(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
2020年8月6日(06.08.2020)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2020/158822 A1

(51) 国際特許分類:
C22C 38/00 (2006.01) *C22C 38/12* (2006.01)
C21D 8/00 (2006.01) *C22C 38/58* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2020/003256

(22) 国際出願日： 2020年1月29日(29.01.2020)

(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 2019-016140 2019年1月31日(31.01.2019) JP

(71) 出願人：ＪＦＥスチール株式会社(**JFE STEEL CORPORATION**) [JP/JP]；〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目２番３号 Tokyo (JP).

(72) 発明者：安藤 佳祐(**ANDO Keisuke**)；〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目２番３号 ＪＦＥスチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 木村 達己(**KIMURA Tatsumi**)；〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目２番３号 ＪＦＥスチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 伊木 聡(**IGI Satoshi**)；〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目２番３号 ＪＦＥスチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP).

(74) 代理人：杉村 憲司 (**SUGIMURA Kenji**)；〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目２番１号 霞が関コモンゲート西館３６階 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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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:** H-SHAPED STEEL HAVING PROTRUSIONS, AND MANUFACTURING METHOD FOR SAME

(54) 発明の名称： 突起付きＨ形鋼およびその製造方法

(57) **Abstract:** Provided are an H-shaped steel having protrusions and a production method for same, the H-shaped steel ensuring stable tensile strength and having improved toughness. A steel composition in which C: 0.05-0.20 mass%, Si: 0.05-0.60 mass%, Mn: 1.20-1.70 mass%, P: 0.035 mass% or less, S: 0.035 mass% or less, V: 0.040-0.200 mass%, and N: 0.0040-0.0200 mass% are included in a range satisfying $0.05 \leq [\%V] \times [\%N]/[\%S] \leq 0.50$, the remainder being Fe and unavoidable impurities, the tensile strength being at least 490 MPa, the yield strength being at least 355 MPa, and the impact absorption energy vE0 at O°C being at least 27J.

(57) 要約：引張強度を安定して確保しつつ、靭性を向上した突起付きＨ形鋼をその製造方法と共に提供する。Ｃ：0.05～0.20質量％、Si：0.05～0.60質量％、Mn：1.20～1.70質量％、Ｐ：0.035質量％以下、Ｓ：0.035質量％以下、Ｖ：0.040～0.200質量％およびＮ：0.0040～0.0200質量％を、$0.05 \leqq [\%V] \times [\%N] / [\%S] \leqq 0.50$ を満足する範囲で含有し、残部がFeおよび不可避的不純物の鋼組成とし、引張強さが490MPa以上、降伏強度が355MPa以上、かつ０℃における衝撃吸収エネルギーvE0が27Ｊ以上とする。

WO 2020/158822 A1

明　細　書

発明の名称 ： 突起付きＨ形鋼およびその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、突起付きＨ形鋼およびその製造方法に関し、橋脚等の大型構造物の補強材として用いられている鉄筋の代替となる、引張強度および伸びといった機械特性に優れることに加え、靭性にも優れた、突起付きＨ形鋼およびその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 橋脚等の大型構造物では、補強材として鉄筋を用いた鉄筋コンクリートが幅広く使用されている。一般的に鉄筋コンクリート構造物の工事は、鉄筋を組み立てた後に型枠を設置し、型枠内にコンクリートを打設することにより行われる。ここで、強度的に鉄筋の過密配設が必要となる場合、コンクリートの充填性が低下し、施工品質が悪化するだけでなく、工事が長期化する点が大きな課題となっている。加えて、当該工事に従事する技能労働者の数は年々減少傾向にあり、現場作業の省力化ならびに工期短縮に寄与する構造用鋼の開発がより一層求められている。

[0003] そのような要請を受け、鉄筋に比べて大きな断面剛性を有し、同一構造において必要な部材本数を減らすことが可能となる突起付きＨ形鋼に関して、様々な研究がおこなわれている。この突起付きＨ形鋼は、フランジ外面に突起が設けられており、鉄筋と同等以上の高いコンクリート付着性能を有することが知られている。鉄筋代替として大型構造物に使用される突起付きＨ形鋼に対しては、構造体としての性能を保証するため、引張強度、伸びといった機械特性に加えて、靭性の保証が要求されている。

[0004] これらの要求を満足するため、たとえば特許文献１には、鋼中のNb、ＶおよびNiの添加量を調整することで、引張強度と靭性をバランスよく高めた突起付きＨ形鋼が開示されている。また、特許文献２には、突起付きＨ形鋼の靭性を向上することを目的として、フランジ厚に応じて最適な冷却停止温度

を設定すると共に、フランジ内外面の冷却水量を適宜調整する技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許4045977号公報

特許文献2：特開2006-75883号公報

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、上述した特許文献１、２に記載の突起付きＨ形鋼は、炭窒化物を形成するNbやＶを添加して高い引張強度と靭性の両立を図っているが、所定の引張強度や靭性を安定して得られないという問題があった。本発明は、上述した問題を有利に解決すべくなされたもので、従来の突起付きＨ形鋼に比べ、同等以上の引張強度を安定して確保しつつ、靭性を向上し得る突起付きＨ形鋼をその製造方法と共に提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明者らは、Ｃ、Si、Mn、Ｐ、Ｓ、ＶおよびＮの含有量を変化させた突起付きＨ形鋼を作製し、その引張特性および靭性を鋭意調査した。その結果、鋼中に含まれるＶ、Ｎ、Ｓの量を適正化することで、フェライト中へのＶＮ析出による強度上昇に加え、ＶＮを核とした粒内フェライト変態の促進により、優れた靭性が得られることを見出した。

[0008] 本発明の、上記の知見に立脚するものであり、その要旨構成は次の通りである。

１．Ｃ：0.05～0.20質量％、Si：0.05～0.60質量％、Mn：1.20～1.70質量％、Ｐ：0.035質量％以下、Ｓ： 0.035質量％以下、Ｖ：0.040～0.200質量％およびＮ：0.0040～0.0200質量％を、下記（１）式を満足する範囲で含有し、残部がFeおよび不可避的不純物の鋼組成を有し、引張強さが490MPa以上、降伏強度が355MPa以上、かつ０℃における衝撃吸収エネルギーvE0が27J以上で

ある、突起付きＨ形鋼。

記

0.05≦[％Ｖ]×[％Ｎ]／[％Ｓ]≦0.50　　・・・（１）

ここで、[％Ｖ]、[％Ｎ]および[％Ｓ]はそれぞれ、鋼中のＶ、ＮおよびＳの含有量（質量％）である。

[0009] ２．前記鋼組成は、さらに、Cr：1.0質量％以下、Cu：1.0質量％以下、Ni：1.0質量％以下、Mo：1.0質量％以下、Al：0.10質量％以下、Nb：0.10質量％以下、Ｂ：0.010質量％以下、Ca：0.10質量％以下、Mg：0.10質量％以下およびREM：0.10質量％以下の中から選ばれる１種または２種以上を含有する上記１に記載の突起付きＨ形鋼。

[0010] ３．前記突起は、高さが1.5mm以上である上記１または２に記載の突起付きＨ形鋼。

[0011] ４．上記１または２のいずれかに記載の鋼組成を有する鋼素材に、熱間圧延を施して突起付きＨ形鋼を成形する突起付きＨ形鋼の製造方法であって、

前記熱間圧延の仕上圧延によりＨ形鋼のフランジ外面に突起を形成し、該仕上圧延の後に、750℃以上の冷却開始温度から500℃までの間を平均冷却速度：0.1～30℃／ｓの条件で冷却する突起付きＨ形鋼の製造方法。

[0012] ５．前記仕上圧延を800℃以上の温度で行う上記４に記載の突起付きＨ形鋼の製造方法。

発明の効果

[0013] 本発明によれば、優れた靭性を有する突起付きＨ形鋼を安定して製造することが可能となり、大型構造物の急速施工実現やコンクリート施工品の品質向上に寄与し、産業上有益な効果がもたらされる。

図面の簡単な説明

[0014] [図1]突起付きＨ形鋼の断面図を示す。

[図2]突起付きＨ形鋼を示す図であり、（ａ）はウェブの対向方向から見た側面図を、（ｂ）はフランジ外面の対向方向から見た平面図を、（ｃ）はフランジ外面の上面図を、それぞれ示す。

発明を実施するための最良の形態

[0015] 以下、本発明を具体的に説明する。まず、本発明において、鋼組成を上記の範囲に限定した理由について説明する。なお、以下の説明における「%」は、特に断らない限り「質量%」を表すものとする。

[0016] C：0.05～0.20%

Cは、母材強度を確保するために必要な元素であり、少なくとも0.05%含有されていることを必要とする。しかし、C含有量が0.20%を超えると、母材靭性を低下させるばかりか、溶接性を低下させる。そのため、本発明ではC含有量を0.05～0.20%とする。なお、C含有量は0.10%以上とすることが好ましい。また、C含有量は0.15%以下とすることが好ましい。

[0017] Si：0.05～0.60%

Siは、母材強度の確保および脱酸剤として0.05%以上で含有される必要があるが、Si含有量が0.60%を超えると靭性の低下に加え、Siの有する高い酸素との結合力のため、溶接性が劣化する。そのため、本発明ではSi含有量を0.05～0.60%とする。なお、Si含有量は0.20%以上とすることが好ましい。また、Si含有量は0.40%以下とすることが好ましい。

[0018] Mn：1.20～1.70%

Mnは、Siと同様、鋼の強度を高める効果のある比較的安価な元素であるため、高強度化には重要な元素である。しかし、Mn含有量が1.20%未満では、その添加効果は小さく、一方、1.70%を超えると、上部ベイナイト変態を促進させ、靭性を低下させるので好ましくない。そのため、本発明ではMn含有量を1.20～1.70%とする。なお、Mn含有量は1.40%以上とすることが好ましい。また、Mn含有量は1.60%以下とすることが好ましい。

[0019] P：0.035%以下

Pは、その含有量が0.035%を超えると、鋼の延性が劣化する。そのため、本発明では鋼中のP量を0.035%以下とする。好ましくは0.020%以下である。一方、Pは少ないほど好ましいため、P含有量の下限は特に限定されず、0%であってよい。しかし、通常、Pは不純物として鋼中に不可避的に含有さ

れる元素であり、過度の低Ｐ化は精錬時間の増加やコストの上昇を招くため、Ｐ含有量は0.005％以上とすることが好ましい。

[0020] Ｓ：0.035％以下

Ｓは、鋼中に含有されると主にＡ系介在物の形態で鋼材中に存在する。Ｓ含有量が0.035％を超えると、この介在物量が著しく増加し、同時に粗大な介在物を生成するため、鋼の靭性を大きく低下させる。そのため、本発明では鋼中のＳ含有量を0.035％以下とする。好ましくは0.020％以下である。一方、Ｓは少ないほど好ましいため、Ｓ含有量の下限は特に限定されず、0％であってよい。なお、通常、Ｓは不純物として鋼中に不可避的に含有される元素であり、過度の低Ｓ化は精錬時間の増加やコストの上昇を招くため、Ｓ含有量は0.002％以上とすることが好ましい。

[0021] Ｖ：0.040～0.200％

Ｖは、圧延中または圧延後の冷却中にVNとしてオーステナイトに析出してフェライト変態核となり、結晶粒を微細化する効果を有する重要な元素である。また、Ｖは、析出強化により母材強度を高める役割も有しており、高い引張強度と靭性を確保するために不可欠な元素である。前記効果を得るためにはＶ含有量を0.040％以上とする必要がある。一方、Ｖ含有量が0.200％を超えると、析出脆化を助長し、母材靭性を大きく損なうので好ましくない。そのため、本発明ではＶ含有量を0.040～0.200％とする。なお、Ｖ含有量は0.060％以上とすることが好ましい。また、Ｖ含有量は0.120％以下とすることが好ましい。

[0022] Ｎ：0.0040～0.0200％

Ｎは、鋼中でＶと結合し、ＶＮとして母材強度を向上させる有用な元素であり、0.0040％以上の含有を必要とする。しかし、Ｎ含有量が、0.0200％を超えると形成される炭窒化物が粗大化して母材靭性を大きく損なうので好ましくない。そのため、本発明ではＮ含有量を0.0040～0.0200％とする。なお、Ｎ含有量は0.0060％以上とすることが好ましい。また、Ｎ含有量は0.0120％以下とすることが好ましい。

[0023] さらに本発明では、各々の元素が単に上記の範囲を満足するだけでは不十分であり、Ｖ、ＮおよびＳについては、鋼中のＶ、ＮおよびＳの含有量（質量％）をそれぞれ［％Ｖ］、［％Ｎ］および［％Ｓ］として、次の（１）式の関係を満足させることが重要である。

0.05≦［％Ｖ］×［％Ｎ］／［％Ｓ］≦0.50 ・・・（１）

[0024] 発明者らは、上記範囲の鋼成分を有する種々の突起付きＨ形鋼を用いて、靭性を評価した結果、優れた靭性を得るためには、析出VN量とMnSなどの介在物量とのバランスが重要であるとの知見を得た。具体的には、［％Ｖ］×［％Ｎ］／［％Ｓ］で算出される値が0.05未満のときには、MnSなどの介在物の増加あるいは析出VNによるフェライト微細化効果が十分でないことにより、靭性が低下することが分かった。すなわち、Ｖ、ＮおよびＳの含有量に基づくパラメータである上記式で算出される値を0.05以上に制御することで、粗大なMnSの析出を抑制しつつ、靭性の向上に寄与する十分な量の析出VNを確保することが出来る。一方、［％Ｖ］×［％Ｎ］／［％Ｓ］値が0.50を超えると、析出VNが過剰となる結果、析出脆化を助長し、母材靭性を大きく損なうことになる。そのため、本発明では［％Ｖ］×［％Ｎ］／［％Ｓ］で算出される値を0.05～0.50の範囲とする。さらに、上記式により算出される値は、0.10以上であること、また0.30以下であることが好ましい。

[0025] 本発明で用いられる突起付きＨ形鋼の鋼組成は、以上説明した成分以外の残部は、Feおよび不可避的不純物である。

さらに、本発明の突起付きＨ形鋼では、以上説明した成分の他に、強度や延性、靭性、溶接部特性の向上を目的として、Cr：1.0％以下、Cu：1.0％以下、Ni：1.0％以下、Mo：1.0％以下、Al：0.10％以下、Nb：0.10％以下、Ｂ：0.010％以下、Ca：0.10％以下、Mg：0.10％以下およびREM：0.10％以下の中から選ばれる１種または２種以上を任意に含有していてもよい。

以下、上記元素の含有量を特定した理由を説明する。

[0026] Cr：1.0％以下

Crは、固溶強化により鋼の更なる高強度化を図ることができる元素である

。ただし、その含有量が1.0%を超えると、上部ベイナイト変態を促進させ、靭性を低下させるので好ましくない。したがって、鋼の成分組成がCrを含有する場合は、Cr含有量は1.0%以下とする。より好ましくは0.005%以上であり、0.5%以下である。

[0027] Cu：1.0%以下

Cuは、固溶強化により鋼の更なる高強度化を図ることができる元素である。ただし、その含有量が1.0%を超えると、Cu割れを生じやすくなる。したがって、鋼の成分組成がCuを含有する場合は、Cu含有量は1.0%以下とする。より好ましくは0.005%以上であり、0.5%以下である。

[0028] Ni：1.0%以下

Niは、延性を劣化することなく鋼の高強度化を図ることができる元素である。また、Cuと複合添加することによりCu割れを抑制することができるため、鋼組成がCuを含有する場合にはNiも含有することが望ましい。ただし、Ni含有量が1.0%を超えると、鋼の焼入れ性がより上昇し、靭性が低下する傾向がある。したがって、鋼組成がNiを含有する場合は、Ni量は1.0%以下とする。より好ましくは0.005%以上であり、0.5%以下である。

[0029] Mo：1.0%以下

Moは、固溶強化によってさらなる鋼の高強度化を図ることができる元素である。ただし、その含有量が1.0%を超えると、鋼中に上部ベイナイトが多量に生成するようになり、靭性が低下する傾向がある。したがって、成分組成がMoを含有する場合は、Mo含有量は1.0%以下とする。より好ましくは0.005%以上であり、0.5%以下である。

[0030] Al：0.10%以下

Alは、脱酸剤として添加することができる元素である。しかし、Al含有量が0.10%を超えると、Alの有する高い酸素との結合力のため、鋼中に酸化物系介在物が多量に生成し、その結果、鋼の延性が低下する。したがって、鋼組成がAlを含有する場合は、Al量は0.10%以下とすることが好ましい。一方、Al含有量の下限は特に限定されないが、脱酸のためには0.001%以上とする

ことが好ましい。より好ましくは0.001％以上であり、0.03％以下である。

[0031] Nb：0.10％以下

Nbは、鋼中で炭窒化物として析出することで、鋼の引張強度や降伏点を向上させる効果を有する元素である。ただし、その含有量が0.10％を超えると、析出脆化を助長することに加え、上部ベイナイト変態を促進させるため、鋼の靭性が低下する傾向がある。したがって、鋼組成がNbを含有する場合は、Nb含有量は0.10％以下とする。より好ましくは0.01％以上であり、0.05％以下である。

[0032] Ｂ：0.010％以下

Ｂは、鋼中で粒界に偏析し粒界強度を向上させる効果を有する元素である。また、粒内フェライトの核生成サイトとなるTiNとの複合析出物を形成し、ミクロ組織を微細化することで靭性向上にも有効な元素である。一方、その含有量が0.010％を超えると、粗大な炭窒化物の粒界析出により靭性が低下しがちとなる。したがって、鋼組成がＢを含有する場合は、Ｂ含有量は0.010％以下とする。より好ましくは0.001％以上であり、0.003％以下である。

[0033] Ca：0.10％以下

Caは、硫化物系介在物中の酸化物および硫化物を、高温における安定性が高いものへ変質させて、硫化物系介在物を粒状化する作用を有する。そして、このCaによる介在物の形態制御効果により、鋼の靭性、延性の向上を図ることが出できる。但し、Ca含有量が0.10％を超えると、清浄度が低下して靭性が低下しがちとなる。したがって、鋼組成がCaを含有する場合は、Ca含有量は0.10％以下とする。より好ましくは0.0010％以上であり、0.0050％以下である。

[0034] Mg：0.10％以下

Mgは、硫化物系介在物中の酸化物および硫化物を、高温における安定性が高いものへ変質させて、硫化物系介在物を粒状化する作用を有する。そして、このMgによる介在物の形態制御効果により、鋼の靭性、延性の向上を図ることが出できる。但し、Mg含有量が0.10％を超えると、清浄度が低下して靭

性が低下しがちとなる。したがって、鋼組成がMgを含有する場合は、Mg含有量は0.10％以下とする。より好ましくは0.0010％以上であり、0.0050％以下である。

[0035] REM：0.10％以下

REM(希土類金属)は、硫化物系介在物中の酸化物および硫化物を、高温における安定性が高いものへ変質させて、硫化物系介在物を粒状化する作用を有する。そして、このREMによる介在物の形態制御効果により、鋼の靭性、延性の向上を図ることが出できる。但し、REM含有量が0.10％を超えると、清浄度が低下して靭性が低下しがちとなる。したがって、鋼組成がREMを含有する場合は、REM含有量は0.10％以下とする。より好ましくは0.0010％以上であり、0.0050％以下である。

以上説明した元素以外の残部はFeおよび不可避的不純物である。

[0036] 本発明の、突起付きＨ形鋼について詳しく説明する。すなわち、突起付きＨ形鋼は、図１に示すように、一般的なＨ形鋼と同様に、１対のフランジ２をウェブ３にて連結してなる。そして、突起付きＨ形鋼は、前記フランジ２の外面に突起４を有している。この突起４は、コンクリート付着性能を付与するために設けられるものである。この目的で突起４が設けられた突起付きＨ形鋼１において、突起４が設けられる箇所は、図２（ａ）に示すように、フランジ２の外面である。図示例では、フランジ２の外面全体に、図２（ａ）に四角で囲った部分の拡大図である、同図（ｂ）に示す断面形状にてフランジ２の幅方向に延びる突条としての突起４がフランジ２の長手方向に配列して形成されている。

[0037] なお、突起の形状や寸法、個数などは突起付きＨ形鋼に要求される仕様に応じて任意に設定できる。従って、図示例に限定されないが、例えば突起４の高さｈはコンクリート付着性能を考慮すると1.5㎜以上とすることが好ましい。一方、高さｈの上限は、ロール割損防止の観点から６㎜とすることが好ましい。また、突起４相互の間隔ｄは、コンクリート付着性能を考慮すると、高さｈとの間にｈ／ｄ≧0.05の関係を満足することが好ましい。

[0038] 次に、本発明の突起付きＨ形鋼の製造方法について説明する。鋼(スラブまたはビームブランク)の溶製法および鋳造法については特に制限はなく、従来公知の方法いずれもが適合する。また、Ｈ形鋼に成形するための熱間圧延条件も特に制限されることはなく、常法に従って行えば良い。熱間圧延の仕上圧延において、突起を形成させる部分（フランジ外面）を圧下するロールとして、形成させる突起に対応した溝をロール表面に形成したものを用いることで、突起を形成することができる。仕上圧延の後は、以下の条件を満足させた冷却を行う必要がある。

[0039] 冷却開始時のフランジ温度：750 ℃以上

本発明では、仕上圧延直後に鋼材の冷却を開始することによって生産能率の低下を防止することを所期して、冷却開始時のフランジ温度は750℃以上とする。一方、冷却開始時のフランジ温度がAr_3温度未満になると、十分な強度を得難くなるため、さらに冷却開始時のフランジ温度をAr_3温度以上とすることが好ましい。なお、Ar_3変態温度は、例えば以下の（２）式により鋼成分との関係で簡易的に示される。

Ar_3＝910-310×[%C]+25×([%Si]+2×[%Al])-80×[Mneq] ・・・（２）

ここで、[Mneq]は次の（３）式で算出される値である。

[Mneq]=[%Mn]+[%Cr]+[%Cu]+[%Mo]+[%Ni]/2+10×([%Nb]-0.02)・・・（３）

なお、上記（２）式、（３）式において、［%M］は鋼中の元素Ｍの含有量（質量%）を意味する。ここで、上記（２）式および（３）式でAr_3を計算するにあたり、積極的に含有させていない元素Ｍの含有量については、不可避的不純物として含有されている元素Ｍの含有量（分析値）を用いて算出するものとする。

[0040] 冷却開始温度から500℃までの平均冷却速度：0.1～30℃/ｓ

冷却開始温度から500℃までの平均冷却速度が0.1℃/ｓに満たないと、所定の引張特性および靭性を確保することが難しいため、冷却速度は0.1℃/ｓ以上とする。一方、前記冷却速度が30℃/ｓを超えて大きくなると、ベイナイト

あるいはマルテンサイトの生成により、靭性の低下や引張強さの過度な上昇といった弊害が生じるため、冷却開始温度から500℃までの平均冷却速度は0.1～30℃/ｓの範囲とする。好ましい平均冷却速度は、0.5～10℃/ｓの範囲である。

[0041] 上記した成分組成に調整し、上記した条件に従って圧延および冷却を行うことにより、突起付きＨ形鋼において、引張強さが490MPa 以上、降伏強度が355MPa以上、そして０℃における衝撃吸収エネルギーvE0が27Ｊ以上という、優れた機械的性能を得ることができる。いずれの特性も上限を規定する必要はないが、実用的には、引張強さが640MPa、降伏強度が475MPaおよび０℃における衝撃吸収エネルギーvE0が350Ｊ程度である。

[0042] ここで、本発明で対象とする突起付きＨ形鋼は、そのフランジ厚が特に限定されることはない。フランジ外面の突起は、仕上げ圧延の工程において溝付きのロールを用いて形成する。すなわち、所望の突起高さを付与するためには、フランジ部の圧下量をできるだけ大きくする必要がある。従って、厚いフランジを有する突起付きＨ形鋼はより大きな圧下を必要とする。本発明では後述の通り、圧延温度を適正範囲にコントロールすることにより、突起高さの形成効率が低下するとされる、フランジ厚が16mm以上の厚肉のＨ形鋼においても十分な突起高さを付与することができる。

[0043] 熱間圧延時に突起を形成する成形を行う仕上圧延では、十分な突起高さを有する突起を形成させる観点から、仕上圧延温度を800℃以上とすることが好ましい。仕上圧延温度が 800℃に満たないと、十分な高さの突起を安定して形成することが難しい。一方、前記仕上げ温度の上限は特に限定されないが、1050℃を超えると、オーステナイト粒径が粗大になるため、靭性が低下しがちとなる。そのため、前記仕上げ温度を1050℃以下とすることが好ましい。

実施例

[0044] 以下、実施例に従って、本発明の構成および作用効果をより具体的に説明する。しかし、本発明は下記の実施例によって制限を受けるものではなく、

本発明の趣旨に適合し得る範囲内にて適宜変更することも可能であり、これらは何れも本発明の技術的範囲に含まれる。

[0045] 表１に示す成分組成の鋼材を、連続鋳造機にて断面400mm×560mm×長さ8000mmのビームブランクとし、1250℃で２時間加熱後、表２に示す条件で熱間圧延ならびに冷却を行って、図１に示す断面形状、すなわち、ウェブ３とウェブの両端に配置された１対のフランジ２を有する形状の突起付きＨ形鋼１を製造した。ここで、断面寸法（ウェブ高さ×フランジ幅×ウェブ厚×フランジ厚）は、320×323×25×25mmおよび350×333×35×40mmの２種のうちのいずれかとして、突起付きＨ形鋼を製造した。仕上圧延においては、フランジ外面を圧下する圧延ロールとして、フランジ外面に形成させる突起形状に対応した溝を設けたものを用い、フランジ外面に、図２に示すような、フランジ２の幅方向に延在する突起４を形成した。ここで、フランジ外面を圧下する仕上圧延ロールには、突起幅ｗ：15mmおよび突起高さｈ：1.5mm以上の突起を形成し得る、溝を設けてある。仕上圧延後の冷却速度は、フランジ外面表面の温度を放射温度計で測定し、冷却開始から冷却停止までの間の温度変化を単位時間（秒）あたりに換算することで、冷却速度（℃/ｓ）を算出した。

[0046]

[表1]

[表1]

鋼No.	成分組成(質量%)※1																	式(1)※1,2	備考
	C	Si	Mn	P	S	V	N	Cr	Cu	Ni	Mo	Al	Nb	B	Ca	Mg	REM		
1	0.13	0.30	1.48	0.012	0.003	0.080	0.0119	–	–	–	–			–	–	–	–	0.32	
2	0.06	0.59	1.67	0.015	0.005	0.065	0.0083	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.11	
3	0.12	0.37	1.56	0.006	0.004	0.041	0.0136	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.14	
4	0.14	0.34	1.49	0.011	0.002	0.083	0.0118	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.49	
5	0.15	0.41	1.35	0.018	0.005	0.195	0.0042	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.16	
6	0.19	0.06	1.23	0.013	0.016	0.101	0.0147	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.09	
7	0.11	0.28	1.60	0.034	0.034	0.135	0.0196	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.08	
8	0.09	0.35	1.68	0.012	0.006	0.082	0.0102	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.14	
9	0.15	0.42	1.29	0.010	0.005	0.096	0.0093	0.35	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.18	適合鋼
10	0.13	0.25	1.35	0.009	0.003	0.072	0.0124	–	0.41	0.26	–	–	–	–	–	–	–	0.30	
11	0.10	0.11	1.43	0.012	0.009	0.143	0.0076	–	–	–	0.18	–	–	–	–	–	–	0.12	
12	0.16	0.50	1.32	0.011	0.006	0.106	0.0087	–	–	–	–	0.04	–	–	–	–	–	0.15	
13	0.15	0.37	1.40	0.014	0.011	0.069	0.0155	–	–	–	–	–	0.02	–	–	–	–	0.10	
14	0.11	0.31	1.55	0.010	0.008	0.091	0.0069	–	–	–	–	–	–	0.0021	–	–	–	0.08	
15	0.12	0.35	1.51	0.015	0.007	0.083	0.0137	–	–	–	–	–	–	–	0.0039	–	–	0.16	
16	0.16	0.44	1.32	0.017	0.006	0.120	0.0100	–	–	–	–	–	–	–	–	0.0028	–	0.20	
17	0.15	0.32	1.54	0.026	0.005	0.057	0.0083	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.0066	0.09	
18	0.03	0.16	1.48	0.013	0.004	0.053	0.0108	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.14	
19	0.21	0.47	1.62	0.011	0.008	0.136	0.0093	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.16	
20	0.12	0.04	1.23	0.010	0.005	0.092	0.0149	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.27	
21	0.16	0.62	1.59	0.016	0.010	0.151	0.0085	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.13	
22	0.10	0.23	1.18	0.012	0.009	0.084	0.0096	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.09	
23	0.15	0.52	1.71	0.009	0.012	0.177	0.0062	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.09	
24	0.13	0.24	1.47	0.036	0.003	0.090	0.0125	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.38	比較鋼
25	0.14	0.33	1.50	0.021	0.037	0.089	0.0146	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.04	
26	0.10	0.38	1.33	0.016	0.010	0.039	0.0070	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.03	
27	0.18	0.40	1.20	0.018	0.006	0.205	0.0086	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.29	
28	0.11	0.29	1.43	0.015	0.007	0.073	0.0039	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.04	
29	0.13	0.35	1.51	0.024	0.007	0.125	0.0202	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.36	
30	0.09	0.44	1.69	0.011	0.012	0.069	0.0075	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.04	
31	0.16	0.29	1.42	0.010	0.003	0.110	0.0138	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.51	

※1: 下線は発明範囲外を示す。
※2: [%V]×[%N]/[%S]

[0047] 得られた突起付きＨ形鋼について、突起高さ評価、引張試験および靭性試験を実施した。以下にそれぞれの評価内容について詳細に説明する。

[0048] ＜突起高さ評価＞

得られた突起付きＨ形鋼について、図２に示したフランジ外面の突起高さｈを測定した。かかる値の測定は、仕上圧延後の突起付きＨ形鋼の圧延方向における先端部、中央部および尾端部の３箇所について行い、その平均値を採用した。なお、突起高さの要求性能下限値を1.5mmに設定し、この値以上を突起高さｈの好適範囲とした。また、突起高さｈがこの値以上となる突起付きＨ形鋼が得られた製造条件は、突起形成のし易さの観点からも特に好ましい条件と評価できる。

[0049] ＜引張試験＞

図１に符号５として示すフランジ1/6Ｂ部（1/6Ｂを挟むフランジ幅方向長さ60mm）より、引張方向がＨ形鋼のフランジ長手方向となるように、JIS　Ｚ2201に規定されたJIS１Ａ試験片（フランジ全厚試験片）を採取し、JIS Ｚ2241に準じて引張試験を行い、降伏強度（降伏応力YSまたは0.2%耐力）、引張強さを測定した。

[0050] ＜靭性試験＞

図１に示したフランジ1/6Ｂ部５のフランジ裏面から1/4ｔ（ｔはフランジ厚）の位置を中心として、JIS　Ｚ2202に規定された２mmＶノッチシャルピー衝撃試験片を採取し、JISＺ2242に準じてシャルピー衝撃試験を行い、０℃における吸収エネルギーを測定した。

[0051] 表２に上記調査の結果をあわせて示す。本発明の鋼組成を満足する適合鋼を用い、本発明範囲の製造方法(フランジ外面の平均冷却速度が本発明範囲内)で作製した突起付きＨ形鋼の試験結果（表２中の試験No.１～18、33）は、いずれも所望の特性(引張強さ：490MPa以上、降伏強度：355MPa以上および０℃における衝撃吸収エネルギーvE0：27Ｊ以上)を満足していた。なお、試験No．33は、引張強さ、降伏強度、０℃における衝撃吸収エネルギーについては所望の特性を満足しているが、仕上圧延温度が好適下限である800℃を下回っ

ていたため、突起高さが1.4mmであり、好適範囲（1.5mm以上）に満たなかった。

[0052] 一方、Ｈ形鋼の鋼組成が本発明の条件を満足しないか、あるいは、本発明範囲の製造方法を適用しなかった比較例（表２中の試験No．19～32、34～36）は、引張強さ、降伏強度および靭性のいずれかの値が要求特性を満足していない。

[0053] [表2]

[表2]

試験No.	鋼No.	フランジ厚[mm]※2	熱間圧延条件※1			突起高さ[mm]	機械特性※1			備考
			圧延仕上げ温度[℃]	冷却開始時のフランジ温度[℃]	平均冷却速度[℃/s]		引張強さ[MPa]	降伏強度[MPa]	衝撃吸収エネルギーvE0[J]	
1	1	25	940	912	0.5	2.5	565	396	304	発明例
2	2	25	952	926	7.2	2.7	563	403	156	
3	3	25	916	863	8.5	2.4	574	410	193	
4	4	25	879	845	10.9	2.3	589	425	292	
5	5	25	905	876	0.7	2.4	543	390	132	
6	6	25	864	822	6.6	2.2	575	408	164	
7	7	25	910	893	0.5	2.3	552	383	201	
8	8	25	899	851	7.8	2.4	582	425	254	
9	9	25	986	957	0.4	2.8	513	359	270	
10	10	25	931	902	0.6	2.6	495	355	263	
11	11	25	865	813	28.5	2.2	610	440	185	
12	12	25	892	855	14.8	2.3	601	429	224	
13	13	25	911	884	8.6	2.4	590	418	197	
14	14	25	818	765	12.6	2.1	576	413	108	
15	15	25	900	880	7.5	2.4	585	420	249	
16	16	25	929	896	0.9	2.5	552	399	260	
17	17	25	845	814	0.3	2.2	583	410	114	
18	5	40	901	869	0.5	2.4	531	373	108	
19	18	25	864	822	0.6	2.7	452	310	288	比較例
20	19	25	913	879	12.6	2.2	671	475	11	
21	20	25	887	845	0.4	2.5	468	331	264	
22	21	25	905	873	11.8	2.2	628	435	20	
23	22	25	876	834	0.7	2.6	460	320	195	
24	23	25	945	902	19.6	2.4	642	451	16	
25	24	25	922	895	7.1	2.4	586	410	18	
26	25	25	901	861	8.3	2.3	584	400	11	
27	26	25	859	824	0.5	2.2	488	349	9	
28	27	25	917	866	7.2	2.4	576	427	21	
29	28	25	920	878	0.5	2.5	480	347	24	
30	29	25	934	901	0.7	2.4	563	403	15	
31	30	25	910	885	1.5	2.3	579	405	18	
32	31	25	940	912	9.5	2.2	621	461	28	
33	1	25	798	751	0.6	1.4	551	382	316	発明例
34	5	25	901	748	7.5	2.4	472	336	115	比較例
35	8	25	887	853	0.09	2.4	504	353	240	
36	8	25	896	859	31.0	2.4	631	449	22	

※1：下線は発明範囲外を示す。
※2：断面寸法：320×323×25×25mmおよび350×333×35×40mmのいずれか。

符号の説明

[0054] 1 突起付きＨ形鋼（圧延Ｈ形鋼）

2 フランジ

3 ウェブ

4 突起

５　フランジ1/6Ｂ部（試験片採取位置）

請求の範囲

[請求項1] Ｃ：0.05～0.20質量％、Si：0.05～0.60質量％、Mn：1.20～1.70質量％、Ｐ：0.035質量％以下、Ｓ：0.035質量％以下、Ｖ：0.040～0.200質量％およびＮ：0.0040～0.0200質量％を、次の（１）式を満足する範囲で含有し、残部がFeおよび不可避的不純物の鋼組成を有し、引張強さが490MPa以上、降伏強度が355MPa以上、かつ０℃における衝撃吸収エネルギーvE0が27J以上である、突起付きＨ形鋼。

記

$$0.05 \leqq [\%V] \times [\%N] / [\%S] \leqq 0.50 \quad \cdots (1)$$

ここで、[％Ｖ]、[％Ｎ]および[％Ｓ]はそれぞれ、鋼中のＶ、ＮおよびＳの含有量（質量％）である。

[請求項2] 前記鋼組成は、さらに、Cr：1.0質量％以下、Cu：1.0質量％以下、Ni：1.0質量％以下、Mo：1.0質量％以下、Al：0.10質量％以下、Nb：0.10質量％以下、Ｂ：0.010質量％以下、Ca：0.10質量％以下、Mg：0.10質量％以下およびREM：0.10質量％以下の中から選ばれる１種または２種以上を含有する請求項１に記載の突起付きＨ形鋼。

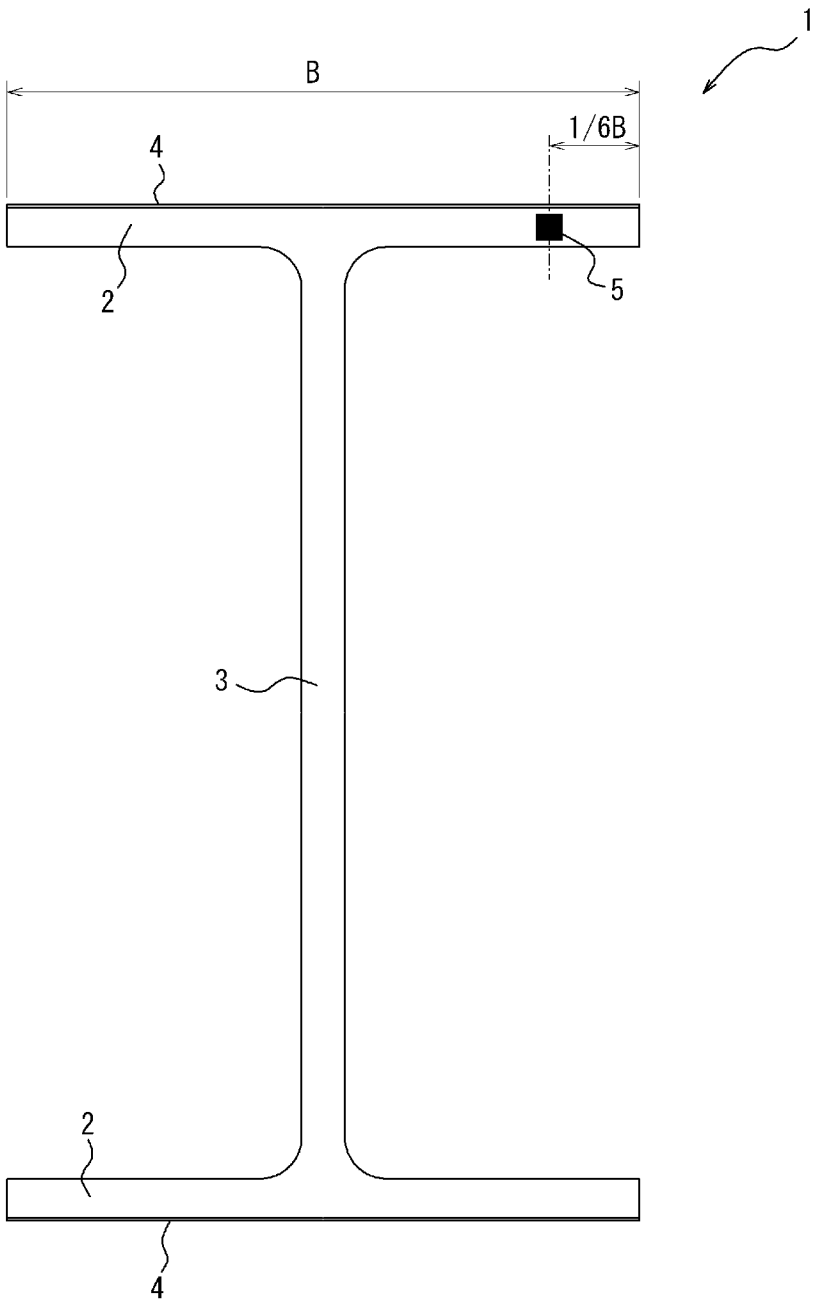
[請求項3] 前記突起は、高さが1.5mm以上である請求項１または２に記載の突起付きＨ形鋼。

[請求項4] 請求項１または２のいずれかに記載の鋼組成を有する鋼素材に、熱間圧延を施して突起付きＨ形鋼を成形する突起付きＨ形鋼の製造方法であって、

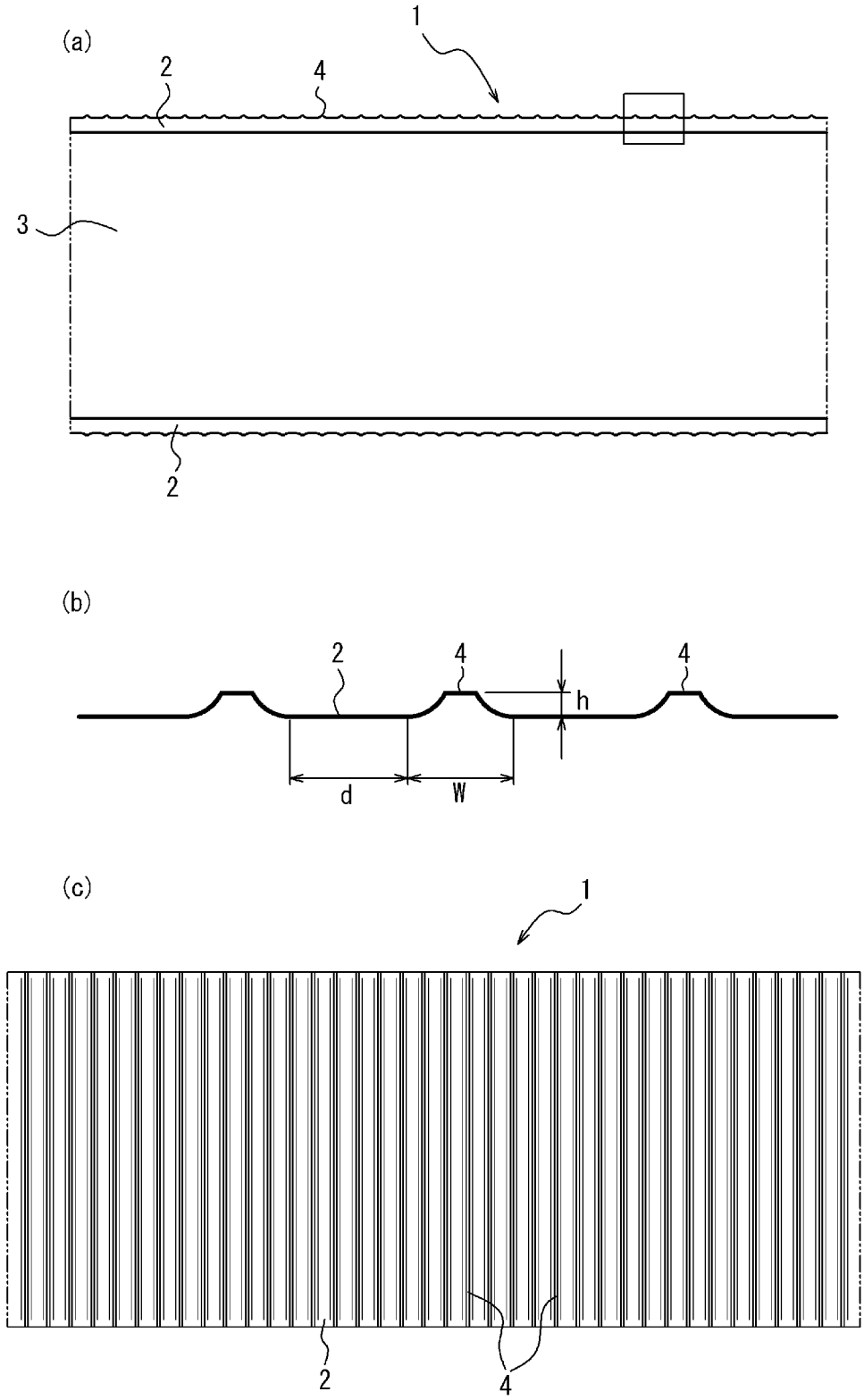
前記熱間圧延の仕上圧延によりＨ形鋼のフランジ外面に突起を形成し、該仕上圧延の後に、750℃以上の冷却開始温度から500℃までの間を平均冷却速度：0.1～30℃／ｓの条件で冷却する突起付きＨ形鋼の製造方法。

[請求項5] 前記仕上圧延を800℃以上の温度で行う請求項４に記載の突起付きＨ形鋼の製造方法。

[図1]



[図2]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/003256

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
C22C 38/00(2006.01)i; C21D 8/00(2006.01)i; C22C 38/12(2006.01)i; C22C 38/58(2006.01)i
FI: C22C38/00 301Z;
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; C21D8/00

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	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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 2004-256834 A (JFE STEEL CORPORATION) 16.09.2004 (2004-09-16)	1-5
A	JP 11-323477 A (KAWASAKI STEEL CORP.) 26.11.1999 (1999-11-26)	1-5
A	JP 9-125140 A (KAWASAKI STEEL CORP.) 13.05.1997 (1997-05-13)	1-5

☐ 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	Date of mailing of the international search report
07 April 2020 (07.04.2020)	21 April 2020 (21.04.2020)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/003256

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2004-256834 A	16 Sep. 2004	(Family: none)	
JP 11-323477 A	26 Nov. 1999	(Family: none)	
JP 9-125140 A	13 May 1997	US 5743972 A EP 0761824 A2	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2020/003256

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 8/00(2006.01)i; C22C 38/12(2006.01)i; C22C 38/58(2006.01)i
FI: C22C38/00 301Z; C22C38/12; C22C38/58; C21D8/00 B

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; C21D8/00

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	１９７１－２０２０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２０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 2004-256834 A (ＪＦＥスチール株式会社) 16.09.2004 (2004-09-16)	1-5
A	JP 11-323477 A (川崎製鉄株式会社) 26.11.1999 (1999-11-26)	1-5
A	JP 9-125140 A (川崎製鉄株式会社) 13.05.1997 (1997-05-13)	1-5

☐ 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、一般的技術水準を示すもの
“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	国際調査報告の発送日
07.04.2020	21.04.2020

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/JP2020/003256

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2004-256834 A	16.09.2004	（ファミリーなし）	
JP 11-323477 A	26.11.1999	（ファミリーなし）	
JP 9-125140 A	13.05.1997	US 5743972 A	
		EP 0761824 A2	