

(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
2021年8月5日(05.08.2021)



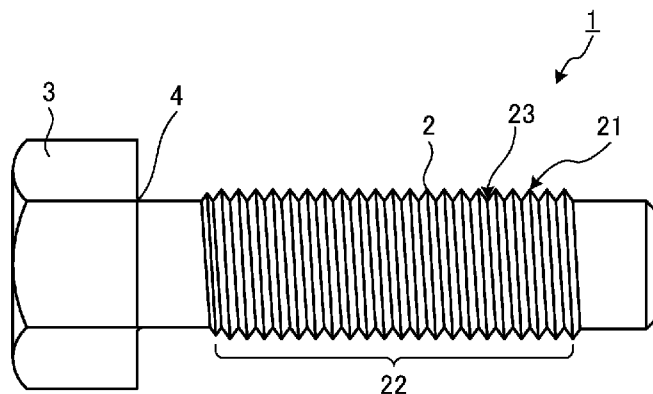
(10) 国際公開番号

WO 2021/153286 A1

- (51) 国際特許分類:
C22C 21/18 (2006.01) C22F 1/043 (2006.01)
C22C 21/02 (2006.01) C22F 1/047 (2006.01)
C22C 21/06 (2006.01) C22F 1/057 (2006.01)
C22F 1/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/001361
- (22) 国際出願日: 2021年1月15日(15.01.2021)
- (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 2020-015851 2020年1月31日(31.01.2020) JP
- (71) 出願人: 日本発條株式会社 (NHK SPRING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2360004 神奈川県横浜市金沢区福浦3丁目10番地 Kanagawa (JP). 株式会社トーブラ (TOPURA CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2570031 神奈川県秦野市曾屋201 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 金田 教良 (KANEDA, Noriyoshi); 〒2360004 神奈川県横浜市金沢区福浦3丁目10番地 日本発條株式会社内 Kanagawa (JP). 山内 雄一郎 (YAMAUCHI, Yuichiro); 〒2360004 神奈川県横浜市金沢区福浦3丁目10番地 日本発條株式会社内 Kanagawa (JP). 中野 淳一 (NAKANO, Jyunichi); 〒2360004 神奈川県横浜市金沢区福浦3丁目10番地 日本発條株式会社内 Kanagawa (JP). 岡部 聡史 (OKABE, Satoshi); 〒2360004 神奈川県横浜市金沢区福浦3丁目10番地 日本発條株式会社内 Kanagawa (JP). 大迫 翔平 (OSAKO, Shohei); 〒2360004 神奈川県横浜市金沢区福浦3丁目10番地 日本発條株式会社内 Kanagawa (JP).

(54) Title: FASTENING MEMBER

(54) 発明の名称: 締結部材



(57) Abstract: A fastening member pertaining to the present invention contains, in terms of mass ratio, 0.6-1.4% silicon, 0.5-5.0% copper, 0.3-1.1% manganese, 0.5-1.3% magnesium, and 0.01-0.8% zinc, the remainder comprising aluminum and unavoidable impurities. The circle-equivalent average crystal grain size in the region from the surface to a depth of 200 μm is 4-50 μm.

(57) 要約: 本発明に係る締結部材は、質量比で0.6%以上1.4%以下のケイ素、0.5%以上5.0%以下の銅、0.3%以上1.1%以下のマンガン、0.5%以上1.3%以下のマグネシウムおよび0.01%以上0.8%以下の亜鉛を含み、残部がアルミニウムおよび不可避不純物からなり、表面から深さ200μmまでの領域における円相当平均結晶粒径が、4μm以上50μm以下である。



WO 2021/153286 A1

株式会社内 Kanagawa (JP). 鈴木 健(SUZUKI, Takeshi); 〒2360004 神奈川県横浜市金沢区福浦3丁目10番地 日本発條株式会社内 Kanagawa (JP). 堀内 直樹(HORIUCHI, Naoki); 〒2570031 神奈川県秦野市曾屋201 株式会社トーブラ内 Kanagawa (JP). 宮本 浩平(MIYAMOTO, Kouhei); 〒2570031 神奈川県秦野市曾屋201 株式会社トーブラ内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人 酒井国際特許事務所 (SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎の門三井ビルディング 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, IT, 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))

明 細 書

発明の名称：締結部材

技術分野

[0001] 本発明は、締結部材に関する。

背景技術

[0002] 従来、自動車の燃費向上を実現するための一つの方策として、各種部品の軽量化が追求されている。例えば、エンジブロックの材料として、鋳鉄の代わりにアルミニウム合金を使用したり、エンジンカバーやオイルパンの材料として、鋼の代わりにマグネシウム合金を使用したりするようになってきている。

[0003] 上述した軽量化として、部品同士を締結する締結部材の材料として、アルミニウム合金やマグネシウム合金を採用する動きも広がってきている。特に、アルミニウム合金製のボルトは、各種部品を構成するアルミニウム合金やマグネシウム合金との線膨張係数の差が小さくかつ異種金属接触腐食が小さいため、部品のねじ穴を浅くしたり、ボルトの径を細くしたりしても締結の信頼性を確保することができ、軽量化を図るのに好適である。

[0004] 締結部材に用いるアルミニウム合金には、強度、耐熱性、耐食性及び加工性に適した6000系のアルミニウム合金が採用されている。さらに特性を向上させるために、成分を調整したり、6000系よりも高強度の7000系のアルミニウム合金を採用したりすることが検討されている（例えば、特許文献1、2を参照）。特許文献1では、ストロンチウム（Sr）を所定量含有させることによって、特性の向上をはかっている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2013-104123号公報

特許文献2：特開2017-202497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、従来のアルミニウム合金は、応力弛緩によるゆるみに対する耐性（耐リラクゼーション性）が低いという問題があった。

[0007] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、耐リラクゼーション性に優れる締結部材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

[0008] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係る締結部材は、質量比で0.6%以上1.4%以下のケイ素、0.5%以上5.0%以下の銅、0.3%以上1.1%以下のマンガン、0.5%以上1.3%以下のマグネシウムおよび0.01%以上0.8%以下の亜鉛を含み、残部がアルミニウムおよび不可避不純物からなり、表面から深さ200 μ mまでの領域における円相当平均結晶粒径が、4 μ m以上50 μ m以下である、ことを特徴とする。

[0009] また、本発明に係る締結部材は、上記発明において、表面から深さ200 μ mまでの領域における平均結晶方位差が、1.5度以下である、ことを特徴とする。

[0010] また、本発明に係る締結部材は、上記発明において、引張強さに対する比例限度の比が0.6以上である、ことを特徴とする。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、耐リラクゼーション性に優れた締結部材を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]図1は、本発明の実施の形態1に係る締結部材の構成を示す側面図である。

[図2]図2は、本発明の実施の形態1に係る締結部材の製造方法について説明するフローチャートである。

[図3]図3は、本発明の実施の形態2に係る締結部材の構成を示す平面図であ

る。

[図4]図4は、本発明の実施例1に係る締結部材のねじ谷における結晶粒マップを示す図である。

[図5]図5は、本発明の実施例2に係る締結部材のねじ谷における結晶粒マップを示す図である。

[図6]図6は、本発明の実施例3に係る締結部材のねじ谷における結晶粒マップを示す図である。

[図7]図7は、本発明の実施例4に係る締結部材のねじ谷における結晶粒マップを示す図である。

[図8]図8は、本発明の比較例1に係る締結部材のねじ谷における結晶粒マップを示す図である。

[図9]図9は、本発明の比較例2に係る締結部材のねじ谷における結晶粒マップを示す図である。

[図10]図10は、本発明の比較例3に係る締結部材のねじ谷における結晶粒マップを示す図である。

[図11]図11は、本発明の比較例4に係る締結部材のねじ谷における結晶粒マップを示す図である。

[図12]図12は、本発明の実施例1に係る締結部材のねじ谷における結晶方位差マップを示す図である。

[図13]図13は、本発明の実施例2に係る締結部材のねじ谷における結晶方位差マップを示す図である。

[図14]図14は、本発明の比較例1に係る締結部材のねじ谷における結晶方位差マップを示す図である。

[図15]図15は、本発明の比較例2に係る締結部材のねじ谷における結晶方位差マップを示す図である。

[図16]図16は、耐リラクゼーション性試験における軸力の測定タイミングについて説明するための図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、添付図面を参照して本発明を実施するための形態（以下、「実施の形態」という）を説明する。なお、図面は模式的なものであって、各部分の厚みと幅との関係、それぞれの部分の厚みの比率などは現実のものとは異なる場合があり、図面の相互間においても互いの寸法の関係や比率が異なる部分が含まれる場合がある。

[0014] （実施の形態 1）

図 1 は、本発明の実施の形態 1 に係る締結部材の構成を示す側面図である。図 1 に示す締結部材 1 は、アルミニウム（Al）合金からなるボルト（雄ねじの一種）である。締結部材 1 は、円柱状をなす軸部 2 と、軸部 2 の軸線方向（図 1 の左右方向）の一端に設けられる頭部 3 と、軸部 2 と頭部 3 との境界をなす首部 4 とを備える。軸部 2 は、表面にねじ山 2 1 が形成されたねじ部 2 2 を有する。なお、頭部 3 の形状（六角トリム型）はあくまでも一例に過ぎず、その他の形状（六角フランジ型、なべ型、皿型、トラス型、平型等）を有していても構わない。なお、軸部 2 の軸線方向において隣り合うねじ山 2 1 間には、ねじ谷 2 3 が形成される。頭部 3 は必ずしも必要ではなく、頭部を有さない植込みボルト（例えば、JIS 規格：JIS B 1173）でも構わない。

[0015] 締結部材 1 は、ケイ素（Si）、銅（Cu）、マンガン（Mn）、マグネシウム（Mg）および亜鉛（Zn）を含み、残部がアルミニウム（Al）および不可避不純物からなるアルミニウム合金からなる。本実施の形態に係るアルミニウム合金は、合金番号が A 6 0 5 6 のアルミニウム合金の相当組成、または、この A 6 0 5 6 のアルミニウム合金の相当組成において、Cu を増量した組成の合金である。具体的に、アルミニウム合金は、質量比で 0.6% 以上 1.4% 以下の Si、0.5% 以上 5.0% 以下の Cu、0.3% 以上 1.1% 以下の Mn、0.5% 以上 1.3% 以下の Mg および 0.01% 以上 0.8% 以下の Zn を含んでいる。また、アルミニウム合金は、ジルコニウム（Zr）とチタン（Ti）との組み合わせを 0.2% 以下で含んでもよい。なお、A 6 0 5 6 アルミニウム合金の Cu の含有量（規格値）は、

0.5%以上1.1%以下である。以下の説明において、含有量とは、質量比における含有比率を示している。以下の説明において、含有量とは、質量比における含有比率を示している。

- [0016] ここで、本実施の形態1に係るアルミニウム合金において、Siは、時効処理により Mg_2Si が析出し、この Mg_2Si の析出により強度を増加させることができる。ここで、Si含有量が1.4%を超えると、合金の伸びを低下させてしまう。また、Si含有量が0.6未満では、 Mg_2Si 析出物による強度向上効果が不足する。
- [0017] Cuは、時効処理により $CuAl_2$ や Al_2CuMg が析出し、この析出物により強度を増加させることができる。特に、Cu含有量が1.5%以上4.0%以下であれば、これら析出物量を一層増やすことができ、さらに強度を向上させることができる。一方、Cu含有量が5.0%を超えると、合金の耐食性や耐応力腐食割れ性、伸びを低下させてしまう。また、Cu含有量が0.5%未満では、これら析出物による強度向上効果が不足する。
- [0018] Mnは、固溶強化を示す元素である。また、時効処理によりAl-Mn-Si系析出物も生成し、強度を増加させることができる。ここで、Mn含有量が1.1%を超えると、合金の伸びを低下させてしまう。また、Mn含有量が0.3%未満では、これら析出物による強度向上効果が不足する。
- [0019] Mgは、時効処理により Mg_2Si が析出し、強度を増加させることができる。ここで、Mg含有量が1.3%を超えると、伸びを低下させてしまう。また、Mg含有量が0.5%未満では、 Mg_2Si 析出物による強度向上効果が不足する。
- [0020] Znは、時効処理により $MgZn_2$ が析出し、強度を増加させる。ここで、Zn含有量が0.8%を超えると、合金の耐食性や耐応力腐食割れ性、伸びを低下させてしまう。また、Zn含有量が0.01%未満では、これら析出物による強度向上効果が不足する。
- [0021] 締結部材1は、ねじ谷23の表面から深さ200 μm までの領域における円相当平均結晶粒径が4 μm 以上50 μm 以下である。ここで、ねじ谷23

からの深さは、ねじ谷23の表面からの距離であって、軸部2の中心軸に向かい、かつこの中心軸と直交する方向の距離である。なお、ここでの円相当平均結晶粒径は、円の直径である。円相当平均結晶粒径が4 μm 未満では、粒界すべりが生じやすくなり、耐リラクゼーション性を低下させると考えられる。一方、円相当平均結晶粒径が50 μm を超えると、延性が低下し、圧造処理や転造処理で割れが発生する可能性が高まる。

[0022] また、締結部材1は、ねじ谷23の表面から深さ200 μm までの領域における平均結晶方位差を示すKAM (Kernel Average Misorientation) 値が1.5度以下である。KAM値が1.5度を超える場合は、残留ひずみが多く、耐リラクゼーション性を低下させると考えられる。

[0023] また、締結部材1は、引張り強度が400MPa以上である。引張強さが400MPa未満では、締結時の耐荷重（耐軸力低下）を維持するために、締結部材の大型化を伴うため、軽量化が損なわれる。

[0024] さらに、締結部材1は、除荷後に残る永久ひずみが0.2%となる応力である0.2%耐力が370MPa以上である。0.2%耐力が370MPa未満では、弾性域締結時の荷重が小さく、これを補う場合は締結部材の大型化を伴うため、軽量化が損なわれる。

[0025] また、締結部材1は、引張強さに対する比例限度の比（比例限度／引張強さ）が、0.6以上であり、好ましくは0.7以上である。（比例限度／引張強さ）が、0.6未満では、弾性域締結時の荷重が相対的に小さく、これを補う場合は締結部材の大型化を伴うため、軽量化が損なわれる。比例限度は、応力-歪み曲線においてフックの法則が成り立つ最大の応力である。

[0026] 締結部材1は、上述したアルミニウム合金からなる棒状部材に加工等を実施することによって成形される。図2は、本発明の実施の形態1に係る締結部材の製造方法について説明するフローチャートである。

[0027] まず、上述した棒状部材を圧造する（ステップS101）。この圧造処理では、棒状部材を金型で挟み込んで加圧する。圧造によって、例えば棒状部材の一端が押し潰されて、ねじ部22を除く軸部2、頭部3および首部4を

有する第1成形物が作製される。

[0028] その後、圧造によって成形された第1成形物を転造する（ステップS102）。この転造処理では、ねじ山に対応する凹凸が形成された金型によって第1成形物を挟み込んで加圧し、第1成形物を回転させつつ、一方の金型を他方の金型に対して移動させることによって、軸部2にねじ山21を形成する。転造処理によって、軸部2にねじ部22が形成される。

[0029] 転造処理後、ねじ部22が形成された第2成形物に熱処理を施す（ステップS103）。熱処理では、第2成形物を高温下で処理して溶体化（溶体化処理）した後、時効処理を施す。溶体化処理における設定温度は500℃～570℃に設定されるのが望ましく、時効処理における設定温度は140℃～200℃に設定されるのが望ましい。

[0030] 上述した流れで締結部材1を作製することによって、上記の特性を有する締結部材1を得ることができる。なお、従来では、ステップS102の転造処理よりも前にステップS103の熱処理を行うのが一般的である。

[0031] 以上説明した本発明の実施の形態1によれば、質量比で0.6%以上1.4%以下のケイ素、0.5%以上5.0%以下の銅、0.3%以上1.1%以下のマンガン、0.5%以上1.3%以下のマグネシウムおよび0.01%以上0.8%以下の亜鉛を含み、残部がアルミニウムおよび不可避不純物からなるアルミニウム合金を用いて、転造処理後に熱処理を施して締結部材1を作製することによって、耐リラクゼーション性に優れた締結部材を得ることができる。

[0032] （実施の形態2）

図3は、本発明の実施の形態2に係る締結部材の構成を示す平面図である。図3に示す締結部材5は、上述したアルミニウム合金からなるナット（雌ねじの一種）である。締結部材5は、中空円柱状をなしており、中心部に形成される穴51の内面にねじ山52が形成されている。なお、図3に示す締結部材5の形状（六角ナット）はあくまでも一例に過ぎず、他の形状を有するナット（フランジ付ナット、袋ナット、高ナット等）として実現すること

も可能である。

[0033] 締結部材5は、上述したアルミニウム合金を用いて形成され、リング状をなす。締結部材5は、上述したアルミニウム合金からなる棒状部材に対し、実施の形態1と同様にして作製される。例えば、ねじ山52を転造後、熱処理が施される。

[0034] 以上説明した本発明の実施の形態2によれば、質量比で0.6%以上1.4%以下のケイ素、0.5%以上5.0%以下の銅、0.3%以上1.1%以下のマンガン、0.5%以上1.3%以下のマグネシウムおよび0.01%以上0.8%以下の亜鉛を含み、残部がアルミニウムおよび不可避不純物からなるアルミニウム合金を用いて、転造処理後に熱処理を施して締結部材5を作製することによって、耐リラクゼーション性に優れた締結部材を得ることができる。

[0035] ここまで、本発明を実施するための形態を説明してきたが、本発明は上述した実施の形態1、2によってのみ限定されるべきものではない。例えば、本発明に係る締結部材を、ボルト以外の雄ねじである小ねじやタッピンねじとして実現することも可能である。

実施例

[0036] 以下、本発明に係るアルミニウム合金の実施例について説明する。なお、本発明は、これらの実施例に限定されるものではない。

[0037] (実施例1)

A6056アルミニウム合金の棒状部材を用いて、図2に示すフローチャートにしたがって、転造処理後に熱処理することによってボルト(締結部材1に相当)を作製した。以下、本実施例において作製したボルトは、ねじの呼びがM8、ピッチが1.25である。このボルトの一部に対し、電子線後方散乱回折(Electron backscatter diffraction: EBSD)法によってねじ谷の深さごとに平均結晶粒径および平均結晶方位差(KAM値)を求めた。また、ボルトに対して引張り試験を行い、引張り強さ、0.2%耐力、および、比例限界/引張り強さを求めた。なお、平均結晶粒径および平均結晶

方位差は、ボルト表面から深さ100、200、400 μ mまでの領域における値である。結果を表1に示す。

[表1]

	実施例1				実施例2				実施例3				実施例4			
	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	比較例1	比較例2	比較例3	比較例4	比較例1	比較例2	比較例3	比較例4	比較例1	比較例2	比較例3	比較例4
組成	Si	0.94	1.03	0.92	0.92	0.94	1.03	0.92	0.94	1.03	0.92	0.92	0.94	1.03	0.92	0.92
	Fe	0.25	0.09	0.24	0.25	0.25	0.09	0.25	0.25	0.09	0.24	0.25	0.25	0.09	0.24	0.25
	Cu	0.74	2.04	2.90	3.94	0.74	2.04	2.90	3.94	0.74	2.04	2.90	3.94	0.74	2.04	2.90
	Mn	0.63	0.67	0.65	0.69	0.63	0.67	0.65	0.69	0.63	0.67	0.65	0.69	0.63	0.67	0.65
	Mg	0.85	0.76	0.89	0.88	0.85	0.76	0.89	0.88	0.85	0.76	0.89	0.88	0.85	0.76	0.89
	Cr	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
	Zn	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
	Zr+Ti	0.03	0.02	0.17	0.17	0.03	0.02	0.17	0.17	0.03	0.02	0.17	0.17	0.03	0.02	0.17
	Al	残部	残部	残部	残部	残部	残部	残部	残部	残部	残部	残部	残部	残部	残部	残部
平均結晶粒径(μ m)	深さ100 μ m	9.4	30.6	10.3	8.6	1.8	2.4	8.6	1.8	2.4	2.7	2.5	1.8	2.4	2.7	2.5
	深さ200 μ m	8.6	30.5	9.5	9.0	2.6	3.1	9.0	2.6	3.1	3.4	2.9	2.6	3.1	3.4	2.9
	深さ400 μ m	8.1	25.0	9.4	7.8	3.9	4.9	7.8	3.9	4.9	5.9	3.7	3.9	4.9	5.9	3.7
平均結晶方位差(度)	深さ100 μ m	0.40	0.40	0.46	0.49	2.00	1.90	0.49	2.00	1.90	1.95	2.41	2.00	1.90	1.95	2.41
	深さ200 μ m	0.40	0.40	0.48	0.50	1.80	1.62	0.50	1.80	1.62	1.90	2.21	1.80	1.62	1.90	2.21
	深さ400 μ m	0.40	0.40	0.49	0.50	1.80	1.03	0.50	1.80	1.03	1.41	1.55	1.80	1.03	1.41	1.55
引張強さ(MPa)	440 (436-443)	456 (453-457)	482 (482-483)	513 (513-513)	451 (447-454)	486 (486-487)	513 (504-522)	513 (513-513)	451 (447-454)	486 (486-487)	513 (504-522)	527 (526-528)	451 (447-454)	486 (486-487)	513 (504-522)	527 (526-528)
0.2%耐力(MPa)	402 (400-404)	388 (386-390)	421 (421-422)	448 (454-455)	404 (400-406)	420 (418-423)	449 (442-455)	448 (454-455)	404 (400-406)	420 (418-423)	449 (442-455)	464 (463-465)	404 (400-406)	420 (418-423)	449 (442-455)	464 (463-465)
比例限度/引張強さ	0.72	0.63	0.83	0.85	0.64	0.55	0.81	0.85	0.64	0.55	0.81	0.82	0.64	0.55	0.81	0.82
耐リラゲーション	加熱前軸力(kN)	12.5	12.5	12.5	12.9	12.5	12.5	12.9	12.5	12.5	12.6	12.5	12.5	12.5	12.6	12.5
	加熱後軸力(kN)	9.0	9.8	10.8	11.8	8.2	8.8	10.2	8.2	8.8	10.2	10.7	8.2	8.8	10.2	10.7

(表1)

[0038] (実施例2)

A6056アルミニウム合金の組成において、Cuの含有比を2.04%とした棒状部材を用いて、図2に示すフローチャートにしたがって処理することによってボルトを作製した。このボルトの一部に対し、EBSD法によってねじ谷の深さごとに平均結晶粒径および平均結晶方位差(KAM値)を求めた。また、ボルトに対して引張り試験を行い、引張り強さ、0.2%耐力、および、比例限界/引張強さを求めた。結果を表1に示す。

[0039] (実施例3)

A6056アルミニウム合金の組成において、Siの含有比を0.92%、Feの含有比を0.24、Cuの含有比を2.90%、Mnの含有比を0.65%、Mgの含有比を0.89%およびZr+Tiの含有比を0.17%とした棒状部材を用いて、図2に示すフローチャートにしたがって処理することによってボルトを作製した。このボルトの一部に対し、EBSD法によってねじ谷の深さごとに平均結晶粒径および平均結晶方位差(KAM値)を求めた。また、ボルトに対して引張り試験を行い、引張り強さ、0.2%耐力、および、比例限界/引張強さを求めた。結果を表1に示す。

[0040] (実施例4)

A6056アルミニウム合金の組成において、Siの含有比を0.92%、Cuの含有比を3.94%、Mnの含有比を0.69%、Mgの含有比を0.88%およびZr+Tiの含有比を0.17%とした棒状部材を用いて、図2に示すフローチャートにしたがって処理することによってボルトを作製した。このボルトの一部に対し、EBSD法によってねじ谷の深さごとに平均結晶粒径および平均結晶方位差(KAM値)を求めた。また、ボルトに対して引張り試験を行い、引張り強さ、0.2%耐力、および、比例限界/引張強さを求めた。結果を表1に示す。

[0041] (比較例1)

A6056アルミニウム合金の棒状部材を用いて、図2に示すフローチャートにおいてステップS102の転造処理と、ステップS103の熱処理と

の処理順を入れ替えて処理することによってボルトを作製した。このボルトの一部に対し、EBSD法によってねじ谷の深さごとに平均結晶粒径および平均結晶方位差（KAM値）を求めた。また、ボルトに対して引張り試験を行い、引張り強さ、0.2%耐力、および、比例限界／引張強さを求めた。結果を表1に示す。

[0042]（比較例2）

A6056アルミニウム合金の組成において、Cuの含有比を2.04%とした棒状部材を用いて、図2に示すフローチャートにおいてステップS102の転造処理と、ステップS103の熱処理との処理順を入れ替えて処理することによってボルトを作製した。このボルトの一部に対し、EBSD法によってねじ谷の深さごとに平均結晶粒径および平均結晶方位差（KAM値）を求めた。また、ボルトに対して引張り試験を行い、引張り強さ、0.2%耐力、および、比例限界／引張強さを求めた。結果を表1に示す。

[0043]（比較例3）

A6056アルミニウム合金の組成において、Siの含有比を0.92%、Feの含有比を0.24、Cuの含有比を2.90%、Mnの含有比を0.65%、Mgの含有比を0.89%およびZr+Tiの含有比を0.17%とした棒状部材を用いて、図2に示すフローチャートにおいてステップS102の転造処理と、ステップS103の熱処理との処理順を入れ替えて処理することによってボルトを作製した。このボルトの一部に対し、EBSD法によってねじ谷の深さごとに平均結晶粒径および平均結晶方位差（KAM値）を求めた。また、ボルトに対して引張り試験を行い、引張り強さ、0.2%耐力、および、比例限界／引張強さを求めた。結果を表1に示す。

[0044]（比較例4）

A6056アルミニウム合金の組成において、Siの含有比を0.92%、Cuの含有比を3.94%、Mnの含有比を0.69%、Mgの含有比を0.88%およびZr+Tiの含有比を0.17%とした棒状部材を用いて、図2に示すフローチャートにおいてステップS102の転造処理と、ステ

ップS 1 0 3の熱処理との処理順を入れ替えて処理することによってボルトを作製した。このボルトの一部に対し、EBSD法によってねじ谷の深さごとに平均結晶粒径および平均結晶方位差（KAM値）を求めた。また、ボルトに対して引張り試験を行い、引張り強さ、0.2%耐力、および、比例限界／引張り強さを求めた。結果を表1に示す。

[0045] [平均結晶粒径]

図4は、本発明の実施例1に係る締結部材のねじ谷における結晶粒マップを示す図である。図5は、本発明の実施例2に係る締結部材のねじ谷における結晶粒マップを示す図である。図6は、本発明の実施例3に係る締結部材のねじ谷における結晶粒マップを示す図である。図7は、本発明の実施例4に係る締結部材のねじ谷における結晶粒マップを示す図である。図8は、本発明の比較例1に係る締結部材のねじ谷における結晶粒マップを示す図である。図9は、本発明の比較例2に係る締結部材のねじ谷における結晶粒マップを示す図である。図10は、本発明の比較例3に係る締結部材のねじ谷における結晶粒マップを示す図である。図11は、本発明の比較例4に係る締結部材のねじ谷における結晶粒マップを示す図である。図4～図11は、作製したボルトのねじ谷（ねじ谷23に相当）の最深部を含む一部の断面に相当する。図中に示す境界線（黒線）は、方位差が 5° 以上の結晶粒界を示し、この境界線によって囲まれた粒を、一つの結晶粒としている。なお、図中の色の濃淡は、結晶粒が配向している方位に応じて付与されたものである。実施例1～4及び比較例1～4において、平均結晶粒径は、ねじ谷の最深部（例えば図4に示す位置 P_0 ）からの距離であって、ボルトの軸部（軸部2に相当）の中心軸に向かい、かつこの中心軸と直交する方向の距離が表面から $100\mu\text{m}$ 、 $200\mu\text{m}$ 、 $400\mu\text{m}$ までの各領域における粒径の平均をそれぞれ算出した。表1に示す結果や、図4～図11から分かるように、各深さにおいて、転造処理に熱処理して作製したボルト（実施例1～4）の平均結晶粒径が、熱処理に転造処理して作製したボルト（比較例1～4）の平均結晶粒径よりも大きい。また、実施例1と実施例2～4とを比較すると、Cu

が多い組成の方が、平均結晶粒径が大きいことが分かる。

[0046] [平均結晶方位差]

図12は、本発明の実施例1に係る締結部材のねじ谷における結晶方位差マップを示す図である。図13は、本発明の実施例2に係る締結部材のねじ谷における結晶方位差マップを示す図である。図14は、本発明の比較例1に係る締結部材のねじ谷における結晶方位差マップを示す図である。図15は、本発明の比較例2に係る締結部材のねじ谷における結晶方位差マップを示す図である。図12～図15は、作製したボルトのねじ谷（ねじ谷23に相当）の最深部を含む一部の断面に相当する。平均結晶方位差（KAM値）は、表面から深さが100 μ m、200 μ m、400 μ mまでの各領域において、直径約0.7 μ mの測定点に隣接するすべての測定点との間の方位差の平均をそれぞれ算出した。表1に示す結果や、図12～図15から分かるように、各深さにおいて、転造処理に熱処理して作製したボルト（実施例1、2）の平均結晶方位差が、熱処理に転造処理して作製したボルト（比較例1、2）の平均結晶方位差よりも小さい。

[0047] [引張り強さ、0.2%耐力、および比例限界／引張強さ]

表1に示す引張強さおよび0.2%耐力は、10回測定して得られた値の平均値を示している。下段の括弧内には、最小値および最大値を示す。また、比例限度は、荷重とストロークとの関係が直線から外れたときの応力（荷重）とした。なお、比例限度／引張強さが、0.6以上であれば、弾性域締結時の荷重を相対的に大きくでき、締結部材を小型化することが可能になり、その結果、締結部材の軽量化を促進できる。

[0048] [耐リラクゼーション性]

室温においてボルトを被締結材に締結し、120℃で20時間加熱後、室温まで冷却して加熱後の軸力を測定した。図16は、耐リラクゼーション性試験における軸力の測定タイミングについて説明するための図である。図16において、軸力の時間変化を実線 F_1 で示し、温度の時間変化を破線 T_1 で示す。なお、温度 t_0 は室温である。耐リラクゼーション性試験では、加熱前の

軸力（点 Q_1 ）と、加熱後の軸力（点 Q_2 ）とを比較した。加熱前の軸力（点 Q_1 ）と、加熱後の軸力（点 Q_2 ）との変化が小さい方が、耐リラクゼーション性を有するといえる。なお、加熱前の軸力は、本締結条件におけるA6056アルミニウム合金の塑性域締結に相当する12.5kNとした。実施例1、2に係るボルトの加熱後の軸力が9.0kN、9.8kNであるのに対し、比較例1、2に係るボルトの加熱後の軸力は8.2kN、8.8kNとなった。この結果から、実施例1、2のように、転造後に熱処理を施した方が、耐リラクゼーション性に優れることが分かる。

[0049] このように、本発明はここでは記載していない様々な実施の形態等を含みうるものであり、請求の範囲により特定される技術的思想を逸脱しない範囲内において種々の設計変更等を施すことが可能である。

産業上の利用可能性

[0050] 以上説明したように、本発明に係る締結部材は、耐リラクゼーション性に優れた締結部材を得るのに好適である。

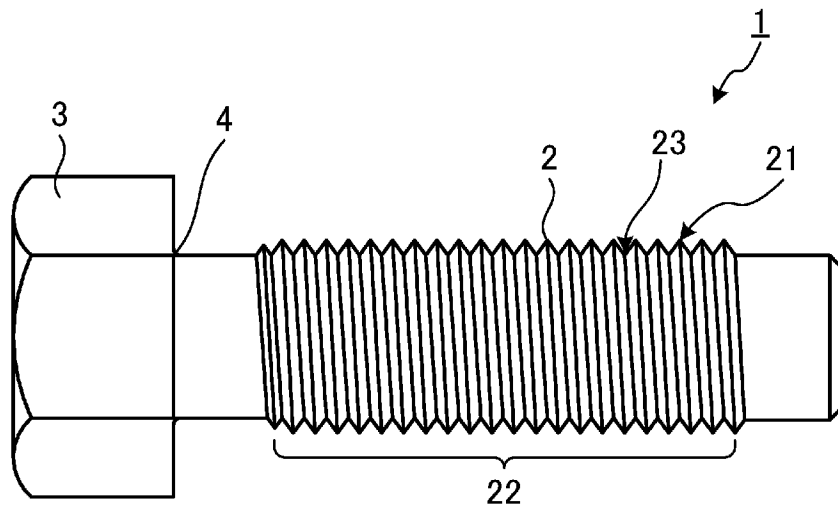
符号の説明

[0051] 1、5 締結部材
2 軸部
3 頭部
4 首部
21、52 ねじ山
22 ねじ部
23 ねじ谷
51 穴

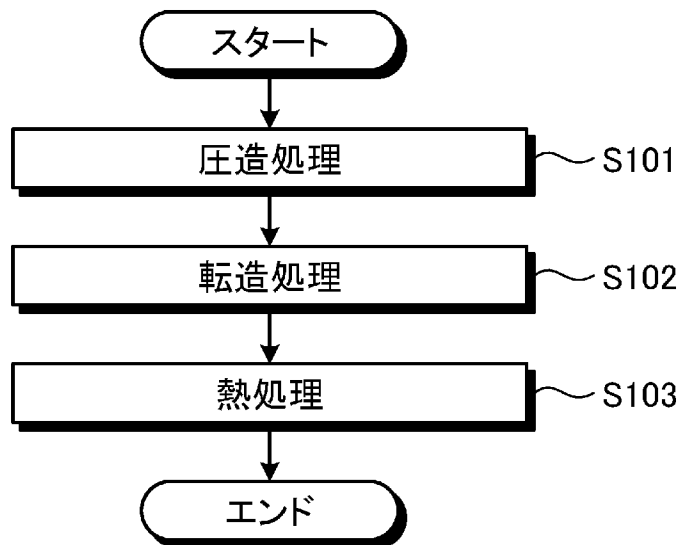
請求の範囲

- [請求項1] 質量比で0.6%以上1.4%以下のケイ素、0.5%以上5.0%以下の銅、0.3%以上1.1%以下のマンガン、0.5%以上1.3%以下のマグネシウムおよび0.01%以上0.8%以下の亜鉛を含み、残部がアルミニウムおよび不可避不純物からなり、
表面から深さ200 μ mまでの領域における円相当平均結晶粒径が、4 μ m以上50 μ m以下である、
ことを特徴とする締結部材。
- [請求項2] 表面から深さ200 μ mまでの領域における平均結晶方位差が、1.5度以下である、
ことを特徴とする請求項1に記載の締結部材。
- [請求項3] 引張強さに対する比例限度の比が0.6以上である、
ことを特徴とする請求項1または2に記載の締結部材。

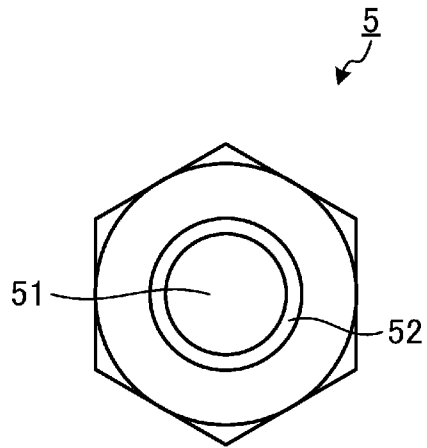
[図1]



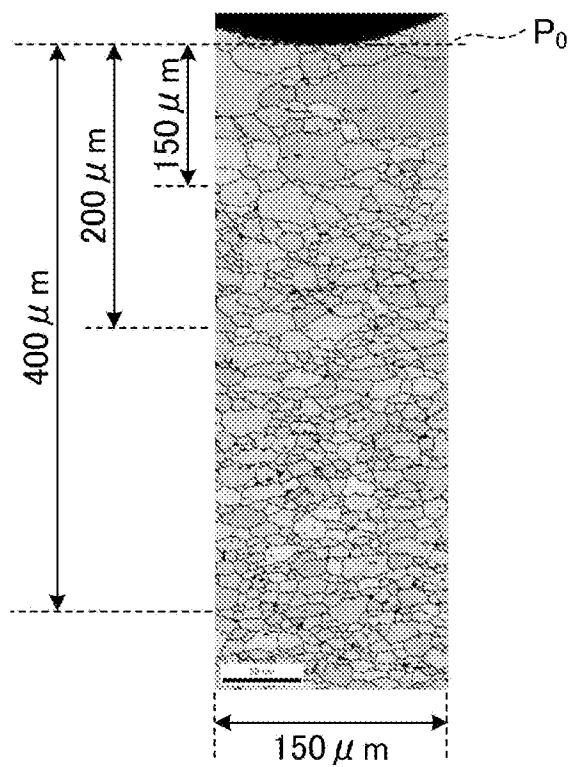
[図2]



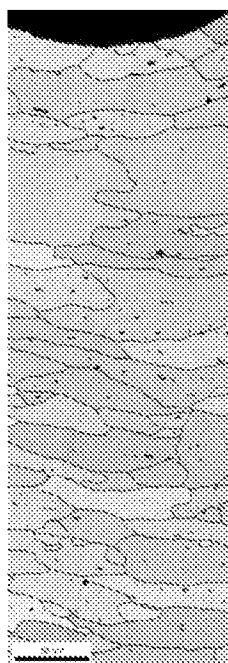
[図3]



[図4]



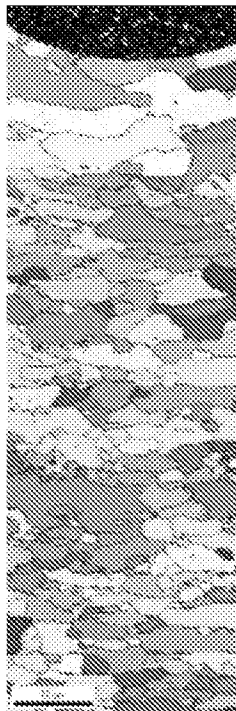
[図5]



[図6]



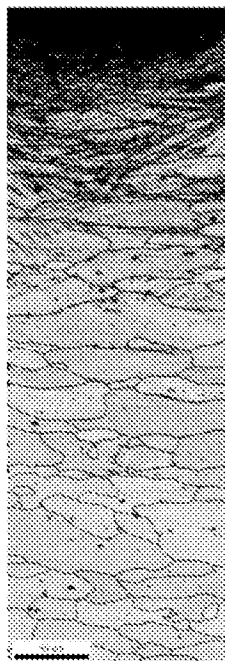
[図7]



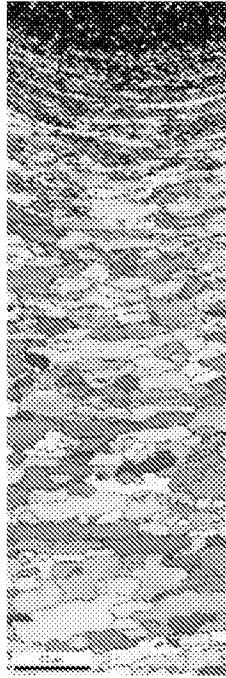
[図8]



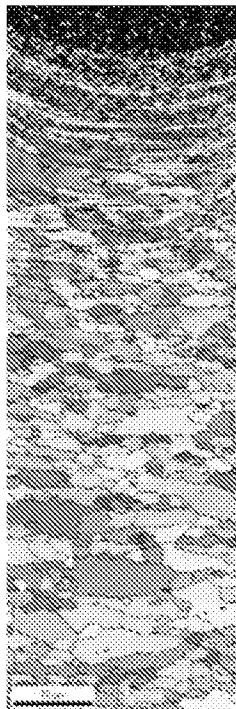
[図9]



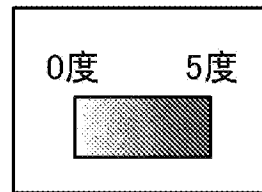
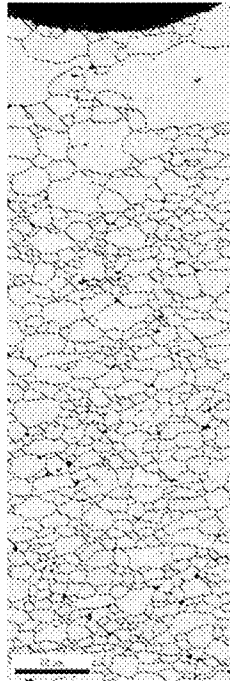
[図10]



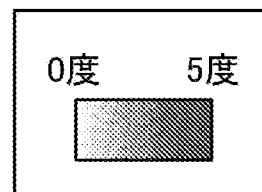
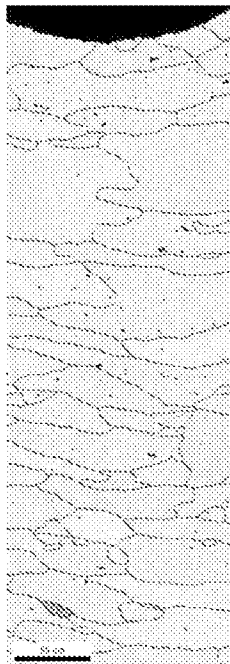
[図11]



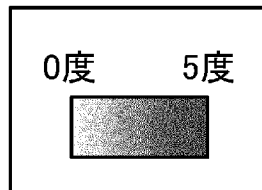
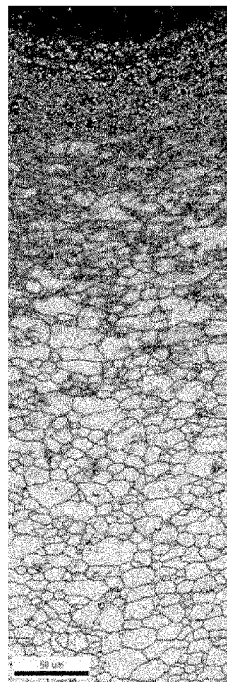
[図12]



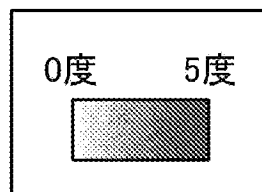
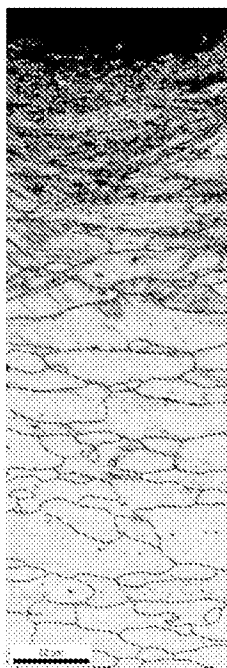
[図13]



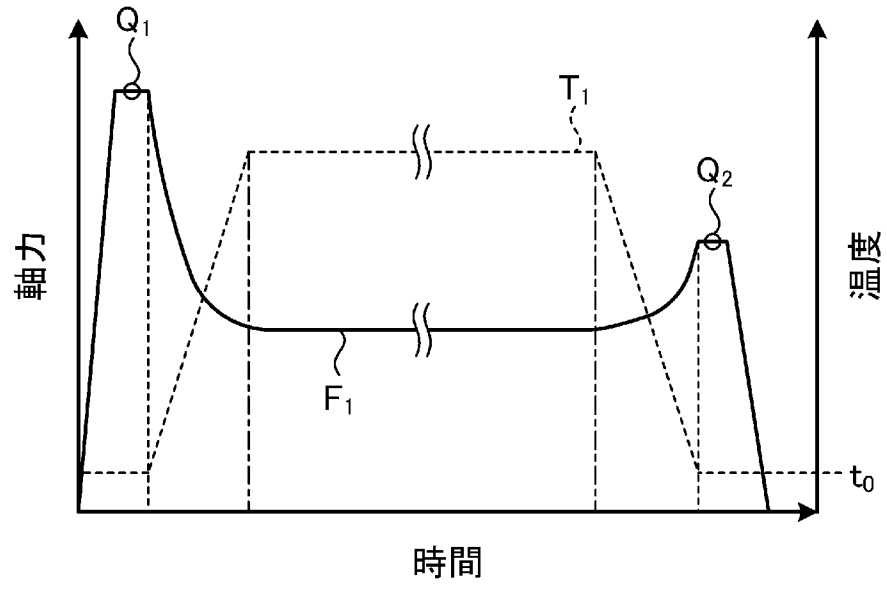
[図14]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/001361

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22C 21/18(2006.01)i; C22C 21/02(2006.01)i; C22C 21/06(2006.01)i; C22F 1/00(2006.01)n; C22F 1/043(2006.01)n; C22F 1/047(2006.01)n; C22F 1/057(2006.01)n

FI: C22C21/18; C22C21/02; C22C21/06; C22F1/00 602; C22F1/00 624; C22F1/00 630A; C22F1/00 630Z; C22F1/00 631A; C22F1/00 650A; C22F1/00 682; C22F1/00 685Z; C22F1/00 686B; C22F1/00 691B; C22F1/043; C22F1/047; C22F1/057

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)

C22C21/00-21/18; C22F1/00; C22F1/04-1/057; F16B35/00; F16B37/00

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	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

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	JP 2011-001602 A (KOBE STEEL, LTD.) 06 January 2011 (2011-01-06) paragraphs [0012], [0088], [0091]-[0109], tables 1, 2	1-3
A	CN 104451478 A (INSTITUTE OF METAL RESEARCH, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 25 March 2015 (2015-03-25)	1-3
A	WO 2013/073575 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 23 May 2013 (2013-05-23)	1-3
A	WO 2017/142030 A1 (NHK SPRING CO., LTD.) 24 August 2017 (2017-08-24)	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
22 March 2021 (22.03.2021)

Date of mailing of the international search report
06 April 2021 (06.04.2021)

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/JP2021/001361

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 2010-189750 A (KOBE STEEL, LTD.) 02 September 2010 (2010-09-02)	1-3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/001361

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2011-001602 A	06 Jan. 2011	(Family: none)	
CN 104451478 A	25 Mar. 2015	(Family: none)	
WO 2013/073575 A1	23 May 2013	DE 112012000343 T5 CN 103339276 A KR 10-2013-0121927 A	
WO 2017/142030 A1	24 Aug. 2017	US 2019/0316230 A1 EP 3418409 A1 CN 108699638 A	
JP 2010-189750 A	02 Sep. 2010	(Family: none)	

<p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））</p> <p>C22C 21/18(2006.01)i; C22C 21/02(2006.01)i; C22C 21/06(2006.01)i; C22F 1/00(2006.01)n; C22F 1/043(2006.01)n; C22F 1/047(2006.01)n; C22F 1/057(2006.01)n FI: C22C21/18; C22C21/02; C22C21/06; C22F1/00 602; C22F1/00 624; C22F1/00 630A; C22F1/00 630Z; C22F1/00 631A; C22F1/00 650A; C22F1/00 682; C22F1/00 685Z; C22F1/00 686B; C22F1/00 691B; C22F1/043; C22F1/047; C22F1/057</p>																				
<p>B. 調査を行った分野</p> <p>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））</p> <p>C22C21/00-21/18; C22F1/00; C22F1/04-1/057; F16B35/00; F16B37/00</p> <p>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</p> <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2021年</td> </tr> </table> <p>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）</p>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2021年	日本国実用新案登録公報	1996-2021年	日本国登録実用新案公報	1994-2021年										
日本国実用新案公報	1922-1996年																			
日本国公開実用新案公報	1971-2021年																			
日本国実用新案登録公報	1996-2021年																			
日本国登録実用新案公報	1994-2021年																			
<p>C. 関連すると認められる文献</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>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</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>JP 2011-001602 A（株式会社神戸製鋼所）06.01.2011（2011-01-06） 段落0012, 0088, 0091-0109, 表1, 2</td> <td>1-3</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104451478 A（INSTITUTE OF METAL RESEARCH, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES） 25.03.2015（2015-03-25）</td> <td>1-3</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2013/073575 A1（住友電気工業株式会社）23.05.2013（2013-05-23）</td> <td>1-3</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2017/142030 A1（日本発條株式会社）24.08.2017（2017-08-24）</td> <td>1-3</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2010-189750 A（株式会社神戸製鋼所）02.09.2010（2010-09-02）</td> <td>1-3</td> </tr> </tbody> </table>			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	JP 2011-001602 A（株式会社神戸製鋼所）06.01.2011（2011-01-06） 段落0012, 0088, 0091-0109, 表1, 2	1-3	A	CN 104451478 A（INSTITUTE OF METAL RESEARCH, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES） 25.03.2015（2015-03-25）	1-3	A	WO 2013/073575 A1（住友電気工業株式会社）23.05.2013（2013-05-23）	1-3	A	WO 2017/142030 A1（日本発條株式会社）24.08.2017（2017-08-24）	1-3	A	JP 2010-189750 A（株式会社神戸製鋼所）02.09.2010（2010-09-02）	1-3
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	JP 2011-001602 A（株式会社神戸製鋼所）06.01.2011（2011-01-06） 段落0012, 0088, 0091-0109, 表1, 2	1-3																		
A	CN 104451478 A（INSTITUTE OF METAL RESEARCH, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES） 25.03.2015（2015-03-25）	1-3																		
A	WO 2013/073575 A1（住友電気工業株式会社）23.05.2013（2013-05-23）	1-3																		
A	WO 2017/142030 A1（日本発條株式会社）24.08.2017（2017-08-24）	1-3																		
A	JP 2010-189750 A（株式会社神戸製鋼所）02.09.2010（2010-09-02）	1-3																		
<p><input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</p>																				
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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							
* 引用文献のカテゴリー	“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																			
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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																			
“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	“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																			
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献																			
“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																				
<p>国際調査を完了した日</p> <p>22.03.2021</p>	<p>国際調査報告の発送日</p> <p>06.04.2021</p>																			
<p>名称及びあて先</p> <p>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</p>	<p>権限のある職員（特許庁審査官）</p> <p>鈴木 毅 4K 1588</p> <p>電話番号 03-3581-1101 内線 3435</p>																			

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/JP2021/001361

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2011-001602	A	06.01.2011	(ファミリーなし)			
CN	104451478	A	25.03.2015	(ファミリーなし)			
WO	2013/073575	A1	23.05.2013	DE	112012000343	T5	
				CN	103339276	A	
				KR	10-2013-0121927	A	
WO	2017/142030	A1	24.08.2017	US	2019/0316230	A1	
				EP	3418409	A1	
				CN	108699638	A	
JP	2010-189750	A	02.09.2010	(ファミリーなし)			