

(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9月28日(28.09.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/182333 A1

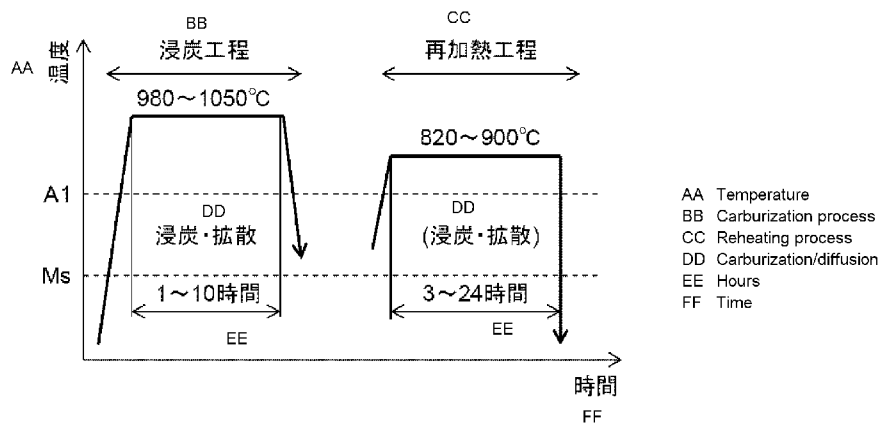
- (51) 国際特許分類:
C23C 8/22 (2006.01) C21D 9/32 (2006.01)
C21D 1/06 (2006.01) F16H 55/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/011142
- (22) 国際出願日: 2023年3月22日(22.03.2023)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2022-050297 2022年3月25日(25.03.2022) JP
- (71) 出願人: 日立建機株式会社 (HITACHI CONSTRUCTION MACHINERY CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1100015 東京都台東区東上野二丁目16番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 野々村 和也 (NONOMURA Kazuya); 〒1100015 東京都台東区東上野二丁目16番1号 日立建機株式会社内 Tokyo (JP). 福田 州洋 (FUKUDA Kunihiko); 〒1100015 東京都台東区東上野二丁目16番1号 日立建機株式会社内 Tokyo (JP). 田原 佑規 (TAHARA Yuuki);

〒1100015 東京都台東区東上野二丁目16番1号 日立建機株式会社内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 弁理士法人平木国際特許事務所 (HIRAKI & ASSOCIATES); 〒1056232 東京都港区愛宕二丁目5-1 愛宕グリーンヒルズ MORIタワー32階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, 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, MG, MK, MN, MU, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG,

(54) Title: GEAR COMPONENT

(54) 発明の名称: 歯車部品



(57) Abstract: The purpose of the present invention is to provide a gear component in which the surface layer of the dedendum has a high hardness and the bending fatigue strength is excellent. The gear component according to the present invention is characterized in that the surface layer of the dedendum includes a portion having a carbide area percentage of 10% or less and a carbide number density of $6/10 \mu\text{m}^2$ or less.

(57) 要約: 歯元の表層の硬さが高く、曲げ疲労強度に優れた歯車部品を提供することを目的とする。本発明の歯車部品は、歯元の表層に、炭化物面積率が10%以下であり、かつ炭化物数密度が6個/ $10 \mu\text{m}^2$ 以下である部分を含むことを特徴とする。

[続葉有]

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, ME, 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： 歯車部品

技術分野

[0001] 本発明は、高濃度浸炭処理が施された歯車部品に関する。

背景技術

[0002] トランスミッションや減速機等に代表される動力伝達装置の部品である歯車は、一般的に肌焼鋼を部品形状に成形した後、浸炭処理や浸炭浸窒処理を行うことにより製造されている。近年は、コストダウンを狙いとして歯車の小型化やコンパクト化が進み、より高強度な部品の開発が求められている。

[0003] コンパクト化に際し、歯車一個当たりの負荷が増大する。負荷の増大により、耐久性の向上に対する要求が高まっている。耐久性の向上技術として、加熱した鋼中に大気圧雰囲気下で炭素を導入し焼入れすることによって硬いマルテンサイト組織を形成させ、部品を強化する浸炭処理や、減圧下で浸炭処理することによって疲労破壊起点となる脆い粒界酸化物の形成を防止した真空浸炭処理が知られている。近年では、共析濃度以上の炭素を鋼中に導入し、硬質な炭化物をマルテンサイト母相中に析出させることによって部品を強化する高濃度浸炭処理が利用されている。

[0004] 高濃度浸炭処理では一般に、炭化物の析出形態が耐久性に影響することが知られている。例えば特許文献1には、炭化物の面積率が5%以上であり、かつ直径0.5 μm 以下の炭化物の面密度が6.0個/ $10\mu\text{m}^2$ 以上である機械構造用鋼部品が開示されている。この部品によれば、微細な炭化物が分散して析出することにより、耐ピッチング性を向上させることが可能である。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2005-113168号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、上記特許文献 1 に記載の部品では、多量に析出した炭化物と母相との界面の表面積が増加する。この界面は熱力学的に不安定であり、焼入れ中にパーライト変態やベイナイト変態等の核となりやすい。加えて、母相中のクロム等の合金元素が炭化物に濃化するため、界面近傍の母相ではクロム等の合金元素濃度が減少し、焼入れ性が低下する。これらの影響により、パーライトやベイナイト等、マルテンサイトよりも硬さの低い組織が焼入れ中に形成されやすくなる。この現象は、リム厚が厚く、熱容量の大きい歯車に適用した際に発生しやすく、特に冷却速度の遅い歯元にて顕著となる。そのため、歯元表層の硬さが低下し、歯元の曲げ疲労強度が低下するという問題があった。換言すれば、歯車全体としての高強度化及び長寿命化を考えた場合、歯元に着目するとまだ改善の余地がある。

[0007] 上記従来の問題に対処するため、本発明は、歯元の表層の硬さが高く、曲げ疲労強度に優れた歯車部品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] 上記課題を解決するために、本発明の歯車部品は、歯元と、歯先と、前記歯元及び前記歯先間の歯面と、を有する歯部を有し、高濃度浸炭処理が施された鋼材からなる歯車部品であって、前記歯元は、表層に炭化物が分散して析出した炭化物層を有し、前記歯元の前記炭化物層の少なくとも一部における炭化物面積率が 10%以下であり、かつ炭化物数密度が 6 個/10 μm^2 以下であることを特徴とする。

本明細書は本願の優先権の基礎となる日本国特許出願番号 2022-050297 号の開示内容を包含する。

発明の効果

[0009] 本発明の歯車部品によれば、炭化物の面積率が小さく、かつ炭化物と母相との界面の表面積が小さくなる。そのため、焼入れ中のパーライト、ベイナイト変態等の核が減少し、また界面近傍では母相中のクロム等の合金元素濃度の減少幅が小さくなって焼入れ性の低下幅が小さくなる。その結果、パー

ライトやベイナイト等の軟質組織が焼入れ中に形成されにくくなり、歯元表層の硬さが向上して歯元の曲げ疲労強度が向上する。

図面の簡単な説明

- [0010] [図1]本発明に係る歯車部品の一実施形態を示す斜視図である。
- [図2]本発明の一実施形態に係る歯車部品の軸方向の断面図である。
- [図3]図2のA部分の拡大図である。
- [図4]本発明の一実施形態に係る歯車部品の径方向の断面図である。
- [図5]図4のB部分の拡大図である。
- [図6]本発明の一実施形態に係る歯車部品の製造工程を示す図である。
- [図7]高濃度浸炭処理工程の概要を示す図である。
- [図8]実施例及び比較例における高濃度浸炭処理工程の概要を示す図である。
- [図9]実施例及び比較例における歯面疲労試験の試験片の形状を示す図である。
- 。
- [図10]実施例及び比較例における材料組織と特性との関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

- [0011] 以下、本発明の歯車部品の一実施形態について図面を用いて説明する。
- 最初に、本発明に係る歯車部品の成分組成について説明する。該歯車部品は、各種の合金元素を含み、残部がFe及び不可避不純物を含む鋼材からなる。具体的には、例えば、JIS G4053等に規定されているCr鋼（SCr材）、Cr-Mo鋼（SCM材）、Ni-Cr-Mo鋼（SNCM材）等の材料から構成することが可能である。
- [0012] 図1は、本発明の一実施形態に係る歯車部品の斜視図である。この歯車部品1は、油圧ショベルやダンプトラック等の建設機械の歯車として用いることができるが、これに限定されるものではない。
- [0013] 図2は、歯車部品1の軸方向の断面図である。図3は、図2のA部分の拡大図であり、歯車部品1の軸方向の断面を模式的に示している。歯車部品1は、高濃度浸炭処理が施されることで、芯部から表面10の方向にかけて順

に、母相 1 1、浸炭層 1 2、炭化物層 1 3 が形成された内部構造を有する。浸炭層 1 2 は、母相 1 1 よりも炭素濃度が高い範囲である。炭化物層 1 3 は浸炭層 1 2 の中でも特に炭素濃度が高く、炭化物が分散して析出している層状の領域である。高濃度浸炭処理は、この炭化物層 1 3 が形成されるような（すなわち表面に近い領域に炭化物が析出する程度まで行う）浸炭処理ということもできる。また、浸炭層 1 2 及び炭化物層 1 3 をまとめて、母相 1 1 よりも炭素濃度が高い層（浸炭処理層）ということもできる。

[0014] 図 4 は、歯車部品 1 の径方向の断面図（図 2 の X-X' 断面図）である。歯部 1 4 と内穴 1 5 との間隔がリム厚 D である。

[0015] 図 5 は、図 4 の B 部分の拡大図である。歯部 1 4 は、図 3 に示す歯車部品 1 の軸方向の断面の拡大図と同様に、歯車部品 1 の芯部から表面 1 0 の方向にかけて順に、母相 1 1、浸炭層 1 2、炭化物層 1 3 から構成されている。歯部 1 4 の先端部を含む範囲が歯先 1 6 であり、表面 1 0 とピッチ円 R との交点を含む範囲が歯面 1 7 である。また、歯部 1 4 の中心線 P に対し 30° の角をなす直線と、表面 1 0 との接点を含む範囲が歯元（歯底） 1 8 である。すなわち、歯部 1 4 は、歯元 1 8 と、歯先 1 6 と、歯元 1 8 及び歯先 1 6 間の歯面 1 7 と、を含む。

[0016] まず、歯元 1 8 の表層、すなわち歯元 1 8 における炭化物層 1 3 は、その少なくとも一部における炭化物面積率が 10% 以下であり、かつ炭化物数密度が $6 \text{ 個} / 10 \mu\text{m}^2$ 以下である。歯元 1 8 の炭化物層 1 3 においては、炭化物面積率が 10% より大きくなると、母相中のクロム等の合金元素の濃度が減少して焼入れ性が低下し、硬さが低下して歯元 1 8 の曲げ疲労強度が低下する。炭化物数密度が $6 \text{ 個} / 10 \mu\text{m}^2$ より大きくなると、炭化物と母相との界面の表面積が増加し、マルテンサイトよりも硬さの低い組織が焼入れ中に形成されやすくなって歯元 1 8 の曲げ疲労強度が低下する。

[0017] 次に、歯面 1 7 の表層、すなわち歯面 1 7 における炭化物層 1 3 は、その少なくとも一部における炭化物面積率が 10% 以下であることが好ましい。歯面 1 7 の炭化物層 1 3 においては、炭化物面積率が 10% より大きくなる

と、歯車の稼働中に粗大な炭化物が起点となってき裂が発生、進展しやすくなり、歯面ピッチング疲労寿命が短くなる場合がある。

[0018] また、歯面 17 における炭化物層 13 の炭化物面積率は、歯元 18 における炭化物層 13 の炭化物面積率よりも大きいことが好ましい。歯面 17 における炭化物層 13 の炭化物面積率が小さくなると、歯面 17 の炭化物によるピッチング疲労寿命の向上効果が小さくなる。一方、歯元 18 における炭化物層 13 の炭化物面積率が大きくなると、歯元 18 の母相中のクロム等の合金元素の濃度が減少して焼入れ性が低下し、硬さが低下して歯元 18 の曲げ疲労強度が低下する。そのため、歯面 17 の表層の炭化物面積率が減少するか又は歯元 18 の表層の炭化物面積率が増加し、歯面 17 の表層の炭化物面積率が歯元 18 の表層の炭化物面積率以下になると、歯車全体として耐久性が低下する場合がある。

[0019] また、歯元 18 における炭化物層 13 の厚さは、歯面 17 における炭化物層 13 の厚さよりも厚いことが好ましい。なお、歯面 17 もしくは歯元 18 の炭化物層 13 の厚さは、歯面 17 もしくは歯元 18 の表面に対し垂直方向に測定した炭化物層 13 の厚さをいう。歯面 17 における内部起点型のピッチング疲労損傷は、せん断応力が最大となる深さから発生する。そのため、炭化物層 13 はせん断応力が最大となる深さよりも深ければよく、厚くなくてもよい。一方、歯元 18 における炭化物層 13 は、厚いほど歯元 18 の残留応力が増大し、歯元曲げ疲労強度が向上する。そのため、歯元 18 の炭化物層 13 の厚さが歯面 17 の炭化物層 13 の厚さよりも厚いと、歯車全体として耐久性が向上する。

[0020] 次に、本発明の一実施形態に係る歯車部品の製造方法について図面を用いて説明する。

図 6 は、本発明の一実施形態に係る歯車部品の製造工程を示す図である。まず、上記した成分組成の素材鋼を、歯車部品として必要な寸法に整形するため、適宜熱間鍛造を施した後、加工組織と加工歪の影響除去を目的とした焼ならしを施し、歯車形状に歯切りし、高濃度浸炭と焼戻しによって表面硬

化を行う。必要に応じ、熱処理歪の低減を目的として焼戻し後に仕上げ加工を施してもよい。

[0021] 図7は、高濃度浸炭処理工程の概要を示す図である。以下、図7を用いて本発明の一実施形態に係る歯車部品を製造する際の高濃度浸炭処理工程について説明する。図7に示すように、高濃度浸炭処理工程は、浸炭工程及び再加熱工程を備えている。

[0022] 浸炭工程では、歯車部品1を均熱した後、アセチレン等の炭化水素系ガスを一定時間断続的に導入することで、材料表面から内部に炭素を導入し、拡散させて浸炭層12及び炭化物層13を形成させる。浸炭工程の温度は、A1変態温度以上とする。浸炭工程の温度がA1変態温度未満である場合、組織がオーステナイト変態せず、浸炭されない。浸炭工程の温度は高いほど浸炭時間が短く済むが、熱処理歪が大きくなるため、980～1050℃程度とすることが好ましい。浸炭工程の温度は必要に応じ、処理中に適宜変化させてもよい。浸炭工程の時間は、歯車部品として必要とされる浸炭層12の厚さを実現するために、1～10時間程度とすることが好ましい。浸炭工程終了時の表面炭素濃度は、共析炭素濃度以上であり、かつ浸炭工程の温度におけるAcm線に相当する炭素濃度未満を満たすように浸炭することが好ましい。表面炭素濃度を共析炭素濃度以上とすることにより、再加熱工程後に炭化物層13中の炭化物が分散する。この炭化物によって曲げ疲労強度やピッチング疲労寿命が向上する。表面炭素濃度が浸炭工程の温度におけるAcm線に相当する炭素濃度以上の場合、浸炭工程中に粗大な炭化物が旧オーステナイト結晶粒界に沿って析出する。結晶粒界に沿って析出した粗大な炭化物は再加熱工程後も残存するため、焼入れ性が低下して歯元硬さが低下する。浸炭工程終了時の表面炭素濃度は、高いほど再加熱工程後の炭化物面積率が増加し、焼入れ性が低下して再加熱工程後の歯元硬さが低下するため、1.0～2.0wt%の範囲であることが好ましい。浸炭工程の冷却速度は、冷却中に上記の炭素濃度を過飽和状態で維持し、かつ次の再加熱工程において粗大炭化物となり得るような炭化物が形成しない冷却速度であれば特に限

定されない。浸炭工程の冷却後の温度は、A 1 点より低い温度とする。浸炭工程の冷却後の温度が A 1 点以上の場合、オーステナイトがパーライト変態せず、再加熱工程にて炭化物層 1 3 中の炭化物が分散されない。

[0023] 再加熱工程では、歯車部品 1 を均熱した後、アセチレン等の炭化水素系ガスを一定時間断続的に導入することによって材料表面から内部に炭素を導入し、拡散させて焼入れする。これにより、浸炭工程の冷却過程及び再加熱工程の加熱、均熱過程にて形成された炭化物層 1 3 中の炭化物の核を中心に、炭化物が歯元硬さの向上に必要な上記の面積率及び数密度の範囲内となるよう制御され、焼入れ後に歯元硬さの高い歯車部品 1 が得られる。また、この際、浸炭工程後の過飽和炭素濃度によって得られる炭化物層 1 3 中の炭化物が、上記の炭化物の面積率及び数密度の条件を実現できるのであれば、再加熱工程においてアセチレン等を導入しなくてもよい。再加熱工程の温度は、A 1 変態温度以上とし、さらに再加熱工程終了時の表面炭素濃度での A c m 温度未満とすることが好ましい。再加熱工程の温度が A 1 変態温度未満である場合、組織がオーステナイト変態せず、歯車部品 1 が焼入れ過程にて硬化されない。再加熱工程の温度が浸炭工程終了時の部品の表面炭素濃度での A c m 温度以上である場合、炭化物層 1 3 中の析出した炭化物が固溶する。再加熱工程の温度は高いほど炭化物層 1 3 中の炭化物の数密度は減少するが、焼入れ後の残留オーステナイト量が増えて硬さが低下するため、820～900℃程度とすることが好ましい。再加熱工程の時間は、炭化物層 1 3 中の炭化物をオストワルト成長させて上記の炭化物の面積率及び数密度の条件を満たすために、一般的な再加熱時間よりも長時間とし、具体的には3～24時間程度とすることが好ましい。また、組織を制御するため、必要に応じて、処理中に温度を適宜変化させてもよく、冷却加熱過程を適宜追加してもよい。再加熱工程の焼入れ後の温度は、M s 点より低い温度とする。再加熱工程の焼入れ後の温度が M s 点以上である場合、オーステナイトがマルテンサイト変態せず、硬化されない。

[0024] 高濃度浸炭処理工程後の焼戻し工程では、温度を150℃から250℃の

範囲内に適宜設定し、歯車部品 1 を均熱する。この際、歯車部品 1 が均熱されれば処理時間は特に限定されず、また冷却の方法も特に限定されるものではない。

実施例

[0025] 以下、実施例及び比較例によって本発明をさらに詳細に説明する。

表 1 に示すように高濃度浸炭処理条件及びリム厚 D を変えて、実施例 1 ～ 3 及び比較例 1 ～ 5 の歯車部品 1 を作製した。図 8 は、各実施例及び比較例における高濃度浸炭処理工程の概要を示す図である。歯面 17 及び歯元 18 の炭化物面積率及び炭化物数密度は、図 4 に示すような歯車部品の径方向の断面に対し、80℃に加熱したピクリン酸ソーダ中で 20 分エッチングを行って炭化物のみを黒く現出させ、画像解析ソフトを用いて算出した。歯先 16、歯面 17、歯元 18 の硬さ比は、図 4 に示す歯車部品の径方向の断面において、ビッカース硬さ試験機にて試験して得られた値を、共析浸炭した歯車部品に対して試験して得られた値で除して算出した。歯面疲労寿命は、歯面疲労を模擬した要素試験である歯面疲労試験によって評価した。図 9 は、各実施例及び比較例における歯面疲労試験の試験片の形状を示す。小歯車 20 は、上記した成分組成の素材鋼を、熱間鍛造、焼ならし、歯切り後、表 1 に示す高濃度浸炭処理を施し焼戻しして作製した。大歯車 30 は、上記した成分組成の素材鋼を、熱間鍛造、焼ならし、歯切り後、共析浸炭処理を施し焼戻しして作製した。歯面疲労試験は、小歯車 20 と大歯車 30 とを一对かみ合わせ、油温 70℃の減速機潤滑油を用い、ヘルツ面圧 230 kgf/mm²にて試験した。歯面疲労寿命は、小歯車 20 の歯面にピッチング疲労損傷が発生するまでの小歯車 20 の繰返し数とした。歯面疲労寿命比は、高濃度浸炭処理した小歯車 20 の歯面疲労寿命を、共析浸炭処理した小歯車 20 の歯面疲労寿命で除して算出した。なお、表 1 において、* は、歯元もしくは歯面の表層に炭化物面積率が 10% を超える部分を含む場合、又は歯元の炭化物数密度が 6 個/10 μm² を超える部分を含む場合を示す。

[0026]

[表1]

	条件	リム厚 [mm]	歯元 炭化物 数密度 [個/10 μ m ²]	歯元 炭化物 面積率 [%]	歯面 炭化物 面積率 [%]	歯先 硬さ比	歯面 硬さ比	歯元 硬さ比	歯面 疲労 寿命比
実施例 1	a	50	2.2	3.8	5.0	1.2	1.1	1.1	>5.0
実施例 2	a	50	4.5	9.9	7.6	1.1	1.1	1.1	3.5
実施例 3	a	120	5.0	8.3	8.0	1.2	1.2	1.2	>5.0
比較例 1	b	50	*10.4	9.1	8.1	1.2	1.2	0.8	3.3
比較例 2	b	50	*7.0	9.5	9.3	1.2	1.1	0.9	3.3
比較例 3	c	50	1.8	*14.6	*12.2	1.1	1.1	0.6	1.5
比較例 4	b	120	5.2	*10.5	*10.5	1.2	1.2	0.9	1.5
比較例 5	b	120	*6.1	8.1	9.0	1.2	1.4	0.8	4.3

[0027] 実施例 1～3 は、リム厚 D が 50 mm 及び 120 mm の歯車部品 1 に対し、図 8 A に示す高濃度浸炭処理条件にて処理し、再加熱工程の時間を 3～24 時間の範囲で制御することによって、歯元の表層に、炭化物面積率が 10 % 以下であり、かつ炭化物数密度が 6 個/10 μ m² 以下である部分を含むように制御し、さらに歯面の表層に、炭化物面積率が 10 % 以下である部分を含むように制御した。

[0028] 比較例 1、2、4、5 は、リム厚 D が 50 mm 及び 120 mm の歯車部品 1 に対し、図 8 B に示す高濃度浸炭処理条件にて処理し、再加熱工程の時間を 1～3 時間の範囲で制御することによって、歯元の表層に、炭化物面積率が 10 % を超えるか、又は炭化物数密度が 6 個/10 μ m² を超える部分を含むように制御した。比較例 4 については、さらに歯面の表層に、炭化物面積率が 10 % を超える部分を含むように制御した。

[0029] 比較例 3 は、リム厚 D が 50 mm の歯車部品 1 に対し、図 8 C に示す高濃度浸炭処理条件にて処理し、再加熱工程の時間を 3～12 時間の範囲とし、かつ再加熱工程にて炭化水素系ガスを一定時間断続的に導入することによって、歯元及び歯面の表層に、炭化物面積率が 10 % を超える部分を含むように制御した。

[0030] 図 10 は、各実施例及び比較例における材料組織と特性との関係を示すグ

ラフである。図10Aは、歯元炭化物数密度と歯元硬さ比との関係を示しており、表1の実施例及び比較例のうち、歯元炭化物面積率が10%以下であるものをプロットしている。歯元硬さ比は、歯元炭化物数密度6個/ $10\mu\text{m}^2$ を境に大きく変化している。図10Bは、歯元炭化物面積率と歯元硬さ比との関係を示しており、表1の実施例及び比較例のうち、歯元炭化物数密度が6個/ $10\mu\text{m}^2$ 以下であるものをプロットしている。歯元硬さ比は、歯元炭化物面積率10%を境に大きく変化している。図10Cは、歯面炭化物面積率と歯面疲労寿命比との関係を示している。歯面疲労寿命比は、歯面炭化物面積率10%を境に大きく変化している。

[0031] その他、本発明は上記実施例に限定されず、その趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えた態様にて実施することが可能である。例えば、上記した種々の構成の中では、少なくとも、歯元18における炭化物層13の少なくとも一部における炭化物面積率が10%以下であり、かつ炭化物数密度が6個/ $10\mu\text{m}^2$ 以下であればよい。

符号の説明

- [0032] 1 歯車部品
- 10 表面
 - 11 母相
 - 12 浸炭層
 - 13 炭化物層
 - 14 歯部
 - 15 内穴
 - 16 歯先
 - 17 歯面
 - 18 歯元
 - 20 小歯車
 - 30 大歯車
 - D リム厚

R ピッチ円

W 歯幅

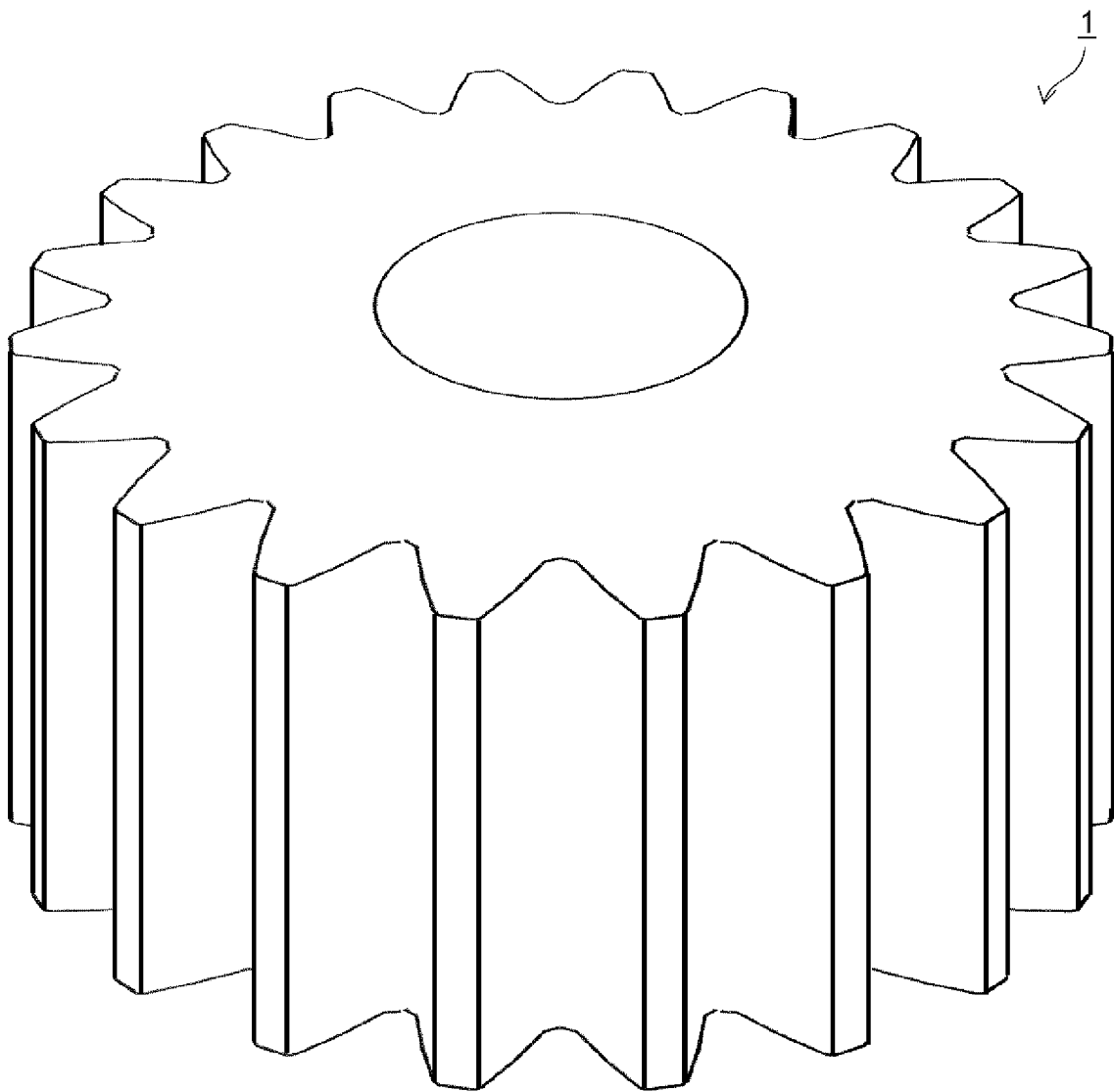
P 中心線

本明細書で引用した全ての刊行物、特許及び特許出願はそのまま引用により本明細書に組み入れられるものとする。

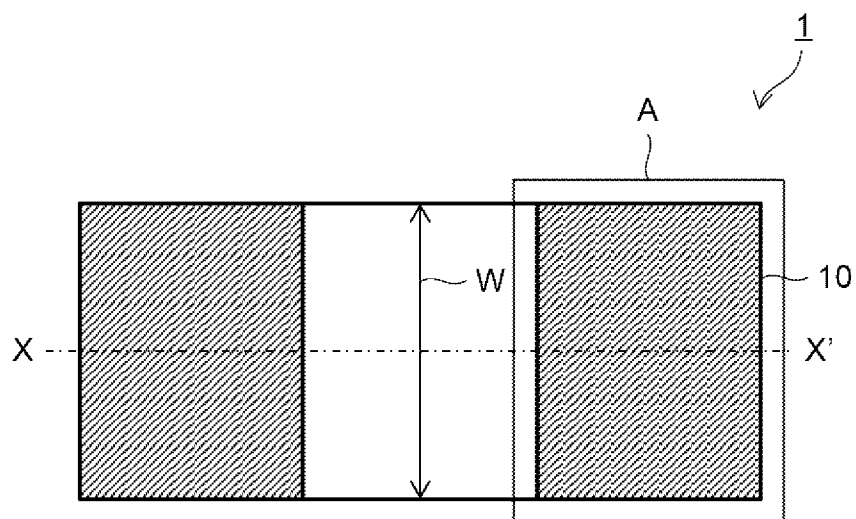
請求の範囲

- [請求項1] 歯元と、歯先と、前記歯元及び前記歯先間の歯面と、を有する歯部を有し、高濃度浸炭処理が施された鋼材からなる歯車部品であって、前記歯元は、表層に炭化物が分散して析出した炭化物層を有し、前記歯元の前記炭化物層の少なくとも一部における炭化物面積率が10%以下であり、かつ炭化物数密度が6個/10 μm^2 以下であることを特徴とする歯車部品。
- [請求項2] 前記歯面は、表層に炭化物が分散して析出した炭化物層を有し、前記歯面の前記炭化物層の少なくとも一部における炭化物面積率が10%以下であることを特徴とする請求項1に記載の歯車部品。
- [請求項3] 前記歯面は、表層に炭化物が分散して析出した炭化物層を有し、前記歯面の前記炭化物層の炭化物面積率は、前記歯元の前記炭化物層の炭化物面積率よりも大きいことを特徴とする請求項1に記載の歯車部品。
- [請求項4] 前記歯面は、表層に炭化物が分散して析出した炭化物層を有し、前記歯元の前記炭化物層の厚さは、前記歯面の前記炭化物層の厚さよりも厚いことを特徴とする請求項1に記載の歯車部品。

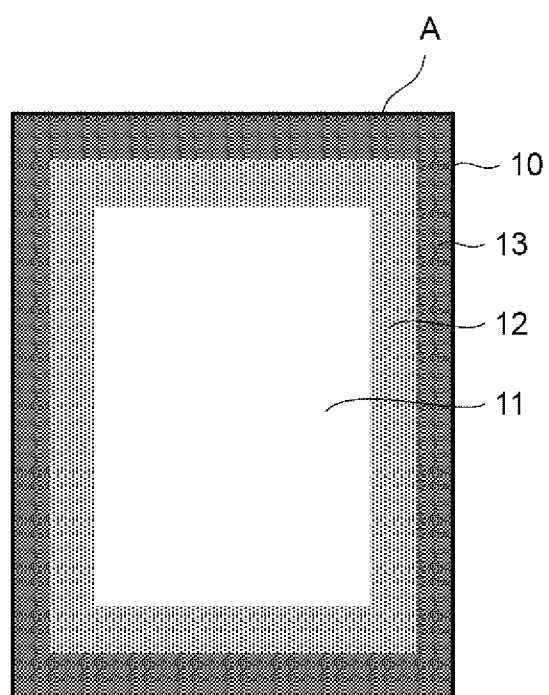
[図1]



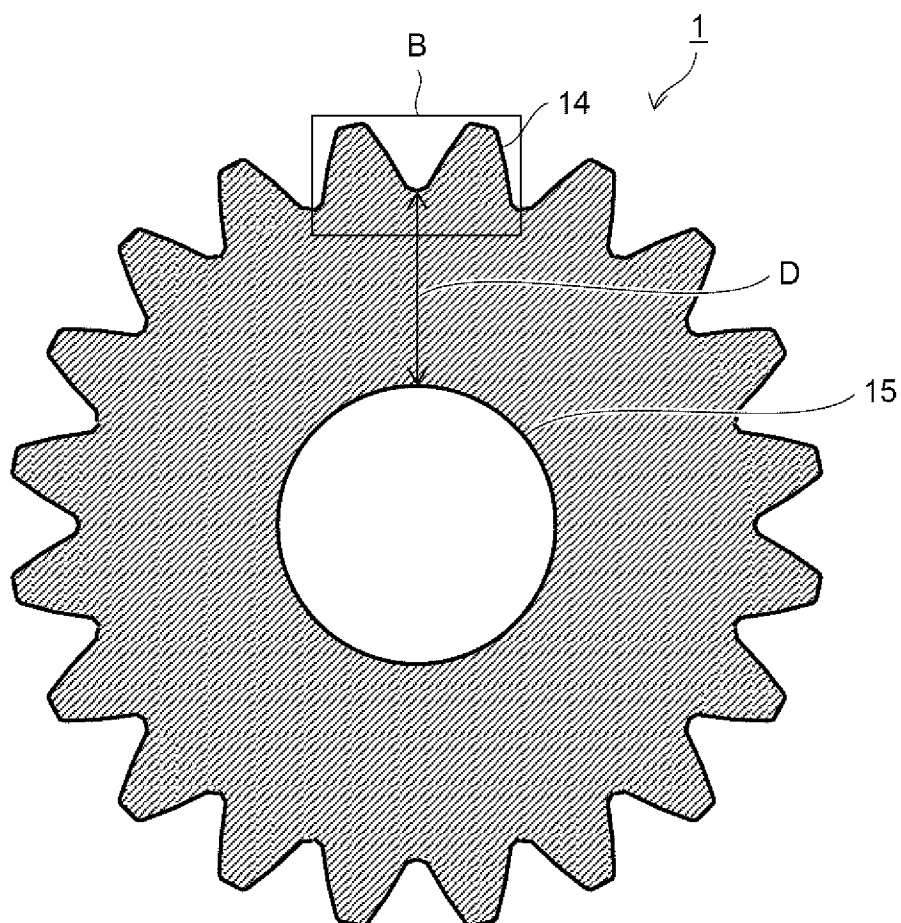
[図2]



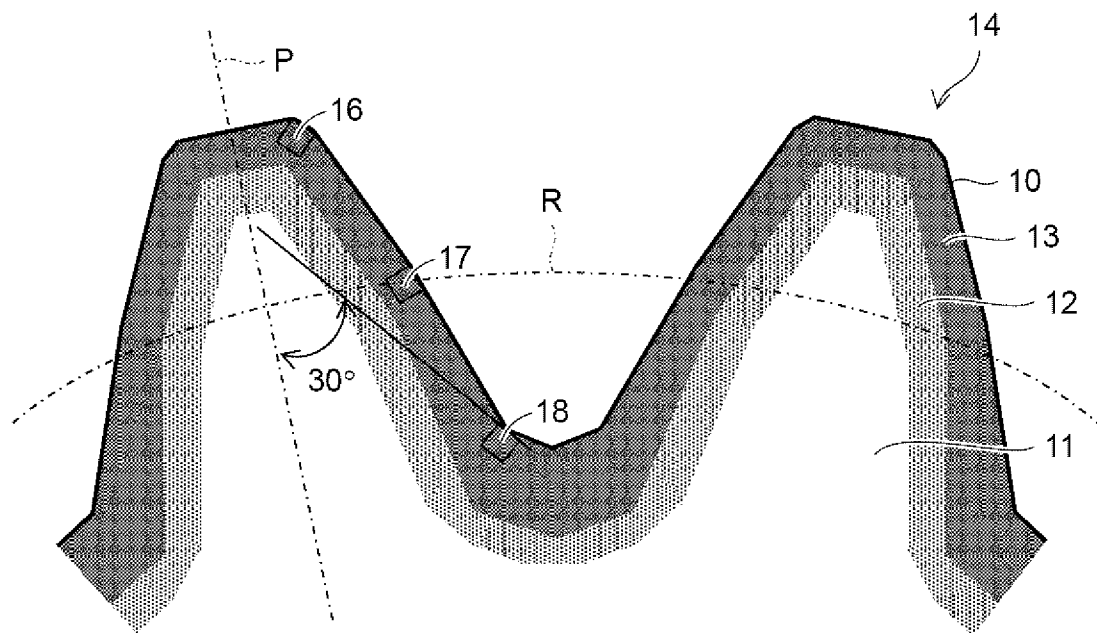
[図3]



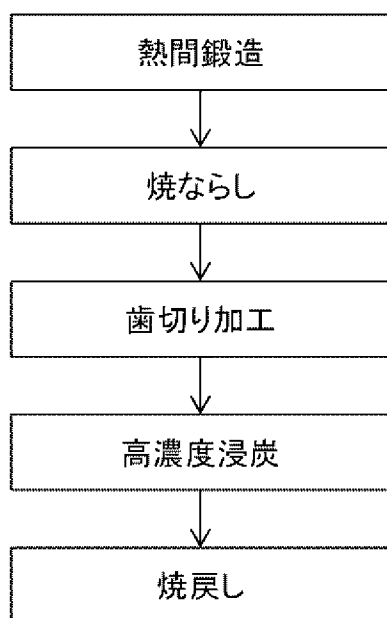
[図4]



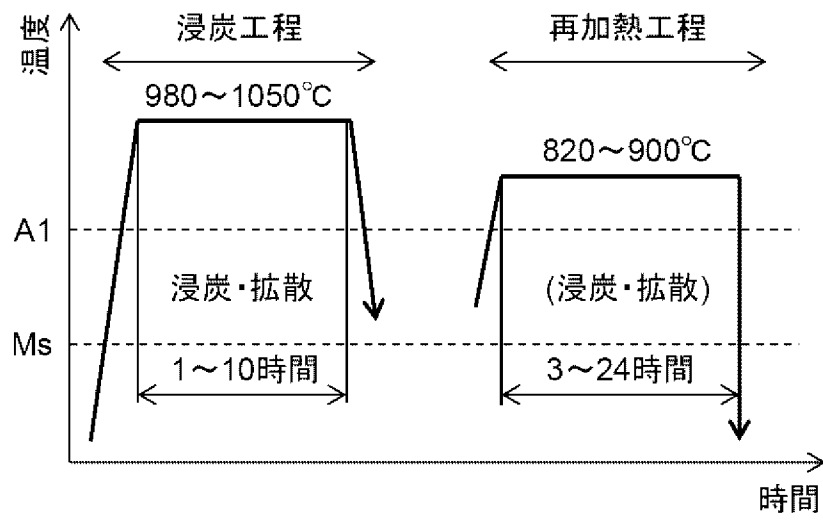
[図5]



[図6]

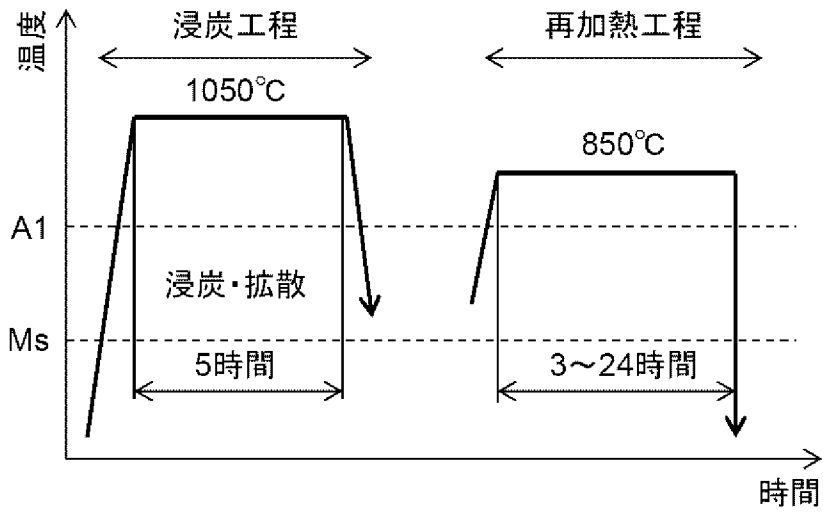


[図7]

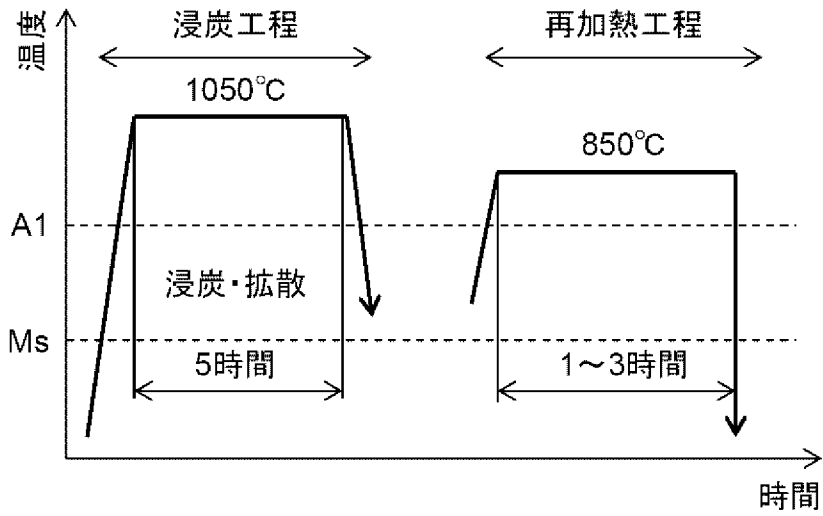


[図8]

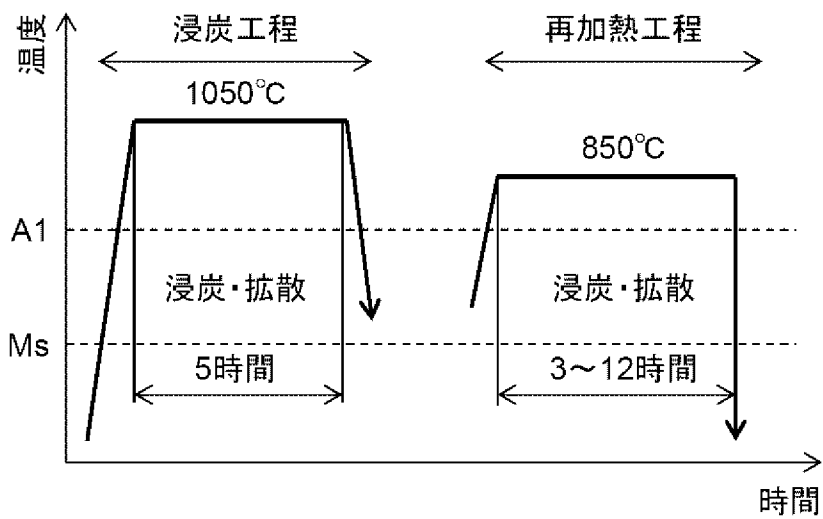
A



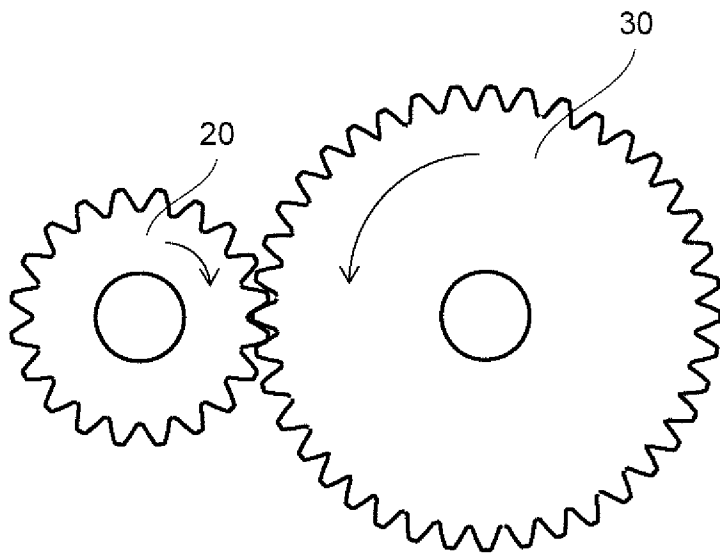
B



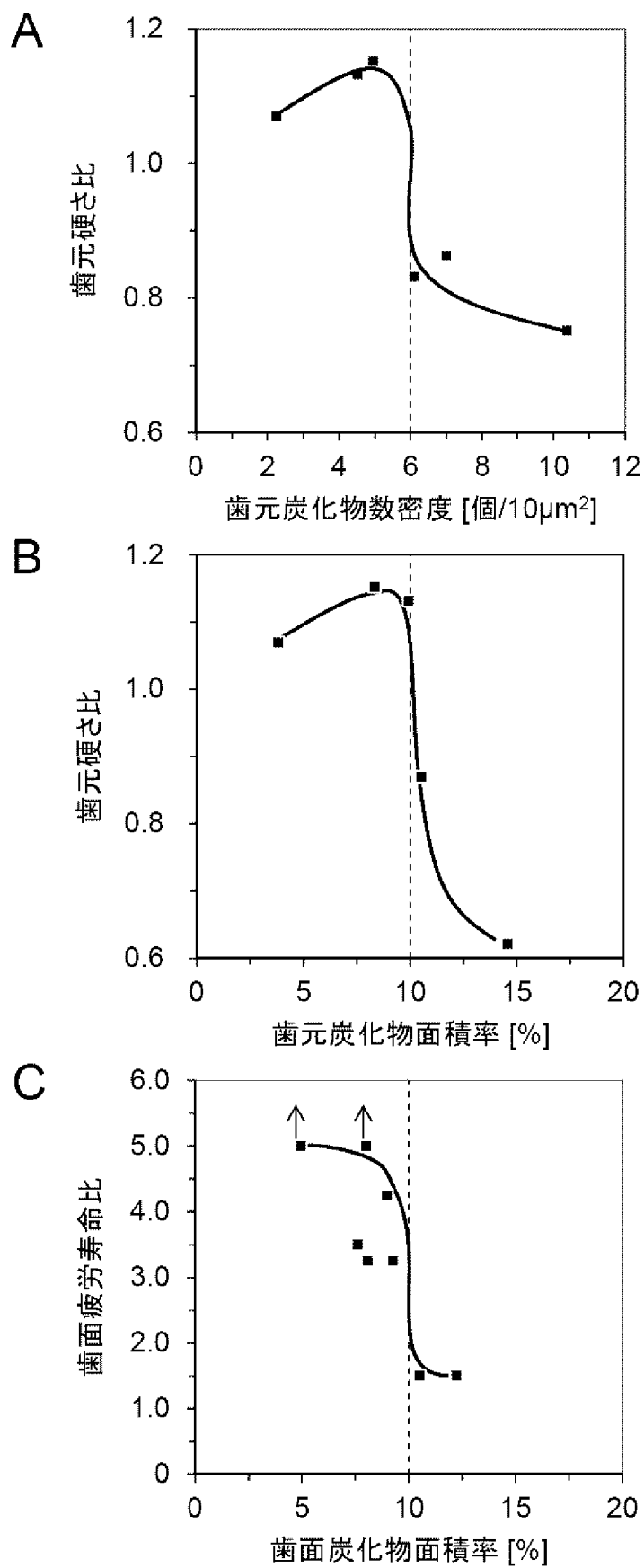
C



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/011142

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**C23C 8/22**(2006.01)i; **C21D 1/06**(2006.01)i; **C21D 9/32**(2006.01)i; **F16H 55/06**(2006.01)i

FI: C23C8/22; C21D1/06 A; C21D9/32 Z; F16H55/06

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)

C23C8/22; C21D1/06; C21D9/32; F16H55/06

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 1971-2023

Registered utility model specifications of Japan 1996-2023

Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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.
Y	JP 2000-018369 A (NISSAN MOTOR CO., LTD.) 18 January 2000 (2000-01-18) paragraphs [0055]-[0063]	1-4
Y	JP 2001-098343 A (DAIDO STEEL CO., LTD.) 10 April 2001 (2001-04-10) claims 1, 18, paragraphs [0001], [0047]-[0074], [0079]-[0083]	1-4
Y	JP 2005-163173 A (KOMATSU LTD.) 23 June 2005 (2005-06-23) fig. 13	4
A	JP 2002-113544 A (NISSAN MOTOR CO., LTD.) 16 April 2002 (2002-04-16) paragraphs [0020]-[0029]	1-4
A	JP 2016-023346 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 08 February 2016 (2016-02-08) paragraphs [0058]-[0066], fig. 7, 8	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

26 May 2023

Date of mailing of the international search report

13 June 2023

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
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/011142

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2000-018369	A	18 January 2000	(Family: none)	
JP	2001-098343	A	10 April 2001	US 6569267 B1 column 1, lines 6-15, column 8, line 51 to column 17, line 48, column 18, line 65 to column 26, line 34 EP 1070760 A2	
JP	2005-163173	A	23 June 2005	US 2005/0103777 A1 fig. 13 KR 10-2005-0046578 A CN 1616850 A	
JP	2002-113544	A	16 April 2002	(Family: none)	
JP	2016-023346	A	08 February 2016	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） C23C 8/22(2006.01)i; C21D 1/06(2006.01)i; C21D 9/32(2006.01)i; F16H 55/06(2006.01)i FI: C23C8/22; C21D1/06 A; C21D9/32 Z; F16H55/06										
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）） C23C8/22; C21D1/06; C21D9/32; F16H55/06										
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 <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 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2023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 - 2023年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2023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								
Y	JP 2000-018369 A（日産自動車株式会社）18.01.2000（2000 - 01 - 18） 段落[0055]-[0063]	1-4								
Y	JP 2001-098343 A（大同特殊鋼株式会社）10.04.2001（2001 - 04 - 10） 請求項1, 18, 段落[0001], [0047]-[0074], [0079]-[0083]	1-4								
Y	JP 2005-163173 A（株式会社小松製作所）23.06.2005（2005 - 06 - 23） 図13	4								
A	JP 2002-113544 A（日産自動車株式会社）16.04.2002（2002 - 04 - 16） 段落[0020]-[0029]	1-4								
A	JP 2016-023346 A（トヨタ自動車株式会社）08.02.2016（2016 - 02 - 08） 段落[0058]-[0066], 図7, 8	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 26.05.2023	国際調査報告の発送日 13.06.2023									
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） 萩原 周治 4E 9835 電話番号 03-3581-1101 内線 3425									

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/JP2023/011142

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2000-018369	A	18.01.2000	(ファミリーなし)	
JP	2001-098343	A	10.04.2001	US 6569267 B1 第1欄第6行-第15行, 第8欄 第51行-第17欄第48行, 第18 欄第65行-第26欄第34行	
				EP 1070760 A2	
JP	2005-163173	A	23.06.2005	US 2005/0103777 A1 FIG. 13	
				KR 10-2005-0046578 A	
				CN 1616850 A	
JP	2002-113544	A	16.04.2002	(ファミリーなし)	
JP	2016-023346	A	08.02.2016	(ファミリーなし)	