

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4500246号
(P4500246)

(45) 発行日 平成22年7月14日(2010.7.14)

(24) 登録日 平成22年4月23日(2010.4.23)

(51) Int.Cl.		F I	
C 2 1 D	8/10 (2006.01)	C 2 1 D	8/10 A
C 2 1 D	1/30 (2006.01)	C 2 1 D	1/30
C 2 1 D	9/08 (2006.01)	C 2 1 D	9/08 E
C 2 2 C	38/00 (2006.01)	C 2 2 C	38/00 3 O 1 Z
C 2 2 C	38/06 (2006.01)	C 2 2 C	38/06

請求項の数 12 (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2005-314474 (P2005-314474)	(73) 特許権者	000006655 新日本製鐵株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
(22) 出願日	平成17年10月28日(2005.10.28)	(74) 代理人	100099759 弁理士 青木 篤
(65) 公開番号	特開2007-119865 (P2007-119865A)	(74) 代理人	100077517 弁理士 石田 敬
(43) 公開日	平成19年5月17日(2007.5.17)	(74) 代理人	100087413 弁理士 古賀 哲次
審査請求日	平成20年3月3日(2008.3.3)	(74) 代理人	100113918 弁理士 亀松 宏
		(74) 代理人	100111903 弁理士 永坂 友康
		(74) 代理人	100082898 弁理士 西山 雅也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 機械構造部材用鋼管およびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

質量%で、C : 0.3 ~ 0.6%、Si : 0.05 ~ 0.4%、Mn : 0.5 ~ 1.0%、P : 0.03%以下、S : 0.005 ~ 0.03%、Al : 0.08%以下を含有し、残部はFeおよび不可避元素からなる化学成分を有し、肉厚5mm以上22mm以下、長さが外径の5倍以上の700以上の温度にある鋼管の外表面側から0.5 ~ 10 / 秒の冷却速度で円周方向に回転させながら加速冷却し、550 ~ 700の温度域で加速冷却を停止することを特徴とする機械構造部材用鋼管の製造方法。

【請求項2】

質量%で、C : 0.3 ~ 0.6%、Si : 0.05 ~ 0.4%、Mn : 0.5 ~ 1.0%、P : 0.03%以下、S : 0.005 ~ 0.03%、Al : 0.08%以下を含有し、残部はFeおよび不可避元素からなる化学成分を有し、熱間での延伸工程で肉厚5mm以上22mm以下、長さが外径の5倍以上に造管した700以上の温度にある鋼管の外表面側から0.5 ~ 10 / 秒の冷却速度で円周方向に回転させながら加速冷却し、550 ~ 700の温度域で加速冷却を停止することを特徴とする機械構造部材用鋼管の製造方法。

【請求項3】

質量%で、C : 0.3 ~ 0.6%、Si : 0.05 ~ 0.4%、Mn : 0.5 ~ 1.0%、P : 0.03%以下、S : 0.005 ~ 0.03%、Al : 0.08%以下を含有し、残部はFeおよび不可避元素からなる化学成分を有する**ピレット**を用いて、熱間での穿

孔、圧延および延伸工程により肉厚5 mm以上22 mm以下、長さが外径の5倍以上に造管した700以上の温度にある鋼管の外表面側から0.5~10 /秒の冷却速度で円周方向に回転させながら加速冷却し、550~700の温度域で加速冷却を停止することを特徴とする機械構造部材用鋼管の製造方法。

【請求項4】

質量%で、C:0.3~0.6%、Si:0.05~0.4%、Mn:0.5~1.0%、P:0.03%以下、S:0.005~0.03%、Al:0.08%以下を含有し、残部はFeおよび不可避元素からなる化学成分を有するビレットを、下記(1)式を満足する温度、時間で均熱保持した後、熱間での穿孔、圧延および延伸工程により肉厚5 mm以上22 mm以下、長さが外径の5倍以上に造管した700以上の温度にある鋼管の外表面から肉厚方向に100~500 μmの脱炭層を形成し、0.5~10 /秒の冷却速度で円周方向に回転させながら外表面側から加速冷却し、550~700の温度域で加速冷却を停止することを特徴とする機械構造部材用鋼管の製造方法。

$$2.7335 \times 10^{62} T^{-19.509} > t > 2.4726 \times 10^{57} T^{-18.121} \quad \dots \dots (1)$$

ここで、T:温度() t:時間(分)

【請求項5】

前記鋼管が、さらに、質量%で、Cr:0.05~0.25%、Ni:0.05~0.5%、Mo:0.05~0.5%、B:0.0002~0.005%の1種または2種以上を含有することを特徴とする、請求項1~4のいずれか1項に記載の機械構造部材用鋼管の製造方法。

【請求項6】

前記鋼管が、さらに、質量%で、Nb:0.001~0.1%を含有することを特徴とする、請求項1~5のいずれか1項に記載の機械構造部材用鋼管の製造方法。

【請求項7】

前記圧延の終了温度が850以上であり、前記延伸工程前の再加熱炉に挿入する温度が750以上であることを特徴とする、請求項3~6のいずれか1項に記載の機械構造部材用鋼管の製造方法。

【請求項8】

冷却後さらに500~600で10~60分の応力除去焼鈍を施すことを特徴とする、請求項1~7のいずれか1項に記載の機械構造部材用鋼管の製造方法。

【請求項9】

質量%で、C:0.3~0.6%、Si:0.05~0.4%、Mn:0.5~1.0%、P:0.03%以下、S:0.005~0.03%、Al:0.08%以下を含有し、残部はFeおよび不可避元素からなる化学成分を有し、肉厚5 mm以上22 mm以下、長さが外径の5倍以上の機械構造部材用鋼管であって、その金属組織が、フェライトとパーライトの混合組織であり、硬さの平均値がピッカース硬さで185~260であり、硬さの最大値と最小値の差がピッカース硬さで20以下であることを特徴とする、機械構造部材用鋼管。

【請求項10】

さらに、質量%で、Cr:0.05~0.25%、Ni:0.05~0.5%、Mo:0.05~0.5%、B:0.0002~0.005%の1種または2種以上を含有することを特徴とする、請求項9に記載の機械構造部材用鋼管。

【請求項11】

さらに、質量%で、Nb:0.001~0.1%を含有することを特徴とする、請求項9または10に記載の機械構造部材用鋼管。

【請求項12】

前記フェライトの面積率が15~35%であることを特徴とする、請求項9~11のいずれか1項に記載の機械構造部材用鋼管。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 1 】

本発明は、機械構造部材、特に歯車、シリンダー等の機械部品およびシャフト等の中空構造部材に好適な鋼管およびその製造方法に関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

自動車や産業機械に使用される機械部品は、棒鋼を素材として鍛造や切削により所定の形状に加工された後、調質熱処理によって所定の機械的性質が付与されて使用されることが多い。一方、部品コストのダウンの要請から、中空形状部品に対して必要とされる機械的性質を既に付与された鋼管を素材として用いることにより、鍛造工程の短縮および熱処理工程の省略を図る場合が増えてきている。しかし、一般に棒鋼素材よりも鋼管素材の方が高価なため、たとえ中空形状部品であっても鋼管化によるコストダウンの効果が得られないことがある。

10

【 0 0 0 3 】

そこで、鋼管製造コストのさらなる低減のために、特許文献 1 ~ 7 に記載のような、熱間製管後の調質熱処理を省略した、いわゆる非調質型の機械部品・構造用鋼管がいくつか提案されている。特許文献 1 ~ 6 はいずれも合金元素の多量添加により焼き入れ性や析出強化能を向上させて所定の強度を得ようとするものである。そのために、必然的に合金コストの上昇が避けられないばかりでなく、製鋼プロセス上の困難さを伴う場合がある。特許文献 7 は 6 0 0 ~ 7 5 0 という熱間圧延温度としてかなり低温で圧延することによって金属組織を微細化し、強度を向上させようとするものである。しかしながら、低温圧延は厚板圧延では今や一般的な技術となっているものの、鋼管圧延に際しては工具との接触により疵や焼き付きが発生しやすい等の問題があることから、現実には適用範囲が大きく制限されている。

20

【 0 0 0 4 】

特許文献 8 ~ 1 0 には熱間性管直後に加速冷却を行うことにより強度を向上させる技術が開示されている。特許文献 8 は未再結晶域で圧下率 3 0 % 以上の低温圧延と 1 ~ 3 5 / 秒の加速冷却を組み合わせることにより高強度を得るものであり、対象とする用途は原油タンカーの荷油管である。そのため、炭素含有量は 0 . 0 3 ~ 0 . 0 7 % と低い。また、特許文献 9 は最終仕上げ圧延後の鋼管の内表面を放冷し、外表面を $A r_3$ 点以上の温度から 1 0 / 秒から 6 0 / 秒で 5 0 0 ~ 4 0 0 まで冷却し以降放冷するものである。対象とする用途は油井管であり、炭素含有量は 0 . 1 ~ 0 . 3 に規定されている。特許文献 1 0 も炭素量 0 . 1 5 ~ 0 . 4 % の油井管であり、熱間圧延ままで直接焼き入れ、または加速冷却し、その後焼き戻しを行う。

30

【 0 0 0 5 】

しかし、機械構造用鋼管の場合、部品加工後に表面に高周波焼き入れを施して疲労特性や耐摩耗性が付与される場合が多いが、高周波焼き入れによる表面硬さは炭素量で決定されるために、一般的には 0 . 3 % を超える炭素量が必要とされている。このような高い炭素量の鋼管を何の配慮もせず加速冷却すると、鋼管の表面近傍が局部的に著しく硬化し、その後の切断や機械加工が困難になるばかりでなく、場合によっては焼き割れが発生することもある。

40

【 0 0 0 6 】

しかし、特許文献 8 および 9 のような低い炭素量および用途ではそのような問題は生じないため、それらの先行例では加速冷却に対してのプロセス面あるいは素材面での配慮はほとんどされていない。また、特許文献 1 0 は炭素量の上限を 0 . 4 % と規定しているが、実施例には最大 0 . 3 % の炭素量までしか記載がなく、実質的には 0 . 3 % までの適用に制限されるのに加えて、本特許文献では加速冷却後に焼き戻しを必須としている。

【 0 0 0 7 】

上記背景のもと、特許文献 1 1 は、機械構造部材用鋼管を、高価な合金を添加せず、また調質熱処理を行うことなく、安価に製造する方法を提供している。上記目的を達成するため、0 . 3 % を超える量の C を含有する鋼管を加速冷却する際に、あらかじめ冷却表面

50

に脱炭層を形成させておけば、表面の硬化を抑制出来る。また、加工性を確保するには、組織としてフェライトとパーライトが望ましく、必要強度が達せられるような、限定した条件で加速冷却する必要があり、均一に冷却するには、鋼管を回転させ外面から冷却することが有効であるとしている。

【 0 0 0 8 】

しかしながら、特許文献 1 1 に記載した鋼管を加工した場合、円周方向および長手方向の任意の位置の硬さのパラッキが認められ、安定した加工精度を得ることに問題が生じた。その要因を鋭意調査した結果、フェライトの生成が不均一であることに起因していることが明らかとなった。

【 0 0 0 9 】

【特許文献 1】特開平 0 5 - 2 0 2 4 4 7 号公報

【特許文献 2】特開平 1 0 - 1 3 0 7 8 3 号公報

【特許文献 3】特開平 1 0 - 2 0 4 5 7 1 号公報

【特許文献 4】特開平 1 0 - 3 2 4 9 4 6 号公報

【特許文献 5】特開平 1 1 - 0 3 6 0 1 7 号公報

【特許文献 6】特開 2 0 0 4 - 2 9 2 8 5 7 号公報

【特許文献 7】特開 2 0 0 1 - 2 4 7 9 3 1 号公報

【特許文献 8】特許第 3 2 5 2 6 5 1 号公報

【特許文献 9】特許第 3 5 0 3 2 1 1 号公報

【特許文献 1 0】特開平 0 7 - 0 4 1 8 5 6 号公報

【特許文献 1 1】特願 2 0 0 5 - 0 9 2 0 4 5 号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 0 】

本発明は、上記課題を解決した、特に歯車、シリンダ等の機械部品及びシャフト等の構造部材に好適な機械構造部材用鋼管を提供するものであり、また、その鋼管を、高価な合金を添加せず、また調質熱処理を行うことなく、安価に製造することのできる製造方法を提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 1 】

本発明者らは、上記目的を達成するために、加速冷却の条件とその際の鋼管形状に対する金属組織および硬さの関係を種々検討した。その結果、金属組織全体、あるいは一部がベイナイト組織になるとその後の切断や機械加工が困難になるため、フェライト+パーライトの組織が得られ、かつ硬さおよびフェライト生成量を制御し、かつこれら組織を得るための限定された加速冷却条件を見出した。

【 0 0 1 2 】

また、合金元素の添加を抑制しつつ高周波焼き入れ性が確保できる、0.3%を超える量のCを含有する鋼管を加速冷却する際に、あらかじめ冷却表面に脱炭層を形成させておけば、表面の局所的な著しい硬化が抑制できることを見出した。

【 0 0 1 3 】

本発明は、上記知見に基づきなされたものであり、その要旨とするところは以下の通りである。

(1) 質量%で、C: 0.3~0.6%、Si: 0.05~0.4%、Mn: 0.5~1.0%、P: 0.03%以下、S: 0.005~0.03%、Al: 0.08%以下を含有し、残部はFeおよび不可避元素からなる化学成分を有し、肉厚5mm以上22mm以下、長さが外径の5倍以上の700以上の温度にある鋼管の外表面側から0.5~10/秒の冷却速度で円周方向に回転させながら加速冷却し、550~700の温度域で加速冷却を停止することを特徴とする機械構造部材用鋼管の製造方法。

(2) 質量%で、C: 0.3~0.6%、Si: 0.05~0.4%、Mn: 0.5~1.0%、P: 0.03%以下、S: 0.005~0.03%、Al: 0.08%以下を含有し、残部はFeおよび不可避元素からなる化学成分を有し、肉厚5mm以上22mm以下、長さが外径の5倍以上の700以上の温度にある鋼管の外表面側から0.5~10/秒の冷却速度で円周方向に回転させながら加速冷却し、550~700の温度域で加速冷却を停止することを特徴とする機械構造部材用鋼管の製造方法。

10

20

30

40

50

有し、残部はFeおよび不可避元素からなる化学成分を有し、熱間での延伸工程で肉厚5mm以上22mm以下、長さが外径の5倍以上に造管した700以上の温度にある鋼管の外表面側から0.5~10/秒の冷却速度で円周方向に回転させながら加速冷却し、550~700の温度域で加速冷却を停止することを特徴とする機械構造部材用鋼管の製造方法。

(3) 質量%で、C:0.3~0.6%、Si:0.05~0.4%、Mn:0.5~1.0%、P:0.03%以下、S:0.005~0.03%、Al:0.08%以下を含有し、残部はFeおよび不可避元素からなる化学成分を有するビレットを用いて、熱間での穿孔、圧延および延伸工程により肉厚5mm以上22mm以下、長さが外径の5倍以上に造管した700以上の温度にある鋼管の外表面側から0.5~10/秒の冷却速度で円周方向に回転させながら加速冷却し、550~700の温度域で加速冷却を停止することを特徴とする機械構造部材用鋼管の製造方法。

10

(4) 質量%で、C:0.3~0.6%、Si:0.05~0.4%、Mn:0.5~1.0%、P:0.03%以下、S:0.005~0.03%、Al:0.08%以下を含有し、残部はFeおよび不可避元素からなる化学成分を有するビレットを、下記(1)式を満足する温度、時間で均熱保持した後、熱間での穿孔、圧延および延伸工程により肉厚5mm以上22mm以下、長さが外径の5倍以上に造管した700以上の温度にある鋼管の外表面から肉厚方向に100~500μmの脱炭層を形成し、0.5~10/秒の冷却速度で円周方向に回転させながら外表面側から加速冷却し、550~700の温度域で加速冷却を停止することを特徴とする機械構造部材用鋼管の製造方法。

20

【0014】

$$2.7335 \times 10^{62} T^{-19.509} > t > 2.4726 \times 10^{57} T^{-18.121} \dots (1)$$

ここで、T:温度() t:時間(分)

(5) 前記鋼管が、さらに、質量%で、Cr:0.05~0.25%、Ni:0.05~0.5%、Mo:0.05~0.5%、B:0.0002~0.005%の1種または2種以上を含有することを特徴とする、上記(1)~(4)のいずれか1項に記載の機械構造部材用鋼管の製造方法。

(6) 前記鋼管が、さらに、質量%で、Nb:0.001~0.1%を含有することを特徴とする、上記(1)~(5)のいずれか1項に記載の機械構造部材用鋼管の製造方法。

(7) 前記圧延の終了温度が850以上であり、前記延伸工程前の再加熱炉に挿入する温度が750以上であることを特徴とする、上記(3)~(6)のいずれか1項に記載の機械構造部材用鋼管の製造方法。

30

(8) 冷却後さらに500~600で10~60分の応力除去焼鈍を施すことを特徴とする、上記(1)~(7)のいずれか1項に記載の機械構造部材用鋼管の製造方法。

(9) 質量%で、C:0.3~0.6%、Si:0.05~0.4%、Mn:0.5~1.0%、P:0.03%以下、S:0.005~0.03%、Al:0.08%以下を含有し、残部はFeおよび不可避元素からなる化学成分を有し、肉厚5mm以上22mm以下、長さが外径の5倍以上の機械構造部材用鋼管であって、その金属組織が、フェライトとパーライトの混合組織であり、硬さの平均値がピッカース硬さで185~260であり、硬さの最大値と最小値の差がピッカース硬さで20以下であることを特徴とする、機械構造部材用鋼管。

40

(10) さらに、質量%で、Cr:0.05~0.25%、Ni:0.05~0.5%、Mo:0.05~0.5%、B:0.0002~0.005%の1種または2種以上を含有することを特徴とする、上記(9)に記載の機械構造部材用鋼管。

(11) さらに、質量%で、Nb:0.001~0.1%を含有することを特徴とする、上記(9)または(10)に記載の機械構造部材用鋼管。

(12) 前記フェライトの面積率が15~35%であることを特徴とする、上記(9)~(11)のいずれか1項に記載の機械構造部材用鋼管。

【発明の効果】

【0015】

50

本発明では、肉厚が5 mm以上22 mm以下、長さが外径の5倍以上の鋼管において、700以上の温度域から冷却速度0.5 /秒~10 /秒で加速冷却し、550~700で加速冷却を停止することで、フェライト+パーライト組織でありかつ均一なフェライトが生成するため、硬さバラツキの小さい鋼管が得られる。

【0016】

また、本発明では、外表面から肉厚方向に100~500 μmの脱炭層を有していることにより、表面に加工しやすい層を有する。また、この脱炭層は、少なくとも下記式を満足する温度、時間で均熱保持することで得ることができる。

【0017】

$$2.7335 \times 10^{62} T^{-19.509} > t > 2.4726 \times 10^{57} T^{-18.121}$$

ここで、T：温度（ ） t：時間（分）

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

本発明において鋼管の化学成分を限定した理由を述べる。なお、以下に示す「%」は、特段の説明がない限り、「質量%」を意味する。

【0019】

C：Cは高周波焼き入れによりHv550以上の硬化層を得るため、下限を0.3%とした。しかし、0.6%を超えると靱性及び切削性が著しく低下するので、上限を0.6%に定めた。

【0020】

Si：Siは脱酸作用を有するほかに、フェライトを固溶強化する作用も有し、その効果を得るため、下限を0.05%とした。しかし、過剰に添加すると靱性を損なうため上限を0.4%に制限した。

【0021】

Mn：Mnはオーステナイト域を拡大させて初析フェライトを減らしパーライト分率を高めるとともに、パーライト変態開始温度を低下させてパーライトのラメラ間隔を狭くするために、フェライト+パーライト組織の強度向上に寄与する。その効果を得るためには、0.5%以上の添加が必要である。しかし、過剰に添加するとパーライト変態が抑制されてベイナイト変態が生成しやすくなるため、上限を1.0%とした。

【0022】

P：Pは靱性を低下させるため、その上限を0.03%とした。靱性確保の観点から添加量はできるだけ少ない方が望ましく、0.02%以下がより好適である。

【0023】

S：Sは切削性向上に有効な元素であり、その効果を得るためには0.005%以上の添加が必要である。しかし、過度に添加すると靱性低下を招くので上限を0.03%とした。

【0024】

Al：Alは脱酸元素であり、その効果をえるためには0.01%以上必要である。しかしながら、過剰添加すると粗大なAl酸化物が生成し靱性を招くので、上限を0.08%とした。

【0025】

Nb：本発明において、硬さバラツキ抑制を目的にフェライトの均一生成させるために有効な元素である。フェライトの均一生成には、変態前のオーステナイトの一部異常成長を抑制して、できるだけオーステナイト粒径をそろえる必要がある。異常成長を抑制するには、オーステナイト域で微細なNb炭窒化物を生成させ、粒界移動を抑制させることが極めて有効であり、その効果を得るためには0.001%以上の添加が必要である。しかしながら、過剰添加すると粗大なNb炭窒化物が生成し靱性低下を招くので、上限を0.1%に定めた。

【0026】

Cr：CrはMnと同様にフェライト+パーライト組織の強度向上に寄与し、その効果

10

20

30

40

50

を得るためには、0.05%以上の添加が必要である。しかし、過度に添加すると焼き入れ性が高まり、組織がベイナイト主体に変化するため好ましくなく、その上限を0.25%以下とした。

【0027】

本発明においてはコスト上昇を招く合金元素の添加を極力抑えたが、Mn, Crと同等の効果をもつ他の元素として、0.05%~0.5%のNi, 0.05%~0.5%のMo, 0.0002~0.005%のBも必要に応じて添加することが可能である。また、本発明では通常の不純物レベルのNは許容されるが、靱性低下を防止するため、その量が0.02%を超えないことが望ましい。

【0028】

金属組織は、機械構造部品となるための加工において、工具寿命および加工面粗さの観点からフェライトとパーライトの混合組織とし、硬さをHv185~260に限定した。硬さがHv185より小さいと機械構造部品としての強度が不足するため、下限をHv185とした。しかしながら、Hv260を超えると加工時に使用する工具の摩耗が著しくなるため、上限をHv260とした。硬さがHv185~260の場合、フェライトとパーライトの混合組織以外にベイナイト、焼き戻しマルテンサイト、フェライトと球状化セメントの混合組織などが考えられるが、いずれの組織よりもフェライトとパーライトの混合組織の方が加工性に優れており、金属組織としてフェライトとパーライトの今後組織に限定した。また、硬さのバラツキを出来るだけ抑制するには、フェライトの面積率が15~35%であること必要であり、金属組織としてフェライトとパーライトの混合組織であり、フェライトの面積率が15~35%であることを限定した。

【0029】

次に、本発明において製造工程を限定した理由を説明する。

【0030】

本発明では上記化学成分を有する700以上の鋼管を用いる。この鋼管は、熱間での穿孔-圧延-延伸工程によって造管した直後、製造工程の最終段階で700以上であれば、インラインでそのまま用いることが可能である。冷間成形-電縫溶接工程あるいは冷間成形-電縫溶接-延伸工程においてインラインでそのまま用いても可能である。しかし、一旦鋼管製造工程を終了した後、オフラインで再加熱した鋼管を用いても一向に差し支えはない。鋼管の温度を750以上に限定した理由は、加速冷却開始時の金属組織をオーステナイト単相とするためである。鋼管の温度が高すぎるとオーステナイト粒が粗大化し靱性低下を招くので、950以下が望ましい。

【0031】

次にこの鋼管を加速冷却の速度について述べる。0.5/秒以下ではフェライトの成長が進み、平均の硬さがHv185以下となる。一方、10/秒を超えるとフェライトの生成が円周方向、長手方向によって不均一で硬さのバラツキが大きくなる。したがって、加速冷却速度を0.5~10/秒に限定した。

【0032】

加速冷却の停止温度は、700以上ではフェライト生成が多く平均硬さがHv185より小さくなるので上限を700とした。550より小さくなると、フェライト、パーライトの生成に加え、一部ベイナイトが生成、硬さのバラツキが大きくなるため、下限を550とした。

【0033】

加速冷却の方法は、水を鋼管の表面に直接当てる方法、管の接戦方向に当てる方法、ミスト冷却など任意に選定できるが、加速冷却の際には鋼管を円周方向に回転させながら外表面のみから冷却することに規定した。これは、円周方向、長手方向に渡って均一に冷却するためであり、鋼管を回転させなければ鋼管下面が過剰に冷え、また内面側からの冷却でも下面に水が貯まり十分な冷却速度得られない問題がある。

【0034】

また、本発明では硬さのバラツキを抑制するため、熱間での穿孔-圧延-延伸工程によ

10

20

30

40

50

って造管する場合、最終圧延の終了温度と延伸工程前の再熱炉の挿入温度を限定した。その理由は、硬さのパラツキ要因であるフェライト生成の不均一は旧オーステナイト粒の一部粒成長に起因しており、旧オーステナイト粒の粒成長は圧延終了温度と再熱炉挿入炉温度に依存するためである。最終圧延温度が850以上であるとすべてのオーステナイトが再結晶するため一部粒成長することはない。また、挿入する温度を750以上であれば粒成長を助長する2相域まで冷えることはないので粒成長は抑制される。したがって、硬さパラツキの抑制の観点から最終圧延の終了温度を850以上、再熱炉挿入温度を750以上に限定した。

【0035】

本発明では適用できる鋼管形状を、肉厚5mm以上22mm以下、長さが外径の5倍以上に限定した。その理由は22mm以上の肉厚では、外表面側と内表面側との冷却速度の差が大きくなるためである。また5mm以下では、内外面の削り代を差し引くと肉厚が薄すぎて、機械部品用としてあまり一般的でないからである。鋼管の長さを5倍以上に限定した理由は、長さが外径の5倍未満の短尺管は棒鋼を素材として鍛造するという従来技術によって製造可能であるが、長さが外径の5倍以上の長尺管は、棒鋼からの鍛造では座屈しやすく製造が困難であるためである。長尺鋼管素材を用いることによる鍛造材に対するコストメリットをより確実なものとするためには、鋼管長さを外径の10倍以上とするのがより好ましい。

【0036】

また、加速冷却する直前の鋼管に対して外表面から肉厚方向に100~500 μ mの脱炭層を有することが必要である。ビレットを加熱して熱間で穿孔、圧延および延伸工程で、所定の脱炭層厚さを得るために、ビレットの加熱温度と時間が下記の(1)式を満たすことを条件とした。脱炭層厚さ、ビレット加熱条件を規定した理由は、鋼管を外表面から加速冷却するため、外表面極近傍が硬化しやすいためであり、加工性劣化を抑制するためである。その効果をえるためには脱炭層深さを100 μ m以上必要である。脱炭層が500 μ mを超えるとその後高周波焼き入れによる硬化に影響を及ぼすため、上限を500 μ mとした。望ましい脱炭層深さは100~200 μ mである。

【0037】

(1)式は、ビレットを加熱して造管した場合に、加工度により多少の違いはあるが、形成される脱炭層厚さが100~500 μ mとなるようなビレット加熱条件を、図1に示すような実験結果から回帰分析で得た式である。

【0038】

$$2.7335 \times 10^{62} T^{-19.509} > t > 2.4726 \times 10^{57} T^{-18.121} \quad \dots \dots (1)$$

ここで、T：温度() t：時間(分)

本発明では、内面側に対して特に脱炭層の厚さを規定しなかった。その理由は、外表面側からの冷却の場合、内表面側に行くほど冷却速度が遅くなり硬化が小さくなるため、内表面側に脱炭層が不要であるからである。したがって、内表面側の脱炭層はなるべく薄く抑える方が良い。本発明での脱炭層とは、粒状フェライトの面積率が80%以上の領域と定義する。

【0039】

なお、本発明での鋼管とは、主として熱間での穿孔 - 圧延 - 延伸して製造される継ぎ目無し鋼管を対象にするが、冷間または熱間で穿孔し、熱間押し出しプレスにより製造された継ぎ目無し鋼管や、ホットコイルを冷間または熱間でロールにて管状に成形した後、両端面を溶接することにより製造された溶接鋼管も含まれるものとする。

【0040】

なお、500~600で10~60分の応力除去焼鈍を施すことを本発明の1つの形態として規定した。加速冷却を適用した場合、わずかな冷却ムラにより残留応力が発生するからである。残留応力があると機械部品の加工後の精度が悪くなるため、出来る限り残留応力を除去することが望ましい。熱処理条件の限定は残留応力が150MPa以下とすることを主眼として、500未満では長時間を要し、600を超えると軟化が著し

10

20

30

40

50

くなるからである。望ましくは530～570 で20～40分とするのが最良である。

【実施例1】

【0041】

表1に示す化学成分の鋼を溶製し、転炉-連続鋳造プロセスにより直径170mmのピレットを鋳造した。これらピレットを1240 に加熱し、マンネスマン-プラグミル方式により穿孔-圧延した後、950 に再加熱し縮研圧延した後、リング冷却により外表面側から水冷した。縮径圧延後の鋼管サイズは、外径：120mm、肉厚12mmとした。さらに肉厚の影響を調べるため、外径150mm、肉厚25mmの管も製造した。脱炭層の深さを変化させるため、ピレットの加熱温度および加熱時間を調整した。製造した鋼管は、円周方向および長手方向および肉厚方向の任意の位置について、金属組織を観察し、10kgfにてピッカース硬度を測定した。金属組織は走査型電子顕微鏡及び光学顕微鏡を用いた。

10

【0042】

通常の場合、管外面の平均的な脱炭層の厚さは200μmとしたが、さらに、脱炭層厚さの影響を調査するため、ピレットの加熱温度と時間を調整し、管外面の脱炭層厚さを600μmと80μmにした鋼管も作製した。

【0043】

試作管の外表面および内表面からそれぞれ1mmだけ内側の任意の位置に対して、金属組織を観察し、10kgfにてピッカース硬さを測定した。金属組織は走査型電子顕微鏡にて最大5000倍まで拡大して観察し、フェライト+パーライト、ベーナイト(一部フェライトを含む場合ある)、および焼き戻しマルテンサイトに判別した。

20

【0044】

靱性の評価は、ハーフサイズの2mmUノッチ試験片を用いて+20 にてシャルピー試験を実施し、衝撃値を測定した。

【0045】

試作鋼管を50mm長さに輪切りし、内外面1mmづつ切削した後、外表面を950 になるまで高周波加熱した後に水冷して、高周波焼き入れを行った。その後表面硬さを測定した。その結果を表2に示した。

【0046】

本発明例であるNo.1～8は適正な加速冷却条件で製造された鋼管であり、適正な金属組織と機械部品として必要な硬さと靱性を有し、切断や切削が容易であり、高周波焼き入れ性に優れていた。

30

【0047】

No.9は、C量が高すぎ硬さの平均値が高いため、切削性に難があった例である。

【0048】

No.10は、C量が低すぎて高周波焼き入れ後の表面硬さが不十分であった例である。

【0049】

No.11は、Mn量が不十分であり、また冷却速度が遅すぎるため、硬さの平均値が低すぎた例である。

40

【0050】

No.12は、Mn量が高すぎて、靱性が悪いの加え、冷却速度が低すぎかつ冷却速度が低すぎるため、硬さの平均値が不十分であった例である。

【0051】

No.13は、Cr量が高すぎてまた冷却速度が高すぎるため、平均の硬さが高かった例である。

【0052】

No.14は、Nb量が高すぎたため靱性が悪いのに加え、冷却停止温度が低かったため硬さのバラツキが大きかった例である。

【0053】

50

No. 15は、冷却速度が遅すぎたため、フェライト分率が高く平均硬さが低すぎた例である。

【0054】

No. 16は、冷却速度が速すぎかつ停止温度が低すぎたため、平均硬さが大きく、また組織がベイナイトであったため、靱性が低すぎた例である。

【0055】

No. 17は、冷却停止温度が低かったため硬さバラツキが大きかった例である。

【0056】

No. 18は、圧延終了温度および冷却開始温度が低すぎたため、フェライト生成に不均一が生じ、硬さバラツキが大きかった例である。

【0057】

【表 1】

鋼種	化学成分 (mass%)													備考
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Nb	Ni	Mo	Al	B	N		
A	0.52	0.22	0.67	0.017	0.007	—	—	—	—	0.027	—	0.0048	本発明例	
B	0.46	0.25	0.71	0.026	0.010	—	0.035	—	—	0.031	—	0.0053	本発明例	
C	0.32	0.33	0.65	0.026	0.013	—	—	—	—	0.037	—	0.0062	本発明例	
D	0.42	0.16	0.78	0.018	0.008	0.16	—	—	—	0.027	—	0.0132	本発明例	
E	0.44	0.19	0.68	0.012	0.010	0.15	0.008	—	—	0.031	—	0.0055	本発明例	
F	0.39	0.23	0.77	0.022	0.015	0.08	—	0.16	—	0.015	—	0.0062	本発明例	
G	0.42	0.35	0.82	0.012	0.007	—	—	—	0.13	0.058	—	0.0024	本発明例	
H	0.46	0.15	0.52	0.022	0.013	—	—	—	—	0.023	0.0008	0.0032	本発明例	
I	0.68	0.22	0.67	0.013	0.009	—	—	—	—	0.035	—	0.0048	比較例	
J	0.15	0.3	0.55	0.016	0.021	0.22	—	—	—	0.028	—	0.0033	比較例	
K	0.42	0.22	0.42	0.018	0.011	—	0.012	—	—	0.035	—	0.0063	比較例	
L	0.43	0.25	1.21	0.016	0.021	—	—	—	—	0.033	—	0.0041	比較例	
M	0.46	0.25	0.8	0.012	0.011	0.35	—	—	—	0.031	—	0.0041	比較例	
N	0.35	0.12	0.67	0.015	0.009	—	0.12	—	—	0.033	—	0.0029	比較例	

【 0 0 5 8 】

10

20

30

40

【表 2】

No.	鋼種	管の寸法	脱炭層厚さ(μm)	圧延終了温度(°C)	再熱炉挿入温度(°C)	冷却条件			金属組織		硬さ(10kgf)	衝撃値(J/cm ²)	高周波焼き入れ後の硬さ	
						冷却速度	冷却開始温度	冷却停止温度	形態	フェライト面積率				平均値
本発明例 1	A	①	200	880	800	2.5	750	550	F+P	18	Hv248	Hv8	50	Hv765
本発明例 2	B	①	200	880	800	5.0	750	550	F+P	12	Hv256	Hv12	53	Hv762
本発明例 3	C	①	200	820	780	9.5	800	600	F+P	23	Hv238	Hv15	60	Hv590
本発明例 4	D	①	200	880	670	5.0	800	600	F+P	20	Hv240	Hv14	65	Hv758
本発明例 5	E	①	200	820	670	3.5	720	650	F+P	40	Hv224	Hv17	68	Hv762
本発明例 6	F	①	200	880	800	3.5	720	650	F+P	32	Hv220	Hv10	53	Hv665
本発明例 7	G	①	80	880	800	0.8	750	700	F+P	30	Hv188	Hv4	68	Hv745
本発明例 8	H	①	600	880	800	2.0	750	700	F+P	33	Hv205	Hv8	70	Hv750
比較例 9	I	①	200	880	830	3.5	800	650	F+P	10	Hv265	Hv10	2	Hv810
比較例 10	J	①	200	880	830	3.5	800	650	F+P	75	Hv156	Hv8	145	Hv420
比較例 11	K	②	200	880	830	0.2	800	650	F+P	18	Hv178	Hv25	55	Hv755
比較例 12	L	②	200	850	800	0.3	650	500	F+P	45	Hv180	Hv32	5	Hv760
比較例 13	M	①	80	850	800	15.0	830	630	F+P	10	Hv265	Hv12	25	Hv770
比較例 14	N	①	600	850	800	5.0	800	500	F+P	25	Hv224	Hv26	3	Hv665
比較例 15	A	①	200	800	800	0.1	800	650	F+P	48	Hv177	Hv15	88	Hv762
比較例 16	A	①	200	850	800	25.0	800	400	B	0	Hv283	Hv18	4	Hv760
比較例 17	A	①	200	850	670	5.0	800	735	F+P	40	Hv180	Hv27	56	Hv755
比較例 18	A	①	200	850	800	5.0	800	400	F+P	15	Hv240	Hv30	50	Hv760
比較例 19	A	①	200	820	800	5.0	600	650	F+P	25	Hv238	Hv33	48	Hv760

管の寸法 ①：外径120mm、肉厚13mm ②：外径150mm、肉厚28mm
 金属組織 F+P：フェライト+パーライト、B：ベイナイト(+フェライト)

【実施例 2】

【0059】

実施例で製造した No. 4 に対して、種々の熱処理条件で応力除去焼鈍を実施し、外表面の円周方向の残量応力および加工精度との関係を調査した。応力除去焼鈍後の管は 50mm 長さの輪切りにし、内外面を 1mm ずつ切削した後、内表面を機械加工により歯切りして、内歯を 10kHz x 10秒で高周波焼き入れすることにより歯車形状の機械構造部

10

20

30

40

50

材を作製した。その加工精度を部材の内径を中心に対して向かい合う歯の頂点間の距離として15°毎に測定し、六点の測定値の最大値と最小値との差を「楕円度」と定義して求めた。結果を表3に示す。No. 4は応力除去焼鈍する前から残量応力が150MPa以下であり、良品に分類される楕円度100 μ m以下を満足していた。No. 4に対して、450で60分の応力除去焼鈍したNo. 20は、熱処理温度が低すぎ応力除去の効果がほとんど無かった例である。500で5分の焼鈍を施したNo. 22は、時間が短かったため最良品に分類される楕円度50 μ m以下にわずか達せなかった例である。500~600の温度で10~60分の応力除去焼鈍したNo. 21およびNo. 23~26は、適正な熱処理であったため、必要硬さを満足しつつ楕円度を50 μ m以下にすることが出来た例である。No. 27は、楕円度は著しく改善できたものの、熱処理温度が高すぎたため回復し必要硬さが低くなりすぎた例である。

10

【0060】

【表3】

	No.	温度 (°C)	時間 (分)	残留応力	平均硬さ (Hv10kgf)	楕円度 (μ m)
本発明例	4	—	—	140	240	91
本発明例	20	450	60	134	238	89
本発明例	21	500	60	95	238	51
本発明例	22	550	5	109	239	50
本発明例	23	550	15	77	238	43
本発明例	24	550	30	58	234	35
本発明例	25	550	60	42	231	25
本発明例	26	600	15	32	220	23
比較例	27	650	30	13	175	14

20

【図面の簡単な説明】

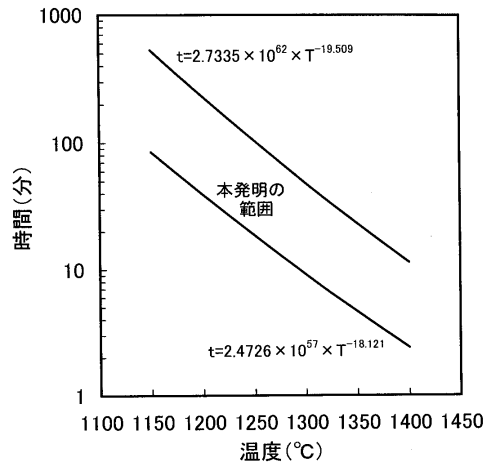
【0061】

【図1】形成される脱炭層厚さが100~500 μ mとなるような、実験的に得られたピレット加熱条件と、本発明範囲を画する回帰式を示す図である。

30

【 図 1 】

図1



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
 C 2 2 C 38/54 (2006.01) C 2 2 C 38/54

- (72)発明者 篠原 康浩
 千葉県富津市新富 2 0 - 1 新日本製鐵株式会社 技術開発本部内
- (72)発明者 石塚 哲夫
 千葉県富津市新富 2 0 - 1 新日本製鐵株式会社 技術開発本部内
- (72)発明者 井上 和洋
 東京都板橋区舟渡 4 - 3 - 1 新日本製鐵株式会社 東京製造所内
- (72)発明者 加藤 文士
 東京都板橋区舟渡 4 - 3 - 1 新日本製鐵株式会社 東京製造所内
- (72)発明者 高本 照久
 山口県光市大字島田 3 4 3 4 番地 新日本製鐵株式会社 光製鐵所内
- (72)発明者 岡本 潤一
 東京都板橋区舟渡 4 - 3 - 1 新日本製鐵株式会社 東京製造所内

審査官 佐藤 陽一

- (56)参考文献 特開平 0 6 - 1 4 5 7 9 3 (J P , A)
 特許第 3 5 0 3 2 1 1 (J P , B 2)
 特開 2 0 0 1 - 2 4 7 9 3 1 (J P , A)
 特開 2 0 0 3 - 3 4 2 6 8 9 (J P , A)
 特開平 1 1 - 0 3 6 0 1 7 (J P , A)
 特開 2 0 0 1 - 2 6 2 2 7 6 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

C 2 2 C 3 8 / 0 0 - 3 8 / 6 0
 C 2 1 D 8 / 0 0 - 8 / 1 0
 C 2 1 D 9 / 0 0 - 9 / 4 4 , 9 / 5 0