

(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6月18日(18.06.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/121657 A1

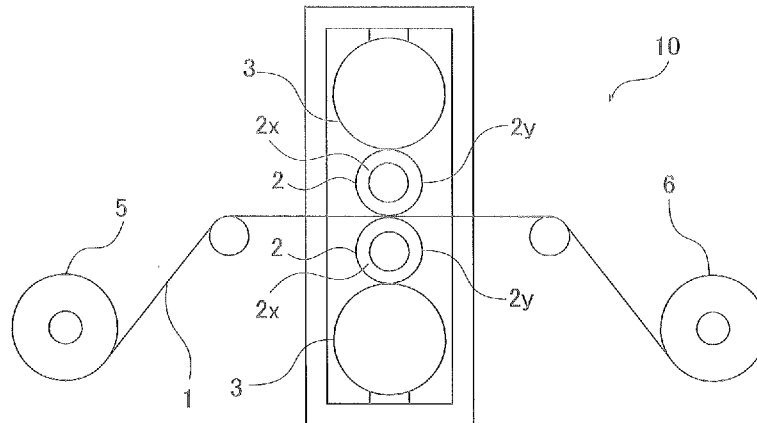
- (51) 国際特許分類:
B21B 27/00 (2006.01) C25D 7/00 (2006.01)
B21B 1/22 (2006.01) C25D 7/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/041848
- (22) 国際出願日: 2019年10月25日(25.10.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2018-232080 2018年12月12日(12.12.2018) JP
- (71) 出願人: J F E スチール株式会社(JFE STEEL 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: 植野 雅康(UENO Masayasu); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F

E スチール株式会社知的財産部内 Tokyo (JP).
矢▲崎▼ 拓郎(YAZAKI Takuro); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社知的財産部内 Tokyo (JP).
木島 秀夫(KIJIMA Hideo); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社知的財産部内 Tokyo (JP).
三宅 勝(MIYAKE Masaru); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社知的財産部内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 熊坂 晃, 外(KUMASAKA Akira et al.); 〒1000004 東京都千代田区大手町二丁目7番1号 J F E テクノリサーチ株式会社知的財産事業部内 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,

(54) Title: WORK ROLL FOR ROLLING, ROLLING MACHINE EQUIPPED WITH SAME, AND ROLLING METHOD

(54) 発明の名称: 圧延用ワークロールおよびこれを備えた圧延機ならびに圧延方法



(57) Abstract: [Problem] To provide a work roll for rolling that is capable, when temper rolling a high strength steel strip, of effectively performing rolling while stabilizing the product quality even when the rolling distance advances, and a temper rolling method using the same. [Solution] The work roll for rolling 2 has: a drum part 2x comprising a superhard alloy with a Young's modulus of 450 GPa or greater; and an uneven layer 2y formed over the drum part 2x, having an arithmetic mean roughness Ra ranging from 2.0 to 10.0 μm, and comprising granular chrome.

(57) 要約: 【課題】 高強度の鋼帯の調質圧延を行う際に、圧延距離が進んでも品質を安定させながら効率的に圧延を行うことができる圧延用ワークロールおよびこれを用いた調質圧延方法を提供すること。 【解決手段】 圧延用ワークロール2は、ヤング率450GPa以上の超硬合金からなる胴部2xと、胴部2x上に形成され、2.0～10.0μmの範囲の算術平均粗さRaを有し、粒状のクロムからなる凹凸層2yと、を備える。

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, 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))

明 細 書

発明の名称：

圧延用ワークロールおよびこれを備えた圧延機ならびに圧延方法

技術分野

[0001] 本発明は、高強度の鋼帯の圧延を行う圧延用ワークロールおよびこれを備えた圧延機ならびに圧延方法に関する。

背景技術

[0002] 従来から、鋼帯に例えば圧下率 1 % 以下の軽圧下を施す調質圧延機が知られている。鋼帯は調質圧延機により一様に伸ばされ、形状が矯正されて所定の平坦度を得る。さらに、調質圧延によって、降伏点伸び、引張り強さ、伸び等の機械的性質および表面粗度などの鋼帯の性状が改善される。近年、鋼帯の高付加価値化に伴って、高張力鋼に代表される硬質な鋼帯の需要が増加している。特に、引張り強度が 980 MPa 以上の高張力鋼板の場合、形状矯正に必要な伸び率を確保するときには、非常に高い圧延荷重が必要となる。

[0003] そこで、従来から種々の高張力鋼板の調質圧延方法が提案されている（例えば特許文献 1 ～ 3 参照）。特許文献 1 には、調質圧延で用いるワークロールの表面平均粗さ R_a を 3.0 ～ 10.0 μm の範囲として調質圧延を行う方法が開示されている。特許文献 2 には、ロール材料として表層部のヤング率が 500 GPa 以上であるタングステンカーバイド (WC) とコバルト (Co) から成る超硬合金を用いる方法が開示されている。特許文献 3 には、ロール表層ヤング率が 450 GPa 以上でその表面粗度が R_a で 1 μm 以上 10 μm 以下のロールで調質圧延をする方法が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献 1：特開 2008-173684 号公報

特許文献 2：特開 2017-119303 号公報

特許文献3：特開2011-189404号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上述した特許文献1～3に記載された圧延用ワークロール表面は、ダル加工により所定の算術平均粗さになっている。通常、ダル加工を行う際には特許文献1に記載されているように、ショットブラスト加工方式、放電ダル加工方式等を用いることが考えられる。しかしながら、これらの方式では、圧延距離が進むにつれて、摩耗による表面粗さの低下またはクラックの進展等の不具合が生じるおそれがある。すると、圧延用ワークロールに不具合が生じると修理もしくは交換作業等が必要になり、圧延作業の安定した操業が難しいという問題がある。

[0006] 本発明は、高強度の鋼帯の調質圧延を行う際に、圧延作業の安定的な操業を行うことができる圧延用ワークロールおよびこれを備えた圧延機ならびに圧延方法を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] 本発明は、これら課題を解決するために以下の構成を有する。

[1] ヤング率450GPa以上の超硬合金からなる胴部と、
前記胴部の外周面上に形成され、2.0～10.0 μ mの範囲の算術平均粗さを有し、粒状のクロムからなる凹凸層と、
を備えたことを特徴とする圧延用ワークロール。

[2] 前記凹凸層は、クロムめっきにより粒状のクロムを析出させたものであることを特徴とする[1]に記載の圧延用ワークロール。

[3] [1]または[2]に記載のワークロールを備えた1以上のスタンドからなる調質圧延機。

[4] [3]に記載の圧延用ワークロールを備えた1以上の調質圧延機を用いて、伸び率0.2%以上の調質圧延を施すことを特徴とする調質圧延方法。

発明の効果

[0008] 以上、本発明に係る圧延用ワークロールおよびこれを備えた圧延機ならびに圧延方法によれば、胴部の外周面上に形成され、 $2.0 \sim 10.0 \mu\text{m}$ の範囲の算術平均粗さを有し、粒状のクロムからなる凹凸層を有することにより、圧延距離が進んでも摩耗による表面粗さの低下、もしくはクラックの進展等のワークロールの不具合の発生を抑制し、圧延作業の安定的な操業を行うことができる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本発明の圧延用ワークロール2を用いた圧延機10の好ましい実施形態を示す模式図である。

[図2]図1の調質圧延機における圧延用ワークロール2の凹凸層2yの一例を示す表面拡大写真である。

[図3]めっき時間に対する表面粗さの変化の一例を示すグラフである。

[図4]表1における従来例1、2、比較例1及び実施例1での伸び率に対する圧延荷重の変化の一例を示すグラフである。

[図5]従来の放電ダル加工で超硬合金の表面をダル加工した場合の表面拡大写真である。

[図6]表3の圧延用ワークロールを用いて圧延実験を実施した際のワークロールの圧延長に対するロール表面粗さの変化を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本発明の実施形態について説明する。図1は本発明の圧延用ワークロールを用いた圧延機10の好ましい実施形態を示す模式図である。図1の圧延機10は、例えば引張り強度が980MPa以上の広幅鋼帯の調質圧延を行うものである。調質圧延機10は、1対の圧延用ワークロール2と、各圧延用ワークロール2をそれぞれ支持するバックアップロール3を有する。調質圧延機10の前段にはペイオフリール5が配置され、調質圧延機10の後段にはテンションリール6が配置されている。そして、ペイオフリール5及びテンションリール6により鋼帯1に張力が掛けられながら、鋼帯1が圧

延用ワークロール 2 によって圧下され、鋼帯 1 に所定の伸び率（例えば 0.2 ～ 1.0 %）が付与される。ただし、鋼帯 1 に張力を付与する手段として、調質圧延機 10 の前段または後段にブライドルロールを配置してもよい。

[0011] 圧延用ワークロール 2 は、例えば軸材に超硬合金からなる胴部 2 x が固定された構造を有する。胴部 2 x は、ヤング率が 450 GPa 以上の超硬合金からなり、例えばタングステンカーバイド（WC）が質量%で 86 %、残部がコバルト（Co）からなる超硬合金からなっている。ヤング率が 450 GPa 以上であると、高強度の鋼板を調質圧延する際にも、圧延用ワークロール 2 が扁平状に変形してロールバイト内における圧延用ワークロール 2 と鋼帯 1 との接触弧長が大きくなることを防ぎ、圧延用ワークロール 2 に過大な圧延荷重がかかることを防止することができる。

[0012] 胴部 2 x のロールバレル面に相当する部位には粒状の Cr からなる凹凸層 2 y が形成されている。凹凸層 2 y は、クロムめっきによって粒状クロムを析出させて形成される表面形態を含む凹凸が形成されたものであって、算術平均粗さ（以下、「表面粗さ」と称する）Ra が 2.0 ～ 10.0 μm の範囲で形成される。なお、凹凸層 2 y は、少なくとも胴部 2 x のロールバレル面に形成されていればよく、胴部 2 x の外周面全体に形成されていてもよい。

[0013] ここで、圧下率が 1.0 % 以下である調質圧延では、表面粗さ Ra の高い圧延用ワークロール 2 を用いて圧延を行うと、圧延荷重は低減する。これは、圧延用ワークロール 2 の粗い凹凸が鋼帯の表面に転写されることにより、ワークロールの凸部の押し込みによって排除された部分が伸びとして現れる現象（伸長効果）が顕著となるためと考えられる。

[0014] 表面粗さ Ra が 2.0 μm 未満の場合、圧延用ワークロール 2 の凹凸が鋼板に突き刺さって塑性変形を生じる際に近接する凹凸が干渉してしまい、十分な伸長効果が得られない。特に、伸長効果を発揮させるためには、圧延用ワークロール 2 の表面粗さ Ra は、3.0 μm 以上とすることが好ましい。なお、0.2 % 程度の低い伸び率を付与するような調質圧延条件においては

、ワークロールの表面粗さ R_a を $4.0\ \mu\text{m}$ 超とすることにより、隣接する凸部の間隔が十分大きくなり塑性変形の干渉がほとんどなくなる。よって、効果的に伸長効果を発揮させて荷重低減するためには、凹凸層 2 y の表面粗さ R_a は $4.0\ \mu\text{m}$ 超とすることが望ましい。

[0015] 一方、凹凸層 2 y の表面粗さ R_a が $10.0\ \mu\text{m}$ より大きい場合、圧延用ワークロール 2 に対して表面粗さを大きくする加工を安定的に実施するのは工業上非常に困難であり、またロール寿命の観点からも望ましくない。そのため、ワークロールの表面粗さ R_a は、 $10.0\ \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

[0016] この凹凸層 2 y は、クロムめっき処理によりクロムを析出させた粒状の Cr によって形成されている。まず、クロムめっき加工の前処理として、胴部 2 x の表面とクロムめっきとの密着性を向上させる為、胴部 2 x の表面が例えば表面粗さ $R_a = 0.2\ \mu\text{m}$ になるように研磨された後、さらにサンドブラスト処理等により表面粗さ $R_a = 0.8\ \mu\text{m}$ に加工される。その後、胴部 2 x の表面の洗浄処理が行われ、クロムめっき処理が施される。

[0017] クロムめっき処理は、例えば、めっき浴温を 50°C 以下に低温化し、 $60\ \text{A}/\text{dm}^2$ 以上の高電流密度の条件でクロムめっきを行う。これにより、胴部 2 x の表面に析出する Cr 結晶粒の粒径サイズを大きくすることができる。すなわち、工業的に使用される硬質クロムめっきは、電気めっき条件（めっき浴温度、電流密度、めっき時間）によって析出する Cr の形態や硬度が変化する。一般的に、広く使用される光沢めっきは表面を平滑にするために、めっき浴温 $50\sim 60^\circ\text{C}$ 、電流密度 $40\sim 60\ \text{A}/\text{dm}^2$ 程度の条件で処理される。一方、上述した凹凸層 2 y には、所定の表面粗さ R_a を満たす凹凸が存在しなければならないため、めっき浴温を 50°C 以下に低温化し、 $60\ \text{A}/\text{dm}^2$ 以上の高電流密度の条件にして、析出されたクロムが粒状化するようにしている。

[0018] 図 2 は、図 1 の調質圧延機における圧延用ワークロールの凹凸層の一例を示す表面拡大写真である。図 2 の凹凸層 2 y のクロムめっき条件は、めっき

液としてクロム酸 (CrO_3) と硫酸 (H_2SO_4) からなるめっき液を用い、めっき浴温 37°C 、電流密度 120 A/dm^2 、めっき時間 150 min とした。そして、Cr の析出によって胴部 2 x の表面に粒状の凹凸層 2 y を形成した。このときの表面粗さ R_a を接触式の粗さ計で測定したところ、表面粗さ $R_a = 3.9\text{ }\mu\text{m}$ であった。また、この凹凸層 2 y にクラック等の発生がなかった。

[0019] 凹凸層 2 y の表面粗さ R_a は、めっき時間により制御される。図 3 は図 2 のめっき条件でめっき時間のみを変更した場合のめっき後の表面粗さ R_a の変化を示したものである。めっき時間の増加に伴い、表面粗さ R_a は大きくなっており、めっき条件を変更することで所望の表面粗さ R_a に制御することができる。ここで、ロール表面にクロムめっきで析出させる Cr の平均粒径は $50\text{ }\mu\text{m}$ 以上とすることが好ましい。これは、凹凸の鋼板表面への押込みによる伸長効果を効果的に作用させるためである。Cr の平均粒径を大きくすることによって、隣接する凹凸の間隔を大きくすることができ、鋼板の表面に突き刺さって塑性変形を生じさせる際の近接する凹凸の干渉を低減させることができる。

[0020] <圧延荷重に関する実験>

上記凹凸層 2 y を有する圧延用ワークロール 2 による圧延荷重の低減効果を確認する為に、圧延実験を実施した。なお、実験では供試材として、板厚 0.215 mm 、板幅 20 mm 、長さ 200 mm 、降伏応力 1500 MPa の高張力鋼板を用いた。また、調質圧延機 10 として、ワークロール径 $\phi 70\text{ mm}$ の 4 段式圧延機を用い、無張力での切板圧延を潤滑無しのドライ条件で実施した。これは実際の自動車用の高張力鋼板の圧延に対して、ロール径と供試材の板厚を $1/7$ としたモデル実験である。

[0021] ワークロールとして表 1 に示す 4 種類のワークロールを用い、ロール圧下位置を変更して、圧延前後の板長さの変化から測定した伸び率と圧延時の圧延荷重の関係を調査した。

[0022]

[表1]

No	ロール胴部の材質	ロール胴部のヤング率 (GPa)	ダル加工法	算術平均粗さ Ra (μm)	備考
1	2%Cr 鋼	206	ブライト研磨	0.2	比較例 1
2	2%Cr 鋼	206	放電ダル加工	3.0	従来例 1
3	超硬 (86%WC)	503	ブライト研磨	0.2	従来例 2
4	超硬 (86%WC)	503	Cr めっきダル加工	2.5	実施例 1

[0023] 表 1 において、比較例 1 (No. 1) は、胴部 2 x の材質としてヤング率 206 GPa の 2%Cr 鋼を用い、表面を砥石研磨で仕上げて表面粗さ $Ra = 0.2 \mu\text{m}$ としたものである。従来例 1 (No. 2) は胴部 2 x の材質として 2%Cr 鋼を用い、表面を放電ダル加工で仕上げて表面粗さ $Ra = 3.0 \mu\text{m}$ としたものである。従来例 2 (No. 3) は胴部 2 x の材質として、タングステンカーバイト (WC) を質量%で 86%含有し、残部がコバルトからなる超硬合金を用いたものでヤング率は 503 GPa である。表面は、砥石研磨仕上げで表面粗さ $Ra = 0.2 \mu\text{m}$ である。実施例 1 (No. 4) は、胴部 2 x の材質として従来例 2 (No. 3) と同様の超硬合金を用い、胴部 2 x の表面にクロムめっきによってダル加工を施し、表面粗さ $Ra = 2.5 \mu\text{m}$ の凹凸層 2 y を形成したものである。

[0024] 図 4 は、従来例 1、2、比較例 1 及び実施例 1 における伸び率と幅荷重との関係を示すグラフである。図 4 に示すように、ロール材質が 2%Cr 鋼である比較例 1 (No. 1) 及び従来例 1 (No. 2) の幅荷重を比較すると同一の伸び率に対する幅荷重は表面粗さの大きい従来例 1 (No. 2) の方が小さく、圧延用ワークロールの表面の凸部の鋼板表面への押込みによる伸長効果が得られていることが分かる。

[0025] 一方、胴部 2 x の材質を超硬合金とした従来例 2 (No. 3) では従来例 1 (No. 2) よりも同一の伸び率に対する幅荷重は小さくなっており、ロールのヤング率の増加による扁平変形抑制に効果が得られていることが分かる。実施例 1 (No. 4) では、圧延用ワークロールの表面の凸部の押込み

による伸長効果と、ロール扁平変形抑制の両方の効果によって、従来例 2（No. 3）よりも荷重が小さくなっており、圧延荷重を低減する効果が高いことが分かる。

[0026] なお、調質圧延での伸び率は通常 0.2～1.0%程度の範囲で行われ、この範囲であれば伸び率が大きいほど鋼帯の平坦度は良好となる。なお、伸び率とは、圧延前後での鋼帯の長手方向の長さの変化の割合を言う。伸び率が 0.2%以上であると、高強度冷延鋼帯であっても十分に形状矯正を施すことができ、鋼帯の表面及び裏面の平坦度を概ね良好にすることができる。また、ワークロール及び調質圧延機 10にかかる圧延荷重を、調質圧延機の耐荷重以下にするためには、鋼帯に付与する伸び率は 0.5%以下とすることが好ましい。

[0027] <連続操業実験>

連続操業時のロール表面の健全性を評価する為、以下に示す比較例 2 及び実施例 2 の 2 つの圧延用ワークロールを一定面圧で押し付けた状態で回転させる転動試験を実施した。比較例 2 は、胴部 2 x の材質として、タングステンカーバイト（WC）を質量%で 86%含有し、残部がコバルトからなる超硬合金（ヤング率 503 GPa）を用い、表面を直接放電ダル加工によって表面粗さ $R_a = 3.0 \mu m$ に仕上げたものである。

[0028] 図 5 は、比較例 2 のように超硬合金の胴部 2 x に対して直接放電加工によってダル加工を実施した場合の凹凸層の表面の拡大写真を示したものである。図 5 に示すように、表面に放電加工時の衝撃によってクラック CK が形成されている。なお、超硬合金のように、脆性材料であるセラミックスを主成分とする材料を放電加工した場合には、クラック CK が発生することが知られている。

[0029] 一方、実施例 2 は、胴部 2 x の材質として、タングステンカーバイト（WC）を質量%で 86%含有し、残部がコバルトからなる超硬合金（ヤング率 503 GPa）を用い、表面にクロムめっきによって凹凸層 2 y を付与し、その表面粗さ $R_a = 3.0 \mu m$ に仕上げたものである。

[0030] 連続操業実験として、ワークロールのロール径が $\phi 70\text{ mm}$ 、バレル幅が 40 mm の4段式圧延機を用い、このワークロールを荷重 1.8 ton で押付けた状態にて、速度 50 mpm の条件で回転させた。実験時のワークロールに作用する最大圧力は押圧しているワークロール間の弾性接触域で発生し、今回の条件では 1011 MPa とした。これは実際の連続焼鈍ライン等で使用される調質圧延機でワークロールに作用する面圧レベルと同程度のものである。実験では転動試験の時間を変更し、各時間でのワークロールの表面を拡大顕微鏡で観察し、ワークロールの表面のクラックの有無と割れや剥離等の有無を確認した。表2に実験結果をまとめたものを示す。

[0031] [表2]

No	0min(初期)	30min	60min	120min	240min	300min	備考
1	クラック有	クラック有	クラック有	クラック有	クラック有	剥離発生	比較例2
2	健全	健全	健全	健全	健全	健全	実施例2

[0032] 表2において、放電ダル加工で所定の表面粗さ R_a を付与した比較例2では、初期段階でロール表面にクラックが形成されていることが確認された（図5参照）。このクラックを有する圧延用ワークロールで圧延が行われた場合、圧延中に圧延用ワークロールに作用する応力によって転動時間の増加に伴いクラックが進展していく。その結果、転動時間 300 min でロール表面が割れて剥離してしまった。一方、クロムめっきによってダル加工をした圧延用ワークロールでは、クラックの発生や割れ等は確認されず（＝表2という「健全」）、安定的にロールを使用できることが分かった。

[0033] <連続操業実験2>

また、連続操業時のロール粗度の維持性を評価する為、下記表3に示す比較例3、比較例4および実施例3、実施例4の4つの圧延用ワークロールを用いて圧延実験を実施した。

[0034] [表3]

No	ロール胴部の材質	ロール胴部のヤング率 (GPa)	ダル加工法	算術表面粗さ Ra (μm)	備考
1	2%Cr 鋼	206	放電ダル加工	4.5	比較例 3
2	超硬 (80%Co)	450	放電ダル加工	4.5	比較例 4
3	超硬 (80%WC)	450	Cr めっきダル加工	4.5	実施例 3
4	超硬 (80%WC)	450	Cr めっきダル加工+硬質 Cr めっき	4.5	実施例 4

[0035] 比較例 3 は胴部 2 x の材質として弾性率 206 GPa の 2%Cr 鋼を用い、表面を放電ダル加工で表面粗さ $Ra = 4.5 \mu\text{m}$ としたものである。比較例 4 は、胴部 2 x の材質として、タングステンカーバイド (WC) を質量% で 80% を含有し、残部がコバルトからなる超硬合金 (弾性率 450 GPa) を用い、クロムめっきを施すことなく放電ダル加工によって表面粗さ $Ra = 4.5 \mu\text{m}$ に仕上げたものである。

[0036] 一方、実施例 3 は、胴部 2 x の材質として、タングステンカーバイド (WC) を質量% で 80% 含有し、残部がコバルトからなる超硬合金 (弾性率 450 GPa) を用い、表面にクロムめっきによって凹凸層 2 y を付与し、その表面粗さを $4.5 \mu\text{m}$ に仕上げたものである。このとき析出させた Cr の平均粒径は $60 \mu\text{m}$ であった。

[0037] 実施例 4 は、上記の実施例 3 と同じ方法でロール表面に粒状のクロムを析出させた後に、めっき条件を変更して再度めっき厚 $1 \mu\text{m}$ の硬質クロムめっきを施したロールである。ここで、めっき条件を変更して再度硬質クロムめっきを実施したのは、下記理由による。低めっき浴温 (50°C 以下)、大電流密度 (60 A/dm^2) のめっき条件で表面に粒状の Cr を析出させて凹凸を形成させた場合、クロムめっきのビッカース硬度は 700~900 程度になる。一方、めっき浴温 $50 \sim 60^\circ\text{C}$ 、電流密度 $40 \sim 60 \text{ A/dm}^2$ 程度の条件で通常の硬質クロムめっきをした場合、硬質クロムめっきのビッカース

硬度は900～1100程度となる。このとき、実施例3と同じ方法でロール表面に粒状のクロムを析出させ、その後めっき条件を変更して再度硬質クロムめっきを実施した場合、圧延用ワークロールの最表面には非常に硬質のめっき被膜が形成され、耐摩耗性をさらに向上させることができるためである。

[0038] 上記のように再度の硬質クロムめっきの厚みを1 μm としたのは、それ以上のめっき厚でめっきをした場合には、初期に形成された粒状の凹凸が小さくなってしまい、調質圧延における伸長効果が低減するためである。つまり初期のめっきで粒状クロムを析出させた後に、薄膜の硬質クロムめっきを再度実施することにより、粒状クロムで形成された粗度パターンを変化させることなく、めっき被膜表面の硬度を上げることができる。なお、かかる理由から、再度の硬質クロムめっきの厚みとしては、0.5～10 μm の範囲で付与するのが望ましい。

[0039] そして、4段式圧延機の圧延用ワークロールとして、ロール径 ϕ 70 mm、バレル幅40 mmの表3に示す4種類の圧延用ワークロールを用い、張力を付与した連続コイル圧延実験を実施した。被圧延材は板厚0.215 mm、板幅20 mm、降伏応力1500 MPaの高張力鋼板を用いた。入出側張力として100 MPaを負荷した状態で、無潤滑のドライ条件で単位幅あたりの圧延荷重が0.2 t o n / mmとなる条件でコイル圧延を実施した。このとき各ロールでの圧延長に対するロール表面粗さの変化を測定した。

[0040] 図6は、表3の圧延用ワークロールを用いて圧延実験を実施した際のワークロールの圧延長に対するロール表面粗さの変化を示すグラフである。図6に示すように、2%Cr鋼ロールを放電ダル加工した比較例3では圧延長の増加に伴い、粗度が大きく低下していることが分かる。超硬合金を直接放電ダル加工で高粗度化した比較例4のロールでは、超硬合金の硬度が極めて高い為、圧延長に対するロール粗度の維持性は最も優れている。しかしながら、1.67 kmの圧延後にはロール表面に割れが発生しており、それ以上の圧延は困難となった。これは前述したように、超硬合金へ直接放電加工した

場合にクラックが形成され、圧延時に負荷される応力によってクラックが進展した為であり、実際の圧延での使用は困難である。

[0041] 一方、本発明の実施例 3、実施例 4 では初期摩耗で粗度は低下するものの、その後の圧延長に対する粗度維持性は比較例 3 より格段に優れることが分かる。特に、表面に薄膜の硬質クロムめっきを施す実施例 4 は優れた粗度維持性を示すことが分かる。

[0042] 上記実施形態によれば、胴部 2 x の外周面上に形成され、2.0 ~ 10.0 μm の範囲の表面粗さ R_a を有し、粒状のクロムからなる凹凸層 2 y を有することにより、圧延距離が進んでも摩耗による表面粗さ R_a の低下、もしくはクラックの発生等のワークロールの劣化を低減し、安定的な調質圧延を行うことができる。特に、調質圧延機 10 に使用される圧延用ワークロール 2 の材質と表面加工方法とを変更するのみで圧延荷重の低減が可能であり、ロール径等の設備自体の変更を行う必要がなく、その工業的価値は大きい。

[0043] 特に、高張力鋼の中でも焼入れ及び焼き戻し処理を伴う連続焼鈍により製造された鋼板は、焼入れ処理時の熱応力や金属組織の変態に伴い発生する変態応力によって、鋼帯の形状（平坦度）が悪化しやすい。このような鋼帯の形状不良は、焼鈍する前の冷間圧延で鋼帯形状を平坦化しても解消することはできない。そのため、焼鈍後の鋼帯を調質圧延により形状矯正をする必要がある。

[0044] また、引張り強度が 980 MPa 以上の高張力鋼板は自動車用部品の素材として使用され、プレス加工によって部品に成形される。プレス加工時の保油性を高める為、鋼板の表面にダル仕上げ（凹凸仕上げ）が必要になる。鋼帯 1 の表面のダル仕上げは、通常調質圧延機 10 の圧延用ワークロール 2 の表面をダル加工しておき、その凹凸を鋼板に転写して制御する。

[0045] 調質圧延時の伸び率は、鋼帯に付与される張力とワークロールの圧下位置とによって制御される。より大きな伸び率を得る為には、従来よりも大きな張力と高い圧延荷重とが必要になる。特に、引張り強度が 980 MPa を超える高張力鋼帯の調質圧延では、鋼帯自体の変形抵抗が極めて高く、より大

きな圧延荷重が必要となる。

[0046] 通常の調質圧延機は、このような高張力鋼帯の調質圧延を行うことを前提として設計されていないことが多く、高張力鋼帯の調質圧延では圧延荷重が圧延機の耐荷重を超えてしまう。ここで、調質圧延機の構造を4段式から6段式等に変更し、ワークロール径を小さくすることで、圧延荷重を低減することが考えられる。しかしながら、大幅な設備改造が必要となりコストがかかるといった問題がある。

[0047] このように、形状矯正が必要な高張力鋼ほど、圧延負荷は増大して既設の調質圧延では対処が困難となる場合がある。そのため、次工程以降でレベラー等を用いて形状矯正しているのが実情であり、工程の追加に伴う製造コストの増大や納期の長期化が問題となる。

[0048] そこで、圧延用ワークロール2の表面を $2.0 \sim 10.0 \mu\text{m}$ 以下の表面粗さ R_a で加工することにより、圧延荷重を低減させながら、所望の圧延効果が得られるようにしている。また、胴部2xはヤング率 450GPa 以上の超硬合金からなっている。これにより、引張り強度が 980MPa 以上の高張力鋼板の圧延を行う際にも、ロール径を大きくすることなく、所望の線荷重を得ることができる。

[0049] 一方で、上述した $2.0 \sim 10.0 \mu\text{m}$ 以下の表面粗さ R_a を放電ダル加工で形成したとき、圧延距離が進むにつれて、摩耗によって圧延用ワークロールの表面粗さ R_a が低下し、圧延荷重を低く維持する効果が得られなくなる場合がある。

[0050] そこで、凹凸層2yが、クロムめっきによって形成された粒状のクロムにより形成されるようにする。これにより、クラックのない凹凸層2yを形成することができるとともに、繰り返し圧延を行っても表面が摩耗しにくいピッカース硬さを得ることができる。また、凹凸層2yが、粒状のクロムにより形成される場合、粒状クロムの突起が球形状の為、圧延中の局所的な応力集中が小さくなり、通常のクロムめっきコーティングの場合より耐摩耗性は向上する。その結果、ワークロールの修理や交換作業の頻度を抑え、圧延工

程の安定した操業を行うことができる。

[0051] また、1 以上の上記圧延機 10 を用いて、伸び率 0.2 % 以上の調質圧延を施すことにより、高強度冷延鋼帯であっても十分に形状矯正を施すことができ、鋼帯の表面及び裏面の平坦度を概ね良好にすることができる。

[0052] 本発明の実施形態は、上記実施形態に限定されず、種々の変更を加えることができる。また本技術は図 4 に示す独立した調質圧延機への適用する場合について例示しているが、連続焼鈍ライン（CAL）や連続溶融亜鉛めっきライン（CGL）といった連続プロセスラインにインラインで設置される圧延機にも適用することができる。

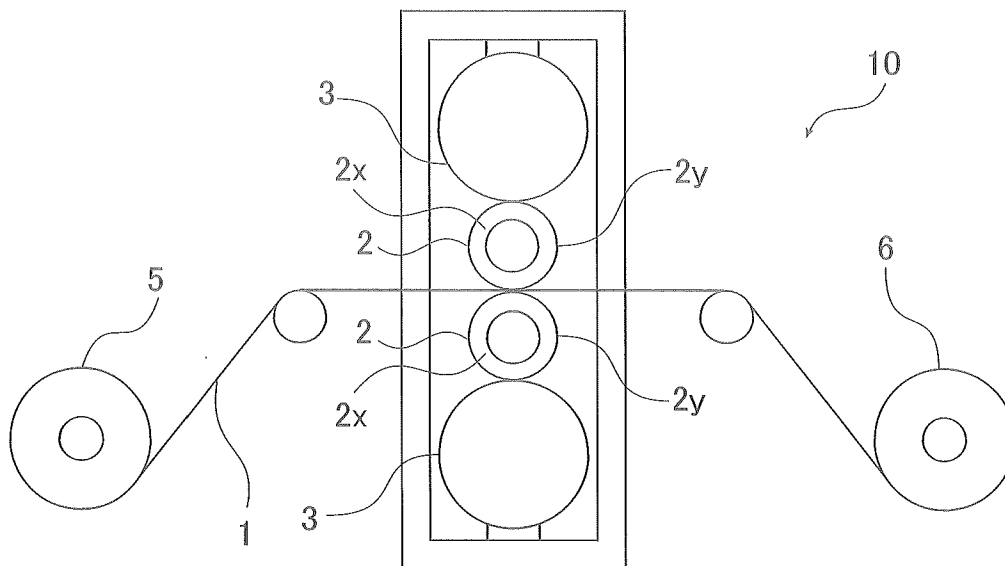
符号の説明

- [0053] 1 鋼帯
2 圧延用ワークロール
2 x 胴部
2 y 凹凸層
3 バックアップロール
5 ペイオフリール
6 テンションリール
10 調質圧延機
CK クラック
Ra 算術平均粗さ（表面粗さ）

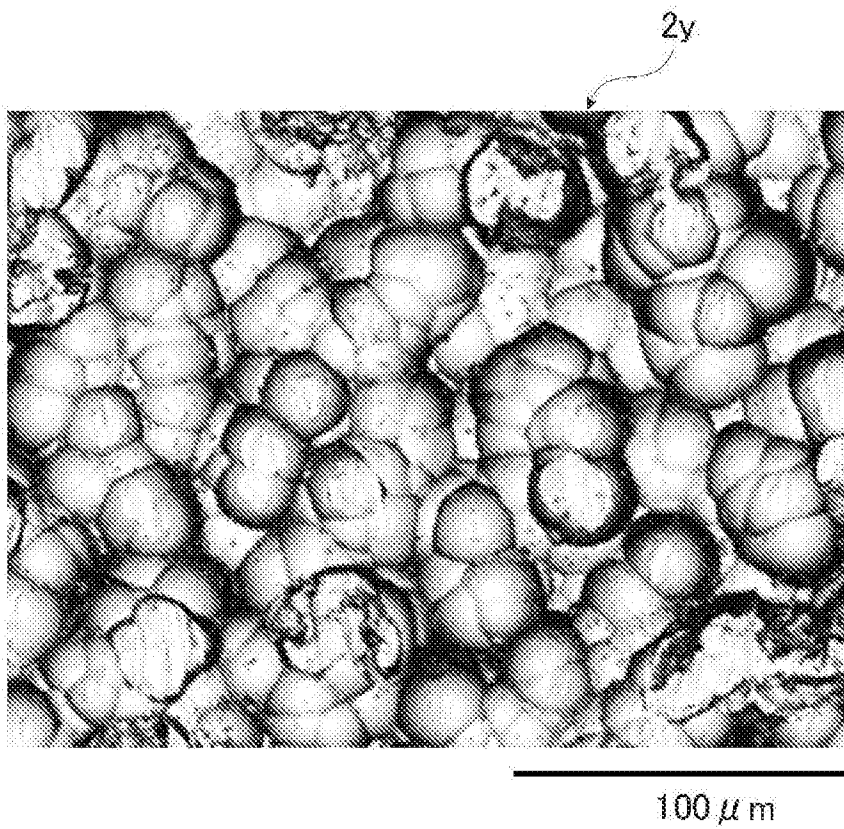
請求の範囲

- [請求項1] ヤング率450GPa以上の超硬合金からなる胴部と、
前記胴部の外周面上に形成され、2.0～10.0 μ mの範囲の算術平均粗さを有し、粒状のクロムからなる凹凸層と、
を備えたことを特徴とする圧延用ワークロール。
- [請求項2] 前記凹凸層は、クロムめっきにより粒状のクロムを析出させたものであることを特徴とする請求項1に記載の圧延用ワークロール。
- [請求項3] 請求項1または2に記載の圧延用ワークロールを備えた圧延機。
- [請求項4] 請求項3に記載の圧延機を1つ以上用いて、伸び率0.2%以上の調質圧延を施すことを特徴とする圧延方法。

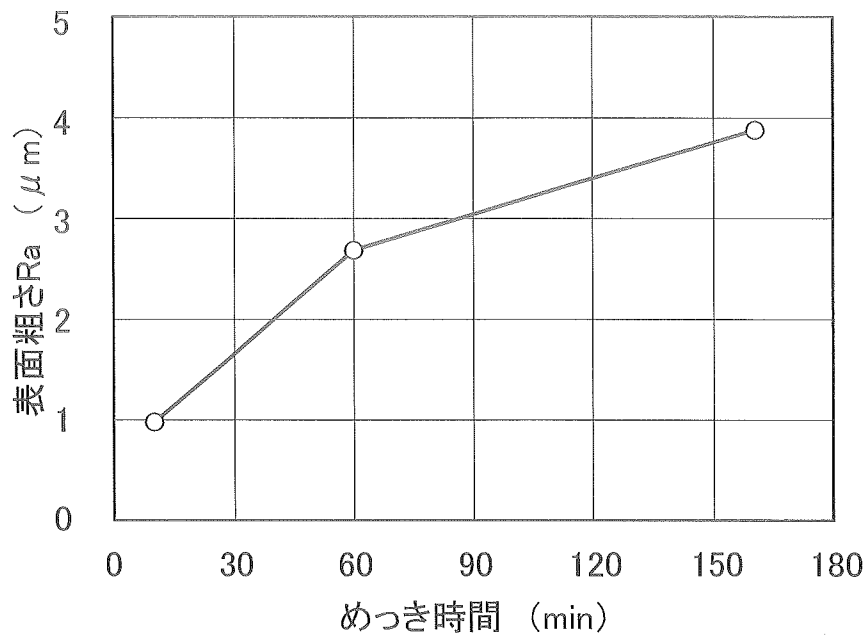
[図1]



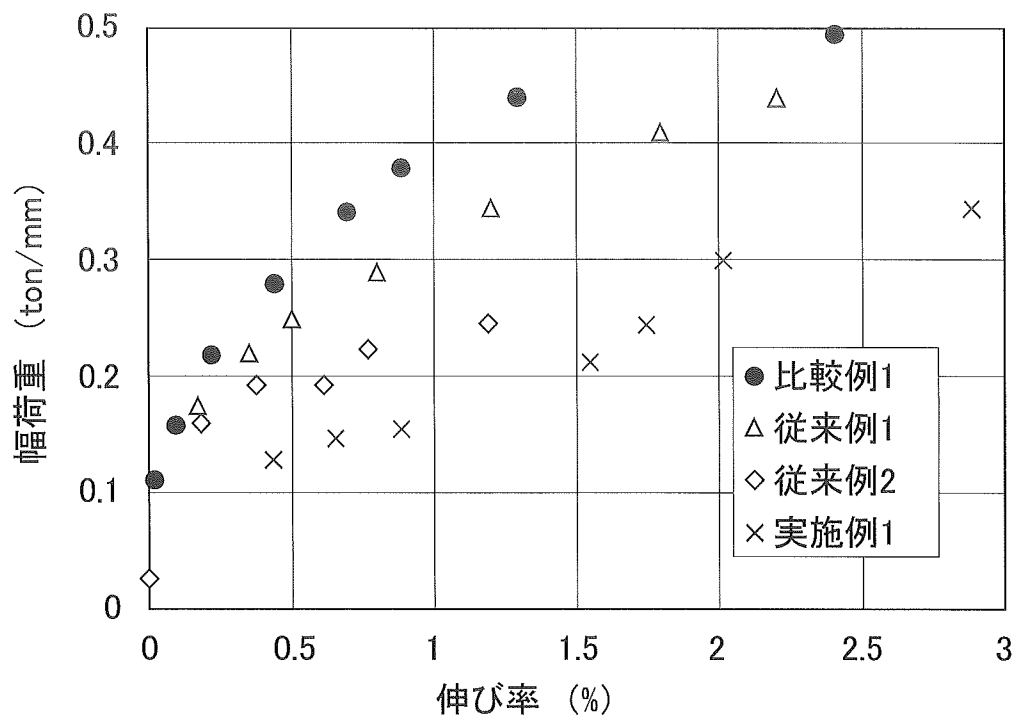
[図2]



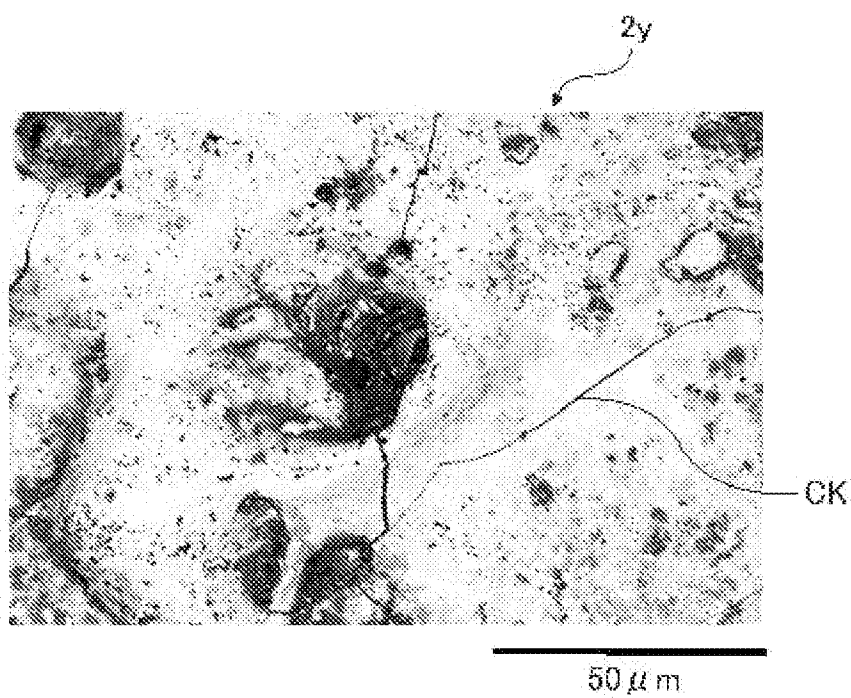
[図3]



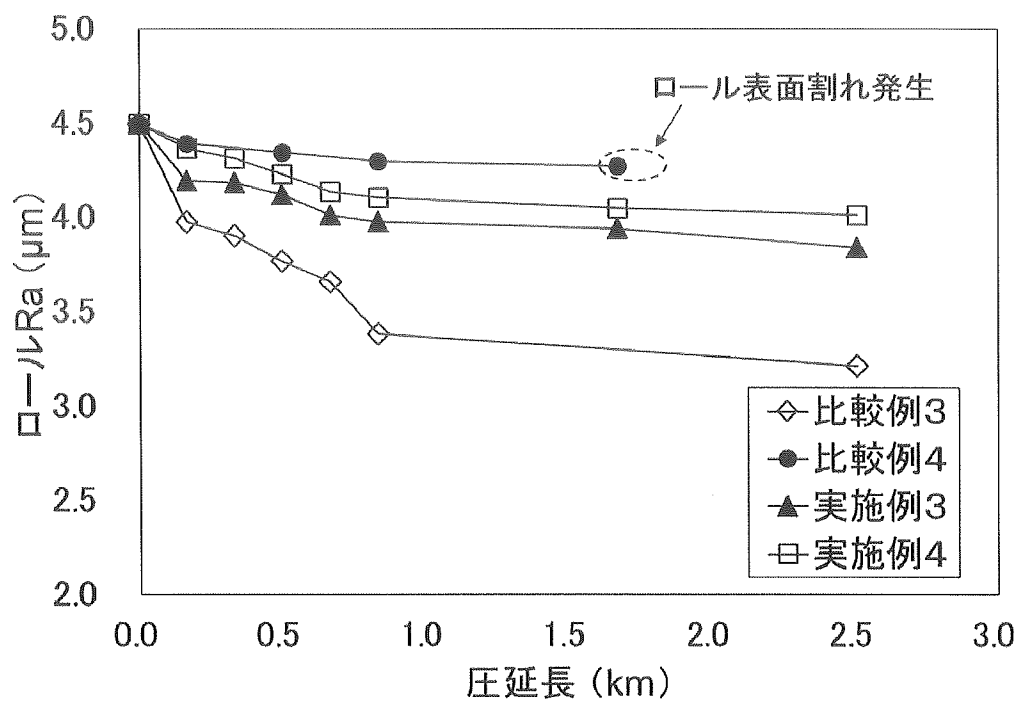
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/041848

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. B21B27/00 (2006.01) i, B21B1/22 (2006.01) i, C25D7/00 (2006.01) i, C25D7/04 (2006.01) i

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)

Int.Cl. B21B27/00-35/14, B21B1/22, C25D7/00, C25D7/04

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 1971-2019

Registered utility model specifications of Japan 1996-2019

Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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 61-129205 A (SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD.) 17 June 1986, entire text (Family: none)	1-4
A	JP 1-258806 A (SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD.) 16 October 1989, entire text (Family: none)	1-4
A	JP 7-1021 A (NISSHIN STEEL CO., LTD.) 06 January 1995, entire text (Family: none)	1-4
A	JP 52-107243 A (KOBAYASHI, Yoshinobu) 08 September 1977, entire text (Family: none)	1-4



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
29.11.2019

Date of mailing of the international search report
10.12.2019

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/JP2019/041848

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 2017-100149 A (JFE STEEL CORPORATION) 08 June 2017, entire text (Family: none)	1-4
A	CN 202052762 U (WUHU HENGDA SHEETING METAL CO., LTD.) 03 November 2011, entire text (Family: none)	1-4

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B21B27/00(2006.01)i, B21B1/22(2006.01)i, C25D7/00(2006.01)i, C25D7/04(2006.01)i

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. B21B27/00-35/14, B21B1/22, C25D7/00, C25D7/04

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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 61-129205 A(住友金属工業株式会社)1986.06.17, 全文(ファミリーなし)	1-4
A	JP 1-258806 A(住友金属工業株式会社)1989.10.16, 全文(ファミリーなし)	1-4
A	JP 7-1021 A(日新製鋼株式会社)1995.01.06, 全文(ファミリーなし)	1-4
A	JP 52-107243 A(小林義信)1977.09.08, 全文(ファミリーなし)	1-4

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

29.11.2019

国際調査報告の発送日

10.12.2019

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)

河口 展明

4 E

3770

電話番号 03-3581-1101 内線 3425

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 2017-100149 A (J F E スチール株式会社) 2017. 06. 08, 全文 (ファミリーなし)	1-4
A	CN 202052762 U (W U H U H E N G D A S H E E T I N G M E T A L C O . L T D .) 2011. 11. 03, 全文 (ファミリーなし)	1-4