(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
2009 年 10 月 29 日(29.10.2009)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2009/131202 A1

(51) 国際特許分類:
C21D 9/32 (2006.01) *C21D 1/10* (2006.01)
C21D 1/06 (2006.01) *C23C 8/22* (2006.01)
C21D 1/09 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2009/058126

(22) 国際出願日: 2009 年 4 月 24 日(24.04.2009)

(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 2008-115024 2008 年 4 月 25 日(25.04.2008) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): アイシン・エィ・ダブリュ株式会社 (AISIN AW CO., LTD.) [JP/JP]; 〒4441192 愛知県安城市藤井町高根１０番地 Aichi (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 大林巧治 (OHBAYASHI, Kouji) [JP/JP]; 〒4441192 愛知県安城市藤井町高根１０番地 アイシン・エィ・ダブリュ株式会社内 Aichi (JP). 岡田一晃 (OKADA, Kazuaki) [JP/JP]; 〒4441192 愛知県安城市藤井町高根１０番地 アイシン・エィ・ダブリュ株式会社内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人あいち国際特許事務所 (AICHI, Takahashi, Iwakura, &, Associates); 〒4500002 愛知県名古屋市中村区名駅３丁目２６番１９号 名駅永田ビル Aichi (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

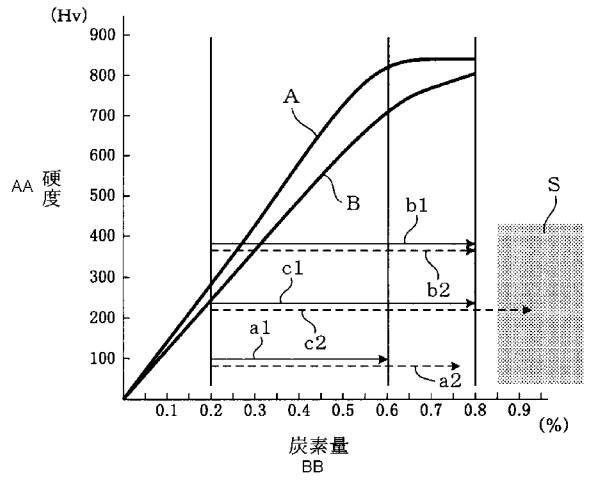
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) **Title**: METHOD FOR PRODUCING STEEL PARTS

(54) 発明の名称: 鋼部材の製造方法

[図7]



AA... HARDNESS
BB... CARBON CONTENT

(57) **Abstract**: Included are a reduced pressure carburization process wherein steel parts are subjected to a carburizing treatment in a carburizing gas under reduced pressure; a slow-cooling process wherein said steel parts which have been subjected to the reduced pressure carburization process are cooled slowly in a cooling gas; and a hardening process wherein prescribed regions of the cooled steel parts are heated using high density energy and then quenched. The steel parts subjected to the reduced pressure carburization process have a first part (where carbon diffuses readily) and a second part (where carbon diffuses with difficulty) wherein the diffusion rates of the carbon introduced during the carburizing treatment are different, depending on the shape, and the diffusion rate of the carbon introduced into the second part is slower than that in the first part. The reduced pressure carburization process is carried out under conditions such that the surface carbon concentration in the first part reaches a value within the range 0.65 ± 0.1 mass%.

(57) 要約: 鋼部材を減圧下の浸炭ガス中において浸炭処理する減圧浸炭工程と、減圧浸炭工程を終えた上記鋼部材を冷却ガス中において徐冷する徐冷工程と、冷却された鋼部材の所望部分を高密度エネルギーを利用して加熱した後に急冷する焼き入れ工程とを含む。減圧浸炭工程に供する上記鋼部材は、その形状に起因して浸炭処理時に侵入した炭素の拡散速度が異なる第１部位（炭素容易拡散部位）と第２部位（炭素難拡散部位）とを有し、第１部位よりも第２部位の方が侵入した炭素の拡散速度が遅い。減圧浸炭工程は、第１部位の表面浸炭濃度が０．６５±０．１質量%の範囲内となる条件で行う。

WO 2009/131202 A1

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 ： 鋼部材の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、例えばギヤ等の、その形状に起因して浸炭処理時に侵入した炭素の拡散速度が異なる第１部位（炭素容易拡散部位）と第２部位（炭素難拡散部位）とを有し、第１部位よりも上記第２部位の方が侵入した炭素の拡散速度が遅い鋼部材に浸炭処理を施して製造する方法に関する。

背景技術

[0002] 例えば、ギヤ等の鋼部材は、靭性を維持しつつ表面硬度を高めるための処理として浸炭焼入れ処理が施されることが多い。浸炭焼入れ処理は、鋼部材をオーステナイト化温度以上に加熱した状態で表面の炭素濃度を増大させる浸炭処理を行った後に、焼入れ処理を行って芯部の靭性を確保すると共に、表面硬度を高める処理である。

[0003] 従来の浸炭焼入れ処理としては、出側に油焼入れ槽を備えた大型の熱処理炉を用いて、長時間浸炭処理した直後に油焼入れする連続式のガス浸炭炉によるガス浸炭法がとられていた。ガス浸炭法では、平衡反応により鋼材に炭素を侵入させるので、長時間、鋼部材を高温の浸炭ガス雰囲気中にさらす必要があった。また、焼入れ時の冷却剤を油とする理由は、水の場合よりも比較的緩やかな冷却が行えることによる歪みの抑制をするためである。しかしながら、多数個を同時に油槽に沈み込ませる油焼入れでは、一つの鋼部材の中でも、最初に油に浸かる部分と最後に油に浸かる部分とでの時間差により、鋼部材に歪が生じてしまうため、油にて焼入れを行っても、上記従来の方法で浸炭焼入れ処理を行った鋼部材は、歪みの発生の問題を解消することが困難であった。更に、鋼部材間でも鋼部材を配置する位置によって焼き入れ品質にバラツキが発生していた。

[0004] また、従来の浸炭焼入れ処理は、上記のごとく大型の熱処理炉を用いた長時間の浸炭処理を必須とするために、処理時間が長く、消費エネルギーも多

い。そのため、浸炭焼入れ処理に必要な処理時間の短縮および消費エネルギーの低減、さらには、浸炭焼入れ設備そのものの小型化が望まれていた。

[0005] 浸炭焼入れ処理での、消費エネルギーを低減させる方策として、減圧浸炭処理（真空浸炭処理）の採用が有効であると考えられる。

また、浸炭処理後の焼入れ処理としては、部品全体に焼入れ処理を行うのではなく局部的に焼入れを行う高周波焼入れ方法（特許文献１参照）が提案されている。

[0006] 特許文献1：特開平１１－１３１１３３号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、上記減圧浸炭処理を採用するに当たって発明者が多数の実験を行った結果、次のような問題が生じることがわかった。

即ち、通常のガス浸炭の場合は平衡反応にて浸炭を行うので、予めカーボンポテンシャルを計算して条件設定することができるが、減圧浸炭処理では、非平衡反応であるため、そのような条件設定が難しい。また、例えばギヤのように凹凸部分を有する鋼部材を減圧浸炭処理した場合には、部位によって侵入した炭素の拡散速度に差異が生じ、得られる表面の浸炭濃度が部位によってばらつき、浸炭処理によって表面改質すべき部位に所望の改質効果が得られない場合が生じることがわかった。

[0008] なお、上述したごとく減圧浸炭処理は非平衡反応であり、得られる表面の浸炭濃度は、浸炭を進める浸炭期直後とその後に内部に進入している炭素の拡散を進める拡散期を経た後では変化する。本発明で扱う浸炭濃度は、あくまでも拡散期を経た後の値を用いて表現してある。したがって、本願明細書における浸炭濃度は、すべて、浸炭期直後ではなく拡散期を経た後の浸炭濃度の値である（以下、同様）。

[0009] 本発明は、このような事情に鑑み、形状に起因して浸炭処理時に侵入した炭素の拡散速度が異なる第１部位（炭素容易拡散部位）と第２部位（炭素難拡散部位）とを有する鋼部材の減圧浸炭工程を行う場合の条件を最適条件に

することができる鋼部材の製造方法を提供しようとするものである。

課題を解決するための手段

[0010] 本発明は、鋼部材を減圧下の浸炭ガス中において浸炭処理する減圧浸炭工程と、

該減圧浸炭工程を終えた上記鋼部材を冷却ガス中において徐冷する徐冷工程と、

冷却された上記鋼部材の所望部分を高密度エネルギーを利用して加熱した後に急冷する焼き入れ工程とを含み、

上記減圧浸炭工程に供する上記鋼部材は、その形状に起因して浸炭処理時に侵入した炭素の拡散速度が異なる第１部位と第２部位とを有し、上記第１部位よりも上記第２部位の方が侵入した炭素の拡散速度が遅く、上記減圧浸炭工程は、上記第１部位の表面浸炭濃度が０．６５±０．１質量%の範囲内となる条件で行うことを特徴とする鋼部材の製造方法にある。

[0011] 本発明では、浸炭処理工程として上記減圧浸炭工程を採用すると共に、焼入れ処理工程として高密度エネルギーを利用して加熱した後に急冷する焼き入れ工程を採用し、かつ、両工程の間に上記徐冷工程を取り入れた方法である。これによって、従来と同等以上の浸炭焼入れ処理を施すことができると共に、歪み発生を大幅に抑制することができ、さらに従来よりも処理時間を短くすることも可能となる。これにより使用するエネルギー量及びコストも大幅に低減することができる。

[0012] ここで注目すべき点は、本発明は、上記特定の方法による焼き入れ工程を採用することを前提として、上記減圧浸炭工程に供する上記鋼部材を、上記第１部位と第２部位とを有する部材である場合に、上記減圧浸炭処理を、上記第１部位の表面浸炭濃度が０．６５±０．１質量%の範囲内となる条件で行うことである。

[0013] 本発明の発明者は、このような条件で減圧浸炭処理を行うことによって、得られる鋼部材の第２部位、つまり、拡散速度が第１部位よりも遅くて浸炭処理後の表面の浸炭濃度が第１部位よりも高くなる部位の表面浸炭濃度を、

０．８５質量%以下の範囲に抑制することができるということを多くの実験の結果はじめて見出したのである。そして、これにより、鋼部材の浸炭処理によって表面改質しようとする部位のほぼ全面の表面炭素濃度を０．５５～０．８５質量%の範囲内に収めることができる。この範囲内に表面炭素濃度を収めることにより、その後の高周波エネルギーを利用した加熱の後に急冷するという特殊な焼き入れ工程を施すことによって、表面浸炭濃度が下限に近い部分（第１部位）においても焼き入れ効果が十分に得られ、かつ、表面浸炭濃度が上限に近い部分（第２部位）においては過剰炭素によるセメンタイトの生成を抑制することができて焼き入れ後に優れた改質面が得られるのである。

[0014] 上記のような浸炭条件は、減圧浸炭処理工程における温度、浸炭ガスの種類、圧力、処理時間などを変更して複数回の予備実験を行い、上記第１部位の表面浸炭濃度が上記特定の範囲となる条件を見つけることが必要である。なお、被処理材である鋼部材が同じ形状のものであれば、データの積み重ねによって、予備実験の回数を減少させることも可能である。また、上記鋼部材の上記第１部位と第２部位の決定は、上記予備実験で実際に複数箇所の浸炭濃度を測定して判断しても良いが、形状から比較的容易に判断できるので、形状の観察によって決定しても良い。

[0015] また、焼入れ処理工程としては、上記のごとく、鋼部材の所望部分を高密度エネルギーを利用して加熱した後に急冷する焼き入れ工程を行う。この焼き入れ工程では、鋼部材全体を加熱するのではなく、高密度エネルギーの特性を活かして所望部分、つまり、焼入れにより強度向上させたい部分のみを急速に加熱し、その部分を急冷する。これにより、従来のように鋼部材全体を焼入れ処理する場合よりも、焼入れ処理時の歪みの発生を大幅に抑制することができ、本発明の焼き入れ工程前の形状を焼入れ後もほぼ維持することが可能となる。

[0016] また、この焼き入れ工程では、高密度エネルギーを利用することによって、焼入れによる強度向上効果を高めることが可能となる。また、この焼入れ

能の向上が得られるので、上記減圧浸炭工程における浸炭深さ等の浸炭処理の度合いを低下させたとしても、これを上記焼入れ能の向上によって補うことが可能となる。本発明は、この優れた特性を積極的に利用して、減圧浸炭工程での上記第１部位の浸炭濃度を通常の場合よりも低い０．６５±０．１質量%に設定可能としたものである。つまり、この高密度エネルギーを利用した焼き入れ工程と上記減圧浸炭工程とを組み合わせることによって、上記減圧浸炭工程における浸炭処理時間を短縮してより効率化すると共に、過剰なセメンタイト生成を抑制した品質向上が可能となる。

上記高密度エネルギーとしては、例えば電子ビーム、レーザビーム等の高密度エネルギービーム、また、ビームではないが高周波加熱などの高密度エネルギーがある。

[0017] 一方、たとえ歪み抑制効果の高い上記高密度エネルギーを利用した焼き入れ工程を採用しても、その工程の前の鋼部材そのものが歪んでいる場合には、高精度の鋼部材を得ることは困難となる。このような問題を解決するのために減圧浸炭工程と焼き入れ工程の間に鋼部材の歪み抑制可能な上記徐冷工程を採用した。

[0018] このように、本発明の鋼部材の製造方法においては、浸炭工程として上記減圧浸炭工程を採用することによって、高温の浸炭炉の内部を減圧状態に維持しながら比較的少量の浸炭ガスによって浸炭処理を行うことができるので、従来よりも効率よく処理でき、かつ、省エネルギー化を進めることができる。また、上記のごとく浸炭条件として、第１部位の浸炭濃度を０．６５±０．１質量%という通常よりも低い値に設定することと、上記特定の焼き入れ方法の採用とによって、表面改質効果を高品質で得ることができ、さらには、上記徐冷工程の採用によって歪みの少ない高精度の鋼部材を得ることができる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]実施例１における、（ａ）本発明方法のヒートパターンを示す説明図、（ｂ）比較方法のヒートパターンを示す説明図。

[図2]実施例１における、（ａ）本発明方法を実施する熱処理設備、（ｂ）比較方法を実施する浸炭焼入れ設備を示す説明図。

[図3]実施例１における、（ａ）鋼部材の平面図、（ｂ）鋼部材の断面図（（ａ）のＡ－Ａ線矢視断面図）。

[図4]実施例１における、浸炭焼入れ後の硬度分布を示す説明図。

[図5]実施例１における、歪み発生状況を示す説明図。

[図6]実施例１における、残留応力発生状況を示す説明図。

[図7]実施例１における、表面の浸炭濃度と焼入れ後の表面硬度との関係を示す説明図。

[図8]実施例１における、ギヤの別例を示す説明図。

[図9]実施例１における、ギヤの別例を示す説明図。

[図10]実施例１における、（ａ）ギヤの歯形部の詳細を示す説明図、（ｂ）歯先角部断面形状における角度を示す説明図、（ｃ）歯先角部の輪郭形状と第１部位及び第２部位の位置を示す説明図。

発明を実施するための最良の形態

[0020] 本発明の上記減圧浸炭工程では、浸炭条件として、第１部位（炭素容易拡散部位）の浸炭濃度を０．６５±０．１質量%に設定することを必須要件とする。この第１部位の浸炭濃度が０．５５質量%未満の場合には、上記の高密度エネルギーを利用して加熱した後に急冷する焼き入れ工程を採用したとしても、上記第１部位において十分な焼き入れ硬化効果が得られないおそれがある。一方、上記第１部位の浸炭濃度が０．７５質量%を超える場合には、上記第２部位の浸炭濃度が０．８５質量%を超える確率が高くなり、セメンタイトが生成し易くなり、表面改質効果が低減するという問題がある。

そのため、上記減圧浸炭工程は、上記第１部位（炭素容易拡散部位）の表面浸炭濃度が０．６５±０．０５質量%の範囲内となる条件で行うことがより好ましい。

[0021] そして、上記減圧浸炭工程は、上記第２部位（炭素難拡散部位）の表面浸炭濃度についても０．８５質量%以下となる条件を実験により予め求め、そ

の条件の範囲内で行うことがより好ましい。

[0022] また、上記減圧浸炭工程は、炭化水素系の上記浸炭ガス中に上記鋼部材を保持し該鋼部材の表面に炭素を侵入させる浸炭期と、減圧状態にて炭素を上記鋼部材の内部へ拡散させる拡散期を有することが好ましい。この場合には、条件設定を比較的容易に行うことができる。特に、本発明は、上記のごとく第１部位の表面浸炭濃度の目標値を条件として管理するものであるが、この条件は、上記浸炭期の処理時間と上記拡散期の処理時間を調整することによって変更可能である。具体的な時間条件については、予備実験によって確認する必要があるが、同種形状の実績がある場合には、その予備実験も容易である。

[0023] また、上記鋼部材の上記第１部位（炭素容易拡散部位）は、その部位の断面形状における表面の角度が１３０度以上の条件を満たす任意の部位とすることができる。上記第１部位（炭素容易拡散部位）と第２部位（炭素難拡散部位）は、最も正確には、予備実験として減圧浸炭処理を施して、各部位の浸炭濃度を測定して比較することにより決定することが好ましい。一方、形状から経験的に判断しても大きな誤りにはならない。特に、上述したように、各部の断面形状を比較したときに、その部位の断面形状における角度が１３０度以上の条件を満たす任意の部位、つまり、経験的に凸部と判断されないような部位であれば、その任意の部位を上記第１部位と決定しても良い。

なお、本発明における第１部位及び第２部位は、いずれも、浸炭処理後に焼き入れをして表面改質をする部位であるので、部分的に焼き入れをしない部位が上記第１部位及び第２部位に当たらないことはいうまでもない。

[0024] また、上記鋼部材は歯形部を有するギヤである場合には、上記第１部位は、上記歯形部の歯面または歯底とすることが好ましい。歯面と歯底は、比較的平面に近い緩やかな曲面形状であるので、浸炭処理時に侵入した炭素が拡散しやすい部位である。一方、歯先面と歯面との間の歯先角部は、凸状となるので、まさに第２部位となり、表面の浸炭濃度が高くなりやすい。そして、発明者の多くの実験の結果、ギヤの場合には、多少形状が変わったとして

も、歯面または歯底の表面の浸炭濃度が０．６５±０．１質量%となるように減圧浸炭処理を行うことにより、上記歯先面と歯面との間の角部表面の浸炭濃度を歯面及び歯底よりも高く、かつ、０．８５質量%以下の範囲に収めることができ、非常に優れた表面改質効果を得ることができることが見出されたのである。

[0025] また、上記減圧浸炭工程は、上記鋼部材をオーステナイト化温度以上に加熱すると共に、１～１００ｈＰａの減圧条件下において行うことが好ましい。浸炭時の減圧が１ｈＰａ未満の場合には真空度維持のために高価な設備が必要となるという問題が生じる。一方、１００ｈＰａを超える場合には浸炭中にススが発生し、浸炭濃度ムラが生じるという問題が生じるおそれがある。

また、上記浸炭ガスとしては、例えば、アセチレン、プロパン、ブタン、メタン、エチレン、エタン等の炭化水素系のガスを適用することができる。

[0026] また、上記徐冷工程は、少なくとも上記鋼部材が冷却中にマルテンサイト変態しない冷却速度で行うことが好ましい。これにより、歪み発生をより確実に抑制することができる。

[0027] また、上記減圧浸炭工程においては、通常浸炭より表面濃度を上げ、表層に鉄と炭素の化合物を析出させる高濃度浸炭、あるいは浸炭処理と共に窒化処理も行う浸炭窒化処理を採用することも可能である。

[0028] また、上記徐冷工程は、少なくとも上記鋼部材の温度がＡ１変態点温度以上にある間の冷却速度が０．１℃／秒～３．０℃／秒となるよう徐冷を行うことが好ましい。徐冷工程の冷却速度が鋼部材のＡ１変態点温度以上の期間に３．０℃／秒を超える場合には、冷却時の歪み発生抑制効果が十分に得られないおそれがある。一方、徐冷工程の冷却速度が鋼部材のＡ１変態点温度以上の期間に０．１℃／秒未満とすることは、Ａ１変態点温度へ到達するまでに長時間を費やし、その間にも浸炭した炭素が鋼材中で拡散が進んでしまう。徐冷中の拡散は部位により温度差があり、拡散スピードもバラツキが発生し、結果的に炭素量のバラツキが生じるおそれがある。

[0029] また、上記徐冷工程において用いる上記冷却ガスは、窒素、ヘリウム、又はアルゴンのいずれかであることが好ましい。これらのガスはいわゆる不活性ガスに類するものであり、被処理材である鋼部材の徐冷中の酸化を防止することができる。

[0030] また、上記徐冷工程は、上記冷却ガスを大気圧よりも低く減圧した状態で行うことが好ましい。これにより、冷却時の歪み発生をよりいっそう抑制することができる。

即ち、冷却時に冷却ガスを撹拌する場合には、冷却ガスを減圧状態とすることによって、大気圧状態の場合に比べ、循環する冷却ガスの風上と風下での冷却速度の差を低減させることができる。つまり、大気圧で徐冷する場合、大気圧中の冷却ガスに被冷却部材を接触させただけで熱交換が進み被冷却部材の冷却が開始する。この場合、積極的なガス攪拌または熱によるガス対流により風上と風下が生じ、冷却速度差が生じる。冷却速度差により被冷却部材の温度差が生じ、熱処理歪を発生する。これに対し、冷却ガスを減圧状態とすることによって、風上・風下のいずれであっても、そもそも熱交換速度が遅く、冷却速度差が生じ難い。それ故、冷却ガスを減圧状態とする減圧徐冷を採用した場合には、比較的均一に冷却が進む為、熱処理歪の発生が少ない。また、撹拌を全くしない場合であっても、減圧状態の場合には、大気圧の場合よりも、温度の異なる冷却ガスの滞留による冷却速度の差を低減させることができる。

[0031] このような冷却ガスの減圧による効果を利用することにより、上記減圧徐冷工程を施した鋼部材は、歪み発生を抑制することができ、高精度の寸法精度を維持したまま上記焼き入れ工程に進めることができる。そして、これにより、上述した高密度エネルギーを利用した焼き入れ工程によるメリットを活かして、焼入れ後の鋼部材も歪みの少ない高精度のものとすることができる。

[0032] また、上記減圧浸炭工程と上記減圧状態での徐冷工程とを連続で行うことにより、実際の設備では、減圧浸炭室と徐冷室とを直接繋ぐことができ、両

者の間に減圧度を調整するような予備室等を設ける必要がない。すなわち、上記減圧浸炭工程と上記徐冷工程とが両方とも減圧状態で行われるので、両者の間の圧力差を小さくすることができる。そのため、減圧浸炭処理を終えた製品を常圧状態に晒すことなく減圧徐冷処理することができ、歪み発生を抑制した効率のよい処理が可能である。

[0033] また、上記徐冷工程における上記冷却ガスの減圧状態は、１００ｈＰａ～６５０ｈＰａの範囲とすることが好ましい。上記の減圧徐冷処理は、この場合の圧力が１００～６５０ｈＰａの範囲よりも高い場合には、減圧による効果が十分に得られない場合があり、一方、この範囲よりも低くすることは設備構成上困難となるおそれがある。

そのため、より好ましくは、上記徐冷工程における上記冷却ガスの減圧状態は、１００ｈＰａ～３００ｈＰａの範囲とするのがよい。

[0034] また、上記徐冷工程における上記冷却ガスの減圧状態は、上記鋼部材の温度がＡ１変態点以下となった後にそれ以前よりも高くする条件で冷却を行うことが好ましい。減圧徐冷は、減圧度が高いほど、つまり真空に近いほど歪み抑制効果が高いが、その分冷却効率は低下する。この点、鋼部材の温度がＡ１変態点以下となった場合には、歪みが発生しにくくなるので、冷却ガスの圧力をそれまでよりも高くして冷却効率を上げても歪み抑制効果を維持することが可能である。

[0035] 次に、上記焼き入れ工程は、冷却された上記鋼部材の所望部分を高密度エネルギーを利用して加熱した後に急冷する工程である。このように、鋼部材を高密度エネルギーを利用してオーステナイト化温度以上に加熱することによって、局部的な加熱を行うことが容易となり、全体を加熱する場合と比べて大幅に歪み抑制効果を高めることができる。

また、上記急冷の冷却速度は、２００℃／秒～２０００℃／秒であることが好ましい。冷却速度が２００℃／秒よりも遅い場合には、焼入れ効果が十分に得られないおそれがあり、一方、２０００℃／秒を超える急冷を実現することは困難である。

[0036] また、上記焼き入れ工程は、上記鋼部材の所望部分を高密度エネルギーを利用してオーステナイト化温度以上に加熱し、その後浸炭層においてマルテンサイト変態する急冷臨界冷却速度以上で急冷することにより行うことが重要である。これにより、浸炭層の十分な硬化効果を得ることができる。

[0037] また、上記焼き入れ工程における上記高密度エネルギーを利用した加熱は高周波加熱により行い、上記急冷は水焼入れにより行うことが好ましい。この場合には、高周波加熱を採用することにより、非接触で誘導加熱により精度よく加熱することができ、また、高効率化を図ることができる。

また、上記高周波加熱としては、公知の方法を適用できる。

[0038] 上記高周波加熱を利用した場合の上記急冷は、水焼入れにより行うことが好ましい。すなわち、上記高周波加熱を利用すれば、部品全体ではなく部分的な加熱を精度よくできるので、その後、非常に冷却効果の高い水を用いて水焼き入れしても、焼入れ歪みの発生を極力抑えることができる。そして、水焼き入れによる優れた急冷効果によって、焼入れ特性を高くすることができ、焼入れ部分のさらなる高強度化を図ることができる。また、この高強度化を利用して、浸炭処理の簡易化（処理時間の短縮）、つまり、浸炭層の薄肉化をしても要求強度を具備することができる場合があり、この場合には熱処理工程全体のさらなる時間短縮を図ることも可能である。

[0039] また、上記高周波加熱による加熱は、上記鋼部材を１個流しで処理し、加熱後の冷却時には、鋼部材を回転させながら、周囲から冷却水を上記鋼部材に向かって噴射して冷却することが好ましい。この場合には、冷却時に均一に冷やすことができ、さらに歪みの発生を抑えることができる。

[0040] また、上記焼き入れ工程は、高密度エネルギービームを上記鋼部材の所望部分に照射することにより加熱した後、自己放冷により急冷することにより行うこともできる。すなわち、電子ビームやレーザビーム等に代表されるような高密度エネルギービームは、照射した極表面を非常に高速に加熱することができる。そして、加熱部分を極表面に限ることによって、高密度エネルギービームの照射の中止、あるいは移動等によってエネルギーの投入が終了

すれば、自己放冷によって十分な急冷効果を得ることができる。

[0041] 上記高密度エネルギービームは、電子ビームであることが好ましい。電子ビームは、出力、照射ビーム径や照射領域の変更等が容易であり、加熱領域の精度が高い高精度の加熱を行うことができる。

そして、電子ビームを利用する場合には、照射部分を急速に溶融することもできるので、上記焼き入れ工程では、電子ビームを上記鋼部材の所望部分に照射して表層のみを融点以上に加熱して溶融部を形成し、次いで該溶融部をマルテンサイト変態領域まで急冷してマルテンサイト組織とすることにより硬化層を形成することが好ましい。

[0042] この場合の上記硬化層は０．２ｍｍ以下であることが好ましい。０．２ｍｍを超える場合には、溶融後の自己放冷効果が低減するおそれがある。一方、硬化層が薄すぎると耐久性に問題が出る場合があるので、より好ましくは、０．１ｍｍ～０．２ｍｍの範囲とするのがよい。

[0043] 本発明の製造方法を適用する鋼部材としては、自動車の駆動系部品が適している。自動車の駆動系部品としては、例えば自動変速機におけるギヤ、リング状部材、その他の部品があるが、これらは部分的な高強度特性と高い寸法精度の両方が求められる部品である。そのため、上述した優れた熱処理方法を適用することによって、製造工程の合理化、低コスト化を図ることができると共に、製品の高品質化を図ることができる。

実施例

[0044] （実施例１）

本発明の実施例に係る鋼部材の製造方法につき、図を用いて説明する。

本例では、自動変速機の部品として用いられるリング状の鋼部材８（リングギヤ）について、本発明の製造方法（本発明方法）および比較のための従来の製造方法（比較方法）を実施して、表面硬度特性、歪み発生状況等を評価した。本例において処理する鋼部材８は、図８（図３は図８を模式図的に示したもの）に示すごとく、リング状の本体部８０の内周面に歯形部８１を備えたものであり、歯形部８１の硬度が高く、また真円度が非常に重要な部

品である。

[0045] まず、図１に示すごとく、本発明方法におけるヒートパターンＡと、比較方法におけるヒートパターンＢとを比較する。同図は、横軸に時間を、縦軸に温度を取り、熱処理中における鋼部材の温度をヒートパターンＡ、Ｂとして示したものである。

[0046] 本発明方法は、同図のヒートパターンＡより知られるように、浸炭温度である９５０℃まで加熱した後、その温度で４９分間保持して減圧浸炭工程ａ１を行い、その後、４０分かけて１５０℃以下の温度まで減圧徐冷する減圧徐冷工程ａ２を行い、その後、再度焼入れ温度である９５０℃まで高周波加熱により急速加熱した後水焼入れする高周波焼き入れ工程ａ３を行うというものである。

[0047] 一方、比較方法は、同図のヒートパターンＢより知られるように、浸炭温度である９５０℃まで加熱した後、その温度で２２０分間保持して通常の浸炭工程ｂ１を行い、その後焼入れ温度である８５０℃に保持した後、油焼入れする焼入れ工程ｂ２を行うというものである。また、比較方法では、油焼入れ時に付着した冷却剤（油）を洗い落とす後洗工程ｂ３と焼入硬化層の靭性確保も目的とした焼き戻し工程ｂ４を行うが、その際にも若干の昇温を行う。なお、後述する歪み評価、強度評価、および残留応力評価においては、この焼き戻し工程ｂ４を行った後の状態で行った。

[0048] これらの処理内容をより詳細に説明する前に、本発明方法を実施するための熱処理設備５と、比較方法を実施するための浸炭焼入れ設備９について、簡単に説明する。

図２（ａ）に示すごとく、本発明方法を実施するための熱処理設備５は、浸炭焼入れ処理前に鋼部材を洗浄するための前洗槽５１と、加熱室５２１、減圧浸炭室５２２、および減圧徐冷室５２３を備えた減圧浸炭徐冷装置５２と、高周波焼き入れ機５３と、欠陥を検査するための磁気探傷装置５４とを備えたものである。

[0049] 図２（ｂ）に示すごとく、比較方法を実施するための浸炭焼入れ設備９は

、浸炭焼入れ処理前に鋼部材を洗浄するための前洗槽９１と、加熱・浸炭・拡散を行うための浸炭炉９２１および焼入れ油槽９２２とを備えた長大な浸炭炉９２と、浸炭焼入れ処理後に鋼部材を洗浄するための後洗槽９３と、焼き戻し処理を行うための焼き戻し炉９４とを備えたものである。

[0050] 次に、上記各設備を用いて、それぞれ上記鋼部材８の浸炭焼入れ処理を行い、強度特性、歪み発生状況、および残留応力発生状況についての比較を行った。

本発明方法では、上述したごとく、図１のヒートパターンＡにも示すように、鋼部材を減圧下の浸炭ガス中において浸炭処理する減圧浸炭工程ａ１と、該減圧浸炭工程を終えた上記鋼部材を、冷却ガス中において冷却するに当たり、該冷却ガスを大気圧よりも低く減圧した状態で冷却する減圧徐冷工程ａ２と、冷却された上記鋼部材の所望部分を高周波加熱した後に水焼入れする高周波焼き入れ工程ａ３とを行った。

[0051] 上記減圧浸炭工程ａ１は、炭化水素系の上記浸炭ガス中に上記鋼部材を保持し該鋼部材の表面に炭素を侵入させる浸炭期と、炭素を上記鋼部材の内部へ拡散させる拡散期を有するものであるが、本例では、これら両方の処理（浸炭処理および拡散処理）としてオーステナイト化温度以上の温度である９５０℃に４９分間保持する処理を行った。その際の浸炭室の真空度は１ｈＰａ、浸炭ガスの種類はアセチレンという条件とした。つまり、浸炭期も拡散期も上記のごとく減圧して行い、浸炭期はアセチレンを浸炭室内に投入し、拡散期はアセチレンの投入を停止して減圧のみを行った。温度は上記のごとく浸炭期と拡散期を通して一定とした。ここで、特に注目すべき点は、鋼部材８がリングギヤであって、その形状に起因して浸炭処理時に侵入した炭素の拡散速度が異なる第１部位（炭素容易拡散部位）と第２部位（炭素難拡散部位）とを有し、第１部位は、歯底８１５及び歯面８１１であり、該第１部位よりも侵入した炭素の拡散速度が遅い第２部位は、歯先角部８１３（歯面８１１と歯先８１２との間の角部）であるが、上記減圧浸炭工程は、第１部位である歯底８１５の表面浸炭濃度が０．６５±０．０５質量%の範囲内と

なる条件で行う点である。

なお、上記歯底８１５と歯面８１１とは、後述する図１０（ａ）、図１０（ｂ）からも知られるように、その断面形状における表面の角度が１８０度に近く、確実に１３０度以上の形状の部位である。

[0052] 上記減圧徐冷工程ａ２は、冷却ガスは窒素（N_2）、減圧状態は２００ｈＰａ、冷却ガスの撹拌は有り、減圧徐冷工程の期間は浸炭処理直後のオーステナイト化温度以上の温度からＡ１変態点よりも低い１５０℃の温度となるまで、冷却速度は０．１～３．０℃／秒の範囲内、具体的には１０℃／分（０．１７℃／秒）という条件とした。

[0053] 高周波焼き入れ工程ａ３は、高周波加熱によって鋼部材８の内周部である歯形部８１を、オーステナイト化温度以上の温度である９５０℃に加熱し、その後、浸炭層においてマルテンサイト変態する急冷臨界冷却速度以上の冷却速度が容易に得られるように、水を吹き付けて水焼入れするという条件で行った。この水焼入れによる冷却速度は２６８℃／秒であった。上記高周波加熱による加熱は、鋼部材８を１個単位で流して（運搬して）１個ずつ加熱処理し、加熱後の冷却時には、鋼部材８を回転させながら、周囲から冷却水を上記鋼部材８に向かって噴射して１個ずつ冷却して、歪みの発生を最も抑えられる方法をとった。

[0054] 比較方法では、図１のヒートパターンＢからも知られるように、浸炭温度である９５０℃まで加熱した後、その温度で２２０分間保持して通常の浸炭工程ｂ１を行い、その後焼入れ温度である８５０℃に保持した後、油焼入れする焼入れ工程ｂ２を行うというものである。ここで、比較方法における浸炭処理は、カーボンポテンシャルを調整して、鋼部材８の表面全体の浸炭濃度がほぼ０．８質量%となる条件で行った。なお、比較例では、焼入れ工程ｂ２後に後洗工程を実施し、更に、後洗工程ｂ３後に焼き戻し工程ｂ４を実施した。

[0055] また、上記比較方法と本発明方法共に、浸炭に適したＳＣＭ４２０（ＪＩＳ）を素材として用いた。

[0056] 浸炭焼入れ処理を終えた鋼部材に対して、ギヤの歯底８１５（図３）部分の表面からの距離に対するビッカース硬さ（Ｈｖ）を測定し、これを強度評価とした。測定結果を図４に示す。同図は横軸に表面からの距離（ｍｍ）を、縦軸にビッカース硬さ（Ｈｖ）をとったものである。そして、本発明方法により処理した鋼部材の結果を符号Ｅ１、比較方法により処理した鋼部材の結果を符号Ｃ１として示した。

[0057] 同図から知られるように、本発明方法（Ｅ１）の場合は、内部に行くにつれて比較方法（Ｃ１）の場合よりも若干硬度が低くなるが、最表面ではむしろ比較方法よりも高い硬度が得られた。これらの結果から、本発明方法を適用することにより、従来と同等以上の優れた熱処理を施すことができることがわかる。特に、本発明方法の場合には、歯底部８１５の浸炭濃度（０．６５±０．０５質量%）を比較例の場合の浸炭濃度（０．８質量%）よりも低く設定したが、十分な焼き入れ性能が得られたことがわかる。

[0058] また、本発明方法で処理した鋼部材８の歯先角部８１３の表面浸炭濃度を測定した結果、ほぼ０．８質量%となっており、その硬度は歯底部８１５と同等であった。これにより、本発明方法の減圧浸炭工程の条件設定が非常に有効であることがわかる。

この点を図７を用いて補足説明する。

同図は、横軸に表面の浸炭濃度（炭素含有量）を取り、縦軸に焼入れ後の表面硬度を取ったものである。そして、同図には、本発明方法の減圧浸炭工程での浸炭濃度と水焼き入れ後の硬度との関係について実験によって求めた結果を曲線Ａとして、従来方法の浸炭工程の場合に浸炭濃度と油焼入れ後の硬度との関係について実験によって求めた結果を曲線Ｂとして示した。さらに、過剰浸炭により異常組織が生じやすい領域Ｓ（炭素濃度０．８５%以上）を示した。

[0059] また、同図には、従来方法の場合に浸炭濃度０．８質量%の浸炭処理条件を選択した場合に最終的に到達する実際の浸炭濃度について、第１部位（歯底８１５）については矢印ｂ１の先端位置で示し、第２部位（歯先角部８１

３）については矢印ｂ２の先端位置で示した。

また、本発明方法の場合に、第１部位（歯底８１５）の浸炭濃度が０．８質量%となる浸炭処理条件を選択した場合に最終的に到達する浸炭濃度について、第１部位（歯底８１５）については矢印ｃ１の先端位置で示し、第２部位（歯先角部８１３）については矢印ｃ２の先端位置で示した。

さらに、本発明方法の場合に、第１部位（歯底８１５）の浸炭濃度が０．６０質量%となる条件を選択した場合に最終的に到達する浸炭濃度について、第１部位（歯底８１５）については矢印ａ１の先端位置で示し、第２部位（歯先角部８１３）については矢印ａ２の先端位置で示した。

[0060] 同図より知られるごとく、従来方法の場合には、焼入れ後の硬度が、浸炭濃度が高いほど高くなる。一方、過剰浸炭は問題があるので、浸炭濃度をすべての部位において０．８質量%となるように設定することが望ましい。この点、従来方法の場合には、第１部位も第２部位もほぼ同等の浸炭濃度とすることができるので、浸炭濃度の条件を０．８質量%に設定することによって全体的に高硬度を得ることができる。

[0061] 本発明方法の場合には、焼入れ後の硬度が、浸炭濃度０．６～０．８質量%の間ではほぼ同等である。これは、上述した優れた焼き入れ工程を積極的に採用した結果である。

そして、第１部位（歯底８１５）の浸炭濃度が０．８質量%となるように減圧浸炭を行った場合（ｃ１）には、第２部位（歯先角部８１３）の浸炭濃度（ｃ２）が、過剰浸炭領域Ｓに突入してしまう。

これに対し、第１部位（歯底８１５）の浸炭濃度が０．６質量%となるように減圧浸炭を行った場合（ａ１）には、第２部位（歯先角部８１３）の浸炭濃度（ａ２）を０．８質量%以下の範囲に抑えることができる。そして、このように浸炭濃度に差があっても、得られる硬度はほぼ同等に維持できることがわかる。

[0062] また、本発明方法（Ｅ１）の場合には、従来と同様の浸炭処理に適した材料を用いた場合には、浸炭時間を大幅に短くした分だけ浸炭深さが浅くなる

ことによる強度低下が考えられる。しかし、本例のように、適用材料の変更と、水焼入れの採用によって、これらの強度的な問題を解消することができた。また、内部強度の従来品並までの向上は、素材の成分改良によって解決できる可能性がある。

[0063] 次に、浸炭焼入れ処理を終えた鋼部材の寸法を測定することにより歪み発生量を比較した。

寸法の測定は、「ＢＢＤ」と「ＢＢＤだ円」の２種類を行った。「ＢＢＤ」は、図３に示すごとく、歯面８１の谷部分に接触するように所定の直径の鋼球８８を配置し、対向する硬球８８同士の内径寸法を測定して得られた寸法である。そして、この測定を軸方向３箇所（同図（ｂ）のａ位置、ｂ位置及びｃ位置）において、全周に対して行い、その測定値の平均値（Ａｖｅ）、最大値（Ｍａｘ）、最小値（Ｍｉｎ）を求めた。

次に、軸方向の各測定位置における上記「ＢＢＤ」の最大値と最小値の差を「ＢＢＤだ円（μｍ）」として求めた。そして、上記と同様に、その測定値の平均値（Ａｖｅ）、最大値（Ｍａｘ）、最小値（Ｍｉｎ）を求めた。

[0064] 図５には、上記の「ＢＢＤ」と「ＢＢＤだ円」の測定結果を示す。同図左側の欄には、本発明方法の結果として、減圧浸炭前、減圧浸炭＋減圧徐冷後、高周波焼き入れ後の３つのタイミングにおける結果を示した。また、同図右側の欄には、比較方法の結果として、浸炭焼入れ前、浸炭焼入れ後２つのタイミングにおける結果を示した。また、各欄に示した表記は、左から図３（ｂ）におけるａ位置、ｂ位置、ｃ位置の３箇所についてそれぞれ最大値、最小値平均値をプロットして最大値と最小値を太線で縦に結んだものである。また、３箇所の位置の平均値は細線により結んだ。

同図より知られるごとく、本発明方法を採用すれば、焼入れ後においても歪み発生が抑制されることがわかる。また、その歪み発生の抑制効果は減圧浸炭後の減圧徐冷によってすでに得られていることもわかる。

これに対し、比較例は、浸炭焼入れ処理によって大きな歪みが発生していることがわかる。

[0065] 次に、浸炭焼入れ処理を終えた鋼部材の残留応力を測定し、比較した。測定結果を図６に示す。同図は、横軸に歯底８１５の表面からの距離をとり、縦軸に残留応力を、引張を＋、圧縮をーとしてとった。

本発明方法（Ｅ１）の場合には、少なくとも最表面から圧縮残留応力状態となっており、一方、比較方法（Ｃ１）の場合には、最表面が引張残留応力となっていることがわかる。最表面の残留応力が引張応力である場合には、様々な問題が生じるおそれがあるので、例えば熱処理あるいは表面改質処理を行って引張残留応力を緩和することが必要となる。したがって、本発明の方法は、そのような残留応力を改善するための処理を特に設ける必要がないという効果も得られることがわかる。

[0066] なお、本例の効果は、上記リングギヤに限らず、様々な歯車に本例の方法を適用した場合に得られる。また、ギヤに限らず、凹凸形状を有するものでも同様の効果が得られる。ギヤの例としては、図８に、上述したリングギア８を示し、図９に、外歯のはす歯歯車８０２を示す。

[0067] また、外歯歯車の場合の歯形部８１を拡大して示したものが図１０（ａ）である。同図に歯形部８１が、歯底８１５、歯面８１１、歯先８１２及び歯先角部８１３を有していることを示してある。図１０（ｂ）には、歯先角部８１３の断面形状における角度θを示す。自動変速機用外歯歯車における歯先角部の断面形状における表面の角度θは、商業的に製品化されているものを複数選択して測定したところ、それぞれ、１１８．１５度、１２５．７度、１１２．７度、１１１．５度、１２４．８度、１１９．０度、１１３．７度であり、すべて１１０～１２６度の範囲に含まれておいる。したがって、通常の歯車の歯先角部８１３は第２部位（炭素難拡散部位）である。一方、少なくとも、歯底８１５、歯面８１１、歯先８１２は、上記角度が１３０度を超える部位であって、第１部位（炭素容易拡散部位）である。

[0068] 図１０（ｃ）には、歯先角部８１３近傍の輪郭形状（図１０（ｂ）の断面形状に対応する）において、第１部位（炭素容易拡散部位）８１６の領域と、第２部位（炭素難拡散部位）８１７の領域とをよりわかりやすくするため

に例示する。すなわち、第１部位８１６は、その直線及び矢印８１６ａによって示される範囲であって、歯先角部８１３（図１０（ｂ））を含まず、そこから離れた部位である。一方、第２部位８１７は、歯先角部８１３（頂点部）を含み、その両側につながる２つの矢印８１７ａに挟まれた微小な範囲の表面である。

[0069] このようなギヤに本発明の製造方法を適用する場合には、上記歯面８１１または歯底８１５の浸炭濃度が０．６５±０．１質量%となるように減圧浸炭工程の条件を設定すればよい。

[0070] （実施例２）

本例では、実施例１と同じ形状で同じ材質のリング状の鋼部材８（リングギヤ）について、上記実施例１の本発明方法によって、歯面８１１の表面浸炭濃度の狙い値を変更して製造し、得られた歯形部８１の歯先角部８１３と歯面８１１の浸炭濃度及び表面硬度を測定すると共に、両者の表面組織の観察を行った。減圧浸炭工程での歯面８１１の表面浸炭濃度の狙い値は、表２にあるように、本発明例１の場合が０．６５質量%、本発明例２の場合が０．５７質量%、本発明例３の場合が０．７５質量%とした。

[0071] また、比較のために、２種類の比較方法による製造も行った。

比較例１は、基本的な製造方法は本発明方法と同じであるが、その減圧浸炭工程での歯面８１１の表面浸炭濃度の狙い値を、表２にあるように、０．７８質量%に高めた例である。

比較例２は、実施例１の比較方法と同じ従来のガス浸炭直後に油焼き入れをする方法である。この場合のガス浸炭工程での歯面８１１及び歯先角部８１３の表面浸炭濃度の狙い値は、表２にあるように、０．７５質量%とした。

以上の本発明例１～３及び比較例１、２の条件及び評価結果を表１及び表２に示す。

[0072]

[表1]

(表1)

試験No.	工法	部品	材料	浸炭	浸炭・拡散温度	浸炭・拡散後の冷却方法	浸炭・拡散後の冷却速度
本発明例1	本発明方法	リングギヤ	SCM420H	真空浸炭	950℃	ガス冷却	0.16℃/秒～1.8℃/秒(600℃以上にて)
本発明例2	本発明方法	リングギヤ	SCM420H	真空浸炭	950℃	ガス冷却	0.16℃/秒～1.8℃/秒(600℃以上にて)
本発明例3	本発明方法	リングギヤ	SCM420H	真空浸炭	950℃	ガス冷却	0.16℃/秒～1.8℃/秒(600℃以上にて)
比較例1	減圧浸炭の狙い値外れ	リングギヤ	SCM420H	真空浸炭	950℃	ガス冷却	0.16℃/秒～1.8℃/秒(600℃以上にて)
比較例2	比較方法(従来ガス浸炭)	リングギヤ	SCM420H	ガス浸炭	950℃	油冷却	急冷(110℃／秒)

[0073] [表2]

(表2)

試験No.	再加熱焼き入れ	浸炭濃度狙い値(歯面,質量%)	浸炭濃度(質量%)		表面硬度		表面組織(異常組織の有無)	
			歯先角部	歯面	歯先角部	歯面	歯先	歯面
本発明例1	高周波加熱＋水焼入れ	0.65	0.74	0.65	Hv820	Hv810	マルテンサイト	マルテンサイト
本発明例2	高周波加熱＋水焼入れ	0.57	0.71	0.57	Hv818	Hv787	マルテンサイト	マルテンサイト
本発明例3	高周波加熱＋水焼入れ	0.75	0.84	0.74	Hv825	Hv812	マルテンサイト	マルテンサイト
比較例1	高周波加熱＋水焼入れ	0.78	0.91	0.78	Hv823	Hv805	セメンタイト析出(異常)	マルテンサイト
比較例2	実施しない	0.75	0.76	0.73	Hv780	Hv765	マルテンサイト	マルテンサイト

[0074] 表１、表２より知られるごとく、本発明方法１～３により得られた鋼部材（リングギヤ）は、歯先角部８１３と歯面８１１の両方が、浸炭濃度が０．６５～０．８５質量%の範囲内に収まり、かつ、非常に優れた硬度特性を有し、組織もセメンタイトの析出が見られない健全なマルテンサイト組織となっていた。

[0075] 一方、比較例１の場合には、基本的な方法が本発明と同様であるが、減圧浸炭工程での第１部位の歯面８１１の表面浸炭濃度の狙い値を０．７５質量%を超える値（０．７８）としたことによって、第２部位である歯面角部８１３の表面浸炭濃度の実績値が０．８５質量%を超えて０．９１質量%にまで達したため、セメンタイト析出が見られる異常組織となった。

また、比較例２の場合には、本発明例と比べて若干表面硬度が低い状態となった。このことは、逆に、本発明例によれば、浸炭濃度が０．５５～０．８５質量%の範囲に入っていれば、従来の主流の製造方法であるガス浸炭とその直後の油焼き入れの方法に比べて遜色ない、むしろ、強度特性として有利な結果が得られることを明確に示している。

請求の範囲

[請求項1] 鋼部材を減圧下の浸炭ガス中において浸炭処理する減圧浸炭工程と、

該減圧浸炭工程を終えた上記鋼部材を冷却ガス中において徐冷する徐冷工程と、

冷却された上記鋼部材の所望部分を高密度エネルギーを利用して加熱した後に急冷する焼き入れ工程とを含み、

上記減圧浸炭工程に供する上記鋼部材は、その形状に起因して浸炭処理時に侵入した炭素の拡散速度が異なる第１部位と第２部位とを有し、上記第１部位よりも上記第２部位の方が侵入した炭素の拡散速度が遅く、上記減圧浸炭工程は、上記第１部位の表面浸炭濃度が０．６５±０．１質量%の範囲内となる条件で行うことを特徴とする鋼部材の製造方法。

[請求項2] 請求項１において、上記減圧浸炭工程は、上記第１部位の表面浸炭濃度が０．６５±０．０５質量%の範囲内となる条件で行うことを特徴とする鋼部材の製造方法。

[請求項3] 請求項１又は２において、上記減圧浸炭工程は、上記第２部位の表面浸炭濃度が０．８５質量%以下となる条件で行うことを特徴とする鋼部材の製造方法。

[請求項4] 請求項１～３のいずれか１項において、上記減圧浸炭工程は、炭化水素系の上記浸炭ガス中に上記鋼部材を保持し該鋼部材の表面に炭素を侵入させる浸炭期と、減圧状態にて炭素を上記鋼部材の内部へ拡散させる拡散期を有することを特徴とする鋼部材の製造方法。

[請求項5] 請求項１～４のいずれか１項において、上記鋼部材の上記第１部位は、その部位の断面形状における表面の角度が１３０度以上の条件を満たす任意の部位とすることを特徴とする鋼部材の製造方法。

[請求項6] 請求項１～５のいずれか１項において、上記鋼部材は歯形部を有するギヤであり、上記第１部位は、上記歯形部の歯面または歯底である

ことを特徴とする鋼部材の製造方法。

[請求項7] 請求項１～６のいずれか１項において、上記減圧浸炭工程は、上記鋼部材をオーステナイト化温度以上に加熱すると共に、１～１００ｈＰａの減圧条件下において行うことを特徴とする鋼部材の製造方法。

[請求項8] 請求項１～７のいずれか１項において、上記徐冷工程は、少なくとも上記鋼部材が冷却中にマルテンサイト変態しない冷却速度で行うことを特徴とする鋼部材の製造方法。

[請求項9] 請求項１～８のいずれか１項において、上記徐冷工程は、少なくとも上記鋼部材の温度がＡ１変態点温度以上にある間の冷却速度が０．１℃／秒～３．０℃／秒となるよう徐冷を行うことを特徴とする鋼部材の製造方法。

[請求項10] 請求項１～９のいずれか１項において、上記徐冷工程において用いる上記冷却ガスは、窒素、ヘリウム、又はアルゴンのいずれかであることを特徴とする鋼部材の製造方法。

[請求項11] 請求項１～１０のいずれか１項において、上記徐冷工程は、上記冷却ガスを大気圧よりも低く減圧した状態で行うことを特徴とする鋼部材の製造方法。

[請求項12] 請求項１１において、上記徐冷工程における上記冷却ガスの減圧状態は、１００ｈＰａ～６５０ｈＰａの範囲とすることを特徴とする鋼部材の製造方法。

[請求項13] 請求項１１において、上記徐冷工程における上記冷却ガスの減圧状態は、１００ｈＰａ～３００ｈＰａの範囲とすることを特徴とする鋼部材の製造方法。

[請求項14] 請求項１１～１３のいずれか１項において、上記徐冷工程における上記冷却ガスの減圧状態は、上記鋼部材の温度がＡ１変態点以下となった後にそれ以前よりも高くする条件で冷却を行うことを特徴とする鋼部材の製造方法。

[請求項15] 請求項１～１４のいずれか１項において、上記焼き入れ工程は、上

記鋼部材の所望部分を高密度エネルギーを利用してオーステナイト化温度以上に加熱し、その後浸炭層においてマルテンサイト変態する急冷臨界冷却速度以上で急冷することにより行うことを特徴とする鋼部材の製造方法。

[請求項16] 請求項１～１５のいずれか１項において、上記焼き入れ工程における上記高密度エネルギーを利用した加熱は高周波加熱により行い、上記急冷は水焼入れにより行うことを特徴とする鋼部材の製造方法。

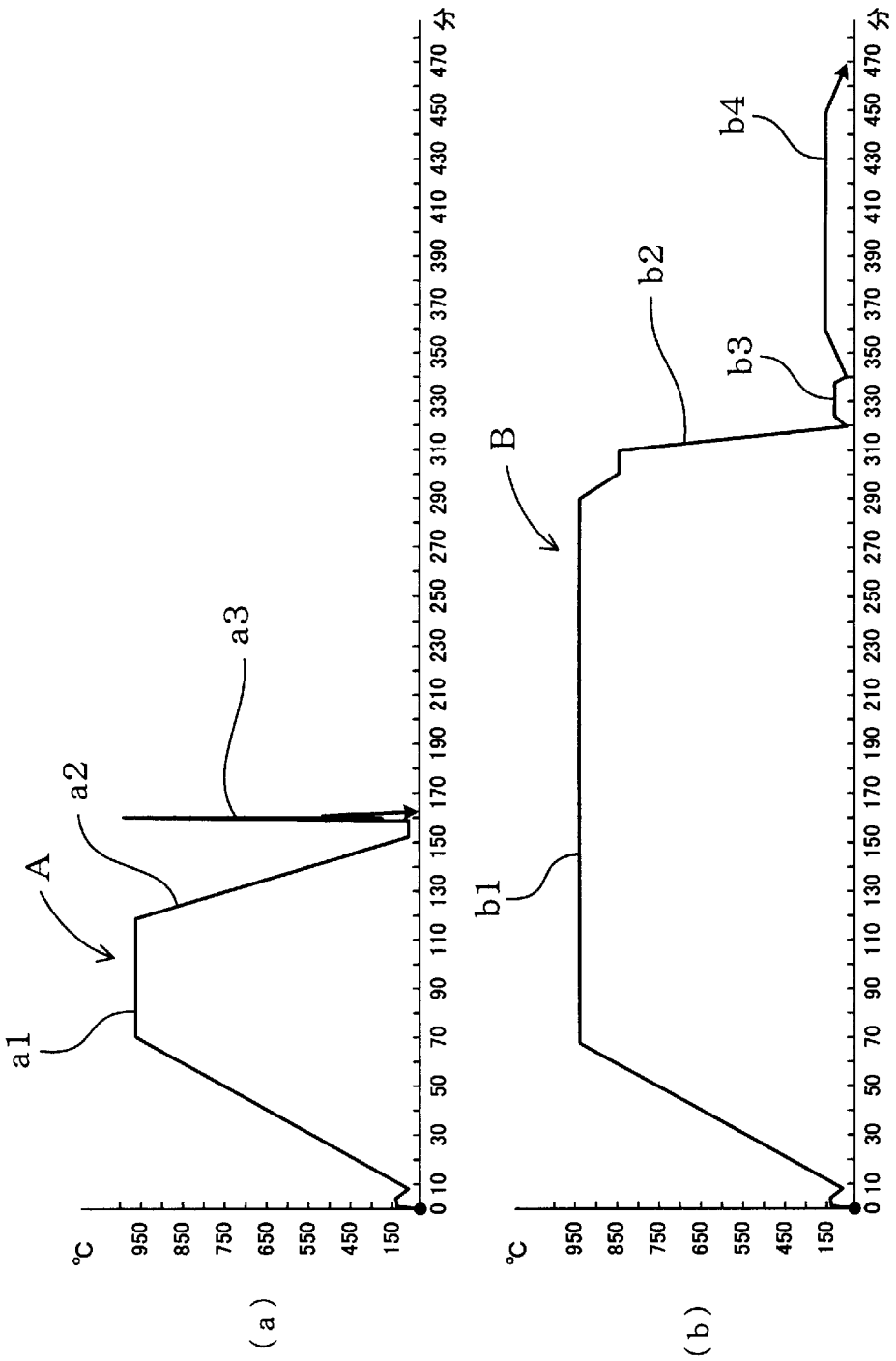
[請求項17] 請求項１６において、上記高周波加熱による加熱は、上記鋼部材を１個流しで処理し、加熱後の冷却時には、鋼部材を回転させながら、周囲から冷却水を上記鋼部材に向かって噴射して冷却することを特徴とする鋼部材の製造方法。

[請求項18] 請求項１～１７のいずれか１項において、上記焼き入れ工程は、高密度エネルギービームを上記鋼部材の所望部分に照射することにより加熱した後、自己放冷により急冷することにより行うことを特徴とする鋼部材の製造方法。

[請求項19] 請求項１８において、上記高密度エネルギービームは、電子ビームであることを特徴とする鋼部材の製造方法。

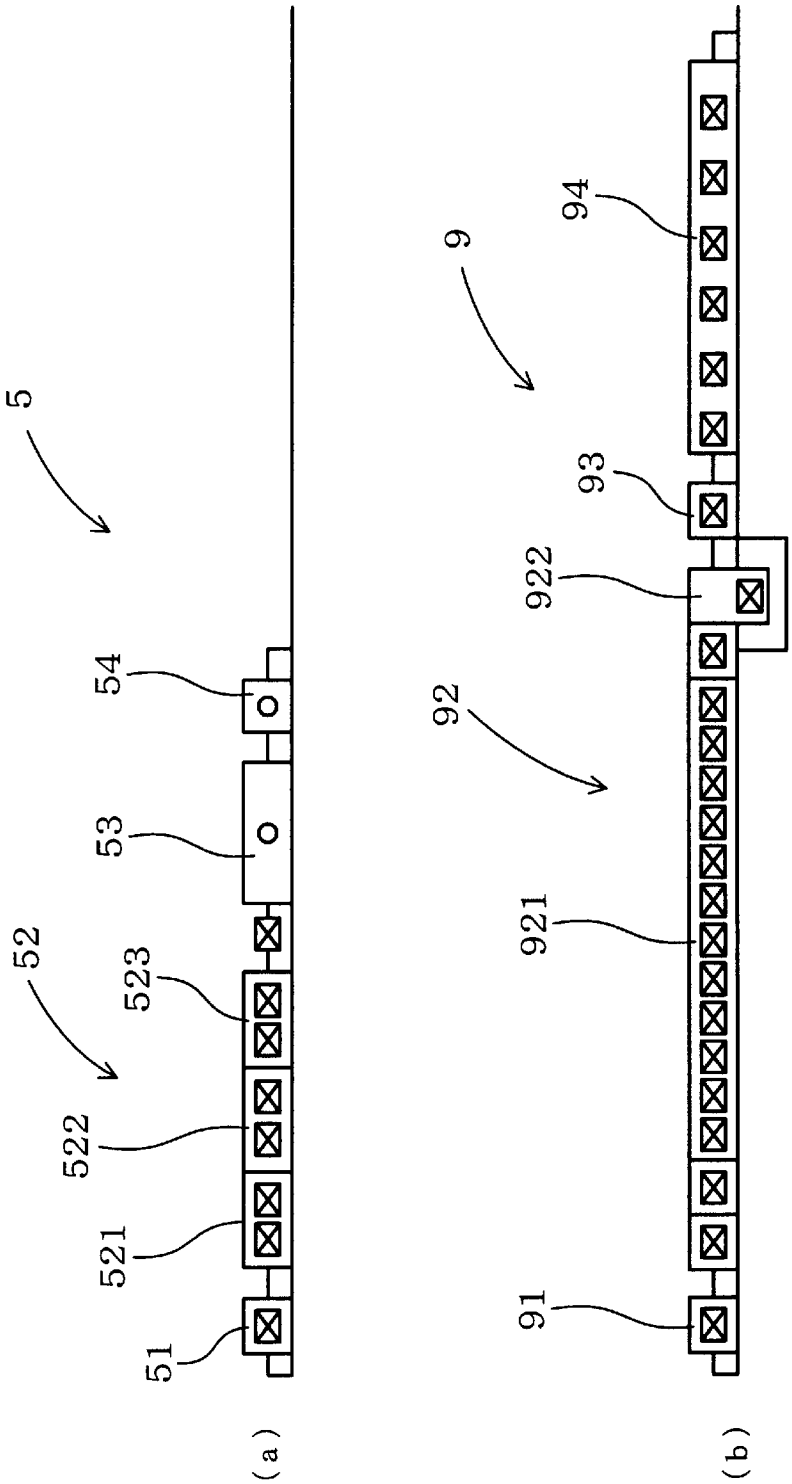
[図1]

(図１)


a1
A
a2
a3
℃
950
850
750
650
550
450
150
0 10 30 50 70 90 110 130 150 170 190 210 230 250 270 290 310 330 350 370 390 410 430 450 470 分
(a)
b1
B
b2
b3
b4
℃
950
850
750
650
550
450
150
0 10 30 50 70 90 110 130 150 170 190 210 230 250 270 290 310 330 350 370 390 410 430 450 470 分
(b)

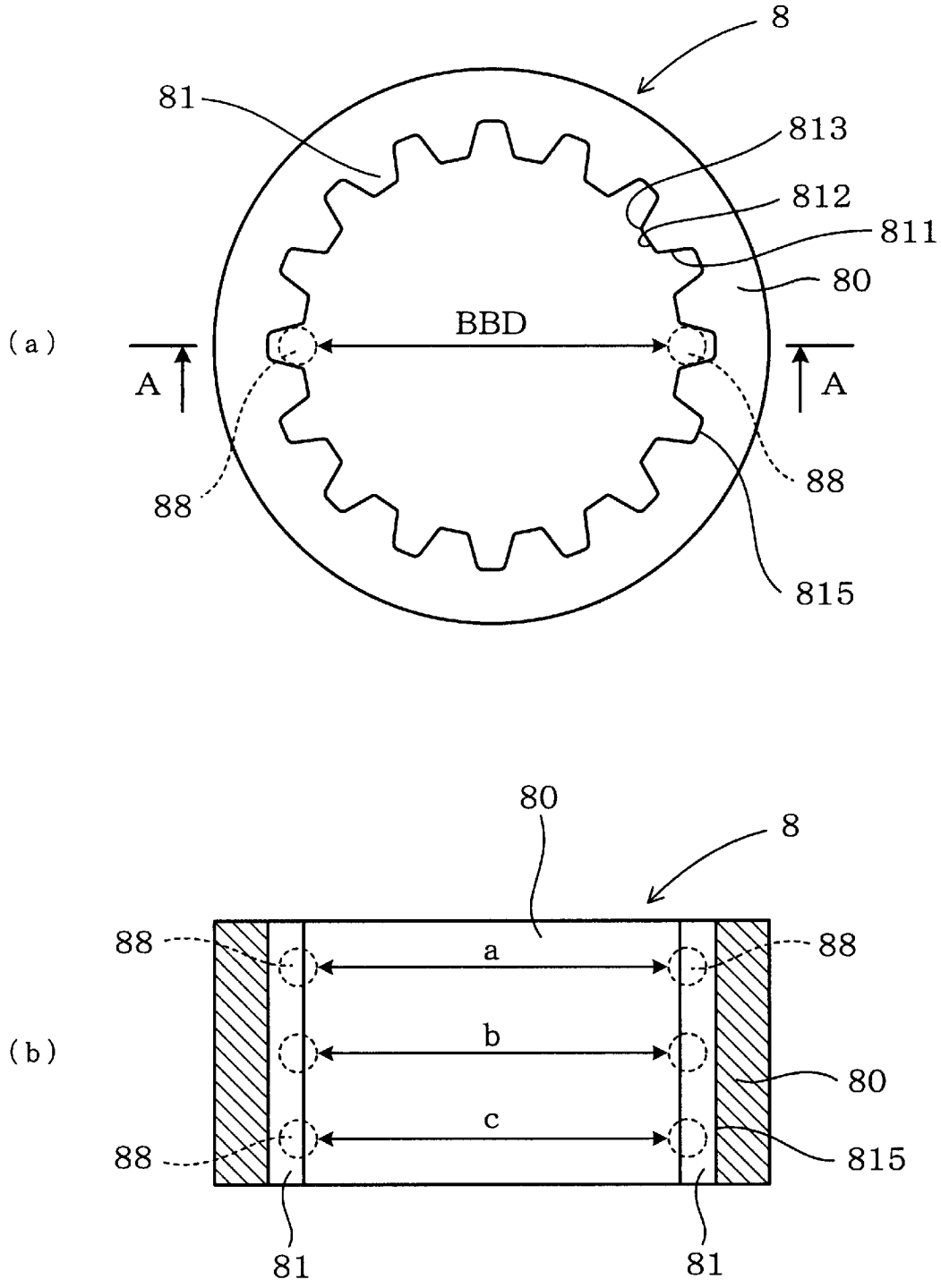
[図2]

(図２)



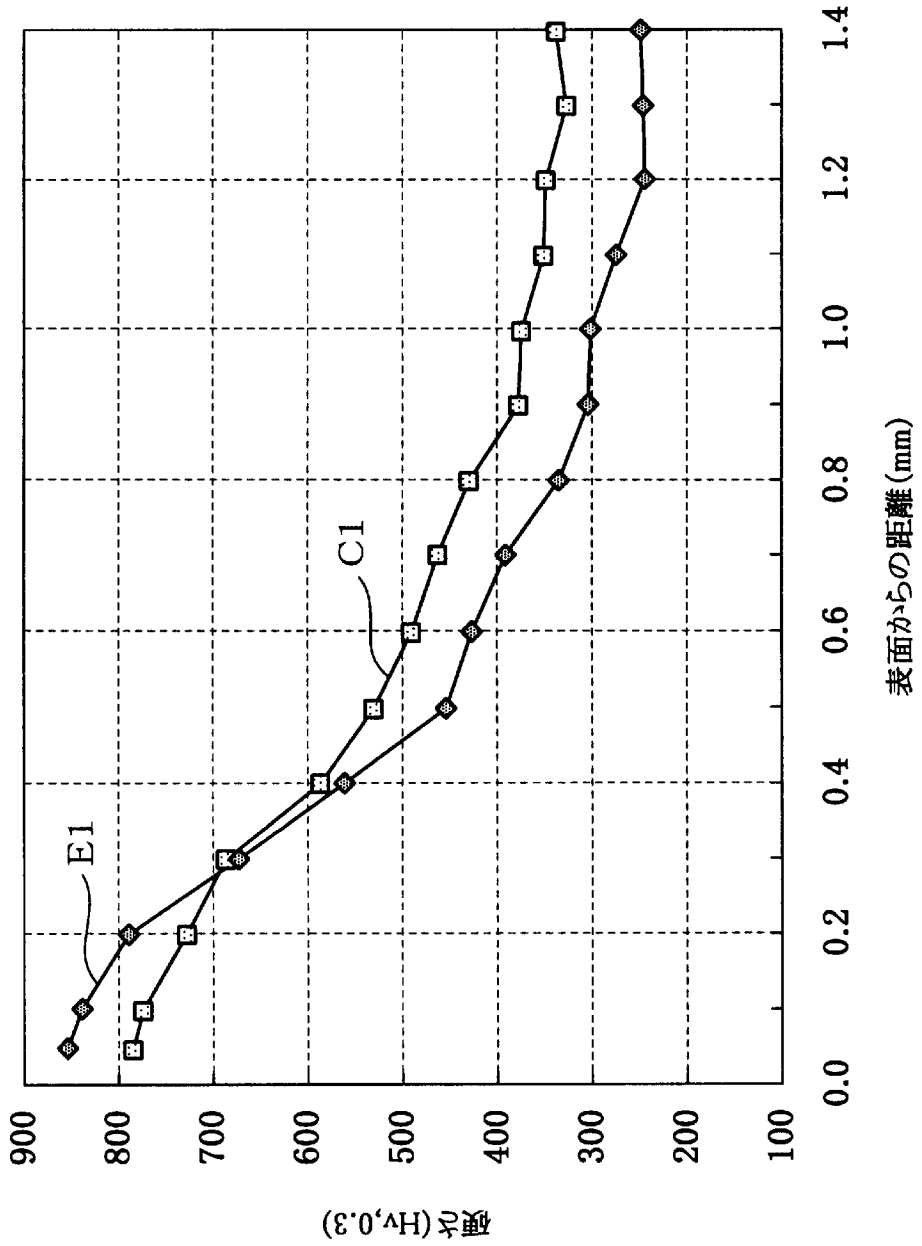
[図3]

(図３)



[図4]

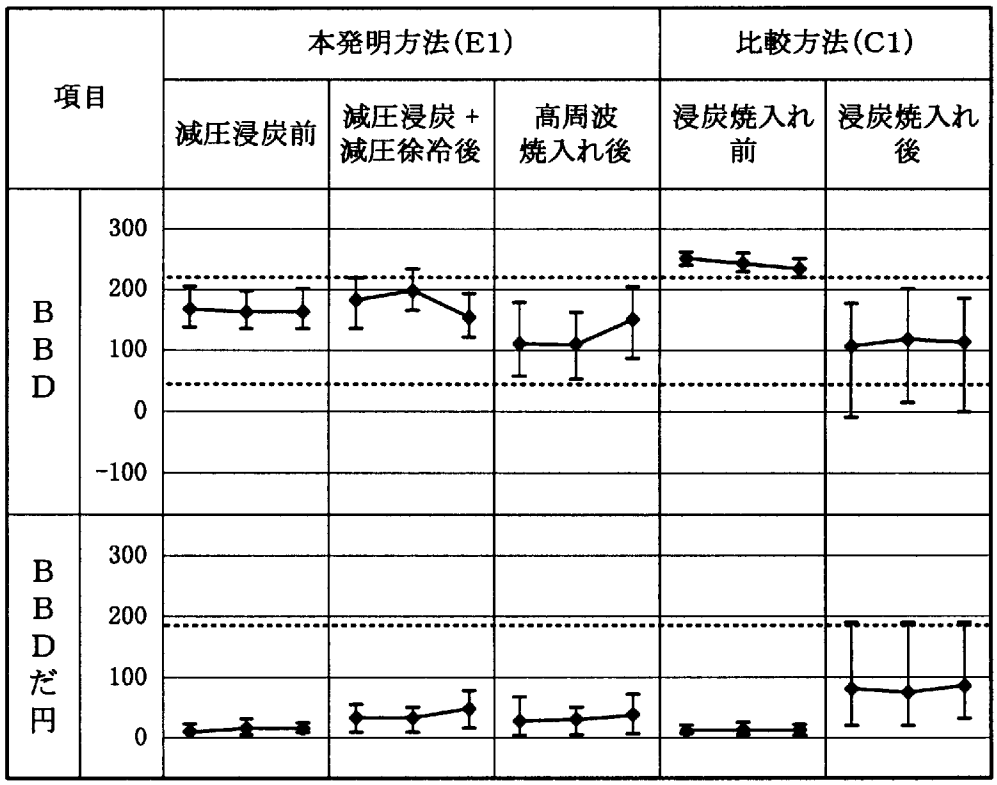
（図４）


E1
C1
硬さ(Hv,0.3)
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
1.4
表面からの距離(mm)

[図5]

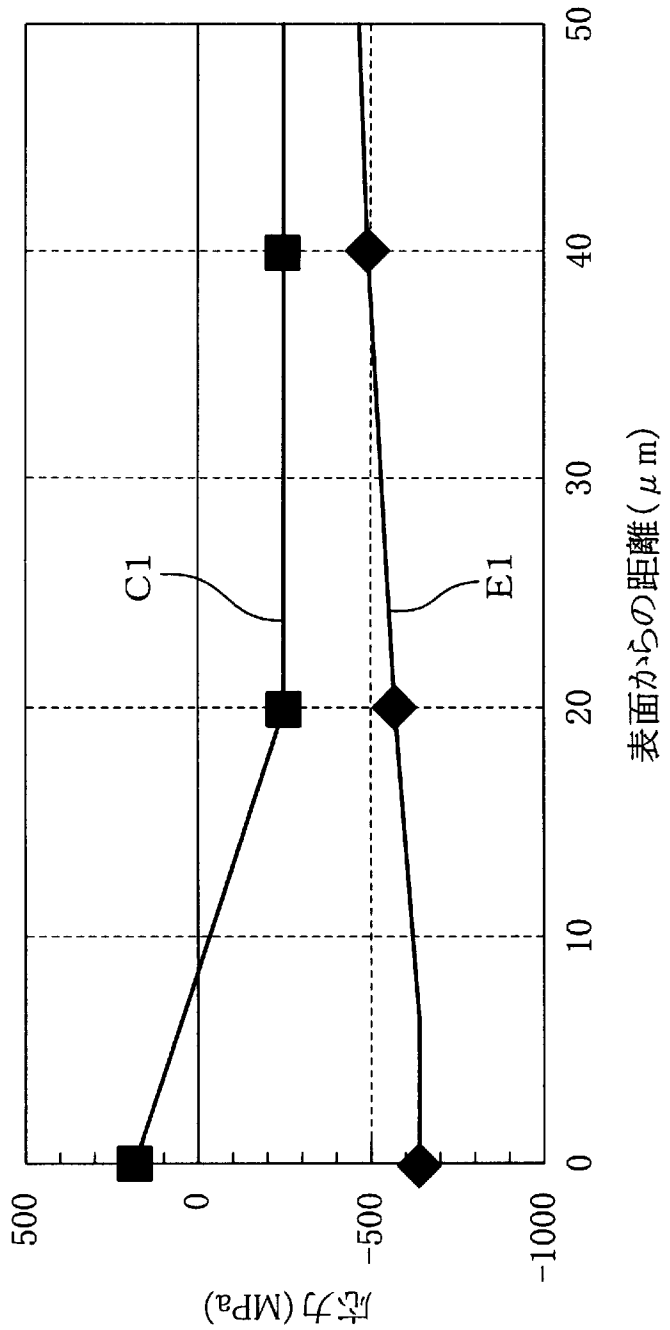
(図５)

(実施例1)


項目
本発明方法(E1)
比較方法(C1)
減圧浸炭前
減圧浸炭＋減圧徐冷後
高周波焼入れ後
浸炭焼入れ前
浸炭焼入れ後
BBD
300
200
100
0
-100
BBDだ円
300
200
100
0

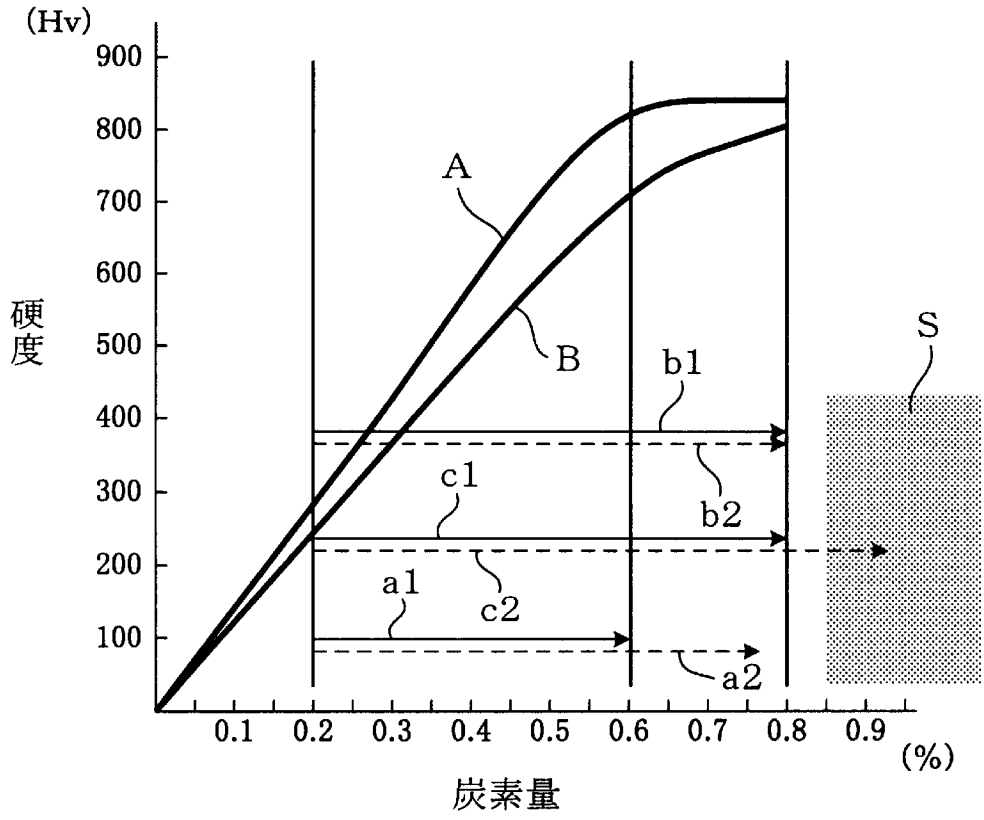
[図6]

(図６)



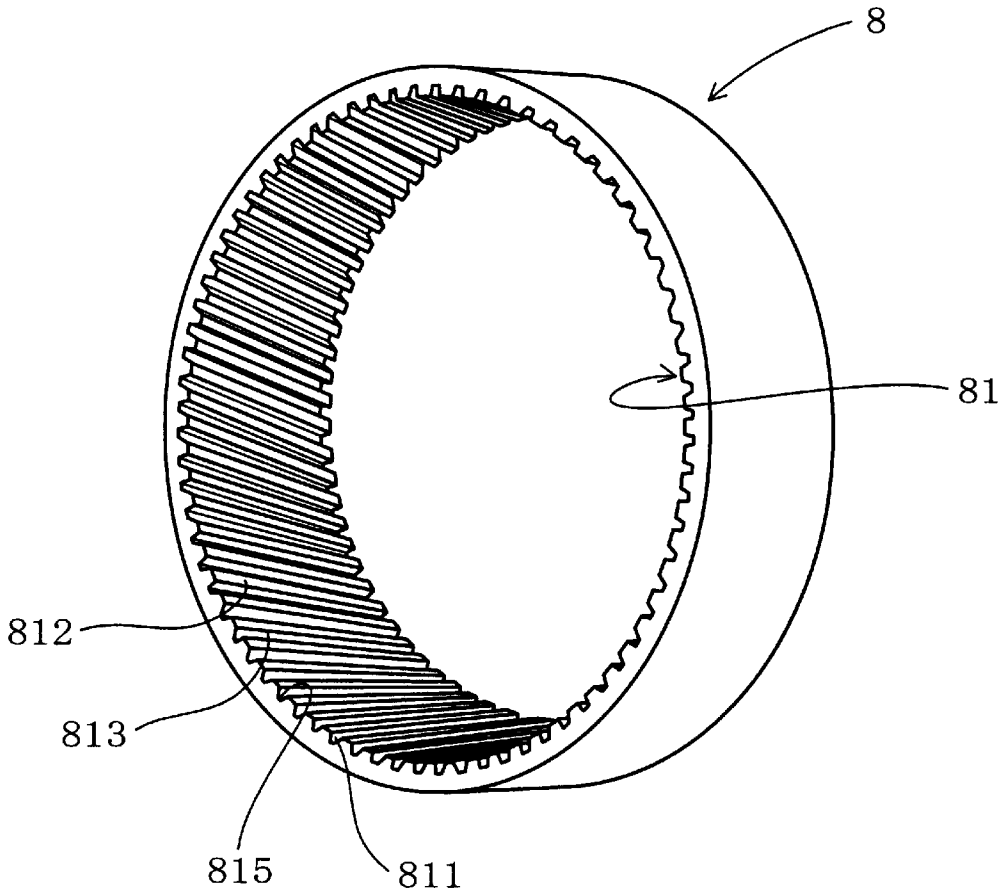
[図7]

（図７）


(Hv)
900
800
700
600
500
400
300
200
100
硬度
A
B
S
b1
b2
c1
c2
a1
a2
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
(%)
炭素量

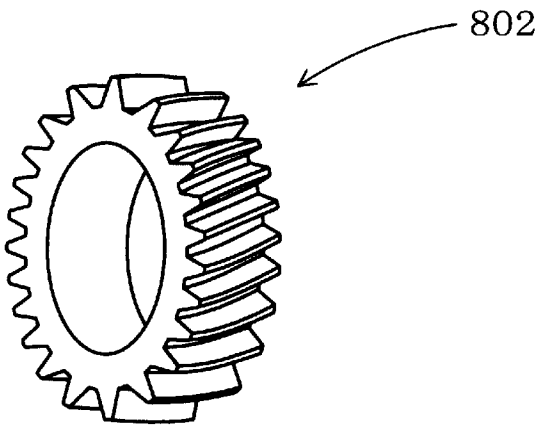
[図8]

(図８)



[図9]

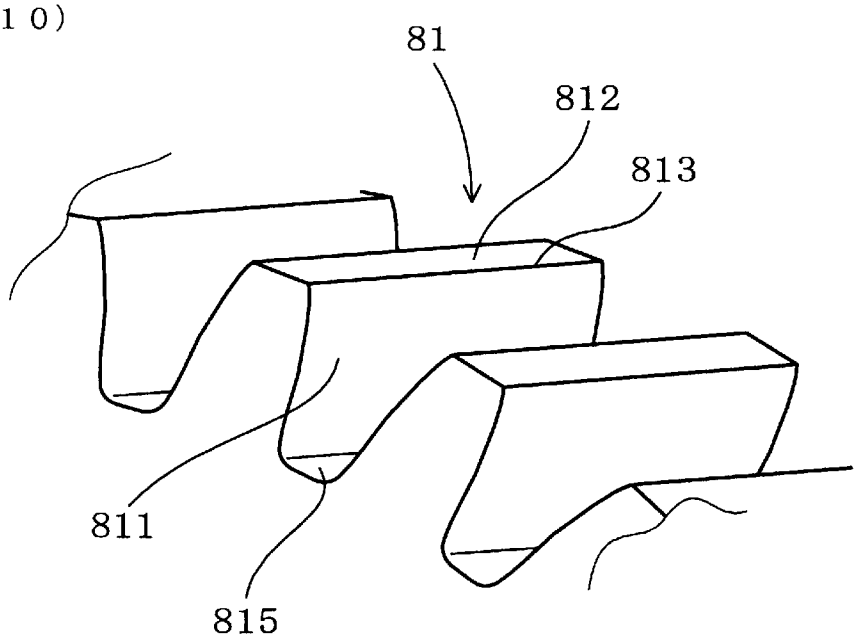
(図９)



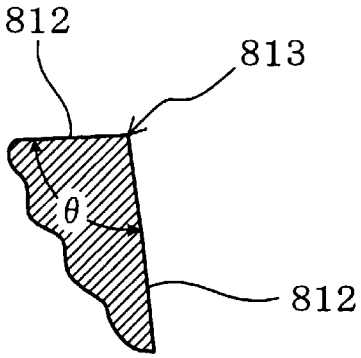
[図10]

(図１０)

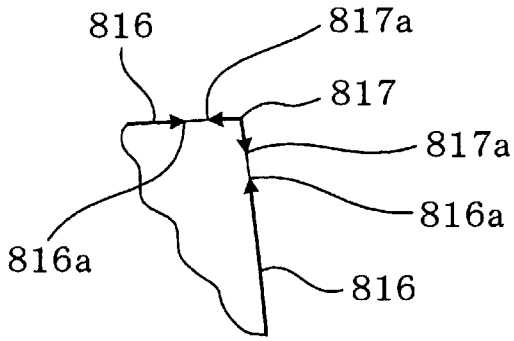
(a)



(b)



(c)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2009/058126

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
C21D9/32(2006.01)i, *C21D1/06*(2006.01)i, *C21D1/09*(2006.01)i, *C21D1/10*(2006.01)i, *C23C8/22*(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)
C21D9/00-9/44, 9/50, C21D1/02-1/84, C23C8/22

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 1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2009 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2009

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 Y	Koji OBAYASHI, "Automatic Transmission no Zairyo·Netsushori Gijutsu no Doko to Kadai", Denki Seiko, 28 February, 2008 (28.02.08), Vol.79, No.1, pages 53 to 60 (particularly, '5.1 Shinku Shintan Gijutsu no Doko', '6.2 Mild Shintan Process ni Tsuite')	1-6 7-19
Y	WO 2007-034911 A1 (Aisin AW Co., Ltd.), 29 March, 2007 (29.03.07), Claims; Par. Nos. [0037], [0073], [0109] & EP 1889929 A1 & CN 101233247 A & KR 10-2008-0023333 A	7-19

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

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
28 July, 2009 (28.07.09)	11 August, 2009 (11.08.09)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００９／０５８１２６

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　C21D9/32(2006.01)i, C21D1/06(2006.01)i, C21D1/09(2006.01)i, C21D1/10(2006.01)i, C23C8/22(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.　C21D9/00-9/44, 9/50, C21D1/02-1/84, C23C8/22

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	１９７１－２００９年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２００９年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２００９年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X Y	大林巧治，オートマチックトランスミッションの材料・熱処理技術の動向と課題，電気製鋼，2008.02.28，第７９巻第１号，ｐ．５３－６０（特に、「5.1 真空浸炭技術の動向」、「6.2 マイルド浸炭プロセスについて」を参照）	１－６ ７－１９

☑　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 ２８．０７．２００９	国際調査報告の発送日 １１．０８．２００９
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 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）　４Ｋ　９７３１ 佐藤　陽一 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
Ｙ	ＷＯ ２００７－０３４９１１ Ａ１ （アイシン・エィ・ダブリュ株式会社）２００７．０３．２９， 特許請求の範囲、００３７、００７３、０１０９ ＆ＥＰ １８８９９２９ Ａ１＆ＣＮ １０１２３３２４７ Ａ ＆ＫＲ １０－２００８－００２３３３３ Ａ	７－１９