

(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
2017年9月8日(08.09.2017)



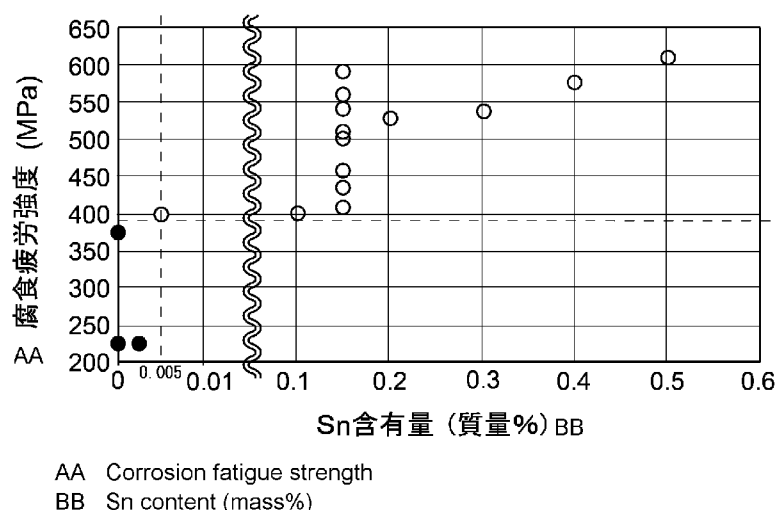
(10) 国際公開番号
WO 2017/150545 A1

- (51) 国際特許分類:
C22C 38/00 (2006.01) *C22C 38/50* (2006.01)
B60B 17/00 (2006.01) *C21D 9/34* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/007841
- (22) 国際出願日: 2017年2月28日(28.02.2017)
- (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 2016-039929 2016年3月2日(02.03.2016) JP
- (71) 出願人: 新日鐵住金株式会社(NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL 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: 久保田 学(KUBOTA, Manabu); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 新日鐵住金株式会社内 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).
- (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, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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))

(54) Title: RAILWAY WHEEL

(54) 発明の名称: 鉄道用車輪

FIG. 1



(57) **Abstract:** Provided is a railway wheel having exceptional corrosion fatigue resistance characteristics. The railway wheel according to the present embodiment has a chemical composition containing, in mass%, 0.65-0.80% of C, 0.10-1.0% of Si, 0.10-1.0% of Mn, 0.030% or less of P, 0.030% or less of S, 0.05-0.20% of Cr, 0.005-0.50% of Sn, 0.010-0.050% of Al, 0.0020-0.015% of N, 0-0.20% of Cu, 0-0.20% of Ni, 0-0.20% of Mo, 0-0.20% of V, 0-0.030% of Nb, and 0-0.030% of Ti, the balance being Fe and impurities. The matrix structure of a sheet portion comprises pearlite.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2017/150545 A1



耐腐食疲労特性に優れた鉄道用車輪を提供する。本実施形態による鉄道用車輪は、質量%で、C : 0.65~0.80%、Si : 0.10~1.0%、Mn : 0.10~1.0%、P : 0.030%以下、S : 0.030%以下、Cr : 0.05~0.20%、Sn : 0.005~0.50%、Al : 0.010~0.050%、N : 0.0020~0.015%、Cu : 0~0.20%、Ni : 0~0.20%、Mo : 0~0.20%、V : 0~0.20%、Nb : 0~0.030%、及び、Ti : 0~0.030%、を含有し、残部がFe及び不純物からなる化学組成を有する。板部のマトリクス組織はパーライトからなる。

明 細 書

発明の名称：鉄道用車輪

技術分野

[0001] 本発明は、車輪に関し、さらに詳しくは、鉄道車両に用いられる鉄道用車輪に関する。

背景技術

[0002] 鉄道輸送を高効率化するために、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きた。その結果、レールとの転がり接触による疲労損傷の低減や耐摩耗性が検討されてきた。

[0003] 鉄道用車輪の耐摩耗性を高める技術が、特開2012-107295号公報（特許文献1）及び特開2013-231212号公報（特許文献2）に提案されている。

[0004] 特許文献1に開示された車輪用鋼は、質量%で、C：0.65～0.84%、Si：0.02～1.00%、Mn：0.50～1.90%、Cr：0.02～0.50%、V：0.02～0.20%、及びS：0.04%以下を含有し、式（1）で表される F_n1 が34～43で、かつ、式（2）で表される F_n2 が25以下であり、残部がFe及び不純物からなる。ここで、式（1）は、 $F_n1 = 2.7 + 29.5C + 2.9Si + 6.9Mn + 10.8Cr + 30.3Mo + 44.3V$ であり、式（2）は、 $F_n2 = 0.76 \times \exp(0.05C) \times \exp(1.35Si) \times \exp(0.38Mn) \times \exp(0.77Cr) \times \exp(3.0Mo) \times \exp(4.6V)$ である。

[0005] 特許文献2に開示された鉄道車両用車輪は、質量%で、C：0.65～0.84%、Si：0.4～1.0%、Mn：0.50～1.40%、Cr：0.02～0.13%、S：0.04%以下、及びV：0.02～0.12%を含有し、式（1）で表される F_n1 が32～43で、かつ、式（2）で表される F_n2 が25以下であり、残部がFe及び不純物からなる。ここで

、式（１）は、 $F_{n1} = 2.7 + 29.5C + 2.9Si + 6.9Mn + 10.8Cr + 30.3Mo + 44.3V$ であり、式（２）は、 $F_{n2} = \exp(0.76) \times \exp(0.05C) \times \exp(1.35Si) \times \exp(0.38Mn) \times \exp(0.77Cr) \times \exp(3.0Mo) \times \exp(4.6V)$ である。

[0006] 上述の特許文献１及び特許文献２では、式（１）を満たすことにより鉄道用車輪の耐摩耗性が高まると記載されている。

[0007] ところで、鉄道輸送では、鉄道車両に搭載された車輪が極めて厳しい腐食環境に曝された場合、腐食と疲労とが複合した腐食疲労が発生することが予想される。腐食疲労とは、腐食環境で繰り返し応力を受けることで発生する疲労現象である。具体的には、鉄道用車輪の板部が腐食環境に曝されると、腐食ピットが形成され、その腐食ピットを亀裂の発生起点とする疲労現象が起こることが予想される。したがって、鉄道車両に用いられる車輪では、耐腐食疲労特性も求められる。

[0008] 鋼の耐食性を高める技術が、国際公開第２０１２／０５６７８５号（特許文献３）、国際公開第２０１３／１１１４０７号（特許文献４）、及び特開２００８－２７４３６７号公報（特許文献５）に提案されている。

[0009] 特許文献３に開示された表面硬化用機械構造用鋼は、質量％で、 $C : 0.30 \sim 0.60\%$ 、 $Si : 0.02 \sim 2.0\%$ 、 $Mn : 0.35 \sim 1.5\%$ 、 $Al : 0.001 \sim 0.5\%$ 、 $Cr : 0.05 \sim 2.0\%$ 、 $Sn : 0.001 \sim 1.0\%$ 、 $S : 0.0001 \sim 0.021\%$ 、 $N : 0.0030 \sim 0.0055\%$ 、 $Ni : 0.01 \sim 2.0\%$ 、 $Cu : 0.01 \sim 2.0\%$ 、 $P : 0.030\%$ 以下、及び $O : 0.005\%$ 以下を含有し、残部が Fe 及び不可避免的不純物からなり、式（１）～式（３）を満たす。ここで、式（１）は、 $-0.19 \leq 0.12 \times Sn + Cu - 0.1 \times Ni \leq 0.15$ 、式（２）は、 $60 \leq Mn / S \leq 300$ 、式（３）は、 $Sn \geq 0.2 \times Cr$ である。

[0010] 特許文献４に開示された肌焼鋼材は、質量％で、 $C : 0.05 \sim 0.45\%$ 、 $Si : 0.01 \sim 1.0\%$ 、 $Mn : 0 \text{ 超} \sim 2.0\%$ 、 $Al : 0.001$

～0.06%、N：0.002～0.03%、S：0超～0.1%、P：0超～0.05%、さらにMo、V、Nb、Cu、Ni、Cr、及びSnの少なくとも1種以上、及び残部：Fe及び不可避免の不純物を含む成分組成を有し、式(1)～式(3)を満たす。ここで、式(1)は、 $Re = (Ae / Ao) \times 100 \leq 30\%$ 、式(2)は、 $(Cmin, 1 / Co) \geq 0.95$ 、式(3)は、 $(Cmin, 2 / Co) \geq 0.95$ である。この肌焼鋼材のマクロ組織は、横断面が、等軸晶領域と、この等軸晶領域の周囲に配される柱状晶領域とを含む。

- [0011] 特許文献5に開示されたボルト用鋼は、質量%で、C：0.15～0.6%、Si：0.05～0.5%、Mn及びCr：合計で0.5～3.5%、P：0.05%以下、S：0.03%以下、Cu：0.3%未満、Ni：1%未満、O：0.01%以下、及びSn：0.05～0.50%を含有し、残部がFe及び不純物からなる。さらに、Cu／Sn比が1以下である組成を有する。

先行技術文献

特許文献

- [0012] 特許文献1：特開2012-107295号公報
特許文献2：特開2013-231212号公報
特許文献3：国際公開第2012/056785号
特許文献4：国際公開第2013/111407号
特許文献5：特開2008-274367号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0013] 上述の特許文献3～特許文献5では、Snを含有させることにより、鋼の耐食性が高まると記載されている。しかしながら、特許文献3～5では、鉄道用車輪及び鉄道用車輪の耐腐食疲労特性についてはなんら検討されていない。そのため、特許文献3～特許文献5の技術を鉄道用車輪に用いた場合、強度が不足したり、十分な腐食疲労特性が得られない場合がある。

[0014] 本発明の目的は、耐腐食疲労特性に優れた鉄道用車輪を提供することである。

課題を解決するための手段

[0015] 本実施形態による鉄道用車輪は、質量%で、C : 0.65 ~ 0.80%、Si : 0.10 ~ 1.0%、Mn : 0.10 ~ 1.0%、P : 0.030%以下、S : 0.030%以下、Cr : 0.05 ~ 0.20%、Sn : 0.005 ~ 0.50%、Al : 0.010 ~ 0.050%、N : 0.0020 ~ 0.015%、Cu : 0 ~ 0.20%、Ni : 0 ~ 0.20%、Mo : 0 ~ 0.20%、V : 0 ~ 0.20%、Nb : 0 ~ 0.030%、及び、Ti : 0 ~ 0.030%、を含有し、残部がFe及び不純物からなる化学組成を有する。この鉄道用車輪の板部のマトリクス組織はパーライトからなる。

発明の効果

[0016] 本実施形態による鉄道用車輪は、耐腐食疲労特性に優れる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]図1は、Sn含有量と腐食疲労強度との関係を示す図である。

[図2]図2は、鉄道用車輪の正面図である。

[図3]図3は、鉄道用車輪の側面の一部を示す図である。

[図4]図4は、腐食疲労強度評価に用いた小野式回転曲げ腐食疲労試験片の正面図である。

発明を実施するための形態

[0018] 本発明者は、種々の化学組成及びミクロ組織を有する鉄道用車輪を用いて、鉄道用車輪の耐腐食疲労特性について調査及び検討し、次の知見を得た。

[0019] 塗装前の半製品の状態の鉄道用車輪を船舶で海上輸送する場合、鉄道用車輪は水分（結露）、海水、及び飛来塩分にさらされる。このとき、鉄道用車輪に腐食ピットが生成される場合がある。また、鉄道用車輪は、塗装後に使用される。そして、鉄道用車輪の使用中に、鉄道用車輪の板部の塗装が経年劣化や異物（石など）の衝突によって損耗・剥離して素材の鋼が露出し、大

気環境（飛来塩分が存在する場合も含む）にさらされると、鉄道用車輪に腐食ピットが生成される場合がある。このような状況で発生した腐食ピットが原因で、耐腐食疲労特性が低下する可能性がある。

[0020] このような鉄道用車輪の腐食疲労を防止するためには、大気中や飛来塩分中での鋼の耐食性を高め、疲労亀裂の発生起点となる深い腐食ピットの生成を抑制すればよい。鋼の耐食性を高めるためにはC r及びN iを多量に含有させてステンレス鋼化することが有効である。しかしながら、C r及びN iを含有させると原料コストが高くなる。さらに、製造性及び強度が低下する。C rはさらに、鉄道用車輪に用いられる高炭素鋼において、炭化物を形成する。そのため、耐食性に寄与する固溶C r量を確保することが難しい。したがって、C r及びN iを多量に含有する鋼は、鉄道用車輪用途には適さない。

[0021] 上述のとおり、耐腐食疲労特性を高めるためには、鉄道用車輪の板部において深い腐食ピットの生成を抑制することが重要である。鉄道用車輪にS nを含有させれば、塩水環境下の腐食と、腐食ピットの生成とを抑制できる。その結果、鋼の耐腐食疲労特性を高めることができる。

[0022] 図1は、S n含有量と、腐食疲労強度との関係を示す図である。図1は後述の実施例により得られた。

[0023] 図1を参照して、S nを含有させれば、鉄道用車輪の腐食疲労強度は顕著に高まる。S n含有量が0.005%以上であれば、腐食疲労強度が400MPa以上となり、優れた耐腐食疲労特性を有する鉄道用車輪が得られる。

[0024] [マトリクス組織について]

鉄道用車輪の板部のマトリクス組織がパーライトであれば、靱延性に優れた鉄道用車輪が得られる。S nはオーステナイト粒界に濃化する。マルテンサイト及びベイナイト等の非パーライト組織からなる鋼は、旧オーステナイト粒界が存在する。そのため、S nが濃化した旧オーステナイト粒界に沿って破壊しやすくなる。その結果、鋼の靱延性が低下する。鋼のマトリクス組織がパーライトの場合、旧オーステナイト粒界は存在しない。そのため、冷

却前の旧オーステナイト粒界にS nが濃化していても、冷却後の組織（パーライト）には旧オーステナイト粒界は存在しないため、粒界に沿った破壊は起こらない。したがって、鋼の靱延性の低下を抑制できる。

[0025] 以上の知見に基づいて完成した本実施形態による鉄道用車輪は、質量%で、C : 0.65~0.80%、Si : 0.10~1.0%、Mn : 0.10~1.0%、P : 0.030%以下、S : 0.030%以下、Cr : 0.05~0.20%、Sn : 0.005~0.50%、Al : 0.010~0.050%、N : 0.0020~0.015%、Cu : 0~0.20%、Ni : 0~0.20%、Mo : 0~0.20%、V : 0~0.20%、Nb : 0~0.030%、及び、Ti : 0~0.030%、を含有し、残部がFe及び不純物からなる化学組成を有する。この鉄道用車輪の板部のマトリクス組織はパーライトからなる。

[0026] 上記化学組成は、質量%で、Cu : 0.02~0.20%、及び、Ni : 0.02~0.20%からなる群から選択される1種以上を含有してもよい。

[0027] 上記化学組成は、質量%で、Mo : 0.005~0.20%、V : 0.005~0.20%、Nb : 0.010~0.030%、及び、Ti : 0.010~0.030%、からなる群から選択される1種又は2種以上を含有してもよい。

[0028] 以下、本実施形態の鉄道用車輪について詳述する。元素に関する「%」は、特に断りがない限り、質量%を意味する。

[0029] [化学組成]

本実施形態の鉄道用車輪の化学組成は、次の元素を含有する。

[0030] C : 0.65~0.80%

炭素（C）は、鋼の強度を高め、耐摩耗性及び耐疲労特性を高める。C含有量が低すぎれば、これらの効果が得られない。一方、C含有量が高すぎれば、鋼の強度が高くなりすぎ、仕上げ加工時の被削性が低下する。したがって、C含有量は0.65~0.80%である。C含有量の好ましい下限は0

、 67%であり、さらに好ましくは0.69%である。C含有量の好ましい上限は0.75%であり、さらに好ましくは0.73%である。

[0031] Si : 0.10~1.0%

シリコン (Si) は鋼の強度を高める。Si含有量が低すぎれば、この効果が得られない。一方、Si含有量が高すぎれば、鋼の強度が高くなりすぎ、仕上げ加工時の被削性が低下する。したがって、Si含有量は0.10~1.0%である。Si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%である。Si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%である。

[0032] Mn : 0.10~1.0%

マンガン (Mn) はパーライト組織のラメラ間隔を微細化して鋼の強度を高める。Mn含有量が低すぎれば、この効果は得られない。一方、Mn含有量が高すぎれば、マルテンサイト及びベイナイト等の非パーライト組織が生成されるため、仕上げ加工時の被削性及び鉄道用車輪製造工程での歩留りが低下する。したがって、Mn含有量は0.10~1.0%である。Mn含有量の好ましい下限は0.50%であり、さらに好ましくは0.55%である。Mn含有量の好ましい上限は0.90%であり、さらに好ましくは0.85%である。

[0033] P : 0.030%以下

リン (P) は不純物である。Pは粒界に偏析して鋼の靱性を低下する。したがって、P含有量は0.030%以下である。P含有量の好ましい上限は0.025%であり、さらに好ましくは0.015%であり、さらに好ましくは0.012%である。P含有量はなるべく低い方が好ましい。

[0034] S : 0.030%以下

硫黄 (S) は不可避に含有される。SはMnSを形成して鋼の被削性を高める。一方、S含有量が高すぎれば、粗大な硫化物介在物が形成され、鋼の疲労強度、靱性等の車輪特性が低下する。したがって、S含有量は0.030%以下である。S含有量の好ましい上限は0.025%であり、さらに好

ましくは0.012%であり、さらに好ましくは0.010%である。被削性を高めるためのS含有量の好ましい下限は0.008%である。

[0035] Cr : 0.05~0.20%

クロム (Cr) はMnと同様、パーライト組織のラメラ間隔を微細化して鋼の強度を高める。Cr含有量が低すぎれば、この効果が得られない。一方、Cr含有量が高すぎれば、マルテンサイト及びベイナイト等の非パーライト組織が生成されるため、仕上げ加工時の被削性及び車輪製造工程の歩留りが低下する。したがって、Cr含有量は0.05~0.20%である。Cr含有量の好ましい下限は0.07%である。Cr含有量の好ましい上限は0.18%であり、さらに好ましくは0.16%である。

[0036] Sn : 0.005~0.50%

スズ (Sn) は、鋼の耐食性を高める。Snはさらに、疲労亀裂の発生起点となる腐食ピットの生成を抑制し、車輪の耐腐食疲労特性を高める。Sn含有量が低すぎれば、これらの効果が得られない。一方、Sn含有量が高すぎれば、鋼の熱間延性が低下し、鋼の製造性を損なう。したがって、Sn含有量は0.005~0.50%である。Sn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%である。Sn含有量の好ましい上限は0.40%であり、さらに好ましくは0.35%である。

[0037] Al : 0.010~0.050%

アルミニウム (Al) は、高温域においても安定な窒化物を形成する。Al窒化物はピン止め粒子として焼入れ加熱時にオーステナイト粒の粗大化を抑制し、鋼の組織を微細化する。その結果、鋼の強度と靱延性のバランスを改善する。Alはさらに、精錬時に鋼の脱酸を行うのに有効な元素である。一方、Al含有量が高すぎれば、粗大な介在物を生成して靱性が低下する。したがって、Al含有量は0.010~0.050%である。Al含有量の好ましい下限は0.015%であり、さらに好ましくは0.020%である。Al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%である。本明細書でいうAl含有量は、酸可溶Al (sol. Al

)の含有量を意味する。

[0038] N : 0.0020~0.015%

窒素(N)は、高温域においても安定な窒化物を形成する。窒化物はピン止め粒子として焼入れ加熱時にオーステナイト粒の粗大化を抑制し、鋼の組織を微細化する。一方、N含有量が高すぎれば、粗大な介在物を生成して靱性が低下する。したがって、N含有量は0.0020~0.015%である。N含有量の好ましい下限は0.0030%である。N含有量の好ましい上限は0.0080%であり、さらに好ましくは0.0070%である。

[0039] 本実施の形態による鉄道用車輪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、鉄道用車輪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、本実施形態の鉄道用車輪に悪影響を与えない範囲で許容されるものを意味する。

[0040] [任意元素について]

上述の鉄道用車輪はさらに、Feの一部に代えて、Cu及びNi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、鋼の焼入れ性を高めて鋼の強度を高める。

[0041] Cu : 0~0.20%

銅(Cu)は任意元素であり、含有されなくてもよい。含有される場合、Cuは、鋼の強度を高める。しかしながら、Cu含有量が高すぎれば、鋼の熱間延性が低下し、製造性が低下する。したがって、Cu含有量は0~0.20%である。Cu含有量の好ましい下限は0.02%であり、さらに好ましくは0.04%である。Cu含有量の好ましい上限は0.15%であり、さらに好ましくは0.13%である。

[0042] Ni : 0~0.20%

ニッケル(Ni)は任意元素であり、含有されなくてもよい。含有される場合、Niは、鋼の強度及び靱性を高める。しかしながら、Ni含有量が高すぎれば、原料コストが高くなる。したがって、Ni含有量は0~0.20

%である。Ni含有量の好ましい下限は0.02%であり、さらに好ましくは0.04%である。Ni含有量の好ましい上限は0.15%であり、さらに好ましくは0.13%である。

[0043] 上述の鉄道用車輪はさらに、Feの一部に代えて、Mo、V、Nb、及びTiからなる群から選択される1種又は2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、鋼を微細化することにより鋼の強度を高める。

[0044] 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。含有される場合、Moは、析出強化により鋼の強度を高める。Moはさらに、Mn及びCrと同様に、パーライト組織のラメラ間隔を微細化して鋼の強度を高める。しかしながら、Mo含有量が高すぎれば、マルテンサイト及びベイナイト等の非パーライト組織が生成し、仕上げ加工時の被削性及び車輪製造工程での歩留りが低下する。したがって、Mo含有量は0~0.20%である。Mo含有量の好ましい下限は0.005%であり、さらに好ましくは0.008%である。Mo含有量の好ましい上限は0.15%であり、さらに好ましくは0.13%である。

[0045] V : 0~0.20%

バナジウム(V)は任意元素であり、含有されなくてもよい。含有される場合、Vは、微細な炭化物を形成し、析出強化により、鋼の強度を高める。しかしながら、V含有量が高すぎれば、マルテンサイト及びベイナイト等の非パーライト組織が生成し、仕上げ加工時の被削性及び車輪製造工程での歩留りが低下する。したがって、V含有量は0~0.20%である。V含有量の好ましい下限は0.005%であり、さらに好ましくは0.007%である。V含有量の好ましい上限は0.15%であり、さらに好ましくは0.13%である。

[0046] Nb : 0~0.030%

ニオブ(Nb)は任意元素であり、含有されなくてもよい。含有される場

合、Nbは、高温域において窒化物及び炭化物を形成して鋼の組織を微細化し、鋼の強度を高める。しかしながら、Nb含有量が高すぎれば、鋼の熱間延性が低下し、連続鋳造時の製造性が低下する。したがって、Nb含有量は0～0.030%である。Nb含有量の好ましい下限は0.010%であり、さらに好ましくは0.012%である。Nb含有量の好ましい上限は0.025%であり、さらに好ましくは0.022%である。

[0047] Ti : 0～0.030%

チタン(Ti)は任意元素であり、含有されなくてもよい。含有される場合、Tiは、高温域において窒化物及び炭化物を形成して鋼の組織を微細化し、鋼の強度を高める。しかしながら、Ti含有量が高すぎれば、鋼の靱性が低下する。したがって、Ti含有量は0～0.030%である。Ti含有量の好ましい下限は0.010%であり、さらに好ましくは0.012%である。Ti含有量の好ましい上限は0.025%であり、さらに好ましくは0.022%である。

[0048] [マトリクス組織について]

図2は、本実施形態の鉄道用車輪の正面図であり、図3は、本実施形態の鉄道用車輪のリム部近傍部分の断面図である。図2及び図3を参照して、鉄道用車輪は、リム部1と、板部2と、ボス部5とを備える。リム部1は、鉄道用車輪の外縁に配置され、レールと接触する踏面3を含む。ボス部5は、鉄道用車輪の中央部に形成されている。ボス部5の中央には貫通孔が形成されており、この貫通孔に車軸が圧入される。

[0049] 板部2は、リム部1とボス部5との間に形成されており、リム部1とボス部5とに繋がっている。板部2の厚さは、リム部1の厚さ及びボス部5の厚さよりも薄い。

[0050] 本実施形態の鉄道用車輪の板部2のマトリクス組織はパーライトからなる。本明細書において、マトリクス組織がパーライトからなるとは、板部2のマトリクス組織において、パーライトの面積率が95%以上であることを意味する。

- [0051] マルテンサイト及びベイナイト等の非パーライト組織からなる鉄道用車輪がS_nを含有すれば、S_nが旧オーステナイト粒界に濃化し、鉄道用車輪の機械的性質を低下する。具体的には、靱延性が低下し、割れやすくなる。鉄道用車輪の板部2のマトリクス組織がパーライトであれば、旧オーステナイト粒界が存在しない。そのため、割れにくく、かつ耐腐食疲労特性に優れた鉄道用車輪を得ることができる。
- [0052] マトリクス組織において、過共析セメンタイトは鋼の靱性を低下する。したがって、板部2において、過共析セメンタイトの面積率は低い方が好ましい。
- [0053] なお、鉄道用車輪のリム部1のマトリクス組織は、板部2と同様に、パーライトからなる。つまり、リム部1のマトリクス組織において、パーライトの面積率は95%以上である。一方、鉄道用車輪のボス部5のマトリクス組織において、パーライトの面積率は85%以上であり、初析フェライトの面積率は15%以下である。
- [0054] マトリクス組織は次の方法で測定される。鉄道用車輪（板部2では、板部2の厚さを t と定義した場合、表面から $t/4$ 深さ位置）からサンプルを採取する。採取されたサンプルの表面のうち、板部2の円周方向と垂直な面を観察面とする。観察面を研磨した後、3%硝酸アルコール（ナイトル腐食液）にてエッチングする。エッチングされた観察面を500倍の光学顕微鏡にて観察して、任意の5視野の写真画像を生成する。
- [0055] 各視野において、パーライト、フェライト、ベイナイト、マルテンサイト等の各相は、相ごとに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、各相を特定する。特定された相のうち、各視野でのパーライトの面積（ μm^2 ）を求める。全ての視野でのパーライトの面積の総和の、全ての視野の総面積に対する比を、パーライトの面積率（%）と定義する。パーライトの面積率の好ましい下限は95%あり、さらに好ましくは98%である。

[0056] [製造方法]

上述の鉄道用車輪の製造方法の一例を説明する。

[0057] 本実施形態の鉄道用車輪の製造方法は、素材を準備する工程（準備工程）と、素材から鉄道用車輪を成形する工程（成形工程）と、成形された鉄道用車輪に対して熱処理を実施する工程（熱処理工程）とを備える。以下、各工程について説明する。

[0058] [準備工程]

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製造する。溶鋼を用いて素材を製造する。たとえば、連続鑄造法により、鑄片を製造する。又は、造塊法により、インゴットを製造する。鑄片又はインゴットに対して、分塊圧延又は熱間鍛造を実施して、素材としてのビレットを製造する。素材は連続鑄造法により製造された鑄片であってもよい。素材の形状は円柱状が好ましい。

[0059] [成形工程]

準備された素材を用いて、鉄道用車輪の中間品を成形する。素材を長手方向に対し垂直の方向に切断する。切断面に対して垂直方向に熱間加工し、円盤状の形状に成形する。さらに、熱間加工で、車輪の粗形状となるように鉄道用車輪の中間品を成形する。熱間加工はたとえば、熱間鍛造、熱間圧延等である。中間品は鉄道用車輪の形状を有するため、踏面 3 及びフランジ部 4 を有する。

[0060] [熱処理工程]

熱処理工程では、成形された鉄道用車輪の中間品に対して熱処理を実施する。具体的には、熱間加工後の高温の中間品の踏面 3 及びフランジ部 4 に対して熱処理を実施する。熱間加工（熱間鍛造又は熱間圧延）後に中間品を再加熱（再加熱処理）し、その後熱処理を実施してもよい。熱処理工程は、焼入れ処理を含む。焼入れ処理後に、焼戻し処理を行ってもよい。これにより、リム部 1 の踏面 3 及びフランジ部 4 において、切削加工によって除去可能な程度の最表層のマルテンサイト組織（焼入れ層）の下層に、硬質なパーライト組織を確保することができる。

[0061] 焼入れ処理では、例えば冷却水による踏面焼入れを適用することができる。焼入れ処理の冷却媒体は、所望の組織に適し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。冷却媒体はたとえば、エアー、ミスト、汽水（スプレー）、ソルトバス等である。踏面焼入れを適用しても、踏面3やフランジ部4より冷却速度が遅い板部2の組織はパーライトとなる。

[0062] 焼入れ後の中間品に対して、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。たとえば、焼戻し温度は400～600℃であり、均熱時間は60～180分である。

[0063] 以上の製造工程で製造された鉄道用車輪では、板部2において、パーライトの面積率が95%以上になる。そのため、鉄道用車輪の摩耗量が低減する。さらに、Snを含有させても、加工性に優れ、割れにくく、かつ耐腐食疲労特性に優れた鉄道用車輪を得ることができる。

実施例

[0064] 表1に示す化学組成を有する、鋳片を連続鋳造により製造した。鋳片の直径は453mmであった。鋳片を用いて、熱間鍛造により、鉄道用車輪を成形した。

[0065]

[表1]

試験 番号	化学組成(質量%、残部はFe及び不純物)															パーライト 面積率 (%)	腐食 疲労強度 (MPa)
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Sn	Al	N	Cu	Ni	Mo	V	Nb	Ti		
1	0.66	0.30	0.70	0.015	0.010	0.10	0.15	0.030	0.004	-	-	-	-	-	-	97	440
2	0.70	0.29	0.79	0.017	0.011	0.08	0.15	0.030	0.004	-	-	-	-	-	-	98	460
3	0.70	0.29	0.79	0.017	0.011	0.08	0.15	0.030	0.008	-	0.20	-	-	-	-	98	500
4	0.70	0.29	0.79	0.017	0.011	0.08	0.15	0.015	0.004	0.20	0.20	-	-	-	0.010	96	540
5	0.70	0.29	0.79	0.017	0.011	0.08	0.15	0.010	0.004	-	-	-	-	0.010	-	96	560
6	0.72	0.83	0.78	0.014	0.009	0.11	0.15	0.030	0.004	-	-	-	0.03	-	-	99	590
7	0.73	0.84	0.81	0.006	0.001	0.09	0.15	0.030	0.004	-	-	-	0.09	-	-	95	510
8	0.70	0.29	0.79	0.017	0.011	0.08	0.005	0.030	0.004	-	-	-	-	-	-	99	400
9	0.70	0.29	0.79	0.017	0.011	0.08	0.10	0.030	0.004	-	-	-	-	-	-	99	400
10	0.70	0.29	0.79	0.017	0.011	0.08	0.20	0.030	0.004	-	-	-	-	-	-	99	530
11	0.70	0.29	0.79	0.017	0.011	0.08	0.30	0.030	0.004	-	-	-	-	-	-	99	540
12	0.70	0.29	0.79	0.017	0.011	0.08	0.40	0.030	0.004	-	-	-	-	-	-	99	580
13	0.70	0.29	0.79	0.017	0.011	0.08	0.50	0.030	0.004	-	-	-	-	-	-	99	610
14	0.70	0.29	0.79	0.017	0.011	0.08	-	0.030	0.004	-	-	-	-	-	-	99	230
15	0.70	0.29	0.79	0.017	0.011	0.08	0.003	0.030	0.004	-	-	-	-	-	-	99	230
16	0.70	0.29	0.79	0.017	0.011	0.08	-	0.030	0.004	-	0.20	-	-	-	-	100	380
17	0.70	0.25	0.70	0.015	0.011	0.07	0.15	0.030	0.004	-	-	0.03	-	-	-	98	460

[0066] 成形された鉄道用車輪に対して、踏面3及びフランジ部4に対して850℃で焼入れを実施した。具体的には、850℃に加熱した鉄道用車輪に対して、車輪を回転させながらノズルから水を噴射して冷却した（いわゆる「踏面焼入れ」）。焼入れ後の鉄道用車輪の踏面3及びフランジ部4に対してさらに450℃で焼戻しを実施した。踏面3の最表層には焼入れ層（過冷組織であるマルテンサイト及びベイナイト）が存在しているため、踏面3の最表層に対して切削加工を実施して焼入れ層を除去した。以上の工程により、試験番号1～17の鉄道用車輪を製造した。

[0067] 鉄道用車輪の形状は、図2及び図3に示すとおりであった。鉄道用車輪の直径は、1200mmであり、リム部1の幅W3は125mmであり、リム部1の踏面3からの厚さD3は65mmであった。

[0068] [ミクロ組織観察試験]

鉄道用車輪の板部2の表面に対して垂直に切断して、板部2の表面から $t/4$ 深さ位置から、ミクロ組織観察用のサンプルを採取した。上記板部2の切断面が被検面になるようにサンプルを樹脂埋めし、鏡面研磨を行った。その後、上述の方法でミクロ組織観察を実施した。ミクロ観察の結果、いずれの試験番号においても、マトリクス組織において、パーライトの面積率は95%以上であり、ミクロ組織が実質的にパーライトであった。

[0069] [腐食疲労強度試験]

各試験番号の鉄道用車輪の板部2の図2及び図3に示す位置から、図4に示す小野式回転曲げ疲労試験片10を切り出した。試験片の長手方向が車輪の円周方向に沿うように、試験片を切り出した。

[0070] 図4を参照して、小野式回転曲げ疲労試験片10は、横断面が円形であり、平行部長さが15mmであった。図4中の単位が示されていない数値は、試験片の対応する部位の寸法（単位はmm）を示す。図中の「 ϕ 数値」は、指定されている部位の直径（mm）を示す。

[0071] 小野式回転曲げ疲労試験片10に対して、CCT（Cyclic Corrosion Testing）を実施した。CCTによる腐食の影響を防

ぐため、試験片の平行部以外にはマスキングを施した。CCTの条件は次のとおりとした。初めに雰囲気温度35℃で5%NaCl溶液を8時間噴霧した。次に35℃、相対湿度60%の雰囲気中で16時間試験片を保持した。噴霧工程及び保持工程を1サイクルとし、14サイクル実施した。

[0072] マスキングを除去した試験片に対して、小野式回転曲げ疲労試験機を用いた回転曲げ疲労試験を実施した。具体的には、JIS Z2274(1974)に準拠した回転曲げ疲労試験を室温(25℃)の大気雰囲気中で、回転数3000rpmの両振りの条件で実施した。繰り返し数 $N=10^7$ 回後に破断しなかった最も高い応力を、腐食疲労強度(MPa)と定義した。

[0073] [試験結果]

表1に試験結果を示す。

[0074] 表1を参照して、試験番号1～試験番号13及び試験番号17の鉄道用車輪の化学組成は適切であり、板部2のマトリクス組織のパーライト面積率が95%以上であった。その結果、腐食疲労強度は400MPa以上となり、優れた耐腐食疲労特性を示した。

[0075] 一方、試験番号14～試験番号16では、Sn含有量が低すぎた。そのため、腐食疲労強度は400MPa未満となり、腐食疲労強度が低かった。

[0076] 以上、本発明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発明を実施するための例示に過ぎない。したがって、本発明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

- [0077]
- 1 リム部
 - 2 板部
 - 3 踏面
 - 4 フランジ部
 - 5 ボス部

請求の範囲

[請求項1]

質量%で、

C : 0.65 ~ 0.80 %、

Si : 0.10 ~ 1.0 %、

Mn : 0.10 ~ 1.0 %、

P : 0.030 %以下、

S : 0.030 %以下、

Cr : 0.05 ~ 0.20 %、

Sn : 0.005 ~ 0.50 %、

Al : 0.010 ~ 0.050 %、

N : 0.0020 ~ 0.015 %、

Cu : 0 ~ 0.20 %、

Ni : 0 ~ 0.20 %、

Mo : 0 ~ 0.20 %、

V : 0 ~ 0.20 %、

Nb : 0 ~ 0.030 %、及び、

Ti : 0 ~ 0.030 %、を含有し、

残部がFe及び不純物からなる化学組成を有し、

板部のマトリクス組織がパーライトからなる、鉄道用車輪。

[請求項2]

請求項1に記載の鉄道用車輪であって、

Cu : 0.02 ~ 0.20 %、及び、

Ni : 0.02 ~ 0.20 %からなる群から選択される1種以上を含有する鉄道用車輪。

[請求項3]

請求項1又は請求項2に記載の鉄道用車輪であって、

Mo : 0.005 ~ 0.20 %、

V : 0.005 ~ 0.20 %、

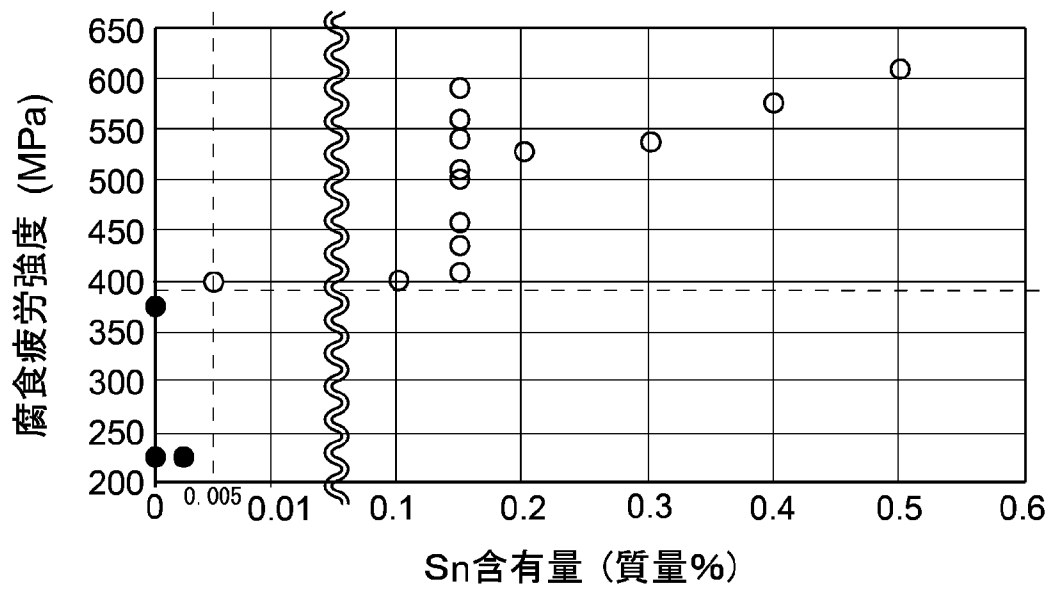
Nb : 0.010 ~ 0.030 %、及び、

Ti : 0.010 ~ 0.030 %、からなる群から選択される1種

又は2種以上を含有する鉄道用車輪。

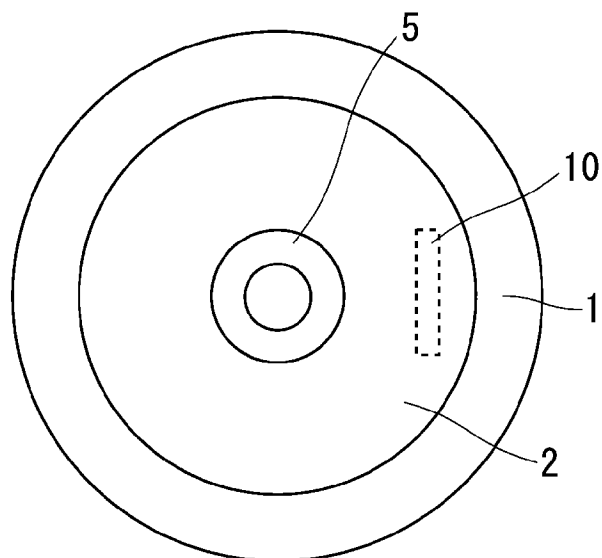
[図1]

FIG. 1



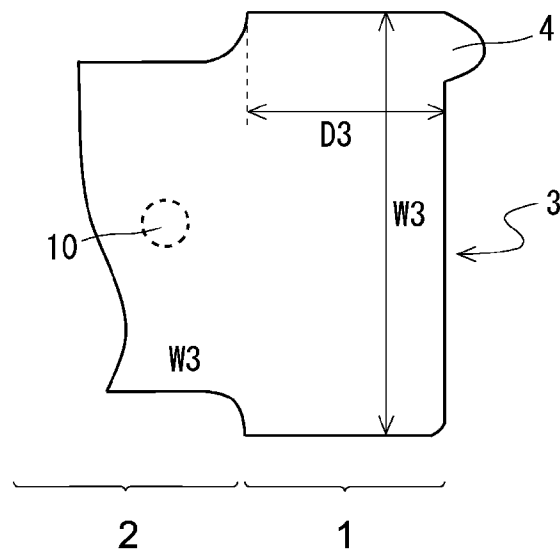
[図2]

FIG. 2



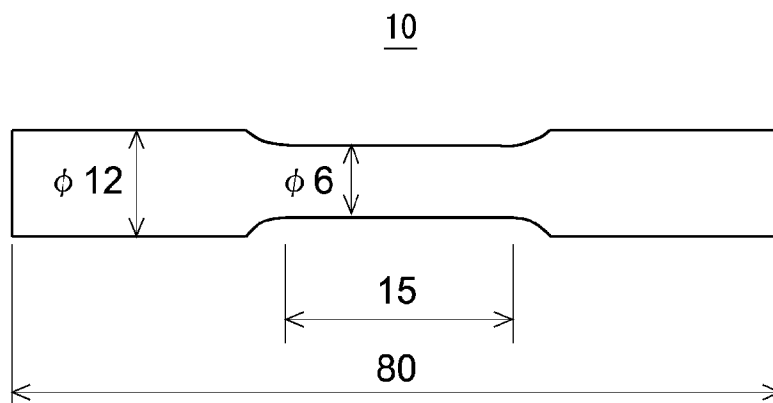
[図3]

FIG. 3



[図4]

FIG. 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/007841

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22C38/00(2006.01)i, B60B17/00(2006.01)i, C22C38/50(2006.01)i, C21D9/34(2006.01)n

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, B60B17/00, C21D9/34

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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	WO 2012/067237 A1 (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 24 May 2012 (24.05.2012), & US 2013/0243640 A1 & EP 2641988 A1	1-3
A	WO 2015/190088 A1 (JFE Steel Corp.), 17 December 2015 (17.12.2015), & CA 2948297 A1	1-3
A	JP 2013-147725 A (Nippon Steel & Sumitomo Metal Corp.), 01 August 2013 (01.08.2013), (Family: none)	1-3

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

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

"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
19 May 2017 (19.05.17)

Date of mailing of the international search report
30 May 2017 (30.05.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/007841

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-274367 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 13 November 2008 (13.11.2008), (Family: none)	1-3
A	JP 5408382 B2 (Nippon Steel & Sumitomo Metal Corp.), 05 February 2014 (05.02.2014), (Family: none)	1-3
A	JP 5240418 B2 (Nippon Steel & Sumitomo Metal Corp.), 17 July 2013 (17.07.2013), (Family: none)	1-3
A	JP 11-199924 A (Toa Steel Co., Ltd.), 27 July 1999 (27.07.1999), (Family: none)	1-3

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. C22C38/00(2006.01)i, B60B17/00(2006.01)i, C22C38/50(2006.01)i, C21D9/34(2006.01)n

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））

Int.Cl. C22C38/00-38/60, B60B17/00, C21D9/34

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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	W0 2012/067237 A1（住友金属工業株式会社）2012.05.24, & US 2013/0243640 A1 & EP 2641988 A1	1-3
A	W0 2015/190088 A1（JFEスチール株式会社）2015.12.17, & CA 2948297 A1	1-3
A	JP 2013-147725 A（新日鐵住金株式会社）2013.08.01,（ファミリーなし）	1-3

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「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矛盾するものではなく、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

19.05.2017

国際調査報告の発送日

30.05.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

太田 一平

4 K

3841

電話番号 03-3581-1101 内線 3435

C (続き) . 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 2008-274367 A (住友金属工業株式会社) 2008. 11. 13, (ファミリーなし)	1 - 3
A	JP 5408382 B2 (新日鐵住金株式会社) 2014. 02. 05, (ファミリーなし)	1 - 3
A	JP 5240418 B2 (新日鐵住金株式会社) 2013. 07. 17, (ファミリーなし)	1 - 3
A	JP 11-199924 A (トーア・スチール株式会社) 1999. 07. 27, (ファミリーなし)	1 - 3