

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5322001号  
(P5322001)

(45) 発行日 平成25年10月23日(2013.10.23)

(24) 登録日 平成25年7月26日(2013.7.26)

(51) Int.Cl.	F 1	
<b>C 2 3 C</b> 8/26 (2006.01)	C 2 3 C	8/26
<b>C 2 3 C</b> 8/38 (2006.01)	C 2 3 C	8/38
<b>C 2 3 C</b> 28/04 (2006.01)	C 2 3 C	28/04
<b>C 2 1 D</b> 1/10 (2006.01)	C 2 1 D	1/10 H
<b>C 2 1 D</b> 1/06 (2006.01)	C 2 1 D	1/06 A
請求項の数 5 (全 13 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2008-131403 (P2008-131403)	(73) 特許権者	390029089 高周波熱錬株式会社 東京都品川区東五反田二丁目17番1号
(22) 出願日	平成20年5月19日(2008.5.19)	(73) 特許権者	000229597 日本パーカライジング株式会社 東京都中央区日本橋1丁目15番1号
(65) 公開番号	特開2009-280838 (P2009-280838A)	(74) 代理人	100082876 弁理士 平山 一幸
(43) 公開日	平成21年12月3日(2009.12.3)	(74) 代理人	100109807 弁理士 篠田 哲也
審査請求日	平成23年1月26日(2011.1.26)	(74) 代理人	100148127 弁理士 小川 耕太
		(72) 発明者	深沢 剣吾 神奈川県平塚市田村七丁目4番10号 高周波熱錬株式会社内
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 鉄鋼材料及びその製造方法並びに高周波焼入れ部品

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基材の表面に形成した化合物層を被覆するように酸化防止用被覆層を形成する第一の工程と、

上記化合物層及び上記酸化防止用被覆層が形成されている上記基材を高周波焼入れする第二の工程と、を含み、

上記化合物層が、Fe、Ti、Zr、Mo、W、Cr、B及びSiの中から選択される少なくとも一つの元素の窒化物層からなり、

上記酸化防止用被覆層が、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、W、Mo及びAlからなる群より選択される少なくとも一つの金属元素の酸化物からなり、

上記第二の工程において、時間t1が0.6秒 t1 2秒の範囲で温度T1が760 T1 880 の範囲まで昇温し、上記温度T1に到達後、直ちに冷却を行う、鉄鋼材料の製造方法。

【請求項2】

前記第一の工程において、前記金属元素の付着量で150~200mg/m<sup>2</sup>となるよう前記酸化防止用被覆層を形成する、請求項1に記載の鉄鋼材料の製造方法。

【請求項3】

基材と、上記基材の表面に形成した化合物層と、上記化合物層上に形成した酸化防止用被覆層と、からなり、

上記化合物層が、Fe、Ti、Zr、Mo、W、Cr、B及びSiの中から選択される

少なくとも一つの元素の窒化物層からなり、

上記酸化防止用被覆層が、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、W、Mo及びAlからなる群より選択される少なくとも一つの金属元素の酸化物からなり、

時間 $t_1$ が0.6秒  $t_1$  2秒の範囲で温度 $T_1$ が760  $T_1$  880 の範囲まで昇温し上記温度 $T_1$ に到達後直ちに冷却を行うことで、高周波焼入れが施されることにより、上記化合物層と上記基材の界面から所定の深さまで焼入れ硬化層を有し、かつ上記化合物層に多孔質の酸化層が形成されていないようにした、鉄鋼材料。

【請求項4】

請求項3に記載の鉄鋼材料を用いて形成されている、高周波焼入れ部品。

【請求項5】

前記高周波焼入れ部品はパワートレイン系部品である、請求項4に記載の高周波焼入れ部品。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、面圧強度，耐摩耗性，曲げ疲労強度等の機械的強度に優れた機械構造部品として使用される高周波焼入れ処理した鉄鋼材料及びその製造方法並びに高周波焼入れ部品に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、機械的強度の向上のために、鋳鉄や鋼の機械構造部品に窒化処理，軟窒化処理，浸炭焼入れ，高周波焼入れ等の表面硬化処理が施されている。このうち、窒化処理等により最表面に形成される窒化物層、特に表面側の化合物層は、耐摺動性に優れていると共に、摩耗に強く、さらに焼き付き抵抗性が高いことが知られている。

【0003】

ところで、従来の窒化処理あるいは軟窒化処理は、浸炭焼入れ，高周波焼入れに比較して、硬化層深さが浅く、面圧強度，疲労強度等に改善の余地があった。

このため、近年、窒素の特性を活かして、窒化処理または軟窒化処理の後で、高周波焼入れ処理を施し、硬化深度を深くして面圧強度を高めて疲労強度を高くするようにした複合硬化処理が開発されている。

【0004】

ここで、例えば窒化処理により鉄鋼材料の表面に窒化膜等の化合物層を形成した後、高周波焼入れ処理を施した場合、鉄鋼材料の表面領域に化合物層に含まれる窒素が拡散して、所謂N拡散層が拡大する。

【0005】

この場合、高周波焼入れでは、焼入れ温度は少なくともオーステナイト組織になる温度 $A_{c1}$ 変態点以上の温度が必要であり、通常750～1050 の温度範囲から選択される。例えば、窒化温度570 で形成される窒化物層は、鉄と窒素の結合であり、650 以上に再加熱されると、酸化を受けて分解し、窒化物層の窒素が最表面では窒素ガスとして放出され、また内部では拡散する結果になる。

【0006】

従って、化合物層の表面領域が高周波焼入れによって酸化されてしまい、化合物層が分解して酸化層を形成することになってしまう。ここで、化合物層が緻密であるのに対して酸化層は多孔質である。このため、化合物層の表面が酸化層によって覆われて露出せず、また化合物層の少なくとも一部が消失して薄くなってしまいうこともあって、化合物層の特性に基づく機械的強度や耐摺動性、耐摩耗性が損なわれてしまう。

【0007】

これに対して、特許文献1には、窒化処理により表面に形成された窒化物層をそのまま高周波焼入れすることによって高温加熱での窒化物層の損傷や消失という問題を解決するために、窒化処理後の表面上に、酸化ケイ素を成分とするガス窒化・イオン窒化防止剤，

10

20

30

40

50

浸炭防止剤，酸化防止剤等を1～3mmの厚さで被覆し、焼入れを行う方法が開示されている。

【0008】

また、例えば特許文献2には、鉄鋼材料の表面に硬い窒化物からなる化合物層が形成され、さらにその上層として、Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, W, Mo及びAlから成る群の中から選択される少なくとも一種の金属酸化物を含む無機化合物層が形成されたことを特徴とする焼入れ鉄鋼部材が開示されている。

【0009】

【特許文献1】特開昭58-096815号公報

【特許文献2】特開2008-038220号公報

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、特許文献1による焼入れ方法では、加熱時における酸化現象を防止することができるが、1mm以上の厚膜が必要であり、熱伝導性も低いことから焼入れ時の冷却温度が不十分となり、目的とする硬度を得ることは困難であった。また、このような酸化防止膜は摩擦抵抗が大きいため、焼入れ処理後に除去する必要があり生産効率が低下してしまう。

【0011】

特許文献2による焼入れ鉄鋼材料においては、鉄鋼材料の表面に形成された硬い窒化物からなる化合物層が、焼入れ工程前に施される無機化合物層の表面保護剤によって、焼入れ工程の損傷や消失から保護されるとあるが、当該発明を用いても、800℃を上回る高温で3秒以上にわたり焼入れすると、少なからず当該化合物層の酸化を防止することができないことがあった。

20

【0012】

本発明は上記課題に鑑み、簡単な構成により、鉄鋼材料の表面に形成された化合物層の高周波焼入れによる酸化を防止するようにした焼入れした、鉄鋼材料及びその製造方法並びに高周波焼入れ部品を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明者等は鋭意研究を重ねた結果、鉄鋼材料の表面に形成された無機化合物層を含む化合物層の酸化が、高周波加熱を短時間で行うことによって防止できるという知見を得て、本発明を完成するに至った。

30

【0014】

上記目的を達成するために、本発明の鉄鋼材料は、基材と、この基材の表面に形成した化合物層と、この化合物層上に形成した酸化防止用被覆層と、からなり、化合物層が、Fe、Ti、Zr、Mo、W、Cr、B及びSiの中から選択される少なくとも一つの元素の窒化物層からなり、酸化防止用被覆層が、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、W、Mo及びAlからなる群より選択される少なくとも一つの金属元素の酸化物からなり、時間 $t_1$ が0.6秒～ $t_1$  2秒の範囲で温度 $T_1$ が760℃～ $T_1$  880℃の範囲まで昇温し温度 $T_1$ に到達後直ちに冷却を行うことで、高周波焼入れが施されることにより、化合物層と基材との界面から所定の深さまで焼入れ硬化層を有し、かつ化合物層に多孔質の酸化層が形成されていないようにしたことを特徴とする。

40

本発明の高周波焼入れ部品は、上記鉄鋼材料を用いたことを特徴とする。高周波焼入れ部品は、例えばパワートレイン系部品である。

【0015】

上記目的を達成するために、本発明の鉄鋼材料の製造方法は、基材の表面に形成した化合物層を被覆するように酸化防止用被覆層を形成する第一の工程と、化合物層及び酸化防止用被覆層が形成されている基材を高周波焼入れする第二の工程と、を含み、化合物層が

50

、Fe、Ti、Zr、Mo、W、Cr、B及びSiの中から選択される少なくとも一つの元素の窒化物層からなり、酸化防止用被覆層が、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、W、Mo及びAlからなる群より選択される少なくとも一つの金属元素の酸化物からなり、第二の工程において、時間 $t_1$ が0.6秒  $t_1$  2秒の範囲で温度 $T_1$ が760  $T_1$  880 の範囲まで昇温し、上記温度 $T_1$ に到達後直ちに冷却を行うことを特徴とする。

好ましくは、第一の工程において、上記金属元素の付着量で150 ~ 200 mg / m<sup>2</sup>となるよう酸化防止用被覆層を形成する。

#### 【0016】

上記構成によれば、基材の表面に形成した化合物層の上に酸化防止被覆層、好ましくは酸化チタン層が形成されているので、高周波焼入れの際に化合物層の表面の酸化が酸化防止被覆層によって阻止される。

従って、化合物層の表面領域における多孔質の酸化層の形成が抑制されるので、化合物層がより厚く残存しかつ高周波焼入れにより硬度が高められることになり、化合物層の特性に基づく機械的強度や耐摺動性、耐摩耗性等が維持される。

#### 【発明の効果】

#### 【0017】

本発明の鉄鋼材料及びその製造方法並びに高周波焼入れ部品によれば、化合物層の表面において高周波焼入れによる酸化層の形成が抑制される。従って、残りの化合物層が薄くなってしまったり、その一部が消失することがなく、比較的厚い化合物層が残存することになり、化合物層の特性に基づく機械的強度、耐摺動性、耐摩耗性等が損なわれることがない。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0018】

以下、図面に示した実施形態に基づいて本発明を詳細に説明する。

図1は、本発明による焼入れ鉄鋼材料10の一実施形態における高周波焼入れ前の状態を示す概略断面図である。

図1において、高周波焼入れ前の焼入れ鉄鋼材料10は、鉄鋼材料からなる基材11と、基材11の表面に形成された化合物層12と、化合物層12の上に形成された酸化防止被膜層13と、から構成されている。

#### 【0019】

基材11は、例えば炭素鋼、低合金鋼、高合金鋼、鋳鉄等の鉄鋼材料が使用され、好ましくは、例えば高炭素鋼、低合金鋼等が使用される。

#### 【0020】

化合物層12は、基材11を表面処理して形成されるものである。この化合物層12は、好ましくは、例えばFe、Ti、Zr、Mo、W、Cr、B及びSiの中から選択される少なくとも一つの窒化物層である。

#### 【0021】

化合物層12を形成する表面処理の方法については、特に限定されず、例えば窒化拡散処理、CVD（化学蒸気堆積法）、PVD（物理蒸気堆積法）等により形成される。イソナイト（登録商標）処理、パルソナイト処理等の塩浴軟室化処理、ガス軟室化処理、イオン窒化処理、プラズマ窒化処理等の方法がより好適である。

#### 【0022】

酸化防止被覆層13は、例えば、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Cr、W、Mo及びAlからなる群より選ばれる、少なくとも1つを含む金属酸化物から形成される。なかでも、Tiの酸化物（TiO<sub>2</sub>）は好ましく、例えばTi化合物を含有する溶液中に被処理物を浸漬し、引き上げ、後に乾燥することによるディップコーティング法等の塗布手段を用いて、化合物層12の上に形成することができる。

#### 【0023】

上記酸化防止被覆層13は、その下に在る化合物層12の高周波焼入れによる酸化を確

10

20

30

40

50

実に防止し得るように、例えば  $150 \sim 200 \text{ mg/m}^2$  程度になるように形成される。

【0024】

本発明実施形態による焼入れ鉄鋼材料10は以上のように構成されており、次にその製造方法を説明する。

図2は、図1の焼入れ鉄鋼材料10の製造方法の一実施形態を示すフローチャートである。

まず、ステップST1において、基材11の表面に例えばイソナイト（登録商標）処理によって化合物層12が形成される。

【0025】

続いて、ステップST2にて化合物層12の表面へ酸化防止被覆層13が形成される。

10

【0026】

次に、ステップST3にて、化合物層12及び酸化防止被覆層13を備えた基材11が高周波焼入れされる。

【0027】

図3は、高周波焼入れの加熱条件を模式的に示す図である。図の横軸は時間（秒）を示し、図の縦軸は温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）を示している。図3に示すように、高周波焼入れは、所定の加熱時間（ $t_1$ ）で所定の加熱温度（ $T_1$ ）に達するまで短時間で行い、所定の加熱温度（ $T_1$ ）に達したら直ちに冷却されることによって行われる。図示の場合には、加熱速度（ $^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ ）が一定の場合を例として示している。

【0028】

20

加熱温度 $T_1$ は760以上で880以下の温度（760  $T_1$  880）の範囲であり、加熱時間 $t_1$ が、0.6秒から2秒の範囲（0.6秒  $t_1$  2秒）であることが好ましい。加熱時間 $t_1$ が、0.6秒から2秒の範囲にある限り、加熱速度は一定でなくとも良い。

これにより、化合物層12を含む基材11の表面が焼入れによって硬度が高められると共に、表面領域における酸化が酸化防止被覆層13により抑制される。

【0029】

図4は、図1の焼入れ鉄鋼材料10の高周波焼入れ後の状態を示す概略断面図である。焼入れ鉄鋼材料10において、基材11の化合物層12と接する表面領域が、高周波焼入れによってN濃化層11aに変化する。このN濃化層11aは比較的軟らかいので、化合物層12の基材11に対する保持性が向上することになる。

30

なお、このN濃化層11aの直下には化合物層12から窒素原子が拡散して、N拡散層11bが形成される。

以上で、焼入れ鉄鋼材料10が完成する。

【0030】

ステップST3にて高周波焼入れが上記した範囲（760  $T_1$  880、0.6秒  $t_1$  2秒）で行われる場合には、焼入れ後の化合物層12、N濃化層11aが共に良好であり、また基材の11の表面に形成される硬化層の硬度も良好である。

【0031】

加熱時間 $t_1$ と加熱温度 $T_1$ が上記範囲外の場合には、基材11の表面に形成される硬化層の硬度が低下し、また、焼入れ後の化合物層12の表面やN濃化層11aが不良となつて好ましくない。この場合、化合物層12の不良は酸化防止被覆層13の表面が多孔質となることに起因していると推定される。

40

【0032】

ステップST3における高周波焼入れにより、基材11の化合物層12に接する表面領域がN濃化層11aに変化する場合には、N濃化層11aの形成により基材11の表面領域の硬度が高められる。

【0033】

本発明の焼入れ鉄鋼材料10によれば、化合物層12の表面にさらに酸化防止被覆層13が被覆されていることによって、化合物層12の表面において高周波焼入れによる酸化

50

層の形成が抑制される。従って、残りの化合物層12が薄くなってしまったり、その一部が消失したりすることがなく、比較的厚い化合物層12が残存し、化合物層12の特性に基づく機械的強度、耐摺動性、耐摩耗性等が損なわれることがない。なお、酸化防止被覆層13は、高周波焼入れの後で除去しても除去しなくてもよく、必要に応じて選定することができる。

これにより、本発明の焼入れ鉄鋼材料10は、高面圧下の試験でも座屈は発生せず、各種歯車やCVT部品、あるいはピニオンシャフト等の高負荷状況で使用される部品に適用可能である。例えば、自動車等のエンジンからタイヤに至る駆動系部品、所謂パワートレイン用部品に使用することができる。

【実施例1】

10

【0034】

以下、本発明による焼入れ鉄鋼材料10の実施例について詳細に説明する。

基材11として直径6.5mm、長さ40mmのクロムモリブデン鋼(SCM440)を使用し、この表面を脱脂洗浄したのち、溶融塩浴中で570で2時間塩浴窒化処理(イソナイト(登録商標)処理:日本パーカライジング(株)製)して油冷し、基材11の表面に厚さ約11μmの窒化鉄からなる化合物層12を形成した。

【0035】

こうして表面に窒化鉄層12を形成した基材11に対して、さらに濃度4%の酸化チタン中性水分散ゾル(パルチタン5603:アナターゼ+アモルファスゾル、日本パーカライジング(株)製)をディップコーティングし、余分な液を除去した後、180で乾燥させた。Tiの付着量を蛍光X線分析装置で測定したところ、150mg/m<sup>2</sup>付着していた。

20

【0036】

このようにして酸化チタン層からなる酸化防止被覆層13と窒化鉄からなる化合物層12を形成した基材11を、さらに高周波焼入れ装置によって加熱し、加熱開始後0.6秒で780に達した後、直ちに加熱を停止して、つまり、冷却を行なって実施例1の焼入れ鉄鋼材料10を作製した。

【実施例2】

【0037】

高周波焼入れの条件として、加熱開始後0.6秒で800に達した後、直ちに加熱を停止して焼入れを行った以外は実施例1と同様にして、実施例2の焼入れ鉄鋼材料10を作製した。

30

【実施例3】

【0038】

高周波焼入れの条件として、加熱開始後1秒で780に達した後、直ちに加熱を停止して焼入れを行った以外は実施例1と同様にして、実施例3による焼入れ鉄鋼材料10を作製した。

【実施例4】

【0039】

高周波焼入れの条件として、加熱開始後1秒で800に達した後、直ちに加熱を停止して焼入れを行った以外は実施例1と同様にして、実施例4の焼入れ鉄鋼材料10を作製した。

40

【0040】

(比較例1)

実施例に対する比較例1においては、高周波焼入れの条件として、加熱開始後3秒で760に達した後、直ちに加熱を停止して焼入れを行った以外は実施例1と同様にして焼入れ鉄鋼材料を作製した。

【0041】

(比較例2)

高周波焼入れの条件として、加熱開始後3秒で880に達した後、直ちに加熱を停止

50

して焼入れを行った。これ以外は実施例 1 と同様にして、比較例 2 の焼入れ鉄鋼材料を製作した。

【 0 0 4 2 】

ここで、高周波焼入れの条件を種々に変更した実施例及び比較例において、焼入れ鉄鋼材料 1 0 の面を走査型電子顕微鏡 (SEM) で観察し、断面において表面側から酸化防止被覆層 1 3 , 化合物層 1 2 , 基材 1 1 の表面に形成される N 濃化層 1 1 a の厚さを測定した。

図 5 は、実施例及び比較例において種々の高周波焼入れ時間及び温度で製造された焼入れ鉄鋼材料 1 0 の各層の厚さを示す表である。

図 5 から明らかなように、高周波焼入れ温度が高いほど、化合物層 1 2 が薄くなると共に、N 濃化層 1 1 a が厚くなる。高周波焼入れ温度  $T$  が 7 6 0 及び 7 8 0 において、化合物層 1 2 が薄くならず、N 濃化層 1 1 a が良好に形成されていることが分かる。

【 0 0 4 3 】

図 5 の表中の数値は、化合物層 1 2 及び N 濃化層 1 1 a のピッカース硬度を示している。ピッカース硬度は、微小硬度計を使用して、荷重 0 . 4 9 N を 1 0 秒間印加して測定した。

高周波焼入れ時間が 0 . 6 秒及び 1 秒の場合、化合物層 1 2 及び N 濃化層 1 1 a のピッカース硬度は、高周波焼入れ温度が上昇すると低下する傾向にある。一方、焼入れで基材 1 1 の表面に形成される硬化層のピッカース硬度は、高周波焼入れ温度が 7 8 0 及び 8 0 0 で良好な値が得られた。

【 0 0 4 4 】

表 1 は、実施例及び比較例の高周波焼入れ条件と焼入れ後の焼入れ鉄鋼材料 1 0 の化合物層 1 2 , N 濃化層 1 1 a , 硬化層の各層のピッカース硬度の評価と、焼入れ鉄鋼材料 1 0 としての総合判断を示す表である。

表 1 から明らかなように、実施例 1 ~ 4 においては、化合物層 1 2 , N 濃化層 1 1 a , 硬化層の各層は何れもピッカース硬度が高く、焼入れが良好に施されたことが分かる。

一方、高周波焼入れの温度  $T_1$  が 7 6 0 で加熱時間  $t_1$  が 3 秒の比較例 1 においては、硬化層のピッカース硬度が低くなった。高周波焼入れの温度  $T_1$  が 8 8 0 で加熱時間  $t_1$  が 3 秒の比較例 2 においては、硬化層のピッカース硬度は高く化合物層 1 2 を含む鉄鋼材料 1 0 において良好な高周波焼入れができたが、N 濃化層 1 1 a のピッカース硬度が低かった。

以上説明したように、実施例 1 ~ 4 においては、化合物層 1 2 を含む鉄鋼材料 1 0 において良好な高周波焼入れができるのに対して、比較例 1 及び 2 においては化合物層 1 2 及び硬化層の何れかがピッカース硬度が不足し、焼入れ鉄鋼材料 1 0 としては不可ということが判明した。

【表 1】

	熱処理条件		化合物層	N濃化層	硬化層	総合判断
	温度 $T_1$ (°C)	時間 $t_1$ (秒)				
実施例1	780	0.6	良	良	良	良
実施例2	800	0.6	可	可	良	可
実施例3	780	1	良	良	良	良
実施例4	800	1	可	可	良	可
比較例1	760	3	良	良	不可	不可
比較例2	880	3	不可	不可	良	不可

【 0 0 4 5 】

以下、図 6 ~ 図 1 0 に、本発明による焼入れ鉄鋼材料 1 0 と従来の鉄鋼材料との測定や

試験結果を示す。

【 0 0 4 6 】

図 6 は、実施例 4 の焼入れ鉄鋼材料 1 0 と各種鉄鋼材料の断面硬さ分布を示すグラフである。図 6 の横軸は表面からの深さ (  $\mu\text{m}$  ) を示し、図 6 の縦軸はビッカース硬度 (  $\text{HV}_{0.05}$  ) を示している。この場合、試験方法は、硬さ試験機として、微小硬度計を使用して、荷重 0 . 4 9 N を 1 0 秒間印加してビッカース硬度を測定した。

【 0 0 4 7 】

図 6 において、符号 A 1 は実施例 4 で高周波処理した焼入れ鉄鋼材料 1 0 を、符号 A 2 は基材 1 1 にイソナイト (登録商標) 処理により化合物層 1 2 のみを形成しかつ高周波焼入れしないものを、符号 A 3 は基材 1 1 に高周波焼入れ処理 (以下、IH 処理と呼ぶ) したものを、符号 A 4 は基材 1 1 に浸炭焼入れ (以下、CQ と呼ぶ) 処理したもの (SCM 4 1 5 , 有効深さ 0 . 5 mm ) を、符号 A 5 は基材 1 1 に調質処理 (以下、QT 処理と呼ぶ) したものを、それぞれ示している。

10

【 0 0 4 8 】

図 6 によれば、実施例 4 の焼入れ鉄鋼材料 1 0 (符号 A 1 ) は、表面近傍で、比較的高い硬度、即ちビッカース硬度 HV で 8 7 0 程度を有しており、符号 A 2 で示すものと比較して硬度が高くなっていることが分かる。また、実施例 4 の焼入れ鉄鋼材料 1 0 は、硬化層が深くなっており、符号 A 4 で示す CQ 処理したものとほぼ同様の硬度特性を有している。

【 0 0 4 9 】

20

図 7 は、実施例 4 の焼入れ鉄鋼材料 1 0 と各種鉄鋼材料の S - N 線図を示すグラフである。S - N 線図はウエーラー線図とも言い、破壊を引き起こすために必要とされる繰り返し数 ( N ) に対する応力 ( S ) の関係を示す図である。図 7 の横軸は回数を示し、図 7 の縦軸は疲労強度 ( MPa ) を示している。この場合の試験方法は、小野式回転曲げ疲労試験機を使用して、材質 SCM 4 4 0 から成る直径 8 mm の平滑試験片を、室温雰囲気下で打ち切り回数  $1 \times 10^7$  で試験した。

【 0 0 5 0 】

図 7 において、符号 B 1 は実施例 4 の焼入れ鉄鋼材料 1 0 を、符号 B 2 は基材 1 1 にイソナイト (登録商標) 処理により化合物層 1 2 のみを形成しかつ高周波焼入れしないものを、符号 B 3 は基材 1 1 に IH 処理したものを、符号 B 4 は基材 1 1 に QT 処理したものを、それぞれ示している。

30

【 0 0 5 1 】

図 7 によれば、実施例 4 の焼入れ鉄鋼材料 1 0 (符号 B 1 ) は、その疲労強度が 8 6 0 MPa であり、疲労強度が 5 7 5 MPa の符号 B 2 で示す鉄鋼材料と比較して、1 . 5 9 倍、疲労強度が 6 8 0 MPa の符号 B 3 で示す鉄鋼材料と比較して、1 . 2 6 倍だけ向上していることが分かる。

【 0 0 5 2 】

図 8 は、実施例 3 の焼入れ鉄鋼材料 1 0 と各種鉄鋼材料のファビリー摩擦摩耗試験の結果を示すグラフである。図 8 の横軸は荷重 ( N ) を示し、図 8 の縦軸はトルク (  $\text{N} \cdot \text{m}$  ) を示している。この場合の試験方法は、ファビリー摩擦摩耗試験機を使用して、SCM 4 4 0 ( CQ : SCM 4 1 5 ) から成る直径 6 . 5 mm のピン及び SCM 4 1 5 ( CQ ) から成る V ブロックを周速 0 . 1 m / 秒で回転させながら、潤滑油としてエンジンオイル ( 1 0 W - 3 0 ) を使用して、初期荷重 2 0 0 k g から 2 5 k g / 秒で徐々に増加させて、トルクを測定した。

40

【 0 0 5 3 】

図 8 において、符号 C 1 は実施例 3 の焼入れ鉄鋼材料 1 0 を、符号 C 2 は基材 1 1 にイソナイト (登録商標) 処理により化合物層 1 2 のみを形成しかつ高周波焼入れしないものを、符号 C 3 は基材 1 1 に IH 処理したものを、符号 C 4 は基材 1 1 に CQ 処理したものを、それぞれ示している。

図 8 によれば、実施例 3 の焼入れ鉄鋼材料 1 0 (符号 C 1 ) は、2 3 0 0 k g 荷重でも

50

焼き付きが発生せず、符号 C 2 で示す鉄鋼材料と同様である。

これに対して、符号 C 3 で示す鉄鋼材料は約 700 kg で、また符号 C 4 で示す鉄鋼材料は約 350 kg で焼き付きが発生している。

【0054】

図 9 は、実施例 4 の焼入れ鉄鋼材料 10 と各種鉄鋼材料のファレックス摩擦摩耗試験の結果を示すグラフである。図 9 の縦軸は限界焼き付き荷重 (kg) を示している。

この場合の試験方法は、ファレックス摩擦摩耗試験機を使用して、SCM440 (CQ : SCr420) から成る直径 10 mm のピン及び SCr420 (CQ 処理 + リン酸マンガ処理) から成る V ブロックを周速 0.4 m / 秒で回転させながら、潤滑油として CVT オイル (NS2) を使用して、50 kg / 分でステップ荷重を印加しながら限界焼き付き荷重を測定した。

10

【0055】

図 9 において、符号 D 1 は実施例 4 の焼入れ鉄鋼材料 10 を、符号 D 2 は基材 11 に CQ 処理したものを示している。符号 D 3 は基材 11 に QPQ 処理したものを示している。QPQ 処理とは、基材 11 を窒化処理した後、酸化処理と研磨との組み合わせ処理を行う手法である。例えば、窒化処理を施した後、水酸化アルカリ金属及び硝酸化アルカリ金属を主成分とする熔融塩中に浸漬して酸化処理を行い、その後、ブラスト処理等で表面を研磨し、再度熔融塩中に浸漬し、窒化物層の上に酸化皮膜を生成させる。QPQ 処理の特長は、基材 11 に窒化された化合物層 12 を残したままで平滑にし、最表層が酸化されているために摺動特性が向上することである。符号 D 4 は、基材 11 に無電解ニッケルめ

20

【0056】

図 9 から明らかなよう、実施例 4 の焼入れ鉄鋼材料 10 (符号 D 1) は、CQ 処理とリン酸マンガ処理を施した V ブロックとの組合せにおいて、800 kg 荷重でも焼き付きが発生しないが、符号 D 2, D 3, D 4 に示した鉄鋼材料は、何れも焼き付きが発生した。これから、実施例 4 の焼入れ鉄鋼材料 10 は、基材 11 に QPQ 処理したもののより摺動特性が向上していることが分かった。

【0057】

図 10 は、実施例 4 の焼入れ鉄鋼材料 10 と各種鉄鋼材料の SRV 試験の結果を示すグラフである。図 10 の横軸は時間 (秒) を示し、図 10 の縦軸は摩擦係数 ( $\mu$ ) を示している。

30

この場合の試験方法は、SRV 試験機を使用して、SCM440 (CQ : SCM420) から成るピン及び SCM420 (CQ) から成る円板を速度 30 Hz で 2 mm 移動させながら、温度 110 の油中で摩擦を測定した。

【0058】

図 10 において、符号 E 1 は実施例 4 の焼入れ鉄鋼材料 10 を、符号 E 2 は基材 11 に CQ 処理したものを、符号 E 3 は基材 11 に CQ 処理とリン酸マンガ処理したものを、符号 E 4 は基材 11 に CQ 処理とリン酸マンガ処理と固体潤滑処理したものを、それぞれ示している。

図 10 によれば、実施例 4 の焼入れ鉄鋼材料 10 は、符号 E 1 で示すように 300 秒を越えてから焼き付きを生じており、最良の耐焼き付き性を示している。符号 E 2 で示す CQ 処理した基材 11 と符号 E 4 で示す CQ 処理とリン酸マンガ処理と固体潤滑処理した基材 11 では、数十秒で焼き付き、符号 E 3 で示す CQ 処理とリン酸マンガ処理を施したもののでも 100 ~ 200 秒で焼き付きを生じた。

40

これにより、符号 E 1 で示す実施例 4 の焼入れ鉄鋼材料 10 は、高面圧下の試験でも座屈は発生せず、各種歯車や CVT 部品、あるいはピニオンシャフト等の高負荷状況で使用される部品に適用可能である。

【0059】

以上述べたように、本発明によれば、基材 11 の表面に形成された化合物層 12 の高周波焼入れによる酸化を酸化防止被覆層 13 で防止するようにした、極めて優れた焼入れ鉄

50

鋼材料 10 及びその製造方法並びに高周波焼入れ部品が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0060】

【図1】本発明による焼入れ鉄鋼材料の一実施形態における高周波焼入れ前の状態を示す概略断面図である。

【図2】図1の焼入れ鉄鋼材料の製造方法の一実施形態を示すフローチャートである。

【図3】高周波焼入れの加熱条件を模式的に示す図である。

【図4】図1の焼入れ鉄鋼材料の高周波焼入れ後の状態を示す概略断面図である。

【図5】実施例及び比較例において種々の高周波焼入れ時間及び温度で製造された焼入れ鉄鋼材料の各層の厚さを示す表である。

10

【図6】実施例4の焼入れ鉄鋼材料と各種鉄鋼材料の断面硬さ分布を示すグラフである。

【図7】実施例4の焼入れ鉄鋼材料と各種鉄鋼材料のS - N線図を示すグラフである。

【図8】実施例3の焼入れ鉄鋼材料と各種鉄鋼材料のファビリー摩擦摩耗試験の結果を示すグラフである。

【図9】実施例4の焼入れ鉄鋼材料と各種鉄鋼材料のファレックス摩擦摩耗試験の結果を示すグラフである。

【図10】実施例4の焼入れ鉄鋼材料と各種鉄鋼材料のSRV試験の結果を示すグラフである。

【符号の説明】

【0061】

20

10 : 焼入れ鉄鋼材料

11 : 基材

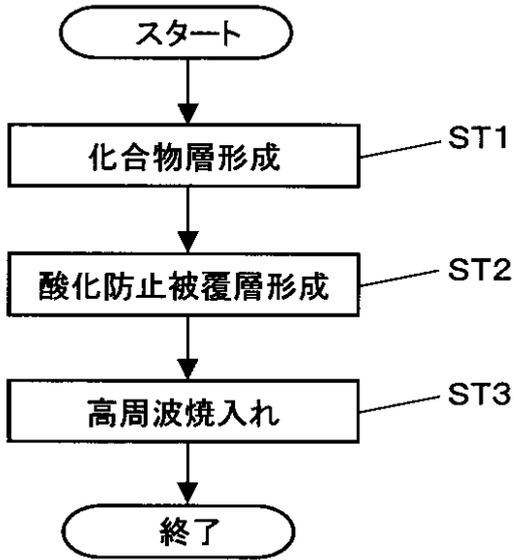
11a : N濃化層

11b : N拡散層

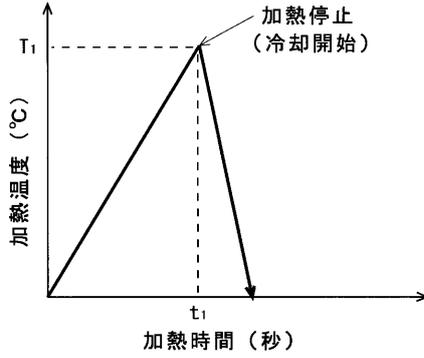
12 : 化合物層

13 : 酸化防止被覆層

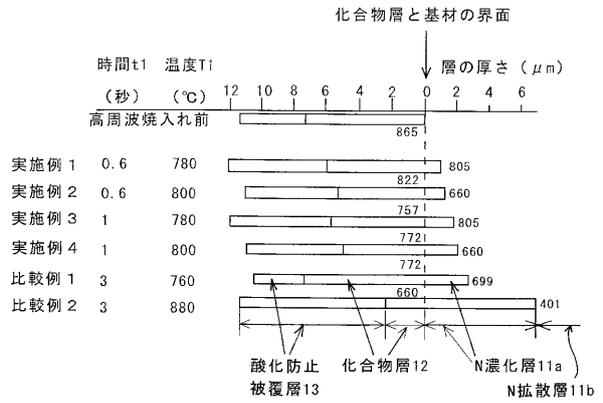
【図2】



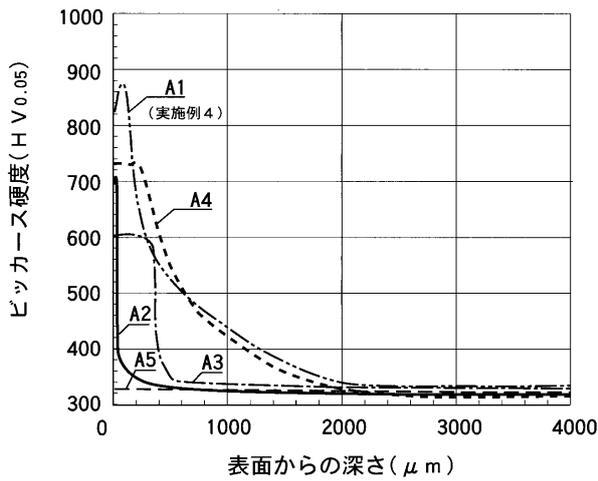
【図3】



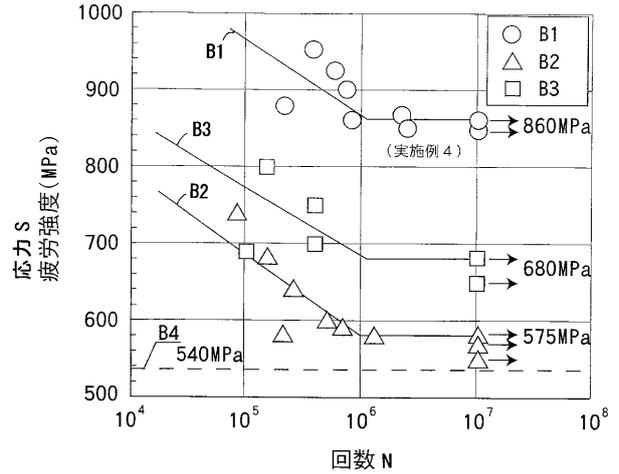
【図5】



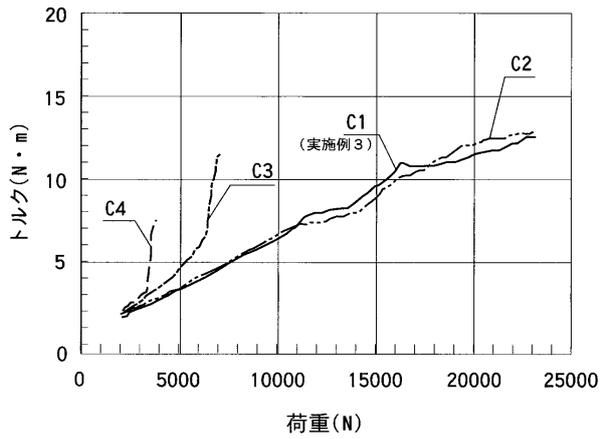
【図6】



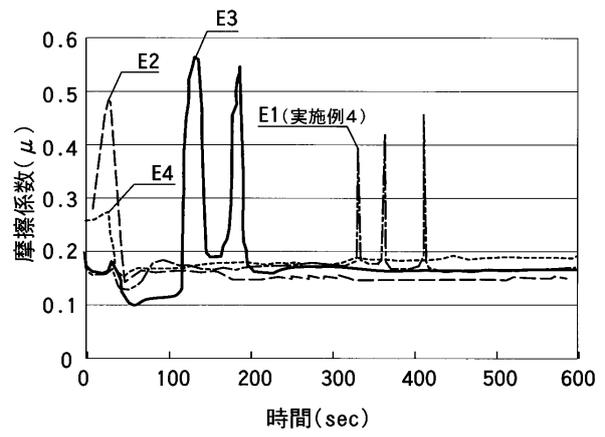
【図7】



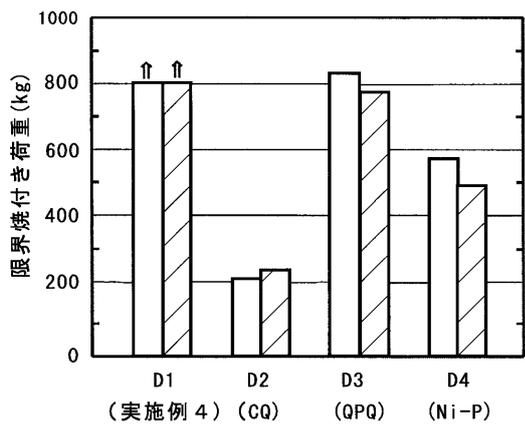
【 図 8 】



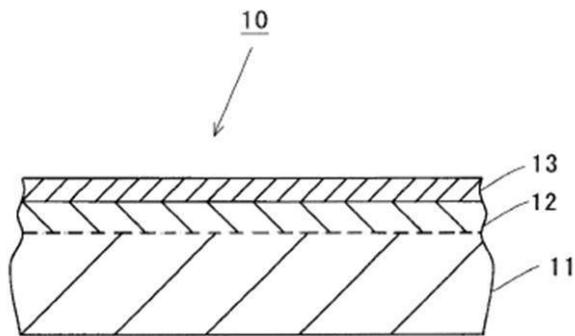
【 図 10 】



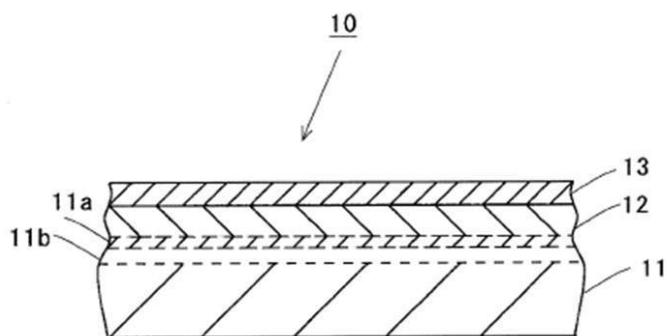
【 図 9 】



【 図 1 】



【 図 4 】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I		
C 2 1 D	1/70	(2006.01)	C 2 1 D	1/70	P
C 2 1 D	9/32	(2006.01)	C 2 1 D	9/32	A
C 2 1 D	9/28	(2006.01)	C 2 1 D	9/28	A

- (72)発明者 三阪 佳孝  
神奈川県平塚市田村七丁目4番10号 高周波熱錬株式会社内
- (72)発明者 川崎 一博  
神奈川県平塚市田村七丁目4番10号 高周波熱錬株式会社内
- (72)発明者 池田 芳宏  
東京都中央区日本橋1丁目15番1号 日本パーカライジング株式会社内
- (72)発明者 別府 正昭  
東京都中央区日本橋1丁目15番1号 日本パーカライジング株式会社内
- (72)発明者 須田 新  
東京都中央区日本橋1丁目15番1号 日本パーカライジング株式会社内

審査官 市枝 信之

- (56)参考文献 特開平06-173967(JP,A)  
特開2007-191091(JP,A)  
特開平10-259421(JP,A)  
特開2006-328465(JP,A)  
特開昭58-096815(JP,A)  
特開2008-038220(JP,A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C 2 3 C 8 / 0 0 ~ 1 2 / 0 2  
C 2 3 C 2 4 / 0 0 ~ 3 0 / 0 0  
C 2 1 D 1 / 0 6  
C 2 1 D 1 / 1 0  
C 2 1 D 1 / 7 0  
C 2 1 D 9 / 2 8  
C 2 1 D 9 / 3 2