

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5164539号
(P5164539)

(45) 発行日 平成25年3月21日(2013.3.21)

(24) 登録日 平成24年12月28日(2012.12.28)

(51) Int.Cl. F I
B 2 4 C 1/10 (2006.01) B 2 4 C 1/10 G
 B 2 4 C 1/10 E

請求項の数 2 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2007-308049 (P2007-308049)	(73) 特許権者	000003713 大同特殊鋼株式会社
(22) 出願日	平成19年11月28日(2007.11.28)		愛知県名古屋市東区東桜一丁目1番10号
(65) 公開番号	特開2009-131912 (P2009-131912A)	(73) 特許権者	000191009 新東工業株式会社
(43) 公開日	平成21年6月18日(2009.6.18)		愛知県名古屋市中区錦一丁目11番11号
審査請求日	平成22年6月19日(2010.6.19)	(74) 代理人	100089440 弁理士 吉田 和夫
		(72) 発明者	石倉 亮平 愛知県名古屋市南区大同町二丁目30番地 大同特殊鋼株式会社 研究開発本部 内
		(72) 発明者	狩野 隆 東京都港区港南一丁目6番35号 大同特 殊鋼株式会社 東京本社 内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ショットピーニング方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

表層C濃度が0.60~1.0%の範囲内である真空共析浸炭材又は異常層を除去したガス浸炭材から成る、下記式(1)~(3)で与えられる硬さHV(m)が750HV以上の被処理材に対して、該被処理材よりも50HV~250HVの範囲内で硬さの高い投射材を投射し、該被処理材の削食量を5µm以下に抑制しつつ1800MPa以上の高い圧縮残留応力を付与することを特徴とするショットピーニング方法。

$$HV(m) = \{f(C) - f(T, t)\} (1 - R/100) + 400 \times R/100 \dots \text{式(1)}$$

$$f(C) = -660C^2 + 1373C + 278 \dots \text{式(2)}$$

$$f(T, t) = 0.05T(\log t + 17) - 318 \dots \text{式(3)}$$

但し C: 浸炭による表層C(カーボン)濃度(質量%)

T: 焼戻し温度(K)

t: 焼戻し保持時間(hr)

R: 残留オーステナイト量(体積%)

【請求項2】

請求項1において、前記投射材の粒径を0.05~0.6mmの範囲内とし、該投射材をエア圧力0.4~0.6MPaで前記被処理材に投射することを特徴とするショットピーニング方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明はショットピーニング方法に関し、詳しくは被処理材の表層に従来に増して高い圧縮残留応力を付与することのできるショットピーニング方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、自動車の歯車等に用いられている浸炭処理材をはじめとする高強度材の疲労強度向上の手段として、材料へのヘビーショットピーニング処理が有用な手段として適用されている。

歯元曲げ疲労強度の向上には、ショットピーニング処理による表層の圧縮残留応力が大きな影響を与えていることがよく知られている。

10

【0003】

また圧縮残留応力の応力値は投射材の粒径、硬度、投射速度、投射時間等が影響することもよく知られており、ショットピーニングの条件が圧縮残留応力の応力値に及ぼす影響についても従来様々な研究がなされている。

【0004】

近年、部品の小型化に伴って高強度鋼に対する更なる高強度化が求められており、またこれに伴い更なる疲労強度向上のために、ショットピーニング処理によって被処理材により高い圧縮残留応力を付与することが求められている。

【0005】

例えば現状のヘビーショットピーニング処理による圧縮残留応力ピーク値1500MPaに対し、20%の疲労強度向上を目標としたとき、被処理材に1800MPaの圧縮残留応力を付与することが必要である。

20

【0006】

従来にあっては、被処理材により高い圧縮残留応力を付与するために、高硬度の投射材(ショット)の開発が主としてなされてきたが、単に投射材の硬さを高くしただけでは、被処理材の硬さがその投射材の硬さに見合った硬さのものでないと、ショットピーニングによって被処理材に高い圧縮残留応力を付与することができず、却って圧縮残留応力が低下してしまうことがある。

【0007】

例えば投射材の硬さと被処理材の硬さとの組合せによっては、ショットピーニングによって被処理材に顕著な削食が生じる。

30

この場合投射のエネルギーが削食に用いられるため、被処理材に効果的に圧縮残留応力を付与できなくなってしまう。

【0008】

又は被処理材に対して投射材の硬さが著しく高いような場合には、被処理材に高い圧縮残留応力を付与し得たとしても同時に削食が大きく生じて、そのことにより被処理材の表面粗さを大きくし、疲労破壊の起点となる可能性がある。

また削食が大きく生じることによって、部品の寸法が大きく減少変化してしまう。

【0009】

加えて硬度の著しく高い投射材は、これに応じてコストも高く、このような高コストの投射材を用いても、達成できる圧縮残留応力は一定以上には大きくなり、コストだけが高くなってしまふといった結果をもたらす。

40

従って被処理材の表層に高い圧縮残留応力を適正に付与するためには、被処理材の硬さと投射材の硬さとのバランスを適正化する必要がある。

【0010】

しかしながらこうした知見については従来全く提案されていない。

例えば、投射材を被処理材に投射して被処理材に圧縮残留応力を付与する技術として下記特許文献1、特許文献2、特許文献3に開示されたものがある。

しかしながら特許文献1には、削食についての知見は示されておらず、また特許文献2に記載のものでは、被処理材と投射材との関係についての知見は示されていない。更に特

50

許文献 3 に開示のものでは、同様に被処理材と投射材との関係についての知見が示されていない。

【 0 0 1 1 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 2 - 3 6 1 1 5 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 1 - 7 9 7 6 6 号公報

【特許文献 3】特開平 9 - 5 7 6 2 9 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 2 】

本発明は以上のような事情を背景とし、被処理材の削食を抑制しつつ表層に高い圧縮残留応力を付与することができ、疲労強度をその高い圧縮残留応力によって効果的に高めることのできるショットピーニング方法を提供することを目的としてなされたものである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 3 】

而して請求項 1 のものは、表層 C 濃度が 0 . 6 0 ~ 1 . 0 % の範囲内である真空共析浸炭材又は異常層を除去したガス浸炭材から成る、下記式 (1) ~ (3) で与えられる硬さ H V (m) が 7 5 0 H V 以上の被処理材に対して、該被処理材よりも 5 0 H V ~ 2 5 0 H V の範囲内で硬さの高い投射材を投射し、該被処理材の削食量を 5 μ m 以下に抑制しつつ 1 8 0 0 M P a 以上の高い圧縮残留応力を付与することを特徴とする。

$$H V (m) = \{ f (C) - f (T , t) \} (1 - R / 100) + 400 \times R / 100 \cdots \text{式 (1)}$$

$$f (C) = - 660 C ^ 2 + 1373 C + 278 \cdots \text{式 (2)}$$

$$f (T , t) = 0 . 05 T (\log t + 17) - 318 \cdots \text{式 (3)}$$

但し C : 浸炭による表層 C (カーボン) 濃度 (質量%)

T : 焼戻し温度 (K)

t : 焼戻し保持時間 (hr)

R : 残留オーステナイト量 (体積%)

【 0 0 1 4 】

請求項 2 のものは、請求項 1 において、前記投射材の粒径を 0 . 0 5 ~ 0 . 6 m m の範囲内とし、該投射材をエア圧力 0 . 4 ~ 0 . 6 M P a で前記被処理材に投射することを特徴とする。

【発明の作用・効果】

【 0 0 1 5 】

以上のように本発明は、式 (1) ~ (3) で与えられる被処理材の硬さ H V (m) を 7 5 0 H V 以上となし、そしてこの被処理材に対し、これよりも 5 0 ~ 2 5 0 H V 硬い投射材を被処理材に投射して、被処理材の削食量を 5 μ m 以下に抑制しつつ、その表層に圧縮残留応力を付与するもので、かかる本発明によれば、被処理材に従来に増して高い 1 8 0 0 M P a 以上の圧縮残留応力を付与することができ、これにより自動車の歯車その他の高強度部品の疲労強度を効果的に高めることができる。

【 0 0 1 6 】

本発明において、被処理材の硬さが 7 5 0 H V 未満であると、ショットピーニングによって被処理材の表層に十分な圧縮残留応力を付与することができない。

圧縮残留応力を付与できる限界は、被処理材の降伏強度 (ほぼ 0 . 2 % 耐力) までとされており、その降伏強度は被処理材の硬さと比例関係にある。

従って被処理材の硬さが 7 5 0 H V 未満の場合、圧縮残留応力を付与できる限界が低く、十分な高圧縮残留応力を付与することができない。

そのため本発明では被処理材の硬さを 7 5 0 H V 以上となしておくことが必要である。

【 0 0 1 7 】

本発明ではまた、投射材硬さを被処理材硬さよりも硬くしておくことが必要である。

投射材の硬さが被処理材の硬さよりも低いと投射材が塑性変形 (降伏) してしまい、被処理材に対して圧縮残留応力を付与するためのエネルギーが十分加えられない。また、投

10

20

30

40

50

射材の寿命低下を招く。

特に本発明においては、投射材の硬さを被処理材の硬さに対して50HV以上高くしておくことが、被処理材に高い圧縮残留応力を付与するために必要であるとの知見が得られた。

【0018】

逆に投射材の硬さが被処理材の硬さよりも250HVを超えて高いと、投射のエネルギーが削食に使われてしまい、効果的且つ安定的に高圧縮残留応力を付与することができない。

また例えば被処理材に高い圧縮残留応力を付与できたとしても、投射材の硬さが被処理材に比べて硬過ぎるために、被処理材の表層の削食量が過大となり、そのことが高強度部品の寸法の規格外れをもたらす原因となるのみならず、その大きな削食によって被処理材の表面粗さを大きくし、疲労破壊の起点となる可能性がある。

10

【0019】

また高圧縮残留応力を付与し得たとしてもその圧縮残留応力は一定以上には高くなり、即ち投射材の硬さが硬くなった分に見合っただけで圧縮残留応力が高くなるわけではなく、あるところで飽和してしまう。

【0020】

一方で硬さが著しく硬い投射材はコスト的にも高いものであり、処理費用が高くなってしまう。

この意味において、本発明では被処理材の硬さと投射材の硬さとの差を250HV以下に規制することが必要である。

20

【0021】

本発明では、削食量を5 μ m以下と規定しているのは、その理由は削食量がこれよりも多くなると、投射エネルギーが削食に使われてしまって、圧縮残留応力の付与に効果的に利用されず、また削食が大きく生じることで高強度部品の寸法が大きく減少悪化してしまうことによる。

【0022】

尚本発明において、被処理材の硬さHV(m)は浸炭処理後の被処理材の表面から深さ0.050mmまでの表層の硬さを意味している。即ち式(1)~(3)で規定される被処理材硬さHV(m)は深さ0.050mmまでの表層の硬さを意味している。

30

【0023】

本発明では、浸炭等の条件を制御することによって被処理材の硬さHV(m)を750HVとすることができるように、被処理材の硬さを上記式(1)~式(3)で規定している(この硬さは非破壊で予測できる硬さである)。

式(1)において、前半の $\{f(C) - f(T, t)\}(1 - R/100)$ は焼戻し処理後のマルテンサイトによる硬さへの寄与度を表しており、また式(1)の後半の $400 \times R/100$ は残留オーステナイトによる硬さへの寄与度を表している。

【0024】

被処理材において、マルテンサイトへの変態は常温までの冷却では完了せず、実際には焼入れ(マルテンサイト)組織と未変態の残留オーステナイトとの混合組織となる。

40

そのため、被処理材の硬さの推定はそれらに基づいて行う必要がある。

ここで式(1)の前半における $\{f(C) - f(T, t)\}$ は、焼戻し後のマルテンサイト硬さを表しており、 $f(C)$ は焼戻し前のマルテンサイトの硬さを、 $f(T, t)$ は焼戻しによる硬さ低下量をそれぞれ表している。更に $(1 - R/100)$ はマルテンサイトの体積比率を表している。

【0025】

ここで $f(C)$ は式(2)、即ち $f(C) = -660C^2 + 13730C + 278$ で表される。

この式は、炭素濃度の種々異なったマルテンサイトについて、炭素濃度と硬さとの関係を二次曲線回帰による近似式として求めたものである。

【0026】

一方、焼戻し状態は焼戻し温度と焼戻しの保持時間とによって定まってくることから、

50

焼戻しによる硬さ低下量 $f(T, t)$ をそれら焼戻し温度 T , 保持時間 t を用いて、(Hollomon 等による) 焼戻しパラメータと実測硬さに基づく近似式 $0.05T(\log t + 17) - 318$ で表したものである。

尚式(1)の後半における数値 400 は残留オーステナイト硬さを表している。

【0027】

本発明では、表層C濃度を 0.60 ~ 1.0% の範囲内としておく。

【0028】

C濃度が 0.60% 未満であると、C量が低いために被処理材硬さが低くなってしまい、被処理材における上記硬さの条件を満たすことが難しい。

【0029】

逆にC濃度が 1.0% 超であるとC量が過剰となり、残留オーステナイトが多量に生じて被処理材の硬さを低下させ、被処理材における上記硬さの条件を満たすことが難しい。 またC量が過剰であると粒界炭化物が多量に析出し、疲労強度の低下を招く原因となる。

【0030】

更に、C濃度は 0.60 ~ 0.85% の範囲にしておくことが好ましい。0.85% を超えると、残留オーステナイトが多量になり、被処理材硬さが低下し始める。しかし、鋼材を室温以下の低温 (-80 以下) に冷却するサブゼロ処理を施すことにより、鋼材の残留 がマルテンサイト変態し、これにより焼入れ後に 10 ~ 40 vol% あった残留量 が 5 ~ 15 vol% 以下に低減される。その結果、被処理材の硬さが改善される。

【0031】

尚、浸炭は真空共析浸炭が好ましい。

ガス浸炭の場合、表面酸化に伴う軟質な浸炭異常層(粒界酸化発生による焼入れ性低下)が発生するため、被処理材硬さを低下せしめ、被処理材の硬さを請求項1の条件を満たすような硬さとすることが難しい。但し、ガス浸炭の場合には、焼入れ性の高い材料を用いるか、浸炭後(ショットピーニング処理前)に異常層を除去することで、被処理材の硬さを満足させることが可能である。

【0032】

本発明では、投射材として粒径が 0.05 ~ 0.6 mm のものを用い、またその投射材をエア圧力 0.4 ~ 0.6 MPa で被処理材に投射するようになることが望ましい(請求項2)。

【0033】

投射材の粒径が 0.05 mm 未満の場合、投射材の作製自体が困難となる。

一方粒径が 0.6 mm 超の場合、圧縮残留応力のピーク値が深くなり過ぎ、疲労強度向上に有効な圧縮残留応力分布が得られ難い。

疲労強度に有効なピーク位置は表面から深さ 100 μ m までの部位である。

【0034】

またエア圧が 0.4 MPa 未満の場合、ピーニング強度が低下し、1800 MPa 以上の高圧縮残留応力を付与することが困難となる。

逆に 0.6 MPa 超の場合、ピーニング強度が過剰となって削食量を多くしてしまう可能性がある。更に通常のショットピーニング処理装置では投射圧(エア圧) 0.6 MPa 以上とすることが難しい。

【発明を実施するための最良の形態】

【0035】

次に本発明の実施形態を以下に詳しく説明する。

表1に示す化学成分の鋼種(JIS G 4052に規定するSCM420H(クロムモリブデン鋼))で、表1中の中段はSCM420Hの成分範囲を、下段は試験に供したものの成分値を示す)を用いて、25 mm \times 100 mm Lの丸棒形状に加工し、これを被処理材として表2, 表3に示す条件で浸炭処理及びショットピーニング処理し、削食量, 圧縮残留応力ピーク値を求めて評価した。

尚ショットピーニング処理は以下のようにして行った。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 6 】

【表 1】

表 1 化学組成 (質量%)

鋼種	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Fe
SCM420H	0.17~0.23	0.15~0.35	0.55~0.95	0.030以下	0.030以下	0.25以下	0.85~1.25	0.15~0.30	残
実施例	0.19	0.20	0.72	0.025	0.018	0.11	1.10	0.16	残

10

20

30

40

【 0 0 3 7 】

<ショットピーニング処理方法>

図 1 に示しているように、噴射ノズル 1 0 を備えたエア式のショットピーニング装置を用い、ショットピーニング処理を行った。

被処理材 1 2 は、噴射ノズル 1 0 からの距離が 2 0 0 m m、投射角が被処理材 1 2 の加工面に直角となるように設置した。

50

そして被処理材 1 2 を回転テーブル上で 30 rpm (= 2 秒間に 1 回転) で回転させ、被処理材 1 2 の表面にショットピーニング処理を施した。

ここで投射時間は、カバレッジが 300% となるように設定した。また投射材は粒径が 0.05 ~ 0.6 mm, 硬さ 700 ~ 1380 HV のものを使用し、投射圧 (エア圧) を 0.3 ~ 0.6 MPa の範囲として実験を行った。

尚図 1 中の 14 はマスキングを表している。

【0038】

上記にてショットピーニング処理したものについて、以下に示す方法で削食量及び圧縮残留応力ピーク値を求めた。

< 削食量測定方法 >

レーザー寸法測定装置を用い、ショットピーニング処理前および処理後の被処理材 1 2 の直径を測定し、削食量は、次式によって計算された値を使用した。なお削食量は $n = 10$ 回測定した平均値を用い、測定部位はショットピーニング狙い位置中心 (最大削食量発生箇所) とした。

$$\text{削食量} = (D1 - D2) / 2$$

D1 = ショットピーニング処理前の直径

D2 = ショットピーニング処理後の直径

【0039】

< 圧縮残留応力測定方法 >

ショットピーニング処理後の処理品の圧縮残留応力測定方法は、非破壊的方法として一般的な「JIS B2711」に規定されている X 線回折を利用した X 線応力測定法を用いた。

今回のサンプルは、マルテンサイト組織の鋼である為、測定は特性 X 線の種類 = Cr 線、X 線応力係数 $k = -318 [\text{MPa}/^\circ]$ を用いて行った。

また、測定部位はショットピーニング狙い位置中心とした。

尚、圧縮残留応力のピーク値 (= 最大値) は、入射 X 線束の断面寸法のほぼ 2 倍の範囲を、電解研磨によって、所定の深さになるように除去した後、残留応力分布を測定することにより求めた。

【0040】

尚、表 2, 表 3 において表層の炭素濃度測定及び残留オーステナイト測定は以下の方法にて行った。

< 表層炭素濃度測定方法 >

表層炭素濃度はサンプル (被処理材 1 2) 破壊を防止する為、サンプルの浸炭処理の際に同装した同一成分のダミー材 (20 x 5 t) を用いて測定した。測定は発光分光分析法を用い、測定部位はダミー材の平面部で測定回数を $n = 2$ とした。その原理は、試料中の対象元素 (C) を放電プラズマによって蒸発気化励起し、得られる元素固有の原子スペクトルの波長を定性し、発光強度から定量を行うというものである。

【0041】

< 残留オーステナイト測定方法 >

X 線回折法により、表層部 (深さ数 10 ミクロンまで) の残留オーステナイト (= R) を非破壊的に求めた。

その原理は、X 線回折によって求められた $R_{\{220\}}$ を測定し、 $\{211\}$ と回折線プロファイルの積分強度を比較することにより、残留オーステナイトの体積 % が求められる。

結果が表 2 及び表 3 に示してある。

【0042】

10

20

30

40

【表 2】

表 2

No	鋼種	熱処理	表層 %C	炭化物 面積率	サブ ゼロ	残留 γ量 (%)	焼戻し 温度 [°C]	焼戻し 保持時間 [min]	被処理材 硬さ HV (m)	ショット条件			照射材 -被処理材 (硬さHV)	ショット後特性	
										照射材 硬さ [HV]	粒径 [mm]	エア圧 [MPa]		削食 量 (μm)	圧縮残留 応力 ヒック値 (MPa)
実施例	SCM420H	真空共析浸炭	0.79	-	-	25.00	150	60	782	850	0.05	0.5	68	0.0	1869
			0.72	-	-	24.80	150	60	763	900	0.05	0.5	137	0.0	1994
			0.79	-	-	25.00	150	60	782	900	0.1	0.5	118	0.0	1813
			0.70	-	-	21.18	150	60	774	900	0.3	0.5	126	0.0	2049
			0.72	-	-	24.80	150	60	763	950	0.3	0.5	187	0.0	2041
			0.75	-	-	21.40	140	120	791	950	0.6	0.5	159	0.0	2030
			0.80	-	-	21.64	140	120	803	950	0.3	0.5	147	0.0	1939
			0.78	-	サブ ゼロ	8.55	140	120	865	950	0.3	0.5	85	0.0	2016
			0.85	-	-	25.77	180	60	772	950	0.3	0.5	178	0.0	1916
			0.85	-	サブ ゼロ	8.26	180	60	860	950	0.3	0.5	90	0.0	1977
			1.03	-	サブ ゼロ	15.30	180	60	845	950	0.3	0.5	105	0.0	2157
			0.75	-	-	21.40	140	120	791	950	0.6	0.4	159	0.0	1925
			0.75	-	-	21.40	140	120	791	950	0.6	0.6	159	0.0	2135
			14	0.75	-	18.50	180	60	783	950	0.3	0.5	167	0.0	1850

*は参考例

【 表 3 】

表 3

No	鋼種	熱処理	表層 %C	炭化物 面積率	ガ ゼ ロ	残留 γ量 (%)	焼戻し 温度 [°C]	焼戻し 保持時間 [min]	被処理材 硬さ HV(m)	ショット条件			ショット後特性		
										投射材 硬さ [HV]	粒径 [mm]	エア圧 [MPa]	投射材 -被処理材 (硬さHV)	削食 量 (μm)	圧縮残 留応力 ピーク値 (MPa)
1	SCM420H	真空共析浸炭	0.51	-	-	16.91	180	60	682	700	0.6	0.3	18	0.0	1400
2		真空共析浸炭	0.72	-	-	24.80	150	60	763	700	0.6	0.3	-63	1.2	1074
3		真空共析浸炭	0.75	-	-	21.40	140	120	791	700	0.6	0.5	-91	0.0	1490
4		ガス浸炭	0.71	-	-	26.06	180	60	735	950	0.3	0.5	215	4.7	1580
5		真空共析浸炭	0.76	-	-	26.50	180	60	748	950	0.3	0.5	202	0.0	1724
6		真空共析浸炭	0.51	-	-	16.91	180	60	682	950	0.3	0.5	268	6.0	1545
7		真空共析浸炭	1.03	-	-	41.01	180	60	710	950	0.3	0.5	240	0.0	1757
8		高濃度浸炭	1.93	19.4	-	26.11	180	60	402	950	0.3	0.5	548	0.0	1590
9		真空共析浸炭	0.51	-	-	16.91	180	60	682	900	0.05	0.5	218	9.4	1616
10		真空共析浸炭	0.72	-	-	24.80	150	60	763	1380	0.1	0.3	617	9.6	1582
11		真空共析浸炭	0.79	-	-	25.00	150	60	782	1380	0.1	0.5	598	76.5	2073
12		真空共析浸炭	0.72	-	-	24.80	150	60	763	1380	0.2	0.5	617	81.7	1929
13		真空共析浸炭	0.70	-	-	21.18	150	60	774	1200	0.3	0.5	426	163.9	1925

比較例

10

20

30

40

表3において、比較例1では被処理材の硬さが682で、本発明の下限値である750よりも低く、また被処理材と投射材との硬さの差も小さく、そのため圧縮残留応力値も目標とする1800MPa以上を満たしていない。

この比較例1では、表層C%が0.51%で表層C%についての条件も満たしておらず、被処理材の硬さを低くする原因となっている。

更にこの比較例1では、ショットピーニングの際のエア圧が0.3で請求項2の条件を満たしておらず、それらの結果として圧縮残留応力の値が低いものとなっている。

【0045】

比較例2では、被処理材の硬さの条件については本発明の条件を満たしているものの、比較例2では投射材の硬さの方が被処理材よりも低く、圧縮残留応力値は低いものとなっている。

10

この比較例2においても、ショットピーニング処理の際のエア圧が請求項2の条件を満たしていない。

比較例3では、投射材の硬さの方が被処理材の硬さに対して低く、目標とする1800MPaの圧縮残留応力値が得られていない。

【0046】

比較例4では、被処理材の硬さが735で本発明の下限値である750よりも低く、圧縮残留応力値も目標とする1800MPaよりも低い値となっている。

この比較例4ではガス浸炭を行っており、これにより生ずる浸炭異常層のために被処理材の硬さが低くなっている。

20

比較例5では、被処理材の硬さが本発明の下限値以下であり、圧縮残留応力値も目標値に達していない。

【0047】

比較例6では、被処理材の硬さが低く、圧縮残留応力値も目標値に対して低い値となっている。

またこの比較例6では、投射材と被処理材の硬さの差が268で本発明の上限値よりも大きく、このため5μm超以上の大きな削食が発生している。

【0048】

比較例7では、被処理材の硬さが低く、圧縮残留応力値も低くなっている。

この比較例7ではまた、表層C%が1.03%で請求項1の条件を満たしておらず、残留オーステナイト量も41%と高い値を示しており、このことが被処理材の硬さを低くしている。

30

【0049】

比較例8は、被処理材の硬さが低く、圧縮残留応力値も低い値となっている。

この比較例8では高濃度浸炭を行っており、炭化物析出のためマトリックス硬さが低くなっている。

【0050】

比較例9では、被処理材の硬さが低く、また5μm超の削食が生じている。圧縮残留応力値も低い。

更にこの比較例9では、表層C%が請求項1の下限値よりも低く、このことが被処理材の硬さを低くしている。

40

【0051】

比較例10では、被処理材の硬さは本発明の条件を満たしているものの、投射材の硬さが著しく高く、そのため投射材と被処理材との硬さの差が本発明の上限値よりも大幅に大きく、圧縮残留応力値が目標値を満たしていないのに加えて、大きな削食が発生している。

またこの比較例10では、ショットピーニングの際のエア圧が請求項2の条件を満たしていない。

【0052】

比較例11では、投射材の硬さが著しく高く、圧縮残留応力値については目標値である

50

1800MPaを満たしているものの、著しく大きい削食が発生している。

比較例12においても、投射材の硬さが著しく高過ぎるため、同様に大きな削食が発生している。

同様に比較例13においても、投射材の硬さが高く、被処理材の硬さとの差が本発明の上限値を超えて大きいため、削食が大きく発生している。

【0053】

これに対し、実施例1～14のものは何れも本発明の条件を満たしており、その結果圧縮残留応力値も目標値である1800MPa以上の大きな値となっている。

尚、実施例1～実施例7では低温焼戻しによって被処理材の硬さが高硬度となっている。

実施例8では、サブゼロ処理に加えて低温焼戻しにより被処理材の硬さが高硬度化している。

実施例9では、表層C濃度が適正化されることによって被処理材硬さが高硬度化しており、実施例10ではこれに加えてサブゼロ処理により被処理材硬さが高硬度化している。

尚参考例11では、表層C濃度が高濃度で、これに加えてサブゼロ処理が施されることにより、被処理材硬さが高硬度化している。

今回のサブゼロ処理では、-85の雰囲気中に鋼材を120min保持した。

【0054】

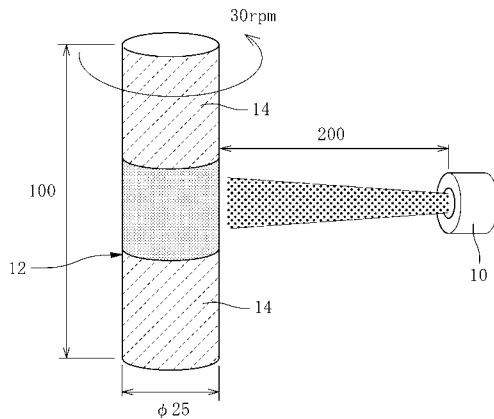
以上本発明の実施形態を詳述したが、これはあくまで一例示であり、本発明はその趣旨を逸脱しない範囲において種々変更を加えた態様で構成可能である。

【図面の簡単な説明】

【0055】

【図1】本発明の実施形態において行ったショットピーニング方法の説明図である。

【図1】



フロントページの続き

- (72)発明者 加藤 万規男
愛知県名古屋市東区東桜一丁目1番10号 大同特殊鋼株式会社 内
- (72)発明者 小林 祐次
愛知県豊川市穂ノ原三丁目1番 新東工業株式会社 豊川製造所内
- (72)発明者 宇治橋 諭
愛知県豊川市穂ノ原三丁目1番 新東工業株式会社 豊川製造所内
- (72)発明者 奥村 潔
愛知県北名古屋市宇福寺神明51番地 新東ブレーター株式会社 内

審査官 村上 哲

- (56)参考文献 特開2003-211357(JP,A)
特開2008-69938(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B24C 1/10