0.5%未満であるか、Mo含有量が0.2%未満である場合、鋼材中のC r Mo含有析出物の生成量が十分ではない。この場合、十分な高温強度が得られない。

一方、残渣中におけるC r含有量が3.0%を超えたり、Mo含有量が2.0%を超えたりする場合、鋼材中のC r Mo含有析出物が過剰に生成し、かつ、粗大化している。この場合、鋼材中の旧オーステナイト結晶粒内の強度が過剰に高くなる。その結果、十分な高温靱性が得られない。

したがって、残渣中に含有されているC r含有量は0.5～3.0%であり、残渣中に含有されているMo含有量は0.2～2.0%である。

[0053] 残渣中に含有されているC r含有量の好ましい下限は0.6%であり、さらに好ましくは0.7%であり、さらに好ましくは0.8%である。

残渣中に含有されているC r含有量の好ましい上限は2.8%であり、さらに好ましくは2.6%であり、さらに好ましくは2.4%であり、さらに好ましくは2.2%である。

残渣中に含有されているMo含有量の好ましい下限は0.3%であり、さらに好ましくは0.4%である。

残渣中に含有されているMo含有量の好ましい上限は1.8%であり、さらに好ましくは1.6%であり、さらに好ましくは1.4%であり、さらに好ましくは1.2%である。

[0054] [抽出残渣中のC r含有量及びMo含有量の測定方法]

抽出残渣中に含有されているC r含有量及びMo含有量は次の方法で求める。

鋼材の表面から1 mm以上の深さ位置から、試験片を採取する。試験片のサイズは特に限定されないが、例えば、直径15 mm、長さ70 mmの丸棒試験片である。丸棒試験片の長手方向は、鋼材の表面と平行とする。

[0055] 採取した試験片に対して、10% AA系溶液（体積分率で10%アセチルアセトン、1%テトラメチルアンモニウムクロリド、89%メタノール溶液を含有する溶液）を用いて、定電流電気分解を実施する。具体的には、次のとおりである。

[0056] 初めに、試験片の表面の付着物（表面のスケール及び不純物）を除去するために、予備電気分解を実施する。予備電気分解では、常温（15～30℃）にて電流：1000 mAでスケールの表面から100 μm深さ位置までの領域に対して、電気分解を実施する。予備電気分解後、試験片をアルコール溶液に浸漬する。そして、超音波洗浄を実施して、試験片の表面の付着物を除去する。付着物が除去された試験片の質量、つまり、定電流電気分解前の試験片の質量を測定する。

[0057] 次に、試験片に対して定電流電気分解を実施する。具体的には、新しい10% AA系溶液を準備する。そして、準備した新しい10% AA系溶液を用いて、常温にて、電流密度を30 mA/cm²に保持して、試験片の表面から約100 μm深さ位置までの領域を電気分解する。電気分解された領域の深さは、サンプルの比重を7.8 g/cm³として、定電流電気分解前後の試験片の質量差（減少量）（g）、及び、試験片の表面積から求める。定電流電気分解後、試験片をアルコール溶液に浸漬する。そして、超音波洗浄を実施して、試験片の表面の付着物を除去する。付着物が除去された試験片の質量を測定し、定電流電気分解後の試験片の質量（g）とする。

[0058] 定電流電気分解に用いた10% AA系溶液、及び、その後の超音波洗浄に用いたアルコール溶液を、メッシュサイズ0.2 μmのフィルタで吸引ろ過して残渣を抽出する。

[0059] 抽出された残渣に対してICP-AES（Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spect

rometry)を用いた化学元素分析を実施する。具体的には、残渣を酸に溶解させて溶液を得る。溶液に対してICP-AESを用いた化学元素分析を実施して、残渣中に含有されているCr質量と、残渣中に含有されているMo質量とを得る。残渣中に含有されているCr質量(g)と、定電流電気分解前後の試験片の質量差(g)とに基づいて、残渣中に含有されているCr含有量(質量%)を得る。ここで、定電流電気分解前後の試験片の質量差は、定電流電気分解により溶解した試験片の質量に相当する。つまり、残渣中に含有されているCr含有量とは、鋼材の化学組成を100%とした場合の、残渣中に含有されているCr含有量(質量%)を意味する。

同様に、残渣中に含有されているMo質量(g)と、定電流電気分解前後の試験片の質量差(g)とに基づいて、残渣中に含有されているMo含有量(質量%)を得る。つまり、残渣中に含有されているMo含有量とは、鋼材の化学組成を100%とした場合の、残渣中に含有されているMo含有量(質量%)を意味する。

残渣中に含有されているCr含有量(質量%)及びMo含有量(質量%)は、小数第二位を四捨五入した数値とする。

[0060] [本実施形態の鋼材の効果]

以上の特徴1～特徴4を満たす本実施形態の鋼材は、優れた高温強度と、優れた高温靱性とを有する。

[0061] [高温強度評価方法について]

鋼材の高温強度は、次の方法で測定する。

鋼材の表面から1mm深さ以上の位置から、丸棒引張試験片を採取する。丸棒引張試験片の平行部の直径は6mmであり、標点距離は30mmとする。丸棒引張試験片の長手方向は、鋼材の表面に平行とする。採取した丸棒引張試験片を用いて、JIS G 0567:2020に準拠した高温引張試験を実施する。具体的には、丸棒引張試験片を650℃で10分保持する。保持後、650℃の丸棒引張試験片に対して、大気圧で引張試験を実施して、引張強さ(MPa)を求める。得られた引張強さが500MPa以上であ

る場合、鋼材が、「優れた高温強度」を有すると判断する。

[0062] [高温靱性評価方法について]

鋼材の高温靱性は、次の方法により評価する。

鋼材の表面から1 mm深さ以上の位置から、Vノッチ試験片を採取する。Vノッチ試験片のサイズは、10 mm×10 mm×55 mmとする。Vノッチ試験片の長手方向は、鋼材の表面に平行とする。Vノッチ試験片の表面のうち、長手方向に平行な1つの表面の中央位置に、Vノッチを形成する。Vノッチは、深さ2 mm、Vノッチ角度45°、Vノッチ先端R0.25 mmとする。

[0063] Vノッチ試験片を600℃で30分保持する。保持後、600℃のVノッチ試験片を用いて、JIS Z 2242:2018に準拠したシャルピー衝撃試験を実施して、吸収エネルギー（J）を求める。得られた吸収エネルギーが80 J以上である場合、鋼材が、「優れた高温靱性」を有すると判断する。

[0064] [鋼材の用途]

本実施形態の鋼材は、高温環境で使用され、高温強度及び高温靱性が求められる用途に広く適用可能である。本実施形態の鋼材は、熱間工具としての利用に好適である。熱間工具は例えば、熱間プレス金型、熱間鍛造金型、ダイカスト金型、熱間押出工具等である。

[0065] [本実施形態の鋼材の製造方法]

本実施形態の鋼材の製造方法の一例を説明する。以降に説明する鋼材の製造方法は、本実施形態の鋼材を製造するための一例である。したがって、上述の構成を有する鋼材は、以降に説明する製造方法以外の他の製造方法により製造されてもよい。しかしながら、以降に説明する製造方法は、本実施形態の鋼材の製造方法の好ましい一例である。

[0066] 本実施形態の鋼材の製造方法の一例は、次の工程を含む。

（工程1）素材準備工程

（工程2）熱間加工工程

(工程 3) 焼入れ工程

(工程 4) 第 1 焼戻し工程

(工程 5) 第 2 焼戻し工程

[0067] 上記工程 1 ～工程 5 での主要な製造条件は、次のとおりである。

(条件 1) 工程 3 の焼入れ温度 T_0 : $900 \sim 1100^{\circ}\text{C}$

(条件 2) 工程 3 の焼入れ時間 t_0 : $0.5 \sim 7.0$ 時間

(条件 3) 工程 3 の冷却速度 CR_0 : $0.10 \sim 1.00^{\circ}\text{C}/\text{秒}$

(条件 4) 工程 4 の焼戻し温度 T_1 : $500 \sim 550^{\circ}\text{C}$

(条件 5) 工程 4 の冷却速度 CR_1 : $0.10^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上

(条件 6) 工程 5 の焼戻し温度 T_2 : 550 超 $\sim 650^{\circ}\text{C}$

(条件 7) 工程 4 の焼戻し時間 t_1 及び工程 5 の焼戻し時間 t_2 の合計 :
 $10.0 \sim 40.0$ 時間

[0068] 以下、各工程について説明する。

[0069] [(工程 1) 素材準備工程]

素材準備工程では、特徴 1 を満たす化学組成を有する素材を準備する。具体的には、化学組成中の各元素含有量が特徴 1 を満たす溶鋼を準備する。準備された溶鋼を用いて、周知の鑄造法により素材を製造する。例えば、造塊法によりインゴットを製造する。又は、連続鑄造法によりブルームを製造する。以上の工程により、素材（インゴット又はブルーム）を製造する。

[0070] [(工程 2) 熱間加工工程]

熱間加工工程では、素材準備工程で準備した素材に対して熱間加工を実施して、最終製品の形状を有する中間鋼材を成型する。熱間加工は例えば、熱間鍛造、熱間圧延、熱間押し出しである。熱間加工前に、素材を加熱する。加熱温度は特に限定されないが、例えば、 $1150 \sim 1300^{\circ}\text{C}$ である。熱間加工は複数回実施してもよい。

[0071] [(工程 3) 焼入れ工程]

焼入れ工程では、熱間加工後の中間鋼材に対して、焼入れを実施する。焼入れ工程での条件は次のとおりである。

(条件1) 工程3の焼入れ温度 T_0 : $900 \sim 1100^{\circ}\text{C}$

(条件2) 工程3の焼入れ時間 t_0 : $0.5 \sim 7.0$ 時間

(条件3) 工程3の冷却速度 CR_0 : $0.10 \sim 1.00^{\circ}\text{C}/\text{秒}$

[0072] 焼入れ温度 T_0 が 1100°C を超えれば、鋼材の旧オーステナイト結晶粒の平均結晶粒径が大きくなりすぎ、 $150\mu\text{m}$ を超える。したがって、焼入れ温度 T_0 は 1100°C 以下である。なお、焼入れ温度 T_0 の下限は A_{C3} 点以上であればよく、例えば、 900°C である。

[0073] 焼入れ温度 T_0 での保持時間を焼入れ時間 t_0 と定義する。焼入れ時間 t_0 が 7.0 時間を超えれば、オーステナイト粒が粗大化する。そのため、鋼材の旧オーステナイト結晶粒の平均結晶粒径が大きくなりすぎ、 $150\mu\text{m}$ を超える。したがって、焼入れ時間 t_0 は 7.0 時間以下である。焼入れ時間 t_0 の下限は特に限定されないが、例えば、 0.5 時間であり、さらに好ましくは 1.0 時間である。

[0074] 焼入れ時間 t_0 で保持後の冷却速度 CR_0 は $0.10 \sim 1.00^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ である。冷却速度 CR_0 は水冷又は油冷により実現する。

[0075] [(工程4) 第1焼戻し工程]

本実施形態の鋼材の製造方法では、2回の焼戻しを実施する(第1焼戻し工程、第2焼戻し工程)。焼入れ工程後の中間鋼材のミクロ組織では、マルテンサイトだけでなく、残留オーステナイトも存在する。そこで、第1焼戻し工程で、中間鋼材中の残留オーステナイトをマルテンサイトに変態させる。残留オーステナイトをマルテンサイトに変態させることにより、次工程の第2焼戻し工程において、組織全体に $CrMo$ 含有析出物を均一に生成させることができる。

[0076] 第1焼戻し工程での条件は次のとおりである。

(条件4) 工程4の焼戻し温度 T_1 : $500 \sim 550^{\circ}\text{C}$

(条件5) 工程4の冷却速度 CR_1 : $0.10^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上

[0077] [(条件4) 焼戻し温度 T_1 について]

焼戻し温度 T_1 が 500°C 未満であれば、残留オーステナイトからマルテ

ンサイトへの変態が不十分となる場合がある。この場合、マルテンサイト及びベイナイトの総面積率が低くなる。さらに、CrMo含有析出物以外の他の析出物（Fe₂Mo）等が生成する場合がある。この場合、CrMo含有析出物の生成量が不十分となる。

[0078] 一方、焼戻し温度T₁が550℃を超えれば、残留オーステナイトからマルテンサイトへの変態は完了するものの、CrMo含有析出物の生成が促進される。そのため、第2焼戻し工程時にCrMo含有析出物が過剰に生成し、粗大化する。そのため、残渣中のCr含有量及び／又はMo含有量が多くなりすぎる。

[0079] [(条件5) 冷却速度CR₁について]

焼戻し温度T₁で保持後の冷却速度CR₁が0.10℃/秒未満であれば、冷却過程において残留オーステナイトがマルテンサイトに変態しない場合がある。この場合、マルテンサイト及びベイナイトの総面積率が低くなる。さらに、第2焼戻し工程時にCrMo含有析出物が過剰に生成し、かつ、粗大化する。そのため、残渣中のCr含有量及び／又はMo含有量が多くなりすぎる。

冷却速度CR₁の上限は特に限定されないが、例えば、1.00℃/秒である。

[0080] [(工程5) 第2焼戻し工程]

第2焼戻し工程では、特徴4を満たすCrMo含有析出物を生成する。第2焼戻し工程での条件は次のとおりである。

(条件6) 工程5の焼戻し温度T₂: 550超～650℃

(条件7) 工程4の焼戻し時間t₁及び工程5の焼戻し時間t₂の合計:
10.0～40.0時間

[0081] [(条件6) 焼戻し温度T₂について]

焼戻し温度T₂が650℃を超えれば、CrMo含有析出物が過剰に生成し、かつ、粗大化する。この場合、十分な高温靱性が得られない。

一方、焼戻し温度T₂が550℃以下であれば、CrMo含有析出物の生

成量が十分ではない。この場合、十分な高温強度が得られない。

したがって、焼戻し温度 T_2 は 550°C 超～ 650°C である。

[0082] [(条件7) 焼戻し時間 t_1 と焼戻し時間 t_2 の合計について]

さらに、工程4の第1焼戻し工程での焼戻し温度 T_1 での保持時間を、焼戻し時間 t_1 (時間) と定義する。そして、工程5の第2焼戻し工程での焼戻し温度 T_2 での保持時間を、焼戻し時間 t_2 (時間) と定義する。この場合、焼戻し時間 t_1 と焼戻し時間 t_2 との合計時間が、 10.0 時間未満であれば、焼戻し時間が短すぎる。この場合、CrMo含有析出物の生成量が十分でない。そのため、十分な高温強度が得られない。

一方、焼戻し時間 t_1 と焼戻し時間 t_2 との合計時間が、 40.0 時間を超えれば、焼戻し時間が長すぎる。この場合、CrMo含有析出物が過剰に生成し、かつ、粗大化する。

したがって、焼戻し時間 t_1 及び焼戻し時間 t_2 の合計時間は $10.0 \sim 40.0$ 時間である。

[0083] 以上の製造工程により、特徴1～特徴4を満たす鋼材を製造できる。

[0084] 以下、実施例により本実施形態の鋼材の効果をさらに具体的に説明する。

以下の実施例での条件は、本実施形態の鋼材の実施可能性及び効果を確認するために採用した一条件例である。したがって、本実施形態の鋼材はこの一条件例に限定されない。

実施例

[0085] 表1に示す化学組成を有するインゴットを製造した。

[0086]

[表1]

試験 番号	化学組成 (単位は質量%, 炭素はFe及び不純物)													
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	sol.Al	N	Ni	Cu	Nb	Ti
1	0.22	0.40	0.34	0.005	0.0021	5.81	2.10	0.51	0.0750	0.0182	-	-	-	-
2	0.59	0.64	0.48	0.008	0.0023	5.76	1.81	0.79	0.0643	0.0205	-	-	-	-
3	0.34	0.08	0.50	0.008	0.0020	6.13	1.55	1.12	0.0506	0.0270	-	-	-	-
4	0.42	0.94	0.60	0.003	0.0020	6.01	2.64	1.27	0.0120	0.0186	-	-	-	-
5	0.55	0.34	0.21	0.008	0.0027	5.95	3.11	0.62	0.0281	0.0213	-	-	-	-
6	0.32	0.29	0.96	0.012	0.0035	5.71	3.23	0.71	0.0243	0.0081	-	-	-	-
7	0.39	0.43	0.71	0.027	0.0210	6.17	2.21	0.52	0.0381	0.0090	-	-	-	-
8	0.28	0.84	0.43	0.020	0.0280	6.53	1.80	0.47	0.0213	0.0347	-	-	-	-
9	0.34	0.66	0.38	0.021	0.0035	5.61	1.97	0.43	0.0628	0.0223	-	-	-	-
10	0.33	0.39	0.30	0.009	0.0046	6.97	2.54	0.57	0.0030	0.0401	-	-	-	-
11	0.33	0.18	0.53	0.008	0.0022	6.77	1.06	0.55	0.0127	0.0286	-	-	-	-
12	0.51	0.24	0.59	0.008	0.0029	6.18	3.90	0.26	0.0021	0.0127	-	-	-	-
13	0.40	0.23	0.68	0.007	0.0013	6.08	2.68	0.12	0.0660	0.0104	-	-	-	-
14	0.43	0.48	0.81	0.010	0.0087	5.83	2.44	1.47	0.0519	0.0120	-	-	-	-
15	0.52	0.61	0.38	0.010	0.0101	5.91	2.18	1.28	0.0007	0.0208	-	-	-	-
16	0.36	0.70	0.44	0.010	0.0130	6.88	3.58	1.37	0.0930	0.0220	-	-	-	-
17	0.27	0.30	0.36	0.013	0.0067	6.29	3.40	0.80	0.0805	0.0055	-	-	-	-
18	0.26	0.56	0.55	0.014	0.0081	6.21	3.44	1.06	0.0350	0.0489	-	-	-	-
19	0.35	0.33	0.57	0.004	0.0034	5.86	2.49	0.54	0.0127	0.0220	-	-	-	-
20	0.33	0.35	0.53	0.004	0.0028	5.83	2.58	0.52	0.0035	0.0195	-	-	-	-
21	0.38	0.19	0.86	0.005	0.0050	6.04	1.80	0.79	0.0030	0.0230	0.12	-	-	-
22	0.41	0.43	0.59	0.018	0.0047	5.87	2.91	0.67	0.0039	0.0231	-	-	0.0510	-
23	0.36	0.55	0.60	0.013	0.0111	5.90	2.57	0.55	0.0047	0.0244	-	-	-	0.023
24	0.30	0.19	0.47	0.015	0.0092	6.27	3.71	0.52	0.0082	0.0192	-	0.018	-	-
25	0.54	0.22	0.46	0.014	0.0067	6.30	3.49	0.49	0.0138	0.0183	0.53	0.038	-	0.041
26	0.43	0.28	0.38	0.024	0.0051	6.05	3.22	0.71	0.0190	0.0188	0.27	-	0.0270	0.010
27	0.69	0.35	0.61	0.020	0.0023	5.88	3.07	0.39	0.0131	0.0337	-	-	-	-
28	0.44	0.42	0.52	0.001	0.0010	9.12	2.10	0.55	0.0200	0.0320	0.05	0.012	0.0010	-
29	0.34	0.33	0.59	0.001	0.0010	5.90	6.80	0.88	0.0110	0.0300	-	-	0.0200	0.003
30	0.43	0.39	0.58	0.018	0.0037	5.38	2.80	0.54	0.0228	0.0415	-	-	-	-
31	0.52	0.61	0.38	0.010	0.0101	5.91	2.18	1.28	0.0007	0.0208	-	-	-	-
32	0.36	0.70	0.44	0.010	0.0130	6.88	3.58	1.37	0.0930	0.0220	-	-	-	-
33	0.27	0.30	0.36	0.013	0.0067	6.29	3.40	0.80	0.0805	0.0055	-	-	-	-
34	0.26	0.56	0.55	0.014	0.0081	6.21	3.44	1.06	0.0350	0.0489	-	-	-	-
35	0.35	0.33	0.57	0.004	0.0034	5.86	2.49	0.54	0.0127	0.0220	-	-	-	-
36	0.33	0.35	0.53	0.004	0.0028	5.83	2.58	0.52	0.0035	0.0195	-	-	-	-
37	0.38	0.19	0.86	0.005	0.0050	6.04	1.80	0.79	0.0030	0.0230	0.12	-	-	-
38	0.22	0.40	0.34	0.005	0.0021	5.81	2.10	0.51	0.0750	0.0182	-	-	-	-
39	0.59	0.64	0.48	0.008	0.0023	5.76	1.81	0.79	0.0643	0.0205	-	-	-	-
40	0.34	0.08	0.50	0.008	0.0020	6.13	1.55	1.12	0.0506	0.0270	-	-	-	-
41	0.42	0.94	0.60	0.003	0.0020	6.01	2.64	1.27	0.0120	0.0186	-	-	-	-
42	0.55	0.34	0.21	0.008	0.0027	5.95	3.11	0.62	0.0281	0.0213	-	-	-	-
43	0.32	0.29	0.96	0.012	0.0035	5.71	3.23	0.71	0.0243	0.0081	-	-	-	-
44	0.39	0.43	0.71	0.027	0.0210	6.17	2.21	0.52	0.0381	0.0090	-	-	-	-
45	0.28	0.84	0.43	0.020	0.0280	6.53	1.80	0.47	0.0213	0.0347	-	-	-	-
46	0.34	0.66	0.38	0.021	0.0035	5.61	1.97	0.43	0.0628	0.0223	-	-	-	-
47	0.33	0.39	0.30	0.009	0.0046	6.97	2.54	0.57	0.0030	0.0401	-	-	-	-
48	0.33	0.18	0.53	0.008	0.0022	6.77	1.06	0.55	0.0127	0.0286	-	-	-	-

[0087] インゴットに対して熱間鍛造を実施して、直方体状の中間鋼材を製造した。熱間鍛造時のインゴットの加熱温度は1150～1300℃であった。中間鋼材に対して、焼入れ工程を実施した。焼入れ工程での焼入れ温度T0(℃)、焼入れ時間t0(時間)、及び、冷却速度CRO(℃/秒)は表2に示すとおりであった。

[0088]

[表2]

TABLE2

試験 番号	焼入れ工程			第1 焼戻し工程			第2 焼戻し工程		焼戻しの 合計時間 (時間)
	温度T0 (℃)	時間t0 (時間)	冷却速度 CR0 (℃/秒)	温度T1 (℃)	時間t1 (時間)	冷却速度 CR1 (℃/秒)	温度T2 (℃)	時間t2 (時間)	
1	1000	3.0	0.30	520	10.0	0.30	600	20.0	30.0
2	1000	3.0	0.30	520	10.0	0.30	600	20.0	30.0
3	1000	5.0	0.50	520	10.0	0.30	600	20.0	30.0
4	1000	5.0	0.50	520	10.0	0.30	620	20.0	30.0
5	950	3.0	0.80	520	10.0	0.30	620	20.0	30.0
6	950	5.0	0.80	520	15.0	0.30	620	20.0	35.0
7	1000	1.0	0.50	500	15.0	0.20	620	20.0	35.0
8	1000	3.0	0.50	500	15.0	0.20	650	20.0	35.0
9	1050	1.0	0.50	550	15.0	0.50	650	20.0	35.0
10	1050	3.0	0.30	550	15.0	0.50	650	15.0	30.0
11	1000	1.0	0.80	550	15.0	0.50	600	15.0	30.0
12	1000	3.0	1.00	550	15.0	0.50	600	15.0	30.0
13	1100	0.5	0.80	530	10.0	0.50	600	15.0	25.0
14	1100	1.0	1.00	530	10.0	0.50	560	15.0	25.0
15	1000	0.5	0.50	530	10.0	1.00	560	15.0	25.0
16	1000	1.0	0.30	520	10.0	1.00	560	10.0	20.0
17	900	5.0	0.50	520	10.0	1.00	580	10.0	20.0
18	900	5.0	0.50	520	10.0	1.00	580	10.0	20.0
19	950	5.0	0.30	520	10.0	0.80	580	10.0	20.0
20	950	5.0	0.30	550	10.0	0.80	570	10.0	20.0
21	1000	6.0	1.00	550	5.0	0.80	570	10.0	15.0
22	1000	6.0	0.50	550	5.0	0.50	570	20.0	25.0
23	1000	7.0	0.50	550	5.0	0.50	600	20.0	25.0
24	1050	3.0	0.80	500	3.0	0.50	600	20.0	23.0
25	1050	3.0	0.80	500	3.0	0.50	600	10.0	13.0
26	950	5.0	0.50	510	3.0	0.50	650	10.0	13.0
27	950	5.0	0.50	510	5.0	0.50	650	10.0	15.0
28	950	5.0	0.50	540	5.0	0.50	570	10.0	15.0
29	1000	3.0	1.00	540	10.0	0.80	570	10.0	20.0
30	1000	5.0	0.80	540	10.0	0.80	570	20.0	30.0
31	1150	3.0	0.50	530	10.0	0.80	600	25.0	35.0
32	1200	3.0	0.50	530	10.0	0.30	570	15.0	25.0
33	1000	8.0	0.50	520	10.0	0.80	650	30.0	40.0
34	1000	10.0	0.50	530	10.0	0.30	650	30.0	40.0
35	900	5.0	0.10	480	10.0	0.80	650	30.0	40.0
36	900	5.0	0.20	450	10.0	0.30	650	15.0	25.0
37	1050	3.0	0.50	600	10.0	1.00	570	15.0	25.0
38	1050	3.0	0.50	580	20.0	0.50	570	20.0	40.0
39	1050	5.0	0.50	520	20.0	0.05	570	10.0	30.0
40	1050	6.0	0.50	520	20.0	0.01	570	10.0	30.0
41	1050	7.0	0.50	520	20.0	0.50	500	10.0	30.0
42	950	3.0	0.50	520	20.0	0.50	520	10.0	30.0
43	950	5.0	0.80	530	20.0	0.50	680	10.0	30.0
44	950	7.0	0.80	530	20.0	0.50	700	10.0	30.0
45	950	5.0	0.80	530	3.0	1.00	600	5.0	8.0
46	1000	0.5	0.80	540	3.0	1.00	600	3.0	6.0
47	1000	1.0	0.50	540	20.0	1.00	620	30.0	50.0
48	1000	2.0	0.50	540	20.0	1.00	620	40.0	60.0

[0089] 焼入れ工程後の中間鋼材に対して、第1 焼戻し工程を実施した。第1 焼戻

し工程での焼戻し温度 T_1 (°C)、焼戻し時間 t_1 (時間)、及び、冷却速度 CR_1 (°C/秒) は表 2 に示すとおりであった。

[0090] 第 1 焼戻し工程後の中間鋼材に対して、第 2 焼戻し工程を実施した。第 2 焼戻し工程での焼戻し温度 T_2 (°C) 及び焼戻し時間 t_2 (時間) は表 2 に示すとおりであった。以上の製造工程により、各試験番号の鋼材を製造した。

[0091] [評価試験]

各試験番号の鋼材に対して、次の評価試験を実施した。

(試験 1) マルテンサイト及びベイナイトの総面積率測定試験

(試験 2) 旧オーステナイト結晶粒の平均結晶粒径測定試験

(試験 3) 抽出残渣中の C r 含有量及び M o 含有量測定試験

(試験 4) 高温強度評価試験

(試験 5) 高温靱性評価試験

以下、各評価試験について説明する。

[0092] [(試験 1) マルテンサイト及びベイナイトの総面積率測定試験]

上述の「マルテンサイト及びベイナイトの総面積率の測定方法」に記載の方法により、各試験番号の鋼材のマルテンサイト及びベイナイトの総面積率 (%) を求めた。なお、試験片は鋼材の表面から 1 mm 以上の深さ位置から採取した。試験片のサイズは 20 mm × 15 mm × 15 mm とし、20 mm × 15 mm の表面を観察面とした。得られたマルテンサイト及びベイナイトの総面積率を表 3 中の「M + B 総面積率 (%)」欄に示す。

[0093]

[表3]

TABLE3

試験 番号	M+B 線面積率 (%)	平均結晶 粒径 (μm)	Cr含有量 (質量%)	Mo含有量 (質量%)	高温 引張強さ (MPa)	高温吸収 エネルギー (J)	備考
1	99	101	0.8	0.4	517	157	本発明例
2	99	121	2.7	1.8	597	91	本発明例
3	100	143	2.2	1.6	583	101	本発明例
4	100	130	2.2	1.8	571	90	本発明例
5	100	75	2.3	1.7	583	85	本発明例
6	100	89	2.0	1.4	566	108	本発明例
7	100	105	1.5	0.8	564	120	本発明例
8	100	89	1.9	1.0	547	128	本発明例
9	100	138	0.6	1.5	538	167	本発明例
10	100	147	2.9	0.8	576	119	本発明例
11	100	105	2.5	0.3	549	108	本発明例
12	100	118	2.0	1.9	576	93	本発明例
13	100	141	2.3	1.7	591	105	本発明例
14	100	130	1.9	1.3	556	117	本発明例
15	100	83	1.8	1.3	580	106	本発明例
16	100	108	2.5	1.8	621	83	本発明例
17	100	53	2.5	1.7	620	86	本発明例
18	99	64	1.8	0.6	551	124	本発明例
19	100	51	1.7	0.7	566	116	本発明例
20	99	67	2.3	1.7	601	86	本発明例
21	100	124	1.9	0.7	546	127	本発明例
22	100	120	2.2	1.8	588	94	本発明例
23	100	123	2.3	1.8	573	99	本発明例
24	100	141	2.2	1.6	569	108	本発明例
25	100	129	1.6	0.8	559	148	本発明例
26	100	84	1.1	0.4	536	123	本発明例
27	100	77	2.7	1.7	477	53	比較例
28	100	60	4.1	1.0	643	40	比較例
29	100	90	2.3	2.5	682	62	比較例
30	100	93	0.6	0.2	425	51	比較例
31	100	168	2.6	1.9	487	33	比較例
32	100	189	1.8	1.0	446	57	比較例
33	100	188	2.2	1.7	479	66	比較例
34	100	206	0.8	0.3	433	58	比較例
35	95	33	0.3	0.1	459	72	比較例
36	97	37	0.2	0.1	447	62	比較例
37	100	127	3.2	2.3	527	56	比較例
38	100	140	3.2	2.5	621	48	比較例
39	98	135	4.1	3.1	630	70	比較例
40	97	130	5.6	3.3	644	13	比較例
41	100	148	0.3	0.1	477	172	比較例
42	100	66	0.4	0.1	483	153	比較例
43	100	58	3.1	2.5	637	43	比較例
44	100	80	3.3	2.4	620	58	比較例
45	100	56	0.4	0.1	471	160	比較例
46	100	87	0.3	0.1	480	150	比較例
47	100	68	3.5	2.7	628	33	比較例
48	100	86	3.8	3.0	601	17	比較例

[0094] [（試験2）旧オーステナイト結晶粒の平均結晶粒径測定試験]

上述の「旧オーステナイト結晶粒の平均結晶粒径の求め方」に記載の方法
により、各試験番号の鋼材の旧オーステナイト結晶粒の平均結晶粒径（ μm

）を求めた。なお、試験片は各試験番号の鋼材の表面から1 mm以上の深さ位置から採取した。試験片は10 mm×10 mmの表面を有した。10 mm×10 mmの表面を観察面とした。また、EBSD解析でのステップサイズは1 μ mとした。得られた旧オーステナイト結晶粒の平均結晶粒径を表3中の「平均結晶粒径 (μ m)」欄に示す。

[0095] 〔（試験3）抽出残渣中のC r含有量及びM o含有量測定試験〕

上述の〔抽出残渣中のC r含有量及びM o含有量の測定方法〕に記載の方法により、各試験番号の鋼材の抽出残渣中のC r含有量（質量％）及びM o含有量（質量％）を求めた。なお、試験片は、鋼材の表面から1 mm以上の深さ位置から採取した。試験片は、直径15 mm、長さ70 mmの丸棒試験片とした。得られた抽出残渣中のC r含有量（質量％）及びM o含有量（質量％）を表3中の「C r含有量（質量％）」欄及び「M o含有量（質量％）」欄に示す。

[0096] 〔（試験4）高温強度評価試験〕

上述の〔高温強度評価方法について〕に記載の方法により、各試験番号の鋼材の650℃での引張強さ（MPa）を求めた。なお、丸棒引張試験片は、鋼材の表面から1 mm深さ以上の位置から採取した。丸棒引張試験片の平行部の直径は6 mmであり、標点距離は30 mmとした。得られた引張強さを表3の「高温引張強さ（MPa）」欄に示す。

[0097] 〔（試験5）高温靱性評価試験〕

上述の〔高温靱性評価方法について〕に記載の方法により、各試験番号の鋼材の600℃での吸収エネルギー（J）を求めた。なお、Vノッチ試験片は、鋼材の表面から1 mm深さ以上の位置から採取した。Vノッチ試験片のサイズは、10 mm×10 mm×55 mmとした。得られた吸収エネルギーを表3の「高温吸収エネルギー（J）」欄に示す。

[0098] 〔評価結果〕

表1、表2及び表3を参照して、試験番号1～26の鋼材は、特徴1～特徴4を満たした。そのため、650℃での引張強さが500 MPa以上であ

り、優れた高温強度が得られた。さらに、600℃での吸収エネルギーが80 J以上であり、優れた高温靱性が得られた。

[0099] 一方、試験番号27では、C含有量が高すぎた。そのため、650℃での引張強さが500 MPa未満であり、優れた高温強度が得られなかった。さらに、600℃での吸収エネルギーが80 J未満であり、優れた高温靱性が得られなかった。

[0100] 試験番号28では、Cr含有量が高すぎた。そのため、抽出残渣中に含まれているCr含有量が高すぎた。そのため、600℃での吸収エネルギーが80 J未満であり、優れた高温靱性が得られなかった。

[0101] 試験番号29では、Mo含有量が高すぎた。そのため、抽出残渣中に含まれているMo含有量が高すぎた。そのため、600℃での吸収エネルギーが80 J未満であり、優れた高温靱性が得られなかった。

[0102] 試験番号30では、Cr含有量が低すぎた。そのため、650℃での引張強さが500 MPa未満であり、優れた高温強度が得られなかった。さらに、600℃での吸収エネルギーが80 J未満であり、優れた高温靱性が得られなかった。

[0103] 試験番号31及び32では、焼入れ温度T₀が高すぎた。そのため、旧オーステナイト結晶粒の平均結晶粒径が150 μmを超えた。そのため、650℃での引張強さが500 MPa未満であり、優れた高温強度が得られなかった。さらに、600℃での吸収エネルギーが80 J未満であり、優れた高温靱性が得られなかった。

[0104] 試験番号33及び34では、焼入れ時間t₀が長すぎた。そのため、旧オーステナイト結晶粒の平均結晶粒径が150 μmを超えた。そのため、650℃での引張強さが500 MPa未満であり、優れた高温強度が得られなかった。さらに、600℃での吸収エネルギーが80 J未満であり、優れた高温靱性が得られなかった。

[0105] 試験番号35及び36では、第1焼戻し工程での焼戻し温度T₁が低すぎた。そのため、マルテンサイト及びベイナイトの総面積率が低かった。さら

に抽出残渣中に含有されているC r含有量及びM o含有量が低すぎた。そのため、650℃での引張強さが500MP a未満であり、優れた高温強度が得られなかった。さらに、600℃での吸収エネルギーが80J未満であり、優れた高温靱性が得られなかった。

[0106] 試験番号37及び38では、第1焼戻し工程での焼戻し温度T1が高すぎた。そのため、抽出残渣中に含有されているC r含有量及びM o含有量が高すぎた。そのため、600℃での吸収エネルギーが80J未満であり、優れた高温靱性が得られなかった。

[0107] 試験番号39及び40では、第1焼戻し工程での冷却を空冷としたため、冷却速度CR1が遅すぎた。そのため、マルテンサイト及びベイナイトの総面積率が99%未満となり、抽出残渣中に含有されているC r含有量及びM o含有量が高すぎた。そのため、600℃での吸収エネルギーが80J未満であり、優れた高温靱性が得られなかった。

[0108] 試験番号41及び42では、第2焼戻し工程での焼戻し温度T2が低すぎた。そのため、抽出残渣中に含有されているC r含有量及びM o含有量が低すぎた。そのため、650℃での引張強さが500MP a未満であり、優れた高温強度が得られなかった。

[0109] 試験番号43及び44では、第2焼戻し工程での焼戻し温度T2が高すぎた。そのため、抽出残渣中に含有されているC r含有量及びM o含有量が高すぎた。そのため、600℃での吸収エネルギーが80J未満であり、優れた高温靱性が得られなかった。

[0110] 試験番号45及び46では、第1焼戻し工程及び第2焼戻し工程での焼戻しの合計時間(t1+t2)が短すぎた。そのため、抽出残渣中のC r含有量及びM o含有量が低すぎた。そのため、650℃での引張強さが500MP a未満であり、優れた高温強度が得られなかった。

[0111] 試験番号47及び48では、第1焼戻し工程及び第2焼戻し工程での焼戻しの合計時間(t1+t2)が長すぎた。そのため、抽出残渣中に含有されているC r含有量及びM o含有量が高すぎた。そのため、600℃での吸収

エネルギーが80 J未満であり、優れた高温靱性が得られなかった。

[0112] 以上、本開示の実施の形態を説明した。しかしながら、上述した実施の形態は本開示を実施するための例示に過ぎない。したがって、本開示は上述した実施の形態に限定されることなく、その趣旨を逸脱しない範囲内で上述した実施の形態を適宜変更して実施することができる。

請求の範囲

[請求項1]

鋼材であって、
化学組成が、質量%で、
C : 0.20~0.60%、
Si : 0.05~1.00%、
Mn : 0.20~1.00%、
P : 0.030%以下、
S : 0.0300%以下、
Cr : 5.60~7.00%、
Mo : 1.00~4.00%、
V : 0.10~1.50%、
sol. Al : 0.0005~0.1000%、
N : 0.0050~0.0500%、
Ni : 0~2.00%、
Cu : 0~0.050%、
Nb : 0~0.1000%、
Ti : 0~0.050%、及び、
残部 : Fe 及び不純物、からなり、
マルテンサイト及びベイナイトの総面積率が99%以上であり、
旧オーステナイト結晶粒の平均結晶粒径が150 μ m以下であり、
電解抽出法により前記鋼材から抽出される残渣中に含有されている
Cr含有量が質量%で0.5~3.0%であり、
前記残渣中に含有されているMo含有量が質量%で0.2~2.0%である、
鋼材。

[請求項2]

請求項1に記載の鋼材であって、
前記化学組成は、
Ni : 0.01~2.00%、

Cu : 0.001 ~ 0.050%、
Nb : 0.0001 ~ 0.1000%、及び、
Ti : 0.001 ~ 0.050%、
からなる群から選択される1種以上を含有する、
鋼材。

[請求項3] 請求項1又は請求項2に記載の鋼材であって、
前記鋼材は熱間工具である、
鋼材。

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/021540

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER*C22C 38/00*(2006.01)i; *C22C 38/50*(2006.01)i; *C21D 9/00*(2006.01)n

FI: C22C38/00 302E; C22C38/50; C21D9/00 M

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)

C22C38/00-38/60; C21D9/00

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 1971-2023

Registered utility model specifications of Japan 1996-2023

Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2014-25103 A (DAIDO STEEL CO., LTD.) 06 February 2014 (2014-02-06)	1-3
A	JP 2016-17200 A (DAIDO STEEL CO., LTD.) 01 February 2016 (2016-02-01)	1-3
A	JP 2018-165400 A (DAIDO STEEL CO., LTD.) 25 October 2018 (2018-10-25)	1-3
A	WO 2015/182586 A1 (HITACHI METALS, LTD.) 03 December 2015 (2015-12-03)	1-3
A	WO 2023/022222 A1 (NIPPON STEEL CORPORATION) 23 February 2023 (2023-02-23)	1-2

☐ 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

“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

09 August 2023

Date of mailing of the international search report

22 August 2023

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/JP2023/021540

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2014-25103	A	06 February 2014	(Family: none)	
JP	2016-17200	A	01 February 2016	(Family: none)	
JP	2018-165400	A	25 October 2018	US 2018/0282832	A1
				EP 3382053	A1
				CN 108660367	A
				KR 10-2018-0109763	A
WO	2015/182586	A1	03 December 2015	US 2016/0348202	A1
				EP 3150735	A1
				CN 105960475	A
				KR 10-2016-0104028	A
WO	2023/022222	A1	23 February 2023	(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; C22C 38/50(2006.01)i; C21D 9/00(2006.01)n FI: C22C38/00 302E; C22C38/50; C21D9/00 M		
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）） C22C38/00-38/60; C21D9/00 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 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023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）		
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
A	JP 2014-25103 A（大同特殊鋼株式会社）06.02.2014（2014-02-06）	1-3
A	JP 2016-17200 A（大同特殊鋼株式会社）01.02.2016（2016-02-01）	1-3
A	JP 2018-165400 A（大同特殊鋼株式会社）25.10.2018（2018-10-25）	1-3
A	WO 2015/182586 A1（日立金属株式会社）03.12.2015（2015-12-03）	1-3
A	WO 2023/022222 A1（日本製鉄株式会社）23.02.2023（2023-02-23）	1-2
☐ 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 “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 09.08.2023	国際調査報告の発送日 22.08.2023	
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） 相澤 啓祐 4K 4037 電話番号 03-3581-1101 内線 3435	

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/JP2023/021540

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2014-25103	A	06.02.2014	(ファミリーなし)			
JP	2016-17200	A	01.02.2016	(ファミリーなし)			
JP	2018-165400	A	25.10.2018	US	2018/0282832	A1	
				EP	3382053	A1	
				CN	108660367	A	
				KR	10-2018-0109763	A	
WO	2015/182586	A1	03.12.2015	US	2016/0348202	A1	
				EP	3150735	A1	
				CN	105960475	A	
				KR	10-2016-0104028	A	
WO	2023/022222	A1	23.02.2023	(ファミリーなし)			