(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
2023年4月20日(20.04.2023)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2023/062886 A1

(51) 国際特許分類:
B60B 17/00 (2006.01) *C22C 38/50* (2006.01)
C22C 38/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2022/025613

(22) 国際出願日： 2022年6月27日(27.06.2022)

(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 2021-169148 2021年10月14日(14.10.2021) JP

(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).

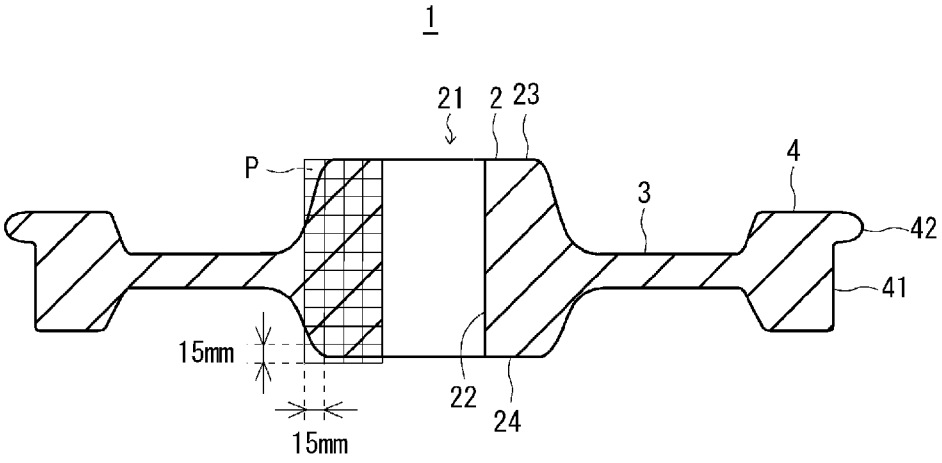
(72) 発明者: 前島 健人 (**MAEJIMA, Taketo**); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 日本製鉄株式会社内 Tokyo (JP). 大阪 太郎 (**OSAKA, Taro**); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 日本製鉄株式会社内 Tokyo (JP). 山本 雄一郎 (**YAMAMOTO, Yuichiro**); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 日本製鉄株式会社内 Tokyo (JP). 松井 直樹 (**MATSUI, Naoki**); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目６番１号 日本製鉄株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: アセンド特許業務法人 (**ASCEND IP LAW FIRM**); 〒5300003 大阪府大阪市北区堂島一丁目５番１７号 Osaka (JP).

(54) **Title:** RAILROAD WHEEL

(54) 発明の名称： 鉄道車輪

[図2]
FIG. 2



(57) **Abstract:** Provided is a railroad wheel in which a boss part has excellent toughness. The railroad wheel according to the present disclosure comprises: a rim part; a boss part having a through hole; and a plate part. The chemical composition of the railroad wheel includes, in mass%, more than 0.80% but at most 1.35% of C, at most 1.00% of Si, 0.10-1.50% of Mo, 0-0.050% of P, 0-0.030% of S, and at most 0.0200% of N, the balance being Fe and impurities. In a cross-section of the boss part taken along a plane including the central axis in the central axis direction of the through hole, when 15 mm x 15 mm regions defined by a plurality of axial line segments which are parallel to the central axis and arranged at a pitch of 15 mm in the radial direction of the railroad wheel from the inner circumferential surface of the through hole, and by a plurality of radial line segments which are perpendicular to the central axis and arranged at a pitch of 15 mm in

WO 2023/062886 A1

[続葉有]

(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, IQ, IR, IS, IT, JM, 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:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

the central axis direction from the surface of the boss part where the opening of the through hole is formed, are defined as rectangular regions, the average C concentration of the rectangular regions in the cross-section of the boss part is not more than 1.40 mass%.

(57) 要約：ボス部の靭性に優れる鉄道車輪を提供する。本開示による鉄道車輪は、リム部と、貫通孔を有するボス部と、板部とを備える。鉄道車輪の化学組成は、質量％で、Ｃ：０．８０％超～１．３５％、Ｓｉ：１．００％以下、Ｍｎ：０．１０～１．５０％、Ｐ：０～０．０５０％、Ｓ：０～０．０３０％、Ｎ：０．０２００％以下及び、残部がＦｅ及び不純物からなる。ボス部を貫通孔の中心軸方向に、中心軸を含む面で切断したときのボス部の断面において、中心軸と平行であり、貫通孔の内周面から鉄道車輪の径方向に１５ｍｍピッチで配列される複数の軸方向線分と、中心軸に垂直であり、ボス部の貫通孔の開口が形成されている表面から中心軸方向に１５ｍｍピッチで配列される複数の径方向線分と、で区画される、１５ｍｍ×１５ｍｍの領域を矩形領域と定義したとき、ボス部の断面での各矩形領域の平均Ｃ濃度は１．４０質量％以下である。

明　細　書

発明の名称 ： 鉄道車輪

技術分野

[0001] 本開示は、鉄道車輪に関する。

背景技術

[0002] 鉄道車両は、線路を構成するレール上を走行する。鉄道車両は、複数の鉄道車輪を備える。鉄道車輪は、車両を支持し、レールと接触して、レール上を回転しながら移動する。鉄道車輪は、レールとの接触により摩耗する。最近、鉄道輸送の高効率化を目的として、鉄道車両への積載重量の増加、及び、鉄道車両の高速化が進められている。その結果、鉄道車輪の耐摩耗性の向上が求められている。

[0003] 鉄道車輪の耐摩耗性を高める技術が、特開２００４－３１５９２８号公報（特許文献１）に提案されている。

[0004] 特許文献１に開示された鉄道車両用車輪は、質量％で、Ｃ：０．８５～１．２０％、Ｓｉ：０．１０～２．００％、Ｍｎ：０．０５～２．００％、必要に応じてさらにＣｒ、Ｍｏ、Ｖ、Ｎｂ、Ｂ、Ｃｏ、Ｃｕ、Ｎｉ、Ｔｉ、Ｍｇ、Ｃａ、Ａｌ、Ｚｒ、及びＮの１種又は２種以上を所定量含有し、残部がＦｅ及びその他不可避的不純物からなる化学成分を含有する鋼で構成された一体型の鉄道車両用車輪であって、車輪の踏面及び／又はフランジ面の少なくとも一部がパーライト組織である。特許文献１には、鉄道車両用車輪の寿命は、踏面及びフランジ面の摩耗量に依存し（特許文献１の段落［０００２］）、さらに、高速鉄道においてブレーキを掛けたときの発熱量の増大にともない発生する踏面及びフランジ面での亀裂に依存すると記載されている。そして、鉄道車両用車輪が上記構成を有することにより、踏面及びフランジ面の耐摩耗性及び熱亀裂を抑制できる、と記載されている。特許文献１では、Ｃ含有量を高めた過共析鋼を用いることにより、鉄道車輪の耐摩耗性を高めている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開２００４－３１５９２８号公報

特許文献2：国際公開第２０２０／０６７５２０号

特許文献3：国際公開第２０２０／０６７５０６号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ところで、鉄道車両の積載重量に応じた負荷は、まず鉄道用車軸に与えられる。そして、鉄道用車軸と鉄道車輪との接触部分であるボス部を介して鉄道車輪に負荷が伝わる。鉄道車輪のボス部には大きな負荷が加えられる。そのため、鉄道車輪のボス部には優れた靭性が求められる。

[0007] しかしながら、従前の検討では、ボス部の靭性については検討されてこなかった。これは、鉄道車輪において、レールと接触するリム部の耐摩耗性の向上が重要であると認識されてきたためである。上述の特許文献１においても、ボス部の靭性については検討されていない。そのため、特許文献１に開示された技術を用いても、ボス部において優れた靭性が得られない可能性がある。

[0008] 上述の特許文献１に記載のとおり、Ｃ含有量を高めた過共析鋼を用いることにより、鉄道車輪の耐摩耗性を高めることができる。しかしながら、Ｃ含有量の高い過共析鋼を用いれば、ボス部の靭性の低下が懸念される。そのため、Ｃ含有量が０．８０％超と高くても、ボス部の靭性に優れる鉄道車輪が求められている。

[0009] Ｃ含有量が０．８０％以上と高くても、鉄道車輪の靭性を高める技術が、国際公開第２０２０／０６７５２０号（特許文献２）及び国際公開第２０２０／０６７５０６号（特許文献３）に提案されている。特許文献２及び３では、初析セメンタイトを減らすか、又は、初析セメンタイトの形態を制御することにより、鉄道車輪の靭性を高める。

[0010] 特許文献２に開示された鉄道車輪は、リム部と、ボス部と、リム部とボス部との間に配置され、リム部とボス部とにつながる板部とを備える。特許文献２の鉄道車輪の化学組成は、質量％で、Ｃ：０．８０～１．１５％、Ｓｉ：０．４５％以下、Ｍｎ：０．１０～０．８５％、Ｐ：０．０５０％以下、Ｓ：０．０３０％以下、Ａｌ：０．２００～１．５００％、Ｎ：０．０２００％以下、Ｎｂ：０．００５～０．０５０％、Ｃｒ：０～０．２５％、Ｖ：０～０．１２％、及び、残部がＦｅ及び不純物からなる。特許文献２の鉄道車輪のリム部、ボス部及び板部のうち、少なくともリム部及び板部のミクロ組織において、式（１）で定義される初析セメンタイト量が２．００本／１００μｍ以下である。

初析セメンタイト量（本／１００μｍ）＝２００μｍ×２００μｍの正方形視野の２本の対角線と交差する初析セメンタイトの本数の総和／（５．６６×１００μｍ）×１００・・・（１）

[0011] 特許文献３に開示された鉄道車輪は、リム部と、ボス部と、リム部とボス部との間に配置され、リム部とボス部とにつながる板部とを備える。特許文献３の鉄道車輪の化学組成は、質量％で、Ｃ：０．８０～１．６０％、Ｓｉ：１．００％以下、Ｍｎ：０．１０～１．２５％、Ｐ：０．０５０％以下、Ｓ：０．０３０％以下、Ａｌ：０．０１０～０．６５０％、Ｎ：０．００３０～０．０２００％、Ｃｒ：０～０．６０％、Ｖ：０～０．１２％、及び、残部がＦｅ及び不純物からなる。特許文献３の鉄道車輪の板部のミクロ組織において、パーライトの面積率は８５．０％以上であり、初析セメンタイトの面積率は０．９０～１５．００％であり、初析セメンタイトの最大幅は１．８０μｍ以下である。

[0012] 特許文献２及び３に開示された技術を用いれば、鉄道車輪の靭性を高めることができる。しかしながら、特許文献２及び３では、ボス部に着目していない。そのため、特許文献２及び３に開示された技術に加えて、ボス部の靭性をさらに高める技術を提案できれば好ましい。

[0013] 本開示の目的は、Ｃ含有量が０．８０％超と高くても、ボス部の靭性に優

れる鉄道車輪を提供することである。

課題を解決するための手段

[0014] 本開示による鉄道車輪は、

リム部と、

貫通孔を有するボス部と、

前記リム部と前記ボス部との間に配置され、前記リム部と前記ボス部とにつながる板部とを備え、

前記鉄道車輪の化学組成は、質量％で、

Ｃ：０．８０％超～１．３５％、

Ｓｉ：１．００％以下、

Ｍｎ：０．１０～１．５０％、

Ｐ：０～０．０５０％、

Ｓ：０～０．０３０％、

Ｎ：０．０２００％以下、

Ａｌ：０～１．５００％、

Ｃｕ：０～０．５０％、

Ｎｉ：０～０．５０％、

Ｃｒ：０～０．５０％、

Ｖ：０～０．１２％、

Ｔｉ：０～０．０１０％、

Ｍｏ：０～０．２０％、

Ｎｂ：０～０．０５０％、及び、

残部がＦｅ及び不純物からなり、

前記ボス部を前記貫通孔の中心軸方向に、前記中心軸を含む面で切断したときの前記ボス部の断面において、

前記中心軸と平行であり、前記貫通孔の内周面から前記鉄道車輪の径方向に１５ｍｍピッチで配列される複数の軸方向線分と、前記中心軸に垂直であり、前記ボス部の前記貫通孔の開口が形成されている表面から前記中心軸方

向に１５ｍｍピッチで配列される複数の径方向線分と、で区画される、１５ｍｍ×１５ｍｍの領域を矩形領域と定義したとき、

前記ボス部の前記断面での各矩形領域の平均Ｃ濃度が１．４０質量％以下である。

発明の効果

[0015] 本開示の鉄道車輪は、Ｃ含有量が０．８０％超と高くても、ボス部の靭性に優れる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]図１は本実施形態による鉄道車輪の中心軸を含む断面図である。

[図2]図２は、図１に示す鉄道車輪の断面のうちのボス部断面において、ＥＰＭＡによる測定領域の区分を示す模式図である。

[図3]図３は、Ｃ濃度と、シャルピー衝撃値との関係を示す図である。

[図4]図４は、鉄道車輪の製造工程を示す模式図である。

[図5]図５は、ＥＰＭＡの測定視野の配置方法について説明するための、ボス部の断面図である。

[図6]図６は、打抜き部体積率が適切な場合の、鉄道車輪の製造工程を示す模式図である。

[図7]図７は、打抜き部体積率が小さすぎる場合の、鉄道車輪の製造工程を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0017] ［鉄道車輪の構成］

図１は本実施形態による鉄道車輪１の中心軸を含む断面図である。図１を参照して、鉄道車輪１は円盤状であり、ボス部２と、板部３と、リム部４とを備える。ボス部２は円筒状であり、鉄道車輪１の径方向（中心軸に対して垂直な方向）において、中央部に配置される。ボス部２は貫通孔２１を有する。ボス部２の内周面２２は、貫通孔２１を形成する。貫通孔２１の中心軸は、鉄道車輪１の中心軸と一致する。貫通孔２１には、図示しない鉄道用車軸が挿入される。本明細書において、貫通孔２１及び鉄道車輪１の中心軸方

向を、単に中心軸方向とも称する。鉄道車輪１の中心軸に対して垂直な方向を、鉄道車輪１の径方向という。本明細書において、鉄道車輪１の径方向を、単に径方向とも称する。

[0018] ボス部２は、貫通孔２１を有する。ボス部２はさらに、貫通孔２１を形成する内周面２２と、フランジ側表面２３と、踏面側表面２４とを有する。フランジ側表面２３は、内周面２２とつながっており、貫通孔２１の開口が形成されている。踏面側表面２４は、フランジ側表面２３と反対側に配置され、内周面２２とつながっており、貫通孔２１の開口が形成されている。ボス部２の厚さＴ２は、板部３の厚さＴ３よりも厚い。

[0019] リム部４は、鉄道車輪１の外周の縁部に形成されている。リム部４は、踏面４１と、フランジ部４２とを含む。踏面４１は、フランジ部４２と繋がっている。鉄道車輪１の使用時において、踏面４１及びフランジ部４２はレール表面と接触する。リム部４の厚さＴ４は、板部３の厚さＴ３よりも厚い。

[0020] 板部３は、ボス部２とリム部４との間に配置され、ボス部２及びリム部４とつながっている。具体的には、板部３の内周縁部はボス部２とつながっており、板部３の外周縁部はリム部４とつながっている。板部３の厚さＴ３は、ボス部２の厚さＴ２及びリム部４の厚さＴ４よりも薄い。

[0021] ［本開示の鉄道車輪の技術思想］

本発明者らは、ボス部２の靭性を高めるため、化学的な観点から検討を行った。ボス部２を、鉄道車輪１の中心軸を含み中心軸と平行な面で切断して、ボス部２の断面を得た。観察面に対して電子線マイクロアナライザ（ＥＰＭＡ）を用いて、主要な元素の濃度を測定した。ＥＰＭＡによる測定は、ボス部２の断面内の任意の複数個所において行った。図２は、図１に示す鉄道車輪１の断面のうちのボス部２の断面において、ＥＰＭＡによる測定領域の区分を示す模式図である。図２を参照して、ボス部２の断面を、貫通孔２１の中心軸と平行であり、貫通孔２１の内周面２２から径方向に１５ｍｍピッチで配列される複数の軸方向線分と、貫通孔２１の中心軸に垂直であり、フランジ側表面２３から貫通孔２１の中心軸方向に１５ｍｍピッチで配列され

る複数の径方向線分とで、１５ｍｍ×１５ｍｍの複数の矩形領域Ｐに区分した。そして、各矩形領域Ｐ内の主要な元素の濃度を、ＥＰＭＡを用いて測定し、各矩形領域Ｐ内の平均濃度を求めた。その結果、ボス部２内において、Ｃ濃度にばらつきがあることが判明した。

[0022] 複数の矩形領域Ｐのうち、大部分の矩形領域Ｐでは、矩形領域Ｐ内の平均Ｃ濃度が１．４０質量％以下であった。しかしながら、複数の矩形領域Ｐの中には、Ｃ濃度が高い矩形領域Ｐが含まれていた。Ｃ濃度が高い場合、１つの矩形領域Ｐ内の平均Ｃ濃度は１．４０質量％を超えた。

[0023] 本発明者らのＥＰＭＡの測定試験により、以下のことがはじめて明らかとなった。鉄道車輪１のボス部２内において、Ｃ濃度は必ずしも一定ではなく、局所的に高い場合がある。さらに、全体としてＣ含有量が１．３５％以下の化学組成を有する鉄道車輪１であっても、ボス部２において、局所的にＣ濃度が１．４０質量％を超える場合がある。

[0024] そこで本発明者らは、局所的にＣ濃度が１．４０質量％を超えた場合に、靭性がどのように変化するか調査した。具体的には、表１に示す化学組成を有する溶鋼を用いて、造塊法によりインゴットを製造した。ここで、Ｃ濃度のばらつきを再現するため、各鋼材番号のＣ濃度を変化させた。なお、表１中の空欄は、対応する元素含有量が、実施形態に規定の桁数において、０％であることを意味する。換言すれば、対応する元素含有量において、実施形態に規定の桁の次の位の数字が特定不可能であるか、あるいは、実施形態に規定の桁の次の位の数字を四捨五入した場合に０％であることを意味する。なお、四捨五入とは、規定された桁の下の桁の数字（端数）が５未満であれば切り捨て、５以上であれば切り上げることを意味する。

[0025] 表１に示す化学組成を有するインゴットを１２５０℃に加熱後、熱間鍛造して、幅４５ｍｍ、高さ４５ｍｍ、長さ１００ｍｍ以上の角棒状鋼材を製造した。得られた角棒状鋼材に対して、鉄道車輪１のボス部２の製造条件を模擬した熱処理を行った。具体的には、角棒状鋼材から、幅１２ｍｍ、高さ１２ｍｍ、長さ７０ｍｍの角棒状素材を４本ずつ採取した。角棒状素材は角棒

状鋼材の中心軸から半径４ｍｍの範囲を避けて採取した。角棒状素材の長手方向は、角棒状鋼材の長手方向に平行であった。角棒状素材に対して、以下の熱処理を実施した。熱処理には富士電波工機製の熱サイクル試験機を使用した。角棒状素材を８５０～９５０℃で５～１０分保持した。続いて、ボス部２の冷却過程を模擬して、７５０℃から５５０℃までの平均冷却速度が０．１０～０．２０℃／ｓ以下の条件で冷却した。

[0026] [表1]

TABLE1

鋼材番号	化学組成（質量%、残部はFe及び不純物）													
	C	Si	Mn	P	S	N	Al	Cu	Ni	Cr	V	Ti	Mo	Nb
1	0.90	0.29	0.81	0.015	0.010	0.0041	0.030			0.08				
2	1.01	0.30	0.79			0.0051	0.035							
3	1.02	0.29	0.80			0.0050	0.300			0.01				
4	0.96	0.28	0.80	0.002	0.001	0.0044	0.290							0.019
5	1.28	0.40	1.11	0.015	0.010	0.0040	0.480	0.02	0.02	0.15				
6	1.09	0.40	1.12	0.016	0.010	0.0040	0.480	0.02	0.02	0.15		0.001		
7	0.93	0.30	0.78	0.015	0.010	0.0038	0.003			0.10	0.07		0.01	
8	1.24	0.55	0.78	0.011	0.001	0.0056								
9	1.47	0.40	1.11	0.015	0.010	0.0041	0.480	0.02	0.02	0.15				
10	1.51	0.41	1.10	0.015	0.010	0.0042	0.550	0.02	0.02	0.14				

[0027] 鋼材番号１～１０の鋼材の靭性を評価するために、シャルピー衝撃値を求めた。具体的には、各鋼材番号の角棒状素材の長手方向に垂直な断面における中心位置から、ＪＩＳ　Ｚ　２２４２（２００５）に準拠したＵノッチ試験片を採取した。Ｕノッチ試験片の長手方向に垂直な断面は１０ｍｍ×１０ｍｍの正方形とし、Ｕノッチ試験片の長手方向の長さは５５ｍｍとした。Ｕノッチ試験片の長手方向は、角棒状素材の長手方向と平行とした。Ｕノッチ試験片の長さ中央位置（つまり、長さ５５ｍｍの中央位置）に、Ｕノッチを形成した。ノッチ深さを２ｍｍとし、ノッチ底半径を１ｍｍとした。ＪＩＳ　Ｚ　２２４２（２００５）に準拠して、室温大気中でのシャルピー衝撃試験を実施した。各鋼材番号で４個のＵノッチ試験片に対してシャルピー衝撃値（Ｊ／ｃｍ^2）を求め、それらの平均値を、その鋼材番号のシャルピー衝撃値（Ｊ／ｃｍ^2）とした。結果を表２及び図３に示す。

[0028]

[表2]

TABLE2

鋼材番号	C濃度（質量%）	シャルピー衝撃値（J/cm^2）
1	0.90	14.7
2	1.01	13.8
3	1.02	13.5
4	0.96	14.4
5	1.28	12.5
6	1.09	13.0
7	0.93	14.7
8	1.24	12.4
9	1.47	11.6
10	1.51	11.5

[0029] 表２及び図３を参照して、Ｃ濃度が１．４０質量％を超えた鋼材のシャルピー衝撃値（Ｊ／ｃｍ^2）は、Ｃ濃度が１．４０質量％以下の鋼材のシャルピー衝撃値（Ｊ／ｃｍ^2）と比較して低いことが分かった。つまり、Ｃ濃度がばらついて、局所的にＣ濃度が１．４０質量％を超えた場合、Ｃ濃度が１．４０質量％を超えた部分の靭性は、Ｃ濃度が１．４０質量％以下の部分と比較して低い。このことから、複数の矩形領域Ｐのうち、Ｃ濃度が高かった矩形領域Ｐにおいては、その周辺と比較して靭性が低いといえる。

[0030] そこで本発明者らは、ボス部２内のＣ濃度のばらつきを抑制し、各矩形領域Ｐ内の平均Ｃ濃度を１．４０質量％以下となるように制御すれば、ボス部２の靭性をさらに高めることができると考えた。

[0031] 以上の知見に基づいて完成した本実施形態の鉄道車輪１は、次の構成を有する。

[0032] ［１］

鉄道車輪であって、

リム部と、

貫通孔を有するボス部と、

前記リム部と前記ボス部との間に配置され、前記リム部と前記ボス部とにつながる板部とを備え、

前記鉄道車輪の化学組成は、質量％で、

Ｃ：０．８０％超～１．３５％、

Ｓｉ：１．００％以下、

Ｍｎ：０．１０～１．５０％、

Ｐ：０～０．０５０％、

Ｓ：０～０．０３０％、

Ｎ：０．０２００％以下、

Ａｌ：０～１．５００％、

Ｃｕ：０～０．５０％、

Ｎｉ：０～０．５０％、

Ｃｒ：０～０．５０％、

Ｖ：０～０．１２％、

Ｔｉ：０～０．０１０％、

Ｍｏ：０～０．２０％、

Ｎｂ：０～０．０５０％、及び、

残部がＦｅ及び不純物からなり、

前記ボス部を前記貫通孔の中心軸方向に、前記中心軸を含む面で切断したときの前記ボス部の断面において、

前記中心軸と平行であり、前記貫通孔の内周面から前記鉄道車輪の径方向に１５ｍｍピッチで配列される複数の軸方向線分と、前記中心軸に垂直であり、前記ボス部の前記貫通孔の開口が形成されている表面から前記中心軸方向に１５ｍｍピッチで配列される複数の径方向線分と、で区画される、１５ｍｍ×１５ｍｍの領域を矩形領域と定義したとき、

前記ボス部の前記断面での各矩形領域の平均Ｃ濃度が１．４０質量％以下である、

鉄道車輪。

[0033] ［２］

［１］に記載の鉄道車輪であって、

前記化学組成は、

Ｐ：０．００１～０．０５０％、

Ｓ：０．００１～０．０３０％、

Ａｌ：０．００１～１．５００％、

Ｃｕ：０．０１～０．５０％、

Ｎｉ：０．０１～０．５０％、

Ｃｒ：０．０１～０．５０％、

Ｖ：０．０１～０．１２％、

Ｔｉ：０．００１～０．０１０％、

Ｍｏ：０．０１～０．２０％、及び、

Ｎｂ：０．０１０～０．０５０％、からなる群から選択される１元素以上を含有する、

鉄道車輪。

[0034] 以下、本実施形態の鉄道車輪１について詳述する。本明細書において、元素に関する「％」は、特に断りがない限り、質量％を意味する。

[0035] 図４は、鉄道車輪１の製造工程を示す模式図である。鉄道車輪１の製造工程の一例は以下のとおりである。円盤状の鉄道車輪用鋼材５を製造する。円盤状の鉄道車輪用鋼材５を厚さ方向に１又は複数回熱間鍛造し、鉄道車輪１の外形を有する中間品７を製造する。必要に応じ、熱間鍛造後に熱間圧延（車輪圧延）を実施してもよい。鍛造後の中間品７の中心軸部分７１を、車軸が貫通できるよう打抜き加工により除去する。これにより、鉄道車輪形状の中間品８を成形する。成形された中間品８に対して、熱処理（踏面焼入れ）を実施する。踏面焼入れでは、中間品８を加熱した後、リム部４の踏面４１及びフランジ部４２に対して冷却液を噴射して、中間品８の踏面４１及びフランジ部４２を急冷する。これにより、踏面４１の表層部分のマトリクス組織には、耐摩耗性が高い微細パーライトが生成する。しかしながら、踏面焼入れ後の踏面４１の表層部分には、微細パーライトの上層にマルテンサイトからなる（又は、マルテンサイト及びベイナイトからなる）焼入れ層が形成

される。鉄道車輪１の使用中において、焼入れ層は摩耗しやすい。そのため、踏面焼入れ後、踏面４１の最表層に形成された焼入れ層を切削加工で除去する。以上の工程により、鉄道車輪１が製造される。

[0036] ［鉄道車輪の化学組成］

本実施形態の鉄道車輪１は、図１に示すとおり、リム部４と、貫通孔２１を有するボス部２と、リム部４とボス部２との間に配置され、リム部４とボス部２とにつながる板部３とを備える。本実施形態の鉄道車輪１の化学組成は、次の元素を含有する。

[0037] Ｃ：０．８０％超～１．３５％

炭素（Ｃ）は、鋼の硬度を高め、鉄道車輪１の耐摩耗性を高める。Ｃ含有量が０．８０％以下であれば、他の元素含有量が本実施形態の範囲内であっても、この効果が得られない。一方、Ｃ含有量が１．３５％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、鉄道車輪１の靭性が低下する。したがって、Ｃ含有量は０．８０％超～１．３５％である。Ｃ含有量の下限は好ましくは０．８３％であり、さらに好ましくは０．８５％であり、さらに好ましくは０．８７％であり、さらに好ましくは０．９０％である。Ｃ含有量の上限は好ましくは１．３０％であり、さらに好ましくは１．２５％であり、さらに好ましくは１．２０％であり、さらに好ましくは１．１０％であり、さらに好ましくは１．０５％であり、さらに好ましくは１．００％である。

[0038] Ｓｉ：１．００％以下

シリコン（Ｓｉ）は不可避に含有される。つまり、Ｓｉ含有量は０％超である。Ｓｉは、フェライトを固溶強化して鋼の硬さを高める。しかしながら、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、鉄道車輪１の靭性が低下する。Ｓｉ含有量が１．００％を超えればさらに、鋼の焼入れ性が高くなりすぎ、マルテンサイトが生成しやすくなる。この場合、踏面焼入れ時に踏面上に形成される焼入れ層の厚みが増大する。その結果、切削量が増大して歩留まりが低下する。Ｓｉ含有量が１

．００％を超えればさらに、鉄道車輪１の使用中に、ブレーキとの間に発生する摩擦熱によりリム部４に焼きが入る。この場合、鋼の耐き裂性が低下する場合がある。したがって、Ｓｉ含有量は１．００％以下である。Ｓｉ含有量の上限は好ましくは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０．５０％である。Ｓｉ含有量の下限は特に制限されない。しかしながら、Ｓｉ含有量の過度な低減は製造コストを高める。したがって、Ｓｉ含有量の下限は好ましくは０．０１％であり、さらに好ましくは０．０５％である。鋼の硬さを高める観点では、Ｓｉ含有量の下限はさらに好ましくは０．１０％であり、さらに好ましくは０．１５％である。

[0039] Ｍｎ：０．１０～１．５０％

マンガン（Ｍｎ）はフェライトを固溶強化して鋼の硬さを高める。Ｍｎはさらに、ＭｎＳを形成し、鋼の被削性を向上する。Ｍｎ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、これらの効果は得られない。一方、Ｍｎ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、鋼の焼入れ性が高くなりすぎる。この場合、焼入れ層の厚みが増大し、製造工程時における歩留まりが低下する。さらに、鉄道車輪１の使用時に、ブレーキとの間に発生する摩擦熱によりリム部４に焼きが入る。この場合、鋼の耐き裂性が低下する場合がある。したがって、Ｍｎ含有量は０．１０～１．５０％である。Ｍｎ含有量の下限は好ましくは０．５０％であり、さらに好ましくは０．６０％であり、さらに好ましくは０．７０％である。Ｍｎ含有量の上限は好ましくは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１．２０％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％であり、さらに好ましくは０．９５％であり、さらに好ましくは０．９０％である。

[0040] Ｐ：０～０．０５０％

リン（Ｐ）は、不純物である。Ｐは粒界に偏析して鋼の靭性を低下する。

したがって、Ｐ含有量は０．０５０％以下である。Ｐ含有量の上限は好ましくは０．０３０％であり、さらに好ましくは０．０２０％である。Ｐ含有量はなるべく低い方が好ましい。Ｐ含有量は０％であってもよい。しかしながら、Ｐ含有量の過剰な低減は製造コストを高める。したがって、通常の工業生産を考慮した場合、Ｐ含有量の下限は好ましくは０．００１％であり、さらに好ましくは０．００２％である。

[0041] Ｓ：０～０．０３０％

硫黄（Ｓ）は、不純物である。ＳはＭｎＳを形成し、鋼の被削性を高める。一方、Ｓ含有量が高すぎれば、鋼の靭性が低下する。したがって、Ｓ含有量は０．０３０％以下である。Ｓ含有量の上限は好ましくは０．０２０％である。Ｓ含有量はなるべく低い方が好ましい。Ｓ含有量は０％であってもよい。しかしながら、Ｓ含有量の過剰な低減は製造コストを高める。したがって、通常の工業生産を考慮した場合、Ｓ含有量の下限は好ましくは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０．００５％である。

[0042] Ｎ：０．０２００％以下

窒素（Ｎ）は、不可避に含有される不純物である。つまり、Ｎ含有量は０％超である。Ｎ含有量が０．０２００％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、ＡｌＮが粗大化して、鋼の靭性を低下する。したがって、Ｎ含有量は０．０２００％以下である。Ｎ含有量の上限は好ましくは０．０１８０％であり、さらに好ましくは０．０１５０％であり、さらに好ましくは０．０１３０％であり、さらに好ましくは０．０１００％であり、さらに好ましくは０．００８０％である。Ｎ含有量はなるべく低い方が好ましい。しかしながら、Ｎ含有量の過剰な低減は製造コストを引き上げる。したがって、通常の工業生産を考慮すれば、Ｎ含有量の下限は好ましくは０．００１０％であり、さらに好ましくは０．００３０％であり、さらに好ましくは０．００５０％である。

[0043] 本実施形態による鉄道車輪１の化学組成の残部は、Ｆｅ及び不純物からな

る。ここで、不純物とは、上記鉄道車輪１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、本実施形態の鉄道車輪１に悪影響を与えない範囲で許容されるものを意味する。上述の不純物以外の不純物はたとえば、Ｏである。Ｏ含有量はたとえば、０．００７０％以下である。

[0044] ［任意元素について］

本実施形態の鉄道車輪１の化学組成はさらに、Ｆｅの一部に代えて、ＡＩ、Ｃｕ、Ｎｉ、Ｃｒ、Ｖ、Ｔｉ、Ｍｏ及びＮｂからなる群から選択される１元素以上を含有してもよい。

[0045] ＡＩ：０～１．５００％

アルミニウム（ＡＩ）は、任意元素であり、含有されなくてもよい。つまり、ＡＩ含有量は０％であってもよい。含有される場合、ＡＩは、Ｎと結合して、ＡＩＮを形成し、結晶粒を微細化する。結晶粒を微細化することにより、鋼の靭性が高まる。しかしながら、ＡＩ含有量が１．５００％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、粗大な非金属介在物が増加して鋼の靭性及び疲労強度が低下する。したがって、ＡＩ含有量は０～１．５００％である。ＡＩ含有量の下限は好ましくは０％超であり、さらに好ましくは０．００１％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％であり、さらに好ましくは０．０２０％であり、さらに好ましくは０．０３０％である。ＡＩ含有量の上限は好ましくは１．２００％であり、さらに好ましくは１．０００％であり、さらに好ましくは０．８００％であり、さらに好ましくは０．６５０％である。本明細書でいうＡＩ含有量は、酸可溶ＡＩ（ｓｏｌ．ＡＩ）の含有量を意味する。

[0046] Ｃｕ：０～０．５０％

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。含有される場合、Ｃｕは固溶強化により鋼の硬度を高める。その結果、鉄道車輪１の耐摩耗性が高まる。しかしながら、Ｃｕ含有量が０．５０％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、鋼の熱間加工性が低下する。したがって、Ｃｕ含有量は０～０．５０％である。Ｃｕ含有量の下限は好ましくは０％超であり、さらに好ましくは０．０１％であり、さらに好ましくは０．０２％であり、さらに好ましくは０．０５％であり、さらに好ましくは０．１０％である。Ｃｕ含有量の上限は好ましくは０．４５％であり、さらに好ましくは０．４０％であり、さらに好ましくは０．３５％であり、さらに好ましくは０．３０％であり、さらに好ましくは０．２５％である。

[0047] Ｎｉ：０～０．５０％

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。含有される場合、Ｎｉは鋼の靭性を高める。しかしながら、Ｎｉ含有量が０．５０％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、焼入れ性が過剰に高くなり、踏面焼入れ後の焼入れ層の厚さが過剰に増大する。したがって、Ｎｉ含有量は０～０．５０％である。Ｎｉ含有量の下限は好ましくは０％超であり、さらに好ましくは０．０１％であり、さらに好ましくは０．０５％である。Ｎｉ含有量の上限は好ましくは０．４５％であり、さらに好ましくは０．４０％であり、さらに好ましくは０．３５％であり、さらに好ましくは０．３０％であり、さらに好ましくは０．２５％であり、さらに好ましくは０．２０％である。

[0048] Ｃｒ：０～０．５０％

クロム（Ｃｒ）は、任意元素であり、含有されなくてもよい。つまり、Ｃｒ含有量は０％であってもよい。含有される場合、Ｃｒはパーライトのラメラ間隔を狭める。これにより、パーライトの硬度が顕著に増大する。しかしながら、Ｃｒ含有量が０．５０％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、焼入れ性が過剰に高くなり、踏面焼入れ後の焼入れ層の厚さが過剰に増大する。したがって、Ｃｒ含有量は０～０．５０％である。Ｃｒ含有量の下限は好ましくは０％超であり、さらに好ましくは０．０１％であり、さらに好ましくは０．０２％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。Ｃｒ含有量の上限は好まし

くは０．４５％であり、さらに好ましくは０．４０％であり、さらに好ましくは０．３５％であり、さらに好ましくは０．３０％であり、さらに好ましくは０．２５％であり、さらに好ましくは０．２０％である。

[0049] Ｖ：０～０．１２％

バナジウム（Ｖ）は任意元素であり、含有されなくてもよい。つまり、Ｖ含有量は０％であってもよい。含有される場合、Ｖは、炭化物、窒化物、及び炭窒化物のいずれかを形成して、鋼（具体的には鋼中のフェライト）を析出強化する。その結果、鉄道車輪１の硬さが増大して、耐摩耗性が高まる。しかしながら、Ｖ含有量が０．１２％を超えれば、焼入れ性が高くなり、踏面焼入れ後の焼入れ層の厚さが過剰に増大する。したがって、Ｖ含有量は０～０．１２％である。Ｖ含有量の下限は好ましくは０％超であり、さらに好ましくは０．０１％であり、さらに好ましくは０．０２％であり、さらに好ましくは０．０３％である。Ｖ含有量の上限は好ましくは０．１１％であり、さらに好ましくは０．１０％であり、さらに好ましくは０．０８％である。

[0050] Ｔｉ：０～０．０１０％

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。含有される場合、Ｔｉは、炭化物、窒化物、及び炭窒化物のいずれかを形成して、鋼（具体的には鋼中のフェライト）を析出強化する。その結果、鉄道車輪１の硬さが増大して、耐摩耗性が高まる。しかしながら、Ｔｉ含有量が０．０１０％を超えれば、焼入れ性が高くなり、踏面焼入れ後の焼入れ層の厚さが過剰に増大する。したがって、Ｔｉ含有量は０～０．０１０％である。Ｔｉ含有量の下限は好ましくは０％超であり、さらに好ましくは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含有量の上限は好ましくは０．００８％であり、さらに好ましくは０．００７％であり、さらに好ましくは０．００５％である。

[0051] Ｍｏ：０～０．２０％

モリブデン（Ｍｏ）は、任意元素であり、含有されなくてもよい。つまり、Ｍｏ含有量は０％であってもよい。含有される場合、Ｍｏは鋼の硬度を高める。その結果、鉄道車輪１の耐摩耗性が高まる。しかしながら、Ｍｏ含有量が０．２０％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、焼入れ性が過剰に高くなり、踏面焼入れ後の焼入れ層の厚さが過剰に増大する。したがって、Ｍｏ含有量は０～０．２０％である。Ｍｏ含有量の下限は好ましくは０％超であり、さらに好ましくは０．０１％であり、さらに好ましくは０．０５％である。Ｍｏ含有量の上限は好ましくは０．１８％であり、さらに好ましくは０．１５％であり、さらに好ましくは０．１２％であり、さらに好ましくは０．１０％であり、さらに好ましくは０．０５％である。

[0052] Ｎｂ：０～０．０５０％

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。含有される場合、Ｎｂは鉄道車輪１の製造工程中の踏面焼入れのための加熱時において、Ｃと結合して微細なＮｂＣを生成する。微細なＮｂＣはピンニング粒子として機能して、加熱時におけるオーステナイトの粗大化を抑制する。そのため、旧オーステナイト結晶粒が微細なまま維持され、鋼の焼入れ性が抑制される。その結果、鉄道車輪１の製造工程中における焼入れ層の生成を抑制する。Ｎｂはさらに、旧オーステナイト結晶粒の粗大化を抑制することにより、鋼材の靭性も高める。一方、Ｎｂ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、ＮｂＣが粗大化して鋼材の靭性がかえって低下する。したがって、Ｎｂ含有量は０～０．０５０％である。Ｎｂ含有量の下限は好ましくは０％超であり、さらに好ましくは０．０１０％であり、さらに好ましくは０．０２０％である。Ｎｂ含有量の上限は好ましくは０．０３０％であり、さらに好ましくは０．０２０％である。

[0053] ［ボス部のＣ濃度のばらつき］

本実施形態の鉄道車輪１のボス部２内のＣ濃度のばらつきは小さい。具体

的には、ボス部２を貫通孔２１の中心軸方向に、中心軸を含む面で切断したときのボス部２の断面において、中心軸と平行であり、貫通孔２１の内周面２２から径方向に１５ｍｍピッチで配列される複数の軸方向線分と、中心軸に垂直であり、ボス部２の貫通孔２１の開口が形成されている表面から中心軸方向に１５ｍｍピッチで配列される複数の径方向線分と、で区画される、１５ｍｍ×１５ｍｍの領域を矩形領域Ｐと定義したとき、ボス部２の断面での各矩形領域Ｐの平均Ｃ濃度は１．４０質量％以下である。本実施形態の鉄道車輪１においては、ボス部２内において、平均Ｃ濃度が１．４０質量％を超える１５ｍｍ×１５ｍｍの矩形領域が存在しない。そのため、ボス部２内全域にわたって靭性が高い。その結果、本実施形態の鉄道車輪１は、ボス部２の靭性に優れる。

[0054] ボス部２内のＣ濃度のばらつきは、次の方法で測定する。鉄道車輪１の中心軸を含み中心軸と平行な面で切断してボス部２の断面を得る。切断によって現れたボス部２の断面を機械研磨又はイオンミリング等によって研磨し、平滑な観察面を得る。観察面に対して、ＥＰＭＡを用いてＣ濃度を測定する。ＥＰＭＡの測定視野は、１５ｍｍ×１５ｍｍの矩形とする。図５は、ＥＰＭＡの測定視野の配置方法について説明するための、ボス部２の断面図である。図５を参照して、ボス部２の断面において、ボス部２を、複数の軸方向線分Ｌ１と、複数の径方向線分Ｌ２とで区画する。軸方向線分Ｌ１は、鉄道車輪１の中心軸と平行であり、貫通孔２１の内周面２２から径方向に１５ｍｍピッチで配列される。径方向線分Ｌ２は、鉄道車輪１の中心軸に垂直であり、ボス部２の貫通孔２１の開口が形成されている表面から中心軸方向に１５ｍｍピッチで配列される。図５では、径方向線分Ｌ２は、踏面側表面２４から配列されている。しかしながら、径方向線分Ｌ２は、フランジ側表面２３から配列されてもよい。軸方向線分Ｌ１と、径方向線分Ｌ２とで区画された、１５ｍｍ×１５ｍｍの領域を、矩形領域Ｐと定義する。ＥＰＭＡによって、各矩形領域Ｐの平均Ｃ濃度を求め、Ｃ濃度のばらつきを判断する。図５を参照して、ボス部２の外周を含む矩形領域Ｐにおいて、矩形領域Ｐの全域

にボス部２が含まれない場合がある。その場合、矩形領域Ｐ内におけるボス部２の占有面積が５０％以上の場合、測定対象とする。なお、本明細書においてボス部２とは、鉄道車輪１を鉄道車輪１の中心軸方向に、中心軸を含む面で切断したときの断面において、内周面２２から、鉄道車輪１の中心軸と平行な直線と交差する鉄道車輪１の外周上の２点間の直線距離がボス部２の厚さＴ２の半分になるまでの領域をいう。図５において、鉄道車輪１の中心軸と平行な直線と交差する、鉄道車輪１の外周上の２点をそれぞれ、交点Ａ、及び、交点Ｂとして示す。図５を参照して、ボス部２とは、鉄道車輪１を鉄道車輪１の中心軸方向に中心軸を含む面で切断したときの断面において、内周面２２から、交点Ａ－Ｂ間の直線距離がボス部２の厚さＴ２の半分になるまでの領域をいう。測定対象となった全ての矩形領域Ｐにおいて、矩形領域Ｐ内の平均Ｃ濃度が１．４０質量％以下であれば、ボス部２内のＣ濃度のばらつきが小さいと判断する。

[0055] ＥＰＭＡは次の条件で測定する。

加速電圧：１５．０ｋＶ

照射電流：０．５０μＡ

時間：５０ｍｓ

ビーム径：２０μｍ

矩形領域Ｐ：１５ｍｍ×１５ｍｍ

１つの矩形領域Ｐ内の測定点数：５００×５００点

測定間隔：縦方向及び横方向ともに３０．０μｍ

１つの矩形領域Ｐ内で５００×５００点の測定を行い、全測定点におけるＣ濃度の算術平均値を１つの矩形領域Ｐ内の平均Ｃ濃度とする。

[0056] ［鉄道車輪のミクロ組織］

本実施形態の鉄道車輪１のリム部４、板部３及びボス部２のミクロ組織は、パーライトが面積率で７５％以上であることが望ましく、実質的にパーライトからなるミクロ組織であってもよい。ここで「実質的にパーライトからなる」とは、ミクロ組織におけるパーライトの面積率が９５％以上であるこ

とをいう。しかしながら、化学組成及び熱処理条件によって、初析セメンタイト、初析フェライト、ベイナイト及びマルテンサイトからなる群から選択される１種以上が、面積率の合計で２５％以下混在することがある。したがって、本実施形態の鉄道車輪１のリム部４、板部３及びボス部２のミクロ組織は、初析セメンタイト、初析フェライト、ベイナイト及びマルテンサイトからなる群から選択される１種以上が面積率の合計で０～２５％、及び、残部はパーライトからなるミクロ組織であってもよい。

[0057] パーライトの面積率は次の方法で求める。鉄道車輪１のリム部４の厚さ方向の中央位置、板部３の厚さ方向の中央位置、及びボス部２の厚さ方向の中央位置からそれぞれサンプルを採取する。各サンプルの観察面を機械研磨により鏡面仕上げする。その後、観察面をナイタル液（硝酸とエタノールとの混合液）で腐食する。腐食後の観察面内の任意の１視野（２００μｍ×２００μｍ）に対して、５００倍の光学顕微鏡を用いて写真画像を生成する。焼入れ層（マルテンサイト及び／又はベイナイト）、初析セメンタイト及び初析フェライトと、パーライトとは、コントラストが異なる。したがって、コントラストに基づいて、観察面中の焼入れ層、及びパーライトを特定する。パーライトの面積率は、特定されたパーライトの総面積と観察面の面積とに基づいて求める。

[0058] 以上のとおり、本実施形態の鉄道車輪１は、化学組成中の各元素含有量が本実施形態の範囲内であり、かつ、ボス部２を貫通孔２１の中心軸方向に、中心軸を含む面で切断したときのボス部２の断面において、中心軸と平行であり、貫通孔２１の内周面２２から径方向に１５ｍｍピッチで配列される複数の軸方向線分Ｌ１と、中心軸に垂直であり、ボス部２の貫通孔２１の開口が形成されている表面から中心軸方向に１５ｍｍピッチで配列される複数の径方向線分Ｌ２と、で区画される、１５ｍｍ×１５ｍｍの領域を矩形領域Ｐと定義したとき、ボス部２の断面での各矩形領域Ｐの平均Ｃ濃度が１．４０質量％以下である。そのため、ボス部２の靭性に優れる。

[0059] ［鉄道車輪の製造方法］

上述の鉄道車輪１を製造する方法の一例を説明する。本製造方法は、素材製造工程と、成形工程と、熱処理工程と、切削加工工程とを含む。素材製造工程では、鉄道車輪用鋼材５を製造する。成形工程では、熱間加工により、鉄道車輪用鋼材５から車輪形状の中間品８を成形する。熱処理工程では、成形された中間品８に対して熱処理（踏面焼入れ）を実施する。切削加工工程では、熱処理後の中間品８の踏面４１等から焼入れ層を切削加工により除去して鉄道車輪１とする。以下、各工程について説明する。

[0060] ［素材製造工程］

素材製造工程では、電気炉又は転炉等を用いて上述の化学組成を有する溶鋼を溶製した後、鋳造して鋳造材（鋳片又はインゴット）にする。連続鋳造による鋳片を製造してもよいし、鋳型によって鋳込んでインゴットを製造してもよい。

[0061] 鋳片又はインゴットを熱間加工して、所望のサイズの鉄道車輪用鋼材５を製造する。熱間加工はたとえば、熱間鍛造、熱間圧延等である。熱間圧延により鉄道車輪用鋼材５を製造する場合、たとえば、次の方法で鉄道車輪用鋼材５を製造する。熱間圧延ではたとえば、分塊圧延機を用いる。分塊圧延機により素材に対して分塊圧延を実施して、鉄道車輪用鋼材５を製造する。分塊圧延機の下流に連続圧延機が設置されている場合、分塊圧延後の鋼材に対してさらに、連続圧延機を用いて熱間圧延を実施して、さらにサイズの小さい鉄道車輪用鋼材５を製造してもよい。連続圧延機では、一対の水平ロールを有する水平スタンドと、一対の垂直ロールを有する垂直スタンドとが交互に一列に配列される。熱間圧延での加熱炉の加熱温度は特に限定されないが、たとえば、１１００～１３５０℃である。以上の製造工程により、鉄道車輪用鋼材５が製造される。

[0062] なお、鉄道車輪用鋼材５は、鋳造材（鋳片又はインゴット）であってもよい。鉄道車輪用鋼材５は、円柱状の鋳造材を軸方向に対して垂直に輪切りして得られたものであってもよい。つまり、上述の熱間加工は省略されてもよい。以上の工程により、鉄道車輪１の素材である鉄道車輪用鋼材５が製造さ

れる。鉄道車輪用鋼材５はたとえば、円柱状の素材である。

[0063] ［成形工程］

成形工程では、準備された鉄道車輪用鋼材５を用いて、熱間加工により車輪形状の中間品８を成形する。中間品８は車輪形状を有するため、ボス部２と、板部３と、踏面４１及びフランジ部４２を含むリム部４とを備える。熱間加工はたとえば、熱間鍛造、熱間圧延（車輪圧延）等である。一例として、以下の成形工程であれば、ボス部２内のＣ濃度のばらつきを小さくできる。

[0064] 図４は、鉄道車輪１の製造工程を示す模式図である。図４を参照して、鉄道車輪用鋼材５を熱間鍛造することによって、円盤形状の中間品６が製造される。円盤形状の中間品６をさらに熱間鍛造することによって、車輪の外形を有する中間品７が製造される。必要に応じ、熱間鍛造後に熱間圧延（車輪圧延）を実施してもよい。そして、車輪の外形を有する中間品７の中心軸部分７１を打抜き加工により除去する。これにより、車輪の形状を有する中間品８が製造される。

[0065] 本発明者らは、鉄道車輪用鋼材５の体積に対する、車輪の外形を有する中間品７の中心軸部分７１（以下、中心軸部分７１という）の体積を調整することによって、ボス部２のＣ濃度のばらつきを抑制できることを知見した。この理由は定かではないが、たとえば以下の事項が考えられる。

[0066] 本明細書において、鉄道車輪用鋼材５の体積に対する、中心軸部分７１の体積を、打抜き部体積率という。打抜き部体積率は、次の式（ｉ）で定義される。

（Ｄ７１^2×Ｔ７１）／（Ｄ５^2×Ｔ５）　（ｉ）

式（ｉ）中、Ｄ７１には中心軸部分７１の直径（ｃｍ）が代入され、Ｔ７１には中心軸部分７１の厚さ（ｃｍ）が代入され、Ｄ５には鉄道車輪用鋼材５の直径（ｃｍ）が代入され、Ｔ５には鉄道車輪用鋼材５の厚さ（ｃｍ）が代入される。

[0067] 図６は、打抜き部体積率が適切な場合の、鉄道車輪１の製造工程を示す模

式図である。図６を参照して、鉄道車輪用鋼材５の中心軸部分は、熱間加工によって押しつぶされ、鉄道車輪用鋼材５の径方向に延び広がる。打抜き部体積率が適切な場合、鉄道車輪用鋼材５の体積に対して、中心軸部分７１の体積が十分に大きい。この場合、熱間加工によって生じるボス部２の歪が少ない。

[0068] 図７は、打抜き部体積率が小さすぎる場合の、鉄道車輪１の製造工程を示す模式図である。図７を参照して、打抜き部体積率が小さすぎる場合、鉄道車輪用鋼材５の体積に対して、中心軸部分７１の体積が小さすぎる。この場合、打抜き部体積率が適切な場合と比較して、より強い圧下を受けるため、熱間加工によって生じるボス部２の歪が多い。歪が生じた領域では、Ｃ濃度に局所的なばらつきが生じるものと考えられる。

[0069] 本発明者らは、打抜き部体積率と、ボス部２のＣ濃度のばらつきについて検討を行った。具体的には、打抜き部体積率を変化させた鉄道車輪１を製造し、Ｃ濃度のばらつきの有無を調査した。その結果、後述する実施例に記載のとおり、打抜き部体積率が０．０７％以上であれば、ボス部２のＣ濃度のばらつきを、１．４０質量％以下まで抑制できることが分かった。つまり、打抜き部体積率を０．０７％以上にすることで、ボス部２の歪を抑制でき、Ｃ濃度のばらつきが抑制できる。

[0070] 以上のとおり、本開示の鉄道車輪１の製造方法では、熱間加工時の打抜き部体積率を０．０７％以上に調整する。これにより、ボス部２の歪を抑制し、ボス部２のＣ濃度のばらつきを抑制できる。これにより、鉄道車輪１の靭性が高まる。

[0071] 熱間加工時における鉄道車輪用鋼材５の好ましい加熱温度は１２２０℃以上である。熱間加工後の中間品の冷却方法は特に限定されない。放冷でもよいし、水冷でもよい。

[0072] ［熱処理工程］

熱処理工程では、成形された車輪形状の中間品８に対して踏面焼入れを実施する。具体的には、成形工程（熱間鍛造又は熱間圧延）後の中間品８をＡ。

$_m$変態点以上に再加熱する（再加熱処理）。加熱後、中間品８の踏面４１及びフランジ部４２を急冷（踏面焼入れ）する。たとえば、冷却媒体を噴射して踏面４１及びフランジ部４２を急冷する。冷却媒体はたとえば、エアー、ミスト、スプレーであり、所望の組織に合った冷却速度が得られるものであれば特に限定されるものではない。なお、踏面焼入れ時において、板部３及びボス部２は水冷せずに放冷する。

[0073] 上記説明では中間品８を再加熱するが、熱間加工後の中間品８に対して直接（再加熱せずに）、踏面焼入れを実施してもよい。

[0074] 踏面焼入れ後の中間品８に対して、必要に応じて焼戻しを実施する。焼戻しは周知の温度及び時間で行えば足りる。焼戻し温度はたとえば、４００～６００℃である。

[0075] ［切削加工工程］

上述のとおり、熱処理後の中間品８の踏面４１の表層には微細パーライトが形成されるが、その上層には焼入れ層が形成されている。鉄道車輪１の使用において、焼入れ層の耐摩耗性は低いため、切削加工により焼入れ層を除去する。切削加工は周知の方法で行えば足りる。

[0076] 以上の工程により本実施形態の鉄道車輪１が製造される。本実施形態の鉄道車輪１は、化学組成中の各元素含有量が本実施形態の範囲内であり、かつ、ボス部２を貫通孔２１の中心軸方向に、中心軸を含む面で切断したときのボス部２の断面において、中心軸と平行であり、貫通孔２１の内周面２２から径方向に１５ｍｍピッチで配列される複数の軸方向線分Ｌ１と、中心軸に垂直であり、ボス部２の貫通孔２１の開口が形成されている表面から中心軸方向に１５ｍｍピッチで配列される複数の径方向線分Ｌ２と、で区画される、１５ｍｍ×１５ｍｍの領域を矩形領域Ｐと定義したとき、ボス部２の断面での各矩形領域Ｐの平均Ｃ濃度が１．４０質量％以下である。そのため、ボス部２の靭性に優れる。

実施例

[0077] 打ち抜き部体積率に対する、ボス部のＣ濃度のばらつきを調査した。具体

的には、Ｃ：１．１５％、Ｓｉ：０．３０％、Ｍｎ：０．８０％、Ｐ：０．０１０％、Ｓ：０．０１０％、Ｎ：０．００４０％、Ａｌ：０．５００％、Ｃｒ：０．１０％、及び、残部がＦｅ及び不純物からなる溶鋼を製造した。鉄道車輪の製造工程の素材製造工程を模擬して、上記溶鋼を用いて造塊法によりインゴット（直径４６ｃｍ、厚さ５０ｃｍの円柱状鋼材）を製造した。インゴットを１２５０℃に加熱後、１回熱間鍛造して、直径８７ｃｍ、厚さ１４ｃｍの円盤状の中間品を製造した。さらにもう１回鍛造して、直径９７ｃｍ、リム部の厚さ（Ｔ４）１５ｃｍ、リム部の幅９ｃｍ、板部の厚さ（Ｔ３）５ｃｍ、板部の幅２６ｃｍ、ボス部の厚さ７ｃｍ、ボス部の幅（Ｔ２）２０ｃｍの鉄道車輪の外形を有する中間品を製造した。打抜き部体積率を０．２０％、又は、０．０５％として、鉄道車輪の外形を有する中間品を製造し、ボス部２のＣ濃度のばらつきの有無を調査した。

[0078] 打抜き部体積率を変化させた、鉄道車輪の外形を有する中間品に対して、踏面焼入れ、及び、焼入れ層の切削加工を実施し、鉄道車輪を製造した。得られた鉄道車輪を、貫通孔の中心軸方向に、中心軸を含む面で切断した。そして、ボス部の断面を機械研磨によって研磨し、平滑な観察面を得た。ボス部２の断面を、鉄道車輪の中心軸と平行であり、貫通孔の内周面から径方向に１５ｍｍピッチで配列される複数の軸方向線分と、鉄道車輪の中心軸に垂直であり、ボス部の貫通孔の開口が形成されている表面から中心軸方向に１５ｍｍピッチで配列される複数の径方向線分とで区画した。区画された１５ｍｍ×１５ｍｍの領域を矩形領域Ｐと定義した。各矩形領域Ｐ内の平均Ｃ濃度をＥＰＭＡによって測定した。ＥＰＭＡの測定条件は、上述の「ボス部のＣ濃度のばらつき」に記載のとおりであった。得られた平均Ｃ濃度のうち、最も高いＣ濃度を、表３の「最大Ｃ濃度（質量％）」の欄に示す。

[0079]

[表3]

TABLE3

試験番号	打抜き部体積率(%)	最大C濃度(質量%)
1	0.20	1.28
2	0.05	1.47

[0080] ［シャルピー衝撃試験］

Ｃ濃度と靭性との関係を調査するため、シャルピー衝撃試験を行った。表４に示す化学組成の鋼材を作製した。Ｃ含有量は、表３の最大Ｃ濃度に合わせて調整した。鋼材の形状は、直径２０ｍｍ、長さ１２５ｍｍの丸棒とした。

[0081] [表4]

TABLE 4

試験番号	化学組成（質量%、残部はFe及び不純物）									
	C	Si	Mn	P	S	N	Al	Cu	Ni	Cr
1	1.28	0.40	1.11	0.015	0.010	0.0040	0.480	0.02	0.02	0.15
2	1.47	0.40	1.11	0.015	0.010	0.0041	0.480	0.02	0.02	0.15

[0082] 試験番号１及び２の鋼材の靭性を評価するために、シャルピー衝撃値を求めた。具体的には、各鋼材番号の鋼材の長手方向に垂直な断面における中心位置から、ＪＩＳ　Ｚ　２２４２（２００５）に準拠したＵノッチ試験片を採取した。Ｕノッチ試験片の長手方向に垂直な断面は１０ｍｍ×１０ｍｍの正方形とし、Ｕノッチ試験片の長手方向の長さは５５ｍｍとした。Ｕノッチ試験片の長手方向は、鋼材の長手方向と平行とした。Ｕノッチ試験片の長さ中央位置（つまり、長さ５５ｍｍの中央位置）に、Ｕノッチを形成した。ノッチ深さを２ｍｍとし、ノッチ底半径を１ｍｍとした。ＪＩＳ　Ｚ　２２４２（２００５）に準拠して、室温大気中でのシャルピー衝撃試験を実施した。各試験番号で４個のＵノッチ試験片に対してシャルピー衝撃値（Ｊ／ｃｍ^2）を求め、それらの平均値を、その試験番号のシャルピー衝撃値（Ｊ／ｃｍ^2）とした。結果を表５に示す。

[0083]

[表5]

TABLE5

試験番号	打抜き部体積率(%)	最大C濃度(質量%)	シャルピー衝撃値 (J/cm^2)
1	0.20	1.28	12.5
2	0.05	1.47	11.6

[0084] ［評価結果］

表５を参照して、試験番号１では、熱間鍛造における打抜き部体積率が０．０７％以上であった。そのため、ボス部のＣ濃度のばらつきが抑制された。具体的には、ボス部を貫通孔の中心軸方向に、中心軸を含む面で切断したときのボス部の断面において、中心軸と平行であり、貫通孔の内周面から径方向に１５ｍｍピッチで配列される複数の軸方向線分と、中心軸に垂直であり、ボス部の貫通孔の開口が形成されている表面から中心軸方向に１５ｍｍピッチで配列される複数の径方向線分と、で区画される、１５ｍｍ×１５ｍｍの領域を矩形領域Ｐと定義したとき、ボス部の断面での各矩形領域Ｐの平均Ｃ濃度が１．４０質量％以下であった。さらに、Ｃ濃度が１．４０質量％以下の場合の、シャルピー衝撃値は、１２．０（Ｊ／ｃｍ^2）以上であった。つまり、試験番号１の鉄道車輪は、ボス部内の各矩形領域Ｐ内の平均Ｃ濃度が１．４０質量％以下であったため、ボス部内の全域にわたってシャルピー衝撃値が１２．０（Ｊ／ｃｍ^2）以上であった。したがって、試験番号１の条件で製造した鉄道車輪のボス部は、優れた靭性を有した。

[0085] 一方、試験番号２では、熱間鍛造における打抜き部体積率が０．０７％未満であった。そのため、ボス部のＣ濃度のばらつきが抑制できなかった。具体的には、ボス部を貫通孔の中心軸方向に、中心軸を含む面で切断したときのボス部の断面において、中心軸と平行であり、貫通孔の内周面から径方向に１５ｍｍピッチで配列される複数の軸方向線分と、中心軸に垂直であり、ボス部の貫通孔の開口が形成されている表面から中心軸方向に１５ｍｍピッチで配列される複数の径方向線分と、で区画される、１５ｍｍ×１５ｍｍの

領域を矩形領域Ｐと定義したとき、ボス部の断面での矩形領域Ｐのうち、平均Ｃ濃度が１．４０質量％を超える矩形領域Ｐが含まれた。さらに、Ｃ濃度が１．４０質量％を超える場合の、シャルピー衝撃値は、１２．０（Ｊ／ｃｍ^2）未満であった。つまり、平均Ｃ濃度が１．４０質量％を超えた矩形領域Ｐでは、シャルピー衝撃値が、１２．０（Ｊ／ｃｍ^2）未満になった。したがって、試験番号２の条件で製造した鉄道車輪のボス部は、優れた靭性を有さなかった。

[0086] 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。

符号の説明

[0087] １　鉄道車輪
２　ボス部
３　板部
４　リム部
２１　貫通孔
２２　内周面
２３　フランジ側表面
２４　踏面側表面
４１　踏面
４２　フランジ部
Ｌ１　軸方向線分
Ｌ２　径方向線分

請求の範囲

[請求項1] 鉄道車輪であって、

リム部と、

貫通孔を有するボス部と、

前記リム部と前記ボス部との間に配置され、前記リム部と前記ボス部とにつながる板部とを備え、

前記鉄道車輪の化学組成は、質量％で、

Ｃ：０．８０％超～１．３５％、

Ｓｉ：１．００％以下、

Ｍｎ：０．１０～１．５０％、

Ｐ：０～０．０５０％、

Ｓ：０～０．０３０％、

Ｎ：０．０２００％以下、

Ａｌ：０～１．５００％、

Ｃｕ：０～０．５０％、

Ｎｉ：０～０．５０％、

Ｃｒ：０～０．５０％、

Ｖ：０～０．１２％、

Ｔｉ：０～０．０１０％、

Ｍｏ：０～０．２０％、

Ｎｂ：０～０．０５０％、及び、

残部がＦｅ及び不純物からなり、

前記ボス部を前記貫通孔の中心軸方向に、前記中心軸を含む面で切断したときの前記ボス部の断面において、

前記中心軸と平行であり、前記貫通孔の内周面から前記鉄道車輪の径方向に１５ｍｍピッチで配列される複数の軸方向線分と、前記中心軸に垂直であり、前記ボス部の前記貫通孔の開口が形成されている表面から前記中心軸方向に１５ｍｍピッチで配列される複数の径方向線

分と、で区画される、１５ｍｍ×１５ｍｍの領域を矩形領域と定義したとき、

前記ボス部の前記断面での各矩形領域の平均Ｃ濃度が１．４０質量％以下である、

鉄道車輪。

[請求項2] 請求項１に記載の鉄道車輪であって、

前記化学組成は、

Ｐ：０．００１～０．０５０％、

Ｓ：０．００１～０．０３０％、

Ａｌ：０．００１～１．５００％、

Ｃｕ：０．０１～０．５０％、

Ｎｉ：０．０１～０．５０％、

Ｃｒ：０．０１～０．５０％、

Ｖ：０．０１～０．１２％、

Ｔｉ：０．００１～０．０１０％、

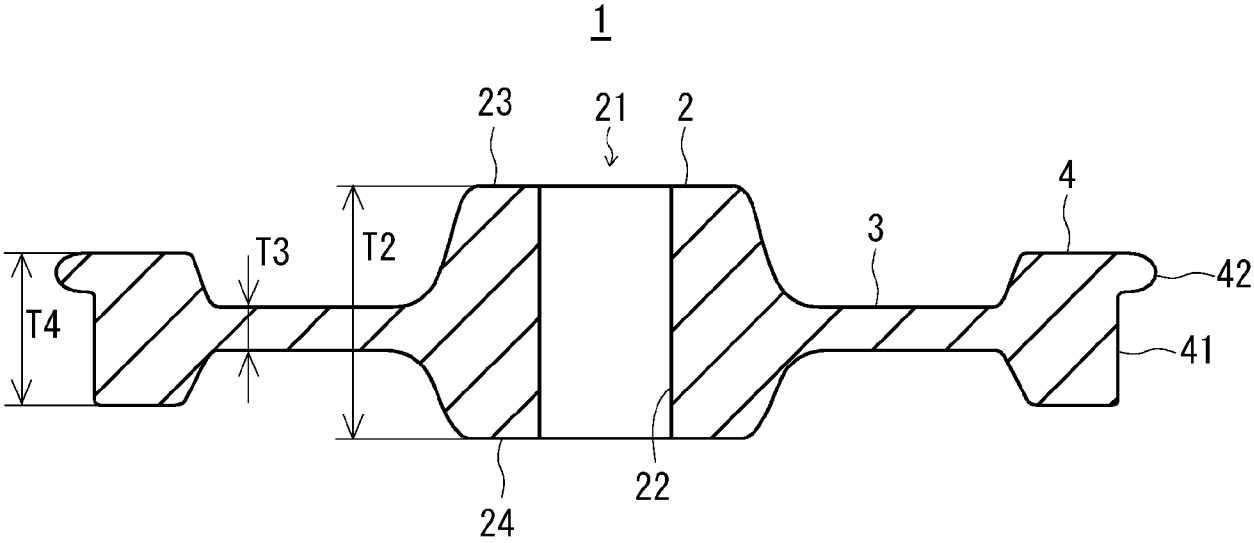
Ｍｏ：０．０１～０．２０％、及び、

Ｎｂ：０．０１０～０．０５０％、からなる群から選択される１元素以上を含有する、

鉄道車輪。

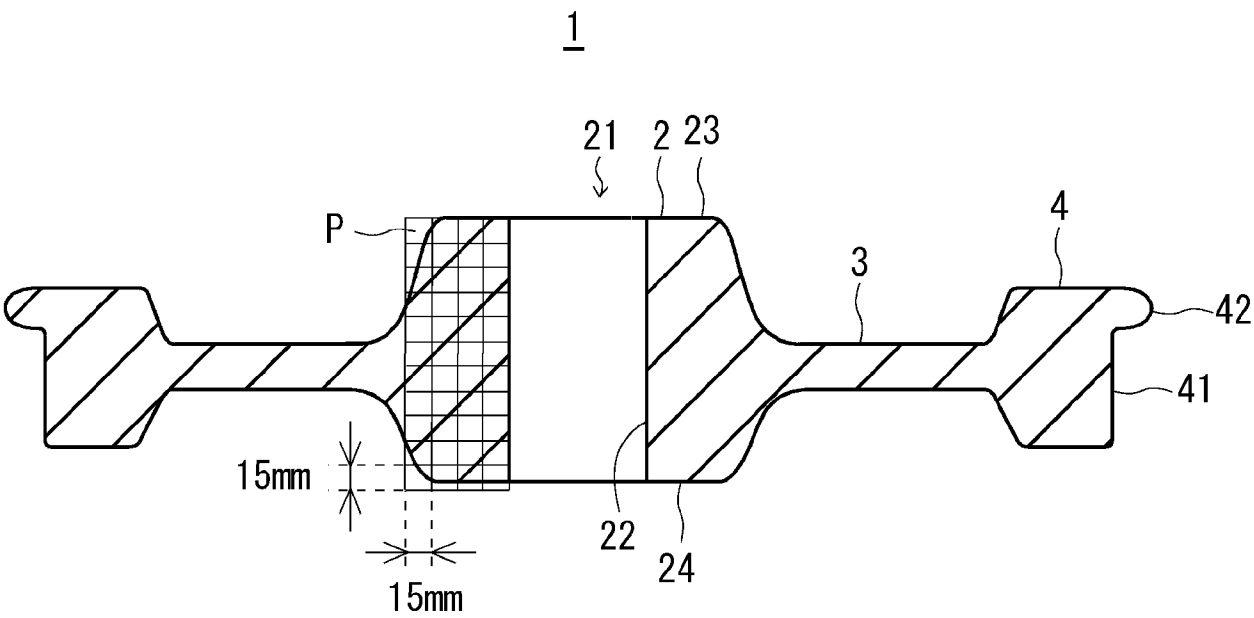
[図1]

FIG. 1

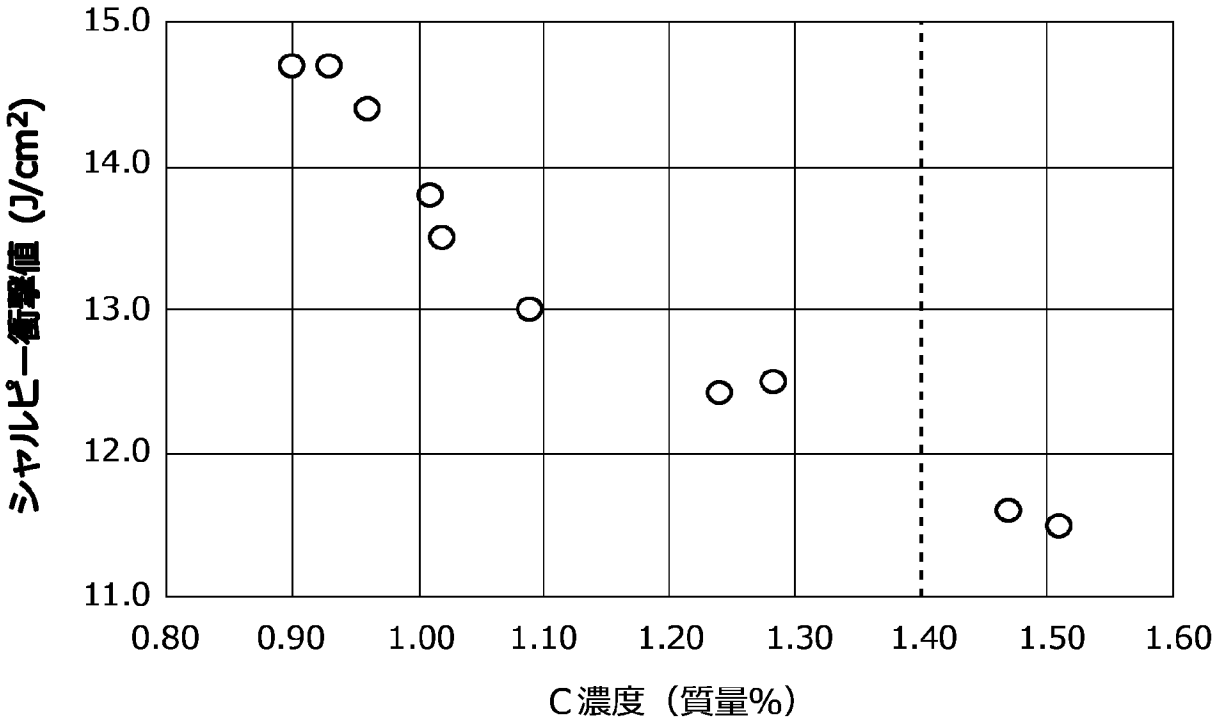


[図2]

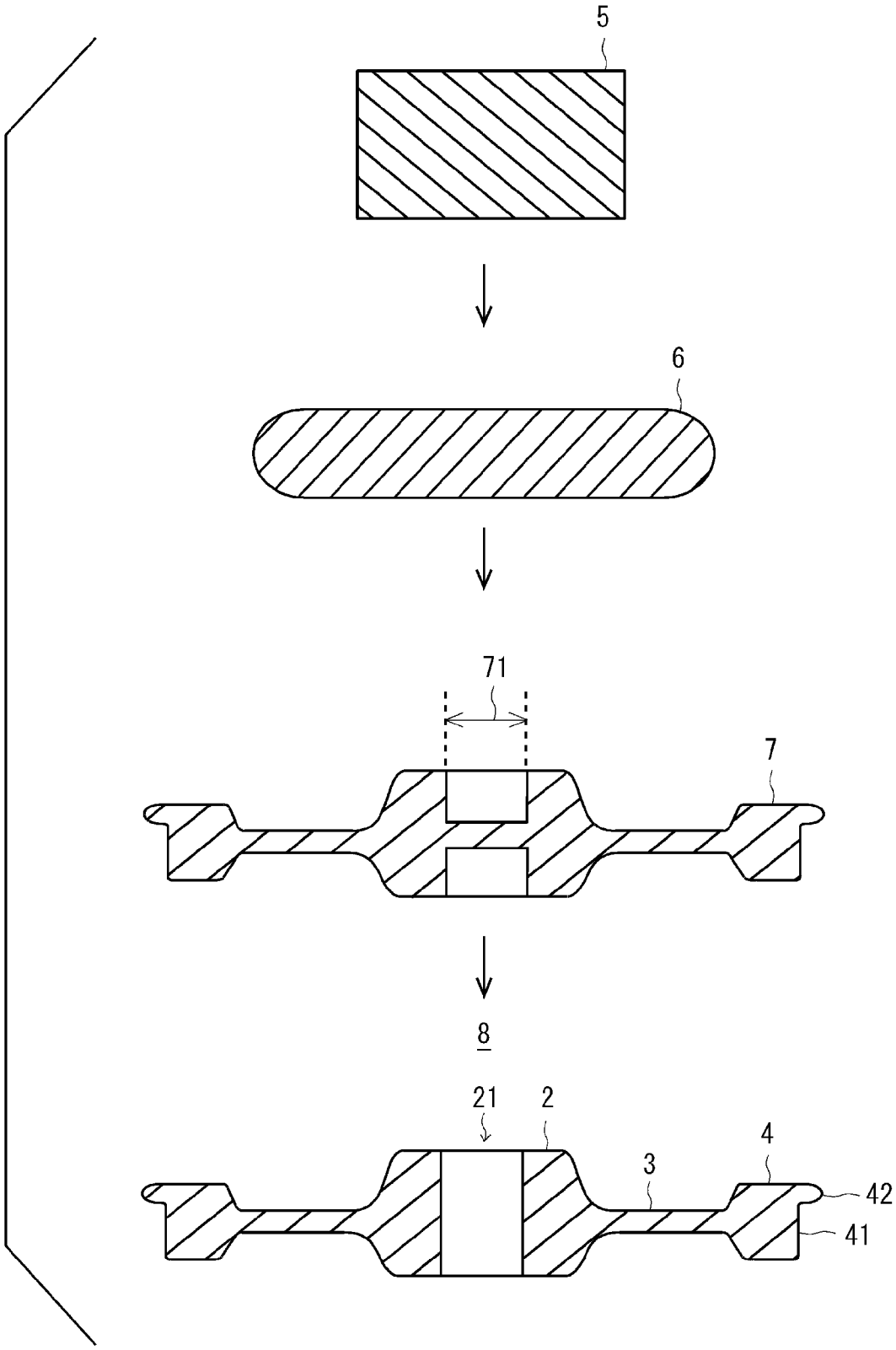
FIG. 2



[図3]
FIG. 3

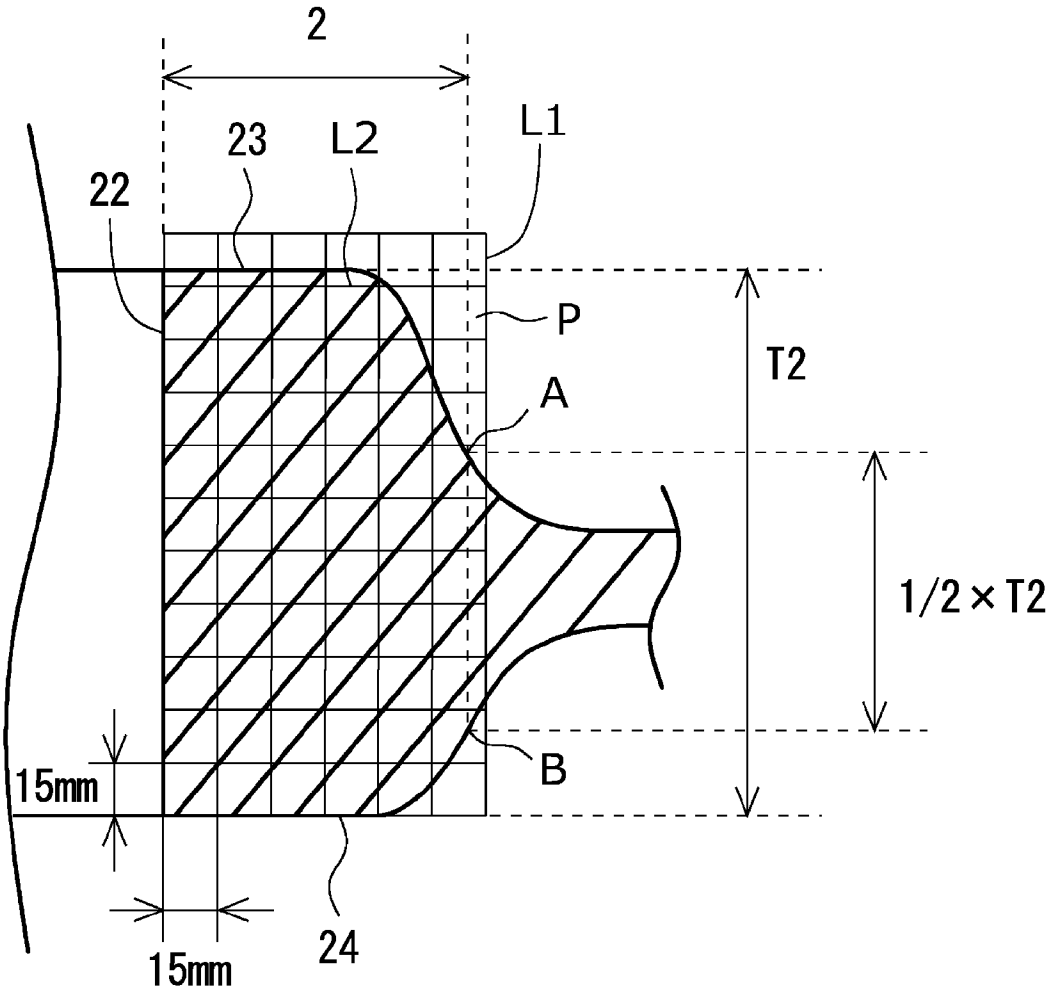

15.0
14.0
13.0
12.0
11.0
シャルピー衝撃値 (J/cm²)
0.80
0.90
1.00
1.10
1.20
1.30
1.40
1.50
1.60
C濃度（質量%）

[図4]
FIG. 4

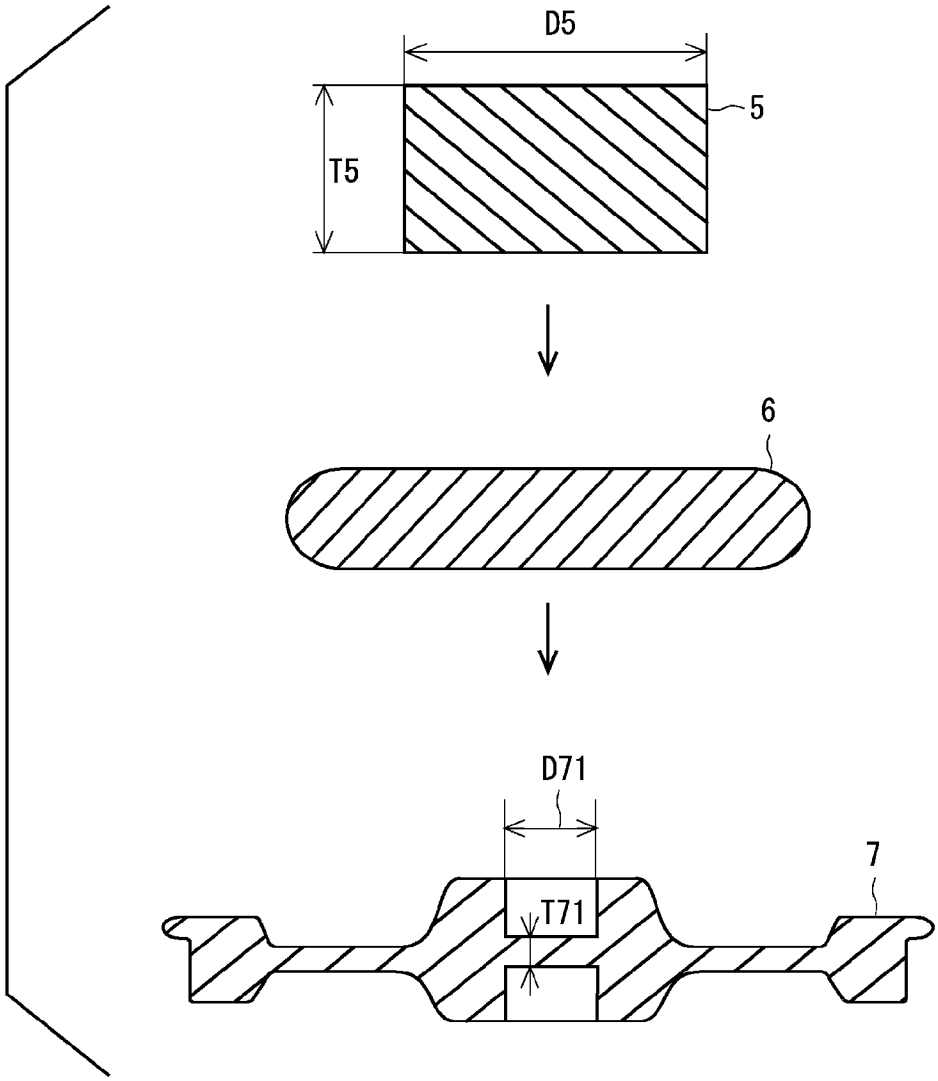


[図5]

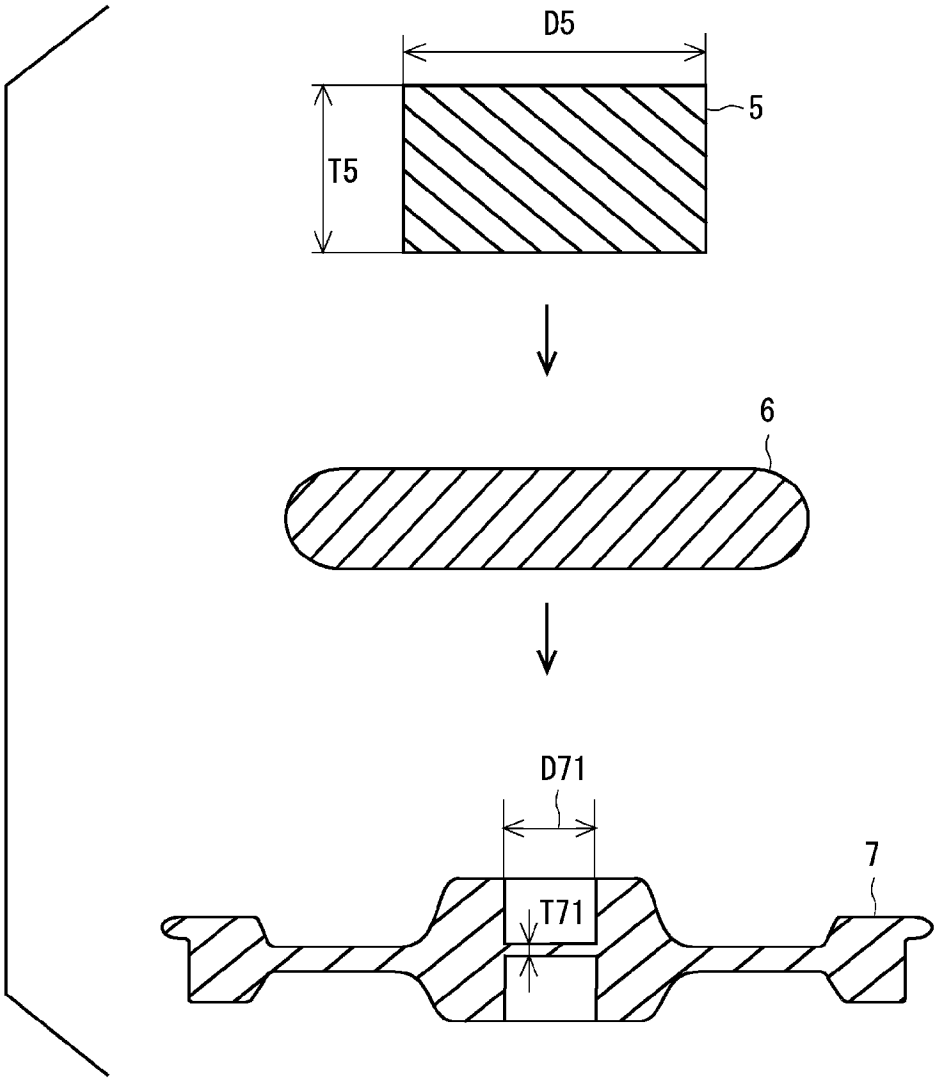
FIG. 5



[図6]
FIG. 6



[図7]
FIG. 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/025613

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B60B 17/00(2006.01)i; ***C22C 38/00***(2006.01)i; ***C22C 38/50***(2006.01)i
FI: C22C38/00 301Z; C22C38/50; B60B17/00 B

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)

B60B17/00; C22C38/00-38/60

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 1971-2022
Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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.
X	WO 2018/181861 A1 (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORP.) 04 October 2018 (2018-10-04) claims, paragraphs [0014]-[0015], [0061], table 1, fig. 1	1-2
Y		1-2
X	WO 2018/181862 A1 (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORP.) 04 October 2018 (2018-10-04) claims, paragraphs [0014], [0040]-[0041], [0060], tables 1, 3, fig. 1	1-2
Y		1-2
X	WO 2020/067520 A1 (NIPPON STEEL CORP.) 02 April 2020 (2020-04-02) claims, paragraphs [0014]-[0015], [0063], table 1, fig. 1	1-2
Y		1-2
X	WO 2020/067506 A1 (NIPPON STEEL CORP.) 02 April 2020 (2020-04-02) claims, paragraphs [0014]-[0015], [0074], tables 1, 3, fig. 1	1-2
Y		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	Date of mailing of the international search report
31 August 2022	**13 September 2022**
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

International application No.
PCT/JP2022/025613

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2021-63258 A (NIPPON STEEL CORP.) 22 April 2021 (2021-04-22) claims, paragraph [0032], table 1, fig. 1	1-2
Y		1-2
X	WO 2021/193808 A1 (NIPPON STEEL CORP.) 30 September 2021 (2021-09-30) claims, paragraph [0039], tables 1, 2	1-2
Y		1-2
X	WO 2017/104719 A1 (JFE STEEL CORP.) 22 June 2017 (2017-06-22) claims, table 2, W1-3	1-2
Y		1-2
Y	JP 2012-107295 A (SUMITOMO METAL IND., LTD.) 07 June 2012 (2012-06-07) claims, paragraphs [0017], [0076], [0103], table 1, fig. 1	1-2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2022/025613

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2018/181861 A1	04 October 2018	US 2020/0070569 A1 claims, paragraphs [0019]-[0020], [0085]-[0086], table 1, fig. 1 EP 3604599 A1 CN 110462090 A	
WO 2018/181862 A1	04 October 2018	US 2020/0102623 A1 claims, paragraphs [0019], [0056]-[0057], [0078]-[0080], tables 1, 3, fig. 1 EP 3608429 A1 CN 110462069 A	
WO 2020/067520 A1	02 April 2020	US 2022/0024247 A1 claims, paragraphs [0015]-[0016], [0118]-[0119], table 1, fig. 1 EP 3859028 A1 CN 112771191 A	
WO 2020/067506 A1	02 April 2020	US 2022/0032681 A1 claims, paragraphs [0018]-[0019], [0165]-[0166], tables 1, 3, fig. 1 EP 3859030 A1 CN 112752859 A	
JP 2021-63258 A	22 April 2021	(Family: none)	
WO 2021/193808 A1	30 September 2021	JP 7031793 B2 claims, paragraph [0039], tables 1, 2	
WO 2017/104719 A1	22 June 2017	US 2019/0249280 A1 claims, table 2, W1-3 CN 108431265 A	
JP 2012-107295 A	07 June 2012	US 2013/0243640 A1 claims, paragraphs [0023], [0093], [0119], table 1, fig. 1 EP 2641988 A1 CN 103221561 A	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2022/025613

A.　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

B60B 17/00(2006.01)i; C22C 38/00(2006.01)i; C22C 38/50(2006.01)i
FI: C22C38/00 301Z; C22C38/50; B60B17/00 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））

B60B17/00; C22C38/00-38/60

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	１９７１－２０２２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２２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
X	WO 2018/181861 A1 (新日鐵住金株式会社) 04.10.2018 (2018-10-04) 請求の範囲、段落００１４－００１５、００６１、表１、図１	1-2
Y		1-2
X	WO 2018/181862 A1 (新日鐵住金株式会社) 04.10.2018 (2018-10-04) 請求の範囲、段落００１４、００４０－００４１、００６０、表１、３、図１	1-2
Y		1-2
X	WO 2020/067520 A1 (日本製鉄株式会社) 02.04.2020 (2020-04-02) 請求の範囲、段落００１４－００１５、００６３、表１、図１	1-2
Y		1-2
X	WO 2020/067506 A1 (日本製鉄株式会社) 02.04.2020 (2020-04-02) 請求の範囲、段落００１４－００１５、００７４、表１、３、図１	1-2
Y		1-2
X	JP 2021-63258 A (日本製鉄株式会社) 22.04.2021 (2021-04-22) 特許請求の範囲、段落００３２、表１、図１	1-2
Y		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
31.08.2022	13.09.2022

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）
河口　展明 4K 3770

電話番号 03-3581-1101 内線 3435

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	WO 2021/193808 A1（日本製鉄株式会社）30.09.2021（2021-09-30） 請求の範囲、段落００３９、表１、２	1-2
Y		1-2
X	WO 2017/104719 A1（ＪＦＥスチール株式会社）22.06.2017（2017-06-22） 請求の範囲、表２のＷ１－３	1-2
Y		1-2
Y	JP 2012-107295 A（住友金属工業株式会社）07.06.2012（2012-06-07） 特許請求の範囲、段落００１７、００７６、０１０３、表１、図１	1-2

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/JP2022/025613

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2018/181861 A1	04.10.2018	US 2020/0070569 A1 請求の範囲、段落００１９－００２０、００８５－００８６、表１、図１ EP 3604599 A1 CN 110462090 A	
WO 2018/181862 A1	04.10.2018	US 2020/0102623 A1 請求の範囲、段落００１９、００５６－００５７、００７８－００８０、表１、３、図１ EP 3608429 A1 CN 110462069 A	
WO 2020/067520 A1	02.04.2020	US 2022/0024247 A1 請求の範囲、段落００１５－００１６、０１１８－０１１９、表１、図１ EP 3859028 A1 CN 112771191 A	
WO 2020/067506 A1	02.04.2020	US 2022/0032681 A1 請求の範囲、段落００１８－００１９、０１６５－０１６６、表１、３、図１ EP 3859030 A1 CN 112752859 A	
JP 2021-63258 A	22.04.2021	（ファミリーなし）	
WO 2021/193808 A1	30.09.2021	JP 7031793 B2 請求の範囲、段落００３９、表１、２	
WO 2017/104719 A1	22.06.2017	US 2019/0249280 A1 請求の範囲、表２のＷ１－３ CN 108431265 A	
JP 2012-107295 A	07.06.2012	US 2013/0243640 A1 特許請求の範囲、段落００２３、００９３、０１１９、表１、図１ EP 2641988 A1 CN 103221561 A	