

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4495106号
(P4495106)

(45) 発行日 平成22年6月30日(2010.6.30)

(24) 登録日 平成22年4月16日(2010.4.16)

(51) Int.Cl.		F I	
C 2 2 C 38/00	(2006.01)	C 2 2 C 38/00	3 0 1 Z
C 2 2 C 38/22	(2006.01)	C 2 2 C 38/22	
C 2 1 D 9/08	(2006.01)	C 2 1 D 9/08	E
B 2 1 B 23/00	(2006.01)	B 2 1 B 23/00	B

請求項の数 6 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2006-89012 (P2006-89012)	(73) 特許権者	000006655
(22) 出願日	平成18年3月28日 (2006.3.28)		新日本製鐵株式会社
(65) 公開番号	特開2007-262491 (P2007-262491A)		東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
(43) 公開日	平成19年10月11日 (2007.10.11)	(74) 代理人	100099759
審査請求日	平成20年3月3日 (2008.3.3)		弁理士 青木 篤
		(74) 代理人	100077517
			弁理士 石田 敬
		(74) 代理人	100087413
			弁理士 古賀 哲次
		(74) 代理人	100113918
			弁理士 亀松 宏
		(74) 代理人	100111903
			弁理士 永坂 友康

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 切削性に優れた機械構造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 : 0.15 ~ 0.45 %、

Si : 0.1 ~ 0.4 %、

Mn : 0.5 ~ 1.0 %、

Cr : 0.8 ~ 1.5 %、

Mo : 0.05 ~ 0.5 %、

S : 0.005 ~ 0.03 %

を含有し、下記(1)式で定義される [%] が580以上、640以下であり、残部が鉄および不可避免的不純物からなり、金属組織が、面積率20~70%の焼き戻しベイナイト、面積率25%以下(0%を含む)のフェライト、残部焼き戻しマルテンサイトからなることを特徴とする切削性に優れた機械構造用鋼管。

$$= 830 - 270C - 90Mn - 70Cr - 83Mo \dots (1)$$

ここで、C、M、Cr、Moは各元素の含有量である。

【請求項2】

焼き戻しベイナイトの面積率が20~50%であり、フェライトの面積率が1~20%であることを特徴とする請求項1に記載の切削性に優れた機械構造用鋼管。

【請求項3】

鋼管外表面から1mmまでの領域における残留応力の絶対値が150MPa以下である

ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の切削性に優れた機械構造用鋼管。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 の何れか 1 項に記載の切削性に優れた機械構造用鋼管の製造方法であって、請求項 1 に記載の化学成分を有し、下記 (1) 式で定義される [%] が 580 以上、640 以下である鋼管を、800 以上の温度から 200 以下の温度まで、円周方向に回転させながら、下記 (2) 式を満足する冷却速度 V [/ s] で鋼管外表面から強制冷却した後、550 ~ 700 に再加熱することを特徴とする切削性に優れた機械構造用鋼管の製造方法。

$$= 830 - 270C - 90Mn - 70Cr - 83Mo \dots (1)$$

$$1.0 < V < 0.4159 - 231.95 \dots (2)$$

ここで、C、M、Cr、Mo は各元素の含有量である。

【請求項 5】

熱間での延伸工程で造管した鋼管を、そのまま円周方向に回転させながら鋼管外表面から加速冷却した後、再加熱することを特徴とする請求項 4 に記載の切削性に優れた機械構造用鋼管の製造方法。

【請求項 6】

鋼管が、鋼片を熱間で穿孔、圧延し、更に熱間での延伸工程により造管したものであることを特徴とする請求項 5 に記載の切削性に優れた機械構造用鋼管の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

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機械構造用鋼管およびその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、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、鍛造、切削加工後、調質熱処理して製造されていた。近年、自動車等の軽量化を目的として機械部品の中空化が進められつつあり、素材の棒鋼から鋼管への変更が検討されている。

【0003】

機械部品の多くは切削加工がなされるため、切削加工に優れた機械構造用鋼管が提案されている (例えば、特許文献 1 ~ 5)。特許文献 1 は伸管加工により高硬度化させ、切削性を改善したものであるが、この方法では、工程増による製造コストアップは避けられない。特許文献 2 および 3 は Ca の添加、特許文献 4 は Bi, Pb, Te の添加により切削性の改善を目指したものであるが、いずれも切削性の改善効果が得られる程度に不純物元素を添加する必要があり、靱性や疲労特性の劣化が避けられない。また Bi, Pb, Te 等、環境負荷物質の添加はリサイクルの観点からも好ましくない。

【0004】

特許文献 5 は、伸管と応力除去焼鈍により金属組織をベイナイトとすることで切削性に優れたシリンダーロッド用鋼管を製造するものである。しかし、金属組織をベイナイトとすると、強度向上には限界がある。また、伸管を必要とすることから製造コストの上昇は避けられない。また、上記の提案は何れも、組織制御の観点から系統的に切削性を評価したのではない。

【0005】

【特許文献 1】特開平 3 - 81008 号公報

【特許文献 2】特開平 3 - 177539 号公報

【特許文献 3】特開平 3 - 177540 号公報

【特許文献 4】特開平 5 - 5157 号公報

【特許文献 5】特開平 4 - 191323 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

【0006】

本発明は、高価な合金を添加することなく、金属組織を制御して、機械加工、特に鋼管内面の切削加工を向上させた機械構造用鋼管と、その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】

【0007】

本発明者らは、上記課題を解決するために鋼の金属組織と切削性との関係について鋭意検討し、特に、ブローチ加工に最適な金属組織が焼き戻しマルテンサイトと焼き戻しベイナイトとの混合組織であり、一部フェライトを含んでも良いことを明らかにした。また、鋼管の残留応力を小さくし、安価に製造するため、高温の鋼管を加速冷却するプロセスの適用を指向し、その最適な冷却条件を種々検討し、安定的に切削性を確保できる金属組織を得るための、最適なC、Mn、Cr、Moの添加量と焼き入れ時の冷却速度および焼き戻し温度の組み合わせを見いだした。

10

【0008】

本発明は、上記知見に基づいて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。

【0009】

(1) 質量%で、C:0.15~0.45%、Si:0.1~0.4%、Mn:0.5~1.0%、Cr:0.8~1.5%、Mo:0.05~0.5%、S:0.005~0.03%を含有し、下記(1)式で定義される [%] が580以上、640以下であり、残部が鉄および不可避免的不純物からなり、金属組織が、面積率20~70%の焼き戻しベイナイト、面積率25%以下(0%を含む)のフェライト、残部焼き戻しマルテンサイトからなることを特徴とする切削性に優れた機械構造用鋼管。

20

$$= 830 - 270C - 90Mn - 70Cr - 83Mo \dots (1)$$

ここで、C、M、Cr、Moは各元素の含有量である。

【0010】

(2) 焼き戻しベイナイトの面積率が20~50%であり、フェライトの面積率が1~20%であることを特徴とする上記(1)に記載の切削性に優れた機械構造用鋼管。

【0011】

(3) 鋼管外表面から1mmまでの領域における残留応力の絶対値が150MPa以下であることを特徴とする上記(1)または(2)に記載の切削性に優れた機械構造用鋼管。

30

【0012】

(4) 上記(1)~(3)の何れか1項に記載の切削性に優れた機械構造用鋼管の製造方法であって、請求項1に記載の化学成分を有し、下記(1)式で定義される [%] が580以上、640以下である鋼管を、800以上の温度から200以下の温度まで、円周方向に回転させながら、下記(2)式を満足する冷却速度V[/s]で鋼管外表面から強制冷却した後、550~700に再加熱することを特徴とする切削性に優れた機械構造用鋼管の製造方法。

$$= 830 - 270C - 90Mn - 70Cr - 83Mo \dots (1)$$

$$1.0 < V < 0.4159 - 231.95 \dots (2)$$

40

ここで、C、M、Cr、Moは各元素の含有量である。

【0013】

(5) 熱間での延伸工程で造管した鋼管を、そのまま円周方向に回転させながら鋼管外表面から加速冷却した後、再加熱することを特徴とする上記(4)に記載の切削性に優れた機械構造用鋼管の製造方法。

【0014】

(6) 鋼管が、鋼片を熱間で穿孔、圧延し、更に熱間での延伸工程により造管したものであることを特徴とする上記(5)に記載の切削性に優れた機械構造用鋼管の製造方法。

【発明の効果】

【0015】

50

本発明により、特に内表面の切削性に優れた機械構造用鋼管を安価に提供できるようになり、産業上の貢献が極めて顕著である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

本発明者らは、外径146mm、肉厚12mmの鋼管に種々の熱処理を施し、金属組織を変化させて、鋼の切削性におよぼす金属組織の影響について調査した。切削性については、鋼管内面を歯車形状にブローチ加工し、切削面精度を調査して評価した。鋼管の一部を切断して試料を採取し、鋼管内面の切削面の凹凸を触針式表面粗さ測定器によって測定した。金属組織は走査型電子顕微鏡で観察し、各組織の面積率は画像解析により求めた。

【0017】

切削面精度は切削面の凹凸が10μm以下であれば良好とし、100個の加工品のうち、良好な個数の割合を合格率[%]として評価した。切削面の凹凸が10μm以下の良好な切削面精度を示す加工品の割合が95~99%であるものを「○」、100%であるものを「●」、94%以下であるものを「×」として表1に示した。

【0018】

【表 1】

組織分類	分率					合格率(%)	判定
	焼き戻しベイナイト	焼き戻しマルテンサイト	フェライト	パーライト			
焼き戻しマルテンサイト	0	100	0	0	0	10	x
焼き戻しベイナイト	100	0	0	0	0	26	x
フェライト+パーライト	0	0	75	25	7	7	x
焼き戻しマルテンサイト+フェライト	0	90	10	0	0	15	x
焼き戻しベイナイト+フェライト	0	75	15	0	0	18	x
焼き戻しマルテンサイト+焼き戻しベイナイト	25	75	0	0	0	97	○
焼き戻しマルテンサイト+焼き戻しベイナイト	34	66	0	0	0	96	○
焼き戻しマルテンサイト+焼き戻しベイナイト	46	54	0	0	0	98	○
焼き戻しマルテンサイト+焼き戻しベイナイト	53	47	0	0	0	96	○
焼き戻しマルテンサイト+焼き戻しベイナイト	61	39	0	0	0	96	○
焼き戻しマルテンサイト+焼き戻しベイナイト	70	30	0	0	0	97	○
焼き戻しマルテンサイト+焼き戻しベイナイト	15	85	0	0	0	75	x
焼き戻しマルテンサイト+焼き戻しベイナイト	81	19	0	0	0	66	x
焼き戻しマルテンサイト+焼き戻しベイナイト+フェライト	35	64	1	0	0	100	◎
焼き戻しマルテンサイト+焼き戻しベイナイト+フェライト	33	60	7	0	0	100	◎
焼き戻しマルテンサイト+焼き戻しベイナイト+フェライト	42	45	13	0	0	100	◎
焼き戻しマルテンサイト+焼き戻しベイナイト+フェライト	46	35	19	0	0	100	◎
焼き戻しマルテンサイト+焼き戻しベイナイト+フェライト	42	35	23	0	0	97	○

表1

組織分類

10

20

30

40

【0019】

表1に示すように切削面精度の合格率が95%以上である金属組織は、面積率20~70%の焼き戻しベイナイトと焼き戻しマルテンサイトの混合組織のもの、更にフェライトを含むものであることがわかる。さらに面積率で20~50%の焼き戻しベイナイトと1~20%のフェライト、焼き戻しマルテンサイトの混合組織では合格率が100%になる。

【0020】

50

以上のことから鋼管の金属組織として、焼き戻しベイナイトの面積率を20～70%、フェライトの面積率は0～25%とし、残部を焼き戻しマルテンサイトに限定した。さらに切削性を向上させるには焼き戻しベイナイトの面積率を20～50%、フェライトの面積率を1～20%、残部を焼き戻しマルテンサイトにすることが好ましい。

【0021】

本発明において、焼き戻しマルテンサイトと焼き戻しベイナイトとは、走査型電子顕微鏡による組織観察で、ラス内のセメンタイトの析出形態により区別できる。すなわち、セメンタイトの長軸方向が複数あるのが焼き戻しマルテンサイトであり、焼き戻しベイナイトはセメンタイトの長軸方向がひとつである。また、フェライトはベイナイトのようなラス状ではなく、塊状であり、パーライトは粒界に板状のセメンタイトが析出している。

10

【0022】

また、本発明では特に硬さを規定していないが、少なくとも鋼管内表面から3mmまでのピッカース硬さは220以上280以下であることが好ましい。ピッカース硬さは、280を超えると工具寿命が低下することがある。一方、ピッカース硬さが220以下ではむしれが発生して、切削面精度を損なうことがある。

【0023】

次に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。

【0024】

C：Cは強度向上に極めて有効な元素であり、本発明の鋼管の主な適用先である歯車やシリンダー等の構造物として十分な強度を得るためには、最低0.15%必要である。しかし、0.45%を超えると焼き入れ時の冷却で割れる問題が生じる。したがって、Cは0.15～0.45%に限定する。

20

【0025】

Si：Siは脱酸元素であり、固溶強化にも寄与する。本発明では、十分な強度を得るため、Si量の下限を0.1%とした。しかし、Siを過剰に添加すると加工性を損なうため上限を0.4%に制限した。

【0026】

Mn：Mnは強度を向上させるためには必須の元素であり、その下限は0.5%である。しかし、1.0%よりも多いと十分なマルテンサイトおよびベイナイトが生成せず、加工品の切削面精度が大幅に劣化するので1.0%を上限とした。

30

【0027】

Cr：Crは強度を向上させ、また窒化処理による表面硬度の上昇に有効な元素であり、0.8%以上添加することが必要である。しかし、1.5%を超えるとマルテンサイトの生成が過剰になり加工品の切削面精度を劣化させるので、上限を1.5%とした。

【0028】

Mo：Moは焼き入れ性を向上させ、高強度化に寄与する元素であり、その効果を得るには最低0.05%以上の添加が必要である。しかし、0.5%を超えるとマルテンサイトおよびベイナイトの生成が不十分になり、加工面精度を大幅に劣化させるので上限を0.5%とした。

40

【0029】

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、過度に添加すると焼き戻し後に割れるという問題が発生するため上限を0.03%とした。

【0030】

更に、本発明では、切削性に最適な金属組織を得るために、C、Mn、Cr、Moを下記の式(1)に定義される [%] が、580 640を満足するよう限定した。

$$= 830 - 270C - 90Mn - 70Cr - 83Mo \dots (1)$$

は焼き入れ性の指標であり、640超では焼き入れ性が低く、フェライトが過剰に生成し、切削性を向上するために必要な焼き戻しマルテンサイトおよび焼き戻しベイナイトを

50

確保できない。一方、 σ が 580 未満では焼き入れ性が高く、切削性を向上するために必要な焼き戻しベイナイト分率を確保できない。したがって、 σ を 580 以上 640 以下に限定した。

【0031】

焼き入れ・焼き戻し工程で製造される鋼管には、焼き入れ時の冷却中の偏熱によって生じた残留応力が存在している。残留応力の発生は焼き入れ時の冷却均一性と焼き戻し温度に大きく影響される。残留応力が高いと、機械加工中に残留応力が解放されるので部品形状の精度を損なう。加工中の残留応力の解放に伴う部品形状の変化を抑えるには、鋼管外表面から 1 mm 深さまでの領域における残留応力の絶対値が 150 MPa 以下であることが好ましい。ここで、残留応力の絶対値が 150 MPa 以下であることは、残留応力が -150 MPa ~ +150 MPa の範囲内であることを意味し、本発明では、残留応力の数値が正であるものを圧縮残留応力、負であるものを引張残留応力と定義している。

10

【0032】

次に、製造方法について説明する。本発明では上記化学成分を有する鋼管を熱間加工後又は加熱し、800 以上から冷却する際の条件が重要であり、特に加速冷却の冷却速度の制御は、機械加工面の切削面精度を向上させるための根幹技術である。なお、冷却速度は、鋼管の内表面位置のものである。

【0033】

加速冷却の冷却速度が 1.0 /s より小さい場合フェライトの生成が顕著となり、切削性を確保するために必要な焼き戻しマルテンサイトおよび焼き戻しベイナイトが得られない。したがって、下限を 1.0 /s に限定した。一方、上限は、上述の加工精度向上に最適な金属組織を確保するため密接な関係のある上記(1)式で定義される [%] によって決定される。

20

【0034】

本発明者らは、切削面精度、化学成分、加速冷却速度の関係を鋭意調査した結果、切削面精度を確保できる加速冷却の冷却速度 V [/s] の上限が、(0.4159 - 231.95) であることを見いだした。以上のことから、加速冷却の冷却速度 V [/s] は、1.0 以上、(0.4159 - 231.95) 以下に限定した。

【0035】

加速冷却の方法は、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、また鋼管の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ためである。冷却方法は、水を鋼管の外表面に直接当てる方法、鋼管外周の接線方向に当てる方法、ミスト冷却など任意に選定できる。

30

【0036】

加速冷却開始前の鋼管の温度を 800 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フェライトが生成しにくくなるので、900 以下が望ましい。

【0037】

加速冷却の停止温度は、200 以下に限定した。これは、加速冷却の停止温度が 200 を超えると、焼き入れ時に炭化物が微細に析出し、結果、焼き戻し後の機械加工の工具寿命を低下させるためである。

40

【0038】

鋼管内表面の冷却開始温度及び冷却停止温度は、加速冷却前後、すなわち冷却装置の入側及び出側で、鋼管内表面の温度を接触温度計で測定すれば良く、その温度差と冷却装置の通過速度から冷却速度を算出することができる。鋼管外面の温度を放射温度計によって測定し、鋼管内面の温度を熱伝導計算によって求めても良い。また、種々の外径及び肉厚を有する鋼管の内面及び外面に熱電対を取り付け、種々の加熱温度、冷媒の噴出条件、冷却時間に対応する冷却曲線を作成し、本発明の範囲内となる条件を決定することもできる。

50

【0039】

焼き戻しの温度は550以上、700以下に限定した。550未満では不十分で均一な焼き戻しで残留応力解放が得られないため、下限を550とした。一方、700を超えると再結晶が進み、焼き戻し組織が失われるため、上限を700とした。

【0040】

本発明の鋼管は、継ぎ目無し鋼管が好ましく、その造管工程は、熱間での穿孔 - 圧延 - 延伸が一般的である。また、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、ホットコイル等の鋼板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でも良い。

【0041】

鋼管は、一旦鋼管製造工程を終了した後、加熱炉または誘導加熱によって昇温しても良く、熱間で鋼片を穿孔、圧延し、延伸工程によって造管した直後の最終段階で800以上であれば、インラインでそのまま冷却することも可能である。鋼板を冷間成形し、電縫溶接により造管して加熱しても良く、鋼板を冷間成形し、電縫溶接後、加熱して冷却するか、熱間での延伸工程によって造管した直後、インラインでそのまま冷却しても良い。

【0042】

本発明では鋼管形状を特に限定していないが、肉厚は5mm以上20mm以下が好ましい。その理由は20mm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。また鋼管の肉厚が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、機械部品用に適さないことがあるためである。

【0043】

鋼管の長さは、外径の5倍以上が好ましい。この理由は、鋼管を外表面から水冷するときに均一に冷却するためである。鋼管の長さが外径の5倍より小さいと、外表面から噴射する水が内面に入ったりすることで鋼管長手方向、周方向で冷却が大きくばらつく。

【実施例】

【0044】

(実施例1)

表2に示す化学成分を有し、外径156mm、肉厚12mmの鋼管を製造し、切削性を評価した。造管方法は、鋼板を冷間成形し、電縫溶接する電縫溶接プロセス(ERW)および鋼片を熱間で穿孔し、圧延し、延伸するシームレスプロセス(SML)である。これらの鋼管を室温から加熱炉にて加熱した後、鋼管の外表面からリング水冷却にて所定の冷却速度で冷却した。その後、加熱炉にて所定の温度に鋼管を再加熱し、空冷で室温まで冷却した。鋼管の造管方法、加速冷却前の加熱温度、加速冷却の冷却速度および停止温度、再加熱は表3に示した条件で行った。表3のVmaxは、0.4159 - 231.95の計算値であり、冷却速度の上限を意味する。

【0045】

製造した鋼管の肉厚中心部の金属組織は、電縫鋼管の溶接部を除く円周方向の任意の位置で、長手方向の端部100mmを除く任意の位置から小片を採取し、研磨、エッチングを行い、走査型電子顕微鏡および光学顕微鏡を用いて観察した。金属組織の観察は走査型電子顕微鏡にて最大の倍率を5000倍として行い、焼き戻しマルテンサイト(M)、焼き戻しベイナイト(B)、フェライト(F)、パーライト(P)に分類した。焼き戻しベイナイトおよびフェライトの面積率は、画像解析によって求めた。

【0046】

残留応力は鋼管の外表面から0.5mm削った位置についてX線を用いて測定した。応力の方向は周方向である。表3の残留応力欄の数値が正であるものは圧縮の残留応力、負であるものは引張の残留応力を意味する。

【0047】

切削性については、鋼管を50mm長さに切り、内外面を1mmずつ切削した後、歯車形状となるよう内面をブローチ加工し、ブローチ加工面精度を調査して評価した。面精度については、切削面の凹凸が10μm以下であれば良好とし、100個の加工で良好な個

10

20

30

40

50

数の割合を切削性の合格率 [%] を評価した。また、ブローチ加工前後の外径を測定して、その差が 50 μ m 以内であれば良好とし、100 個の加工で良好な個数の割合を変形量の合格率 [%] を評価した。

【0048】

切削性および変形量のいずれも合格率が 95 ~ 99 % であれば判定を ○、いずれも合格率が 100 % のものの判定を ⊕ とし、いずれかの合格率が 94 % 以下のものの判定を × とした。

【0049】

本発明例である No. 1 ~ 8 は適正な化学成分および熱処理条件で製造された鋼管であり、適正な金属組織を有し、切断性に優れていた。

10

【0050】

No. 9 は、C 量が高く が 580 以下と焼入れ性が高く、強制冷却の冷却速度が規定より速かったため、焼き戻しマルテンサイト単相となり切削性に難があり、残留応力が高く変形が大きかった例である。No. 10 は、C 量が低すぎて が 640 以上と焼入れ性が低いため、フェライトとパーライトの組織となり切削性に難があった例である。No. 11 は、Mn 量が高く が 580 以下と焼入れ性が高いため、焼き戻しベイナイトの面積率が低くなり切削性に難があった例である。

【0051】

No. 12 は、Si 量が高く、また Mn 量が低くて が 640 以上と焼入れ性が低く、強制冷却停止温度が高かったため、フェライトの面積率が高かつ焼き戻しベイナイトの面積率が低くなり、切削性に難があった例である。No. 13 は、Cr 量が低すぎ、また強制冷却開始温度が低いため、フェライトとパーライトの組織になり切削性に難があった例である。

20

【0052】

No. 14 は、Cr 量および Mo 量が高すぎたため が 580 以下と焼入れ性が高く、冷却速度が規定より速く、焼き戻しマルテンサイト単相となり切削性に難があり、さらに再加熱温度が低かったため残留応力が高く変形が大きかった例である。

【0053】

No. 15 は、冷却速度が遅すぎたため、フェライトとパーライトの組織になり切削性に難があった例である。No. 16 は、冷却速度が速すぎたため、焼き戻しマルテンサイト単相となり切削性に難があり、また残留応力が高く変形が大きかった例である。No. 17 は、加熱温度が低かつ強制冷却停止温度が高かったため、フェライト面積率が高くなり切削性に難があった例である。No. 18 は、再加熱温度が高かったため、フェライト分率が高くなりかつ焼き戻しベイナイトの面積率が低く切削性に難があった例である。No. 19 は、冷却速度が速すぎ焼き戻しマルテンサイト単相となり切削性に難があつて、また再加熱温度が低すぎたため残留応力が高く変形が大きかった例である。

30

【0054】

【表 2】

表2

鋼種	化学成分(質量%)						α %	備考
	C	Si	Mn	S	Cr	Mo		
A	0.16	0.32	0.85	0.019	0.95	0.15	631.4	本発明例
B	0.20	0.22	0.65	0.015	1.00	0.17	633.4	本発明例
C	0.23	0.18	0.90	0.025	1.21	0.25	581.5	本発明例
D	0.28	0.38	0.78	0.007	1.05	0.22	592.4	本発明例
E	0.33	0.12	0.68	0.015	1.12	0.19	585.5	本発明例
F	0.35	0.23	0.77	0.019	0.83	0.22	589.8	本発明例
G	0.38	0.35	0.63	0.022	1.02	0.13	588.5	本発明例
H	0.43	0.22	0.52	0.028	0.88	0.13	594.7	本発明例
I	0.47	0.22	0.55	0.020	0.92	0.20	572.6	比較例
J	0.12	0.05	0.75	0.018	0.98	0.17	647.4	比較例
K	0.21	0.29	1.20	0.003	1.05	0.20	575.2	比較例
L	0.25	0.47	0.41	0.021	1.10	0.02	646.9	比較例
M	0.18	0.25	0.73	0.042	0.70	0.30	641.8	比較例
N	0.21	0.21	0.75	0.017	1.80	0.63	527.5	比較例

10

【 0 0 5 5 】

20

【表 3】

No.	鋼種	プロセス	強制冷却開始温度 (°C)	冷却速度 (°C/s)	Vmax (°C/s)	強制冷却停止温度 (°C)	再加熱温度 (°C)	金属組織			残留応力 MPa	切削性 合格率 (%)	変形量 合格率 (%)	判定
								形態	白面積率 (%)	F面積率 (%)				
本発明例 1	A	ERW	800	13	31	50	680	M+B	65	0	100	96	97	○
本発明例 2	B	SML	820	10	31	50	620	M+B+F	43	5	30	100	100	◎
本発明例 3	C	SML	820	7	10	100	620	M+B	22	0	-160	98	10	○
本発明例 4	D	ERW	840	12	14	100	600	M+B	30	0	20	98	100	○
本発明例 5	E	ERW	840	7	12	100	600	M+B+F	35	7	-15	100	100	◎
本発明例 6	F	SML	860	10	13	180	580	M+B	55	0	170	96	0	○
本発明例 7	G	SML	860	5	13	180	560	M+B+F	30	12	20	100	100	◎
本発明例 8	H	ERW	880	5	15	180	560	M+B+F	50	18	-20	100	100	◎
比較例 9	I	SML	840	10	6	50	650	M	0	0	180	15	0	×
比較例 10	J	ERW	840	20	37	50	650	F+P	0	88	15	23	100	×
比較例 11	K	SML	860	5	7	50	680	M+B	15	18	15	60	100	×
比較例 12	L	ERW	840	20	37	250	650	M+B+F	15	43	120	12	96	×
比較例 13	M	ERW	780	8	35	50	650	F+P	0	21	-30	28	98	×
比較例 14	N	SML	980	5	-13	50	500	M	0	0	-160	22	25	×
比較例 15	B	SML	860	0.5	31	50	630	F+P	0	75	-15	55	100	×
比較例 16	B	SML	860	40	31	50	630	M	0	0	-180	60	0	×
比較例 17	B	SML	780	15	31	220	630	M+B+F	35	50	30	72	100	×
比較例 18	B	SML	860	15	31	50	710	M+B+F	15	65	30	48	96	×
比較例 19	B	SML	860	40	31	50	500	M	0	0	-250	50	0	×

表3

【0056】

(実施例 2)

表 2 に示す化学成分の鋼を溶製し、転炉 - 連続鑄造プロセスにより直径 170 mm のブルームを鑄造した。これらブルームを 1240 に加熱し、マンネスマン - プラグミル方式により穿孔 - 圧延したシームレス鋼管、または表 2 に示す化学成分の熱延鋼板を冷間で中空形状に成形した後電縫溶接した電縫鋼管を素材とし、950 に再加熱し、縮径圧延した後、リング冷却により外表面側から水冷した。

【0057】

縮径圧延後の鋼管サイズは、外径 156 mm、肉厚 12 mm とした。その後、加熱炉に

10

20

30

40

50

て所定の温度に鋼管を加熱し、空冷で室温まで冷却した。製造した鋼管の金属組織観察および分類、焼き戻しベイナイトおよびフェライトの面積率並びに残留応力の測定および切削性の評価は実施例1と同様にして行った。結果を表4に示す。表4の V_{max} は、 $0.4159 - 231.95$ の計算値であり、冷却速度の上限を意味する。

【0058】

本発明例であるNo. 19~26は適正な化学成分および熱処理条件で製造された鋼管であり、適正な金属組織を有し、切断性に優れていた。

【0059】

No. 27は、C量が大きく γ が580以下と焼入れ性が高く、冷却速度が規定より速かったため、焼き戻しマルテンサイト単相となり切削性に難があり、残留応力が高く変形が大きかった例である。No. 28は、C量が低すぎて γ が640以上と焼入れ性が低いため、フェライトとパーライトの組織となり切削性に難があった例である。

10

【0060】

No. 29は、Mn量が大きく γ が580以下と焼入れ性が高いため、焼き戻しベイナイトの面積率が低くなり切削性に難があった例である。No. 30は、Si量が大きく、またMn量が低くて γ が640以上と焼入れ性が低く、強制冷却停止温度が高かったため、フェライトの面積率が高かつ焼き戻しベイナイトの面積率が低く切削性に難があった例である。

【0061】

No. 31は、Cr量が低すぎ、また強制冷却開始温度が低いため、フェライトとパーライトの組織になり切削性に難があった例である。No. 32は、Cr量およびMo量が高すぎたため γ が580以下と焼入れ性が高く、冷却速度が規定より速く、焼き戻しマルテンサイト単相となり切削性に難があり、さらに再加熱温度が低かったため残留応力が高く変形が大きかった例である。

20

【0062】

No. 33は、冷却速度が遅すぎたため、フェライトとパーライトの組織になり切削性に難があった例である。No. 34は、冷却速度が速すぎたため、焼き戻しマルテンサイト単相となり切削性に難があり、また残留応力が高く変形が大きかった例である。

【0063】

No. 35は、強制冷却開始温度が低く、かつ強制冷却停止温度が高かったため、フェライト面積率が高くなり切削性に難があった例である。No. 36は、再加熱温度が高かったため、フェライト分率が高くなりかつ焼き戻しベイナイトの面積率が低く切削性に難があった例である。No. 37は、冷却速度が速すぎて、焼き戻しマルテンサイト単相となり切削性に難があり、また再加熱温度が低すぎたため残留応力が高く変形が大きかった例である。

30

【0064】

【表 4】

No.	鋼種	プロセス	強制冷却開始温度 (°C)	冷却速度 (°C/s)	V _{max} (°C/s)	強制冷却停止温度 (°C)	再加熱温度 (°C)	金属組織			残留応力 MPa	切削性合格率 (%)	変形率 (%)	判定
								形態	B面積率 (%)	F面積率 (%)				
本発明例 19	A	ERW	860	10	31	50	660	M+B	70	0	100	98	97	○
本発明例 20	B	SML	860	12	31	50	630	M+B+F	45	3	30	100	100	◎
本発明例 21	C	SML	860	7	10	50	630	M+B	23	0	50	98	100	○
本発明例 22	D	ERW	840	10	14	50	610	M+B	33	0	-160	98	10	○
本発明例 23	E	ERW	840	5	12	50	610	M+B+F	38	10	-15	100	100	◎
本発明例 24	F	SML	840	8	13	50	580	M+B	50	0	160	96	15	○
本発明例 25	G	SML	860	8	13	50	560	M+B+F	35	10	18	100	100	◎
本発明例 26	H	ERW	880	8	15	50	560	M+B+F	55	16	-20	100	100	◎
比較例 27	I	SML	840	15	6	50	650	M	0	0	200	5	0	x
比較例 28	J	ERW	840	20	37	50	650	F+P	0	88	15	23	100	x
比較例 29	K	SML	860	5	7	50	680	M+B	15	18	15	60	99	x
比較例 30	L	ERW	840	20	37	50	650	M	0	0	120	12	99	x
比較例 31	M	ERW	780	8	35	50	650	F+P	0	21	-30	28	100	x
比較例 32	N	SML	980	5	-13	50	500	M	0	0	180	22	10	x
比較例 33	B	SML	860	0.5	31	50	630	F+P	0	75	-15	55	99	x
比較例 34	B	SML	860	40	31	50	630	M	0	0	190	60	0	x
比較例 35	B	SML	780	15	31	220	630	M+B+F	35	50	30	72	100	x
比較例 36	B	SML	860	15	31	50	710	M+B+F	15	65	30	48	100	x
比較例 37	B	SML	860	15	31	50	500	M	55	2	-250	50	0	x

表 4

10

20

30

40

フロントページの続き

- (72)発明者 篠原 康浩
千葉県富津市新富 20 - 1 新日本製鐵株式会社 技術開発本部内
- (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

審査官 佐藤 陽一

- (56)参考文献 特開平06 - 184694 (JP, A)
特開昭61 - 133364 (JP, A)
特開2000 - 002229 (JP, A)
特開昭62 - 263924 (JP, A)
特開平06 - 081078 (JP, A)
特開昭54 - 107411 (JP, A)
特開昭61 - 207515 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C22C 38/00 - 38/60
C21D 9/00 - 9/44, 9/50