

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-198873

(P2014-198873A)

(43) 公開日 平成26年10月23日(2014.10.23)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C 2 2 C 38/00 (2006.01)	C 2 2 C 38/00 3 0 1 A	4 K O 3 2
C 2 2 C 38/32 (2006.01)	C 2 2 C 38/32	
C 2 1 D 8/02 (2006.01)	C 2 1 D 8/02 B	
C 2 2 C 38/54 (2006.01)	C 2 2 C 38/54	

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2013-74684 (P2013-74684)	(71) 出願人	000001199 株式会社神戸製鋼所 兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目2番 4号
(22) 出願日	平成25年3月29日 (2013.3.29)	(74) 代理人	100075409 弁理士 植木 久一
		(74) 代理人	100129757 弁理士 植木 久彦
		(74) 代理人	100115082 弁理士 菅河 忠志
		(74) 代理人	100125243 弁理士 伊藤 浩彰
		(74) 代理人	100125173 弁理士 竹岡 明美

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 低温靱性、伸び、および溶接性に優れた高強度鋼板、並びにその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 低温靱性、伸び、および溶接性に優れた高強度鋼板、並びにその製造方法を提供する。

【解決手段】 本発明の鋼板は、所定の鋼中成分および焼戻し組織を有すると共に、下記(1)式で示されるパラメータが20以上であり、且つ下記(2)式で示されるPcm値が0.28以下である。

$$0.5 \times [Mo] + 121 \times [V] + 15 \times [Mn] + 0.5 \times [Cr] \cdots (1)$$

$$Pcm = [C] + ([Si] / 30) + ([Mn] / 20) + ([Cu] / 20) + ([Ni] / 60) + ([Cr] / 20) + ([Mo] / 15) + ([V] / 10) + 5 \times [B] \cdots (2)$$

【選択図】 なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

C : 0 . 1 2 5 ~ 0 . 1 5 % (質量 % の意味。化学成分について以下同じ)、

Si : 0 . 2 ~ 0 . 7 5 %、

Mn : 0 . 9 ~ 1 . 2 %、

Al : 0 . 0 3 ~ 0 . 0 6 %、

Cr : 0 . 6 5 ~ 1 %、

Mo : 0 . 2 ~ 0 . 7 %、

V : 0 . 0 3 5 ~ 0 . 1 1 %、

Nb : 0 . 1 1 % 以下 (0 % を含まない)、

B : 0 . 0 0 0 5 ~ 0 . 0 0 2 %、

N : 0 . 0 0 6 % 以下 (0 % を含まない) を含有し、残部が鉄および不可避免的不純物からなり、

10

金属組織が焼戻しベイナイト組織、焼戻しマルテンサイト組織、またはこれらの複合組織であり、

下記 (1) 式で示されるパラメータが 2 0 以上であり、且つ、

下記 (2) 式で示される P c m 値が 0 . 2 8 以下であることを特徴とする低温靱性、伸び、および溶接性に優れた引張強度が 9 8 0 M P a 以上、且つ降伏点が 9 6 0 M P a 以上の高強度鋼板。

$$0 . 5 \times [M o] + 1 2 1 \times [V] + 1 5 \times [M n] + 0 . 5 \times [C r] \cdots (1)$$

20

$$P c m = [C] + ([S i] / 3 0) + ([M n] / 2 0) + ([C u] / 2 0) + ([N i] / 6 0) + ([C r] / 2 0) + ([M o] / 1 5) + ([V] / 1 0) + 5 \times [B] \cdots (2)$$

式中、[] は、鋼中の各成分の含有量 (質量 %) を意味する。

【請求項 2】

C : 0 . 1 2 5 ~ 0 . 1 5 %、

Si : 0 . 2 ~ 0 . 7 5 %、

Mn : 0 . 9 ~ 1 . 2 %、

Al : 0 . 0 3 ~ 0 . 0 6 %、

Cr : 0 . 6 5 ~ 1 %、

Mo : 0 . 2 ~ 0 . 7 %、

V : 0 . 0 3 5 ~ 0 . 1 1 %、

Nb : 0 . 1 1 % 以下 (0 % を含まない)、

B : 0 . 0 0 0 5 ~ 0 . 0 0 2 %、

30

N : 0 . 0 0 6 % 以下 (0 % を含まない) を含有し、残部が鉄および不可避免的不純物からなり、

下記 (1) 式で示されるパラメータが 2 0 以上、且つ、

下記 (2) 式で示される P c m 値が 0 . 2 8 以下である鋼を、

加熱圧延した後、室温まで空冷し、さらに 9 0 0 以上に加熱して焼入れ処理を行った後、4 0 0 ~ 6 0 0 の温度で焼戻し処理を行うことを特徴とする低温靱性、伸び、および溶接性に優れた引張強度が 9 8 0 M P a 以上、且つ降伏点が 9 6 0 M P a 以上の高強度鋼板の製造方法。

40

$$0 . 5 \times [M o] + 1 2 1 \times [V] + 1 5 \times [M n] + 0 . 5 \times [C r] \cdots (1)$$

$$P c m = [C] + ([S i] / 3 0) + ([M n] / 2 0) + ([C u] / 2 0) + ([N i] / 6 0) + ([C r] / 2 0) + ([M o] / 1 5) + ([V] / 1 0) + 5 \times [B] \cdots (2)$$

式中、[] は、鋼中の各成分の含有量 (質量 %) を意味する。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

本発明は、低温靱性、伸び、および溶接性に優れた高強度鋼板、並びにその製造方法に関するものである。本発明に係る高強度鋼板は、例えば、ペンストック（水圧鉄管）、無損傷建物向け等の建設材；ショベル、クレーン、スクレイパーなどの工事現場などで使用される建設機械などの各種用途に好適に用いられる。

【背景技術】

【0002】

建設材や建設機械などの用途に用いられる鋼板は、作業現場での過酷な環境下に耐えられるよう、高い強度、母材および溶接継手部での良好な低温靱性、加工性（特に伸び）、および溶接性のすべてに優れることが要求される。しかし、一般的に強度（引張強度、降伏点）と伸びは反比例の関係にあり、高い強度を確保しようとするとも伸びは低下する。また、高強度化には強度向上成分を多く添加する必要があるため、溶接時に高い予熱温度が必要となり、溶接性が低下する。従って、これまでは、上記特性の幾つかを満足する技術が提供されているだけであり、上記特性を全て兼ね備えた技術は提供されていない。

10

【0003】

例えば、特許文献1には、低温靱性に優れた引張強度が980MPa以上の高強度鋼板として、MA（マルテンサイト-オーステナイトの混合組織）の形成抑制パラメータ（MP値）、炭素当量（Ceq）、合金元素の固溶量を満たすように鋼中成分を制御すると共に、鋼中のNb化合物やオーステナイト粒の大きさ等を所定の範囲に制御した鋼板が開示されている。しかし、上記特許文献1では、伸びの向上は意図していない。

【0004】

また、特許文献2には、伸びに優れた引張強度が980MPa以上の高強度鋼板として、鋼中にNbやTiを添加すると共に、旧オーステナイト粒径を微細化し、旧オーステナイト粒径分布が制御された鋼板が開示されている。しかし、上記特許文献2では、低温靱性や溶接性について検討されていない。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2012-77340号公報

【特許文献2】特開2009-242832号公報

【発明の概要】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上述したように建設機械などに用いられる鋼板として、強度（引張強度および降伏点）、低温靱性、伸び、および溶接性のすべてに優れる鋼板の提供が切望されている。

【0007】

本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、高い強度（引張強度が980MPa以上、降伏点が960MPa以上）を有するにもかかわらず、低温靱性、伸び、および溶接性に優れた高強度鋼板、およびその製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を達成し得た本発明に係る、低温靱性、伸び、および溶接性に優れた引張強度が980MPa以上、且つ降伏点が960MPa以上の高強度鋼板は、C：0.125～0.15%（質量%の意味。化学成分について以下同じ）、Si：0.2～0.75%、Mn：0.9～1.2%、Al：0.03～0.06%、Cr：0.65～1%、Mo：0.2～0.7%、V：0.035～0.11%、Nb：0.11%以下（0%を含まない）、B：0.0005～0.002%、N：0.006%以下（0%を含まない）を含有し、残部が鉄および不可避的不純物からなり、金属組織が焼戻しベイナイト組織、焼戻しマルテンサイト組織、またはこれらの複合組織であり、下記（1）式で示されるパラメータが20以上であり、且つ、下記（2）式で示されるPcm値が0.28以下であるところに要旨を有するものである。

40

50

$$0.5 \times [Mo] + 121 \times [V] + 15 \times [Mn] + 0.5 \times [Cr] \cdots (1)$$

$$Pcm = [C] + ([Si]/30) + ([Mn]/20) + ([Cu]/20) + ([Ni]/60) + ([Cr]/20) + ([Mo]/15) + ([V]/10) + 5 \times [B] \cdots (2)$$

式中、[] は、鋼中の各成分の含有量（質量％）を意味する。

【0009】

また、上記課題を達成し得た本発明に係る、低温靱性、伸び、および溶接性に優れた引張強度が 980 MPa 以上、且つ降伏点が 960 MPa 以上の高強度鋼板の製造方法は、C：0.125～0.15％、Si：0.2～0.75％、Mn：0.9～1.2％、Al：0.03～0.06％、Cr：0.65～1％、Mo：0.2～0.7％、V：0.035～0.11％、Nb：0.11％以下（0％を含まない）、B：0.0005～0.002％、N：0.006％以下（0％を含まない）を含有し、残部が鉄および不可避免的不純物からなり、下記（1）式で示されるパラメータが 20 以上、且つ、下記（2）式で示される Pcm 値が 0.28 以下である鋼を加熱圧延した後、室温まで空冷し、さらに 900 以上に加熱して焼入れ処理を行った後、400～600 の温度で焼戻し処理を行うところに要旨を有するものである。

10

$$0.5 \times [Mo] + 121 \times [V] + 15 \times [Mn] + 0.5 \times [Cr] \cdots (1)$$

$$Pcm = [C] + ([Si]/30) + ([Mn]/20) + ([Cu]/20) + ([Ni]/60) + ([Cr]/20) + ([Mo]/15) + ([V]/10) + 5 \times [B] \cdots (2)$$

20

式中、[] は、鋼中の各成分の含有量（質量％）を意味する。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、鋼中成分、並びに Mo、V、Mn、および Cr の含有量から構成される上記（1）式のパラメータを適切に制御しているため、高い強度（引張強度が 980 MPa 以上、降伏点が 960 MPa 以上）を有するにもかかわらず、低温靱性、伸び、および溶接性に優れた高強度鋼板を実現することができる。

【発明を実施するための形態】

【0011】

本発明者らは、上記特性を全て兼ね備えた高強度鋼板を提供するため、詳細に研究を重ねた。

30

【0012】

その結果、Mo、V、Mn、および Cr の含有量から構成される上記（1）式のパラメータ（ $0.5 \times [Mo] + 121 \times [V] + 15 \times [Mn] + 0.5 \times [Cr]$ ）を 20 以上に制御することにより、高い強度（引張強度が 980 MPa 以上、降伏点が 960 MPa 以上）を有しつつ、伸びも向上する（全伸びで 13％以上）ことを見出した。

【0013】

まず本発明者らは、高い強度（引張強度が 980 MPa 以上、降伏点が 960 MPa 以上）を有しつつ、伸びも向上する（全伸びで 13％以上）方法について検討した。一般に、鋼板の伸びは引張り時の転位量を蓄積することで向上させることが可能である。そこで本発明者らは、鋼板中に炭化物および微細なセメンタイトを形成させ、転位をピン止めすることにより伸びを向上させるとの観点から、特に Mo、V、Mn、および Cr の元素に着目した。詳細には、(i) Mo、V の炭化物と、(ii) Mn、Cr によるセメンタイト中の C の拡散抑制を利用した微細セメンタイトの両方により、引張り時の転位を捕捉し、蓄積できる転位量を向上させるとの観点から検討した。その結果、上記（1）式で示すように Mo、V、Mn、および Cr の含有量をパラメータ化すれば所期の目的が達成されることを見出した。これは、Mn および Cr を適量添加することによって微細な旧粒が形成され、その結果、鋼板の強度が向上すること；更に Mo および V を適量添加することによって微細なセメンタイトが生成し、その結果、伸び性が向上するためと推察される。

40

50

【0014】

このように上記(1)式で示されるパラメータは、本発明における高い強度(引張強度が980MPa以上、降伏点が960MPa以上)と高い伸び(全伸びで13%以上)を実現するために重要な要件であり、そのために、その下限を20以上とする。好ましい下限は25以上であり、より好ましくは29以上である。

【0015】

次に低温靱性の向上については、Tiを添加しない(不純物レベルとする)組成とすることで実現した。Tiの添加によってTi窒化物が生成すると、焼入れ時(Q時)のピン止め効果により焼入れ性が低下し、低温靱性が低下するためである。本発明におけるTi量は、実質的に、おおむね0.005%以下に制御されている。

10

【0016】

更に溶接性の向上については、溶接割れ感受性指数として公知のパラメータである、上記(2)式で示されるPcm値を低減することで実現した。一般に、溶接部近傍(溶接金属及び母材熱影響部)に生じる低温割れは、Pcm値と良好な相関関係を有しており、Pcm値を低下すると、溶接時の予熱が低く抑えられ、その結果、低温割れを防止することができる。

【0017】

本発明では、良好な溶接性を確保するとの観点から、上記Pcm値の上限を0.28以下とした。Pcm値は小さい程良く、好ましい上限は0.27以下であり、より好ましくは0.26以下である。

20

【0018】

更に、所望とする全て高いレベルで実現するためには、鋼板の化学成分も適切に制御する必要がある。

【0019】

[C: 0.125 ~ 0.15%]

Cは、炭化物を生成して転位をピン止めし、伸び向上に寄与する元素である。また、鋼板の焼入れ性を向上させ、強度向上にも寄与する。これらの効果を有効に発揮させるため、C含有量の下限を0.125%以上とする。C含有量の好ましい下限は0.130%以上である。しかしながら、C含有量が過剰になると溶接性が低下するため、その上限を0.15%以下にする。C含有量の好ましい上限は0.145%以下である。

30

【0020】

[Si: 0.2 ~ 0.75%]

Siは鋼材の脱酸に不可欠の元素である。こうした効果を有効に発揮させるため、Si含有量の下限を0.2%以上とする。Si含有量の好ましい下限は0.3%以上である。しかしながら、Si含有量が過剰になると溶接性が低下するため、その上限を0.75%以下とする。Si含有量の好ましい上限は0.7%以下である。

【0021】

[Mn: 0.9 ~ 1.2%]

Mnは伸び向上に寄与する元素である。詳細にはMnは、セメント中の中C拡散抑制に有効な元素であり、これにより、セメントの合体凝集が抑制されてセメントを微細に析出した状態にして引張り時に転位をピン止めし、伸びを向上させる。このような作用を有効に発揮させるためには、Mn含有量の下限は0.9%以上とする。Mn含有量の好ましい下限は0.95%以上である。しかしながら、Mn含有量が過剰になると、溶接性が低下するため、Mn含有量の上限を1.2%以下とする。Mn含有量の好ましい上限は1.15%以下である。

40

【0022】

[Al: 0.03 ~ 0.06%]

Alは鋼材の脱酸剤として添加される。このような作用を有効に発揮させるため、Al含有量の下限を0.03%以上とする。Al含有量の好ましい下限は0.035%以上である。しかし、Al含有量が0.06%を超えて過剰になると鋼板における清浄性を阻害

50

するため、その上限を0.06%以下とする。Al含有量の好ましい上限は0.055%以下である。

【0023】

[Cr: 0.65~1%]

CrはMnと同様、伸び向上に寄与する元素である。このような作用を有効に発揮させるため、Cr含有量の下限を0.65%以上とする。Cr含有量の好ましい下限は0.70%以上である。しかしながら、Cr含有量が過剰になると溶接性が損なわれるため、その上限を1%以下とする。Cr含有量の好ましい上限は0.95%以下である。

【0024】

[Mo: 0.2~0.7%]

Moは、伸びおよび強度向上に寄与する元素である。詳細にはMoは、Cとの親和性が良い元素であり、炭化物を形成して転位をピン止めすることで蓄積できる転位量が向上し、伸びが高くなる。また、Moの析出強化によって強度も向上する。このような効果を有効に発揮させるため、Mo含有量の下限を0.2%以上とする。Mo含有量の好ましい下限は0.23%以上である。しかし、Moを過剰に添加すると溶接性が劣化する原因となるため、その上限を0.7%以下とする。Mo含有量の好ましい上限は0.65%以下である。

10

【0025】

[V: 0.035~0.11%]

Vも上記Moと同様、伸びおよび強度向上に寄与する元素である。詳細にはVは、炭化物を形成させ、転位をピン止めすることで蓄積できる転位量を向上させ、伸びを向上させる。また、Vの析出強化によって強度も向上する。このような効果を有効に発揮させるため、V含有量の下限を0.035%以上とする。V含有量の好ましい下限は0.040%以上である。しかし、V含有量が過剰になると、溶接性劣化の原因となるため、その上限を0.11%以下とする。V含有量の好ましい上限は0.10%以下である。

20

【0026】

[Nb: 0.11%以下(0%を含まない)]

Nbは、強度および伸びの向上に寄与する元素である。詳細にはNbの析出強化により、強度が高められる。また、Nbは窒化物を生成し易い元素であり、クラスター状に窒化物を形成するため、Moなどの炭化物に比べて転位のピン止め効果は低いものの、蓄積できる転位量を向上させ、伸びを向上させる。このような効果を有効に発揮させるためには、Nbの好ましい下限を0.003%以上とする。より好ましくは0.005%以上である。しかし、Nb含有量が過剰になると溶接性を劣化させるため、その上限を0.11%以下とする。Nb含有量の好ましい上限は0.1%以下である。

30

【0027】

[B: 0.0005~0.002%]

Bは焼入れ性を高め、強度向上に有効な元素である。このような作用を有効に発揮させるため、B含有量の下限を0.0005%以上とする。B含有量の好ましい下限は0.0006%以上である。しかし、B量が過剰になると溶接性が劣化するため、B含有量の上限を0.002%以下とする。B含有量の好ましい上限は0.0015%以下である。

40

【0028】

[N: 0.006%以下(0%を含まない)]

Nは鋼材中に不可避免的に含まれる元素であり、N量が多すぎると固溶Nの存在により母材靱性が劣化するため、N含有量の上限を0.006%以下とする。N含有量の好ましい上限は0.005%以下である。なお、N量を実質的にゼロにすることは極めて困難である。

【0029】

本発明で規定する含有元素は上記の通りであって、残部は鉄および不可避免的不純物である。上記不可避免的不純物として、原料、資材、製造設備等の状況によって持ち込まれる元素(例えば、上述したN以外に、P、S、Sn、As、Pb等)の混入が許容され得る。

50

これらの不可避的不純物のうち、P、Sについては、例えば以下のように抑制することが好ましい。

【0030】

[P : 0 . 0 2 % 以下 (0 % を含まない)]

Pは焼戻し脆化を引き起こし、韌性を低下させるため、その量はできるだけ少ないことが好ましい。特に低温韌性の確保などを考慮すると、P含有量の上限は0.02%以下に抑制することが好ましく、より好ましくは0.015%以下である。しかし、工業的にP含有量を0%にすることは困難である。

【0031】

[S : 0 . 0 1 % 以下 (0 % を含まない)]

Sは、焼戻し脆化を引き起こす不純物であり、その量はできるだけ少ないことが好ましい。特に低温韌性の確保などを考慮すると、S含有量は0.01%以下に抑制することが好ましく、より好ましくは0.005%以下とする。しかし、工業的にS含有量を0%にすることは困難である。

10

【0032】

更に本発明の鋼板には、必要に応じて、Cu : 0 . 5 % 以下 (0 % を含まない)、および/またはNi : 2 % 以下 (0 % を含まない) を含有させることもできる。

【0033】

CuおよびNiは、いずれも固溶強化による高強度化に有効な元素である。これらは単独で添加してもよいし、併用してもよい。

20

【0034】

以上、本発明を構成する鋼中成分について説明した。

【0035】

本発明鋼板は、金属組織として、焼戻しベイナイト、焼戻しマルテンサイト、またはこれらの複合組織から構成される。後述するように本発明では、焼入れ後に所定の焼戻し処理を行っており、上記のように焼戻し組織で構成されることになる。なお、本発明では、焼戻しベイナイト、焼戻しマルテンサイト、これらの複合組織を厳密に制御することは必要でなく、いずれの組織であっても、本発明の上記要件を満足する限り、所望とする特性を実現することができる。

【0036】

本発明の鋼板は、強度、低温韌性、伸び、および溶接性のすべてに優れている。

30

【0037】

詳細には、本発明鋼板は、高い強度、すなわち、引張強度が980MPa以上(好ましくは1000MPa以上)、降伏点が960MPa以上(好ましくは980MPa以上)を満足する。

【0038】

また、本発明鋼板は、上記のように高強度であるにもかかわらず、高い伸び(全伸び)を有している。具体的には、板厚や試験片形状などによって伸びの範囲が変化するが、例えば、後記する実施例に記載の板厚範囲(12~25mm)且つ試験片形状JIS2201 5号試験片では、伸び(全伸び)は13%以上(好ましくは15%以上)を満足する。

40

【0039】

また、本発明鋼板は、低温韌性に優れている。詳細には後記する実施例に記載の方法で低温韌性を評価したとき、-20℃で50J以上(好ましくは60J以上)を満足する。

【0040】

また、本発明鋼板は、溶接性に優れている。詳細には上記(2)式で示されるPcm値が0.28以下(好ましくは0.27以下)を満足する。

【0041】

次に本発明鋼板を製造する方法について説明する。上記鋼板は、前述した成分組成を満たす鋼を加熱圧延した後、室温まで空冷し、さらに900℃以上に加熱して焼入れ処理を

50

行った後、400 ~ 600 の温度で焼戻し処理を行うところに特徴がある。

【0042】

特に本発明では、焼入れ時の加熱温度（Q温度）および焼戻し処理の温度（T温度）を適切に制御することが重要である。

【0043】

まず、焼入れ時の加熱温度は900 以上とする。焼入れ時の加熱温度が900 を下回ると、強度が低下するなどの問題がある。好ましくは910 以上、より好ましくは、915 以上である。

【0044】

焼入れ条件は、上記温度範囲、更には上記好ましい保持温度に制御すること以外、特に限定されない。例えば、水焼入れにて上記焼入れを行なうことが推奨される。

10

【0045】

上記のようにして焼入れ処理した後、400 ~ 600 の温度（T温度）で焼戻し処理を行なう。焼戻し温度が400 未満では、焼戻しの効果が得られない。一方、焼戻し温度が600 を超えると強度が低下するなどの問題がある。好ましい焼戻し温度は、430 以上、580 以下であり、より好ましくは450 以上、560 以下である。

【0046】

上述したように本発明の方法は、焼入れ処理および焼戻し処理に特徴があり、それ以外の工程は特に限定されず、所望とする鋼板が得られるよう、通常用いられる方法を適宜採用することができる。本発明において推奨される好ましい製造方法は以下のとおりである。

20

【0047】

まず、上記成分を満足する鋼を溶製し、加熱圧延（熱間圧延）する。熱間圧延は、例えば、700 ~ 1100 程度の温度で行うことが好ましい。圧延後の板厚はおおむね、12 ~ 25 mmまで圧延することが好ましい。

【0048】

上記圧延後、大気中で、室温まで空冷した後、上記の焼入れおよび焼戻しの処理を行なう。

【0049】

焼戻し後、大気中にて室温まで空冷する。これにより、所望とする本発明鋼板が得られる。

30

【実施例】

【0050】

以下、実施例を挙げて本発明をより具体的に説明するが、本発明は下記実施例によって制限されず、前・後記の趣旨に適合し得る範囲で適当に変更を加えて実施することも可能であり、それらはいずれも本発明の技術的範囲に包含される。

【0051】

下記表1に示す組成の鋼塊（残部は鉄および不可避的不純物であり、単位は質量%の意味）、を、通常真空溶製法によって溶製し、この鋼塊に対して熱間圧延（熱間圧延条件：加熱温度は1100 ）して板厚12 ~ 25 mmの熱間圧延板とした。次に、表1に示す温度（Q温度）で再加熱して焼入れした後、表1に示す温度（T温度）で焼戻し処理した後、大気中にて室温まで空冷し、各鋼板を製造した。

40

【0052】

上記の様にして得られた各鋼板を用いて、下記の方法によって鋼板の引張強度（TS）降伏点（YP）、伸び（EL）および低温靱性（ vE_{20} （Ave））を評価した。尚、以下の低温靱性においては、いずれの鋼板についても、各3本ずつの試験片を用い、その平均値を求めた。

【0053】

[鋼板の引張強度（TS）、降伏点（YP）、伸び（EL）の評価]

各鋼板のt（板厚）/4部位から、圧延方向に対して直角の方向にJIS Z 2201

50

の5号試験片を採取し、JIS Z 2241の要領で引張試験を行なうことによって、引張強度(TS)、降伏点(YP)、および全伸び(EL)を測定した。そして、引張強度(TS)が980MPa以上、降伏点(YP)が960MPa以上、伸び(EL)が13.0%以上のものを合格(高い強度および高い伸びを有する)と評価した。

【0054】

[低温靱性(vE₋₂₀(Ave))の評価]

各鋼板(母材)のt(板厚)/4部位から、圧延方向に対してJIS Z 2242の試験片を採取し、母材の靱性を評価した。JIS Z 2242に準拠して、-20でシャルピー衝撃試験を行ない、吸収エネルギー(vE₋₂₀)を測定した。そして、vE₋₂₀の平均値(vE₋₂₀(Ave))が50J以上のものを靱性に優れると評価した。

10

【0055】

[溶接性の評価]

上記(2)式で示されるPcmが0.28以下のものを溶接性に優れると評価した。

【0056】

[組織の測定]

各鋼板のt(板厚)/4部位から試験片を採取し、光学顕微鏡を用いて400倍で観察し、写真撮影を行った後、画像解析を行って組織を観察した。その結果、焼戻しベイナイト及び焼戻しマルテンサイトの複合組織のみ認められ(合計で100%)、他の組織は認められなかった。

【0057】

これらの結果を表1にまとめて記載する。

20

【0058】

【表 1】

No.	C	Si	Mn	Al	Cr	Mo	V	Nb	B	N	Cu	Ni	Ti	P	S	ハ ラ メ ー タ ー (1)式	Pcm	Q 温 度 (°C)	T 温 度 (°C)	TS (MPa)	YP (MPa)	EL (%)	vE-20 (J)
1	0.137	0.26	1.06	0.051	1.00	0.25	0.040	0.001	0.0008	0.0031	0	0	0	0.015	0.0030	21	0.27	930	500	1021	961	15.7	110
2	0.136	0.25	1.06	0.049	0.70	0.26	0.040	0.056	0.0009	0.0033	0	0	0	0.005	0.0014	21	0.26	930	490	1009	960	14	76
3	0.143	0.74	1.06	0.050	0.70	0.25	0.041	0.015	0.0009	0.0027	0	0	0	0.005	0.0014	21	0.28	930	490	1028	962	13.7	67
4	0.140	0.20	1.05	0.050	0.70	0.56	0.070	0.015	0.0010	0.0024	0	0	0	0.005	0.0030	25	0.28	930	550	1060	980	15.1	62
5	0.125	0.25	1.04	0.055	0.70	0.67	0.105	0.105	0.0010	0.0031	0	0	0	0.005	0.0018	29	0.28	930	590	1049	986	15.7	65
6	0.144	0.25	1.05	0.045	0.70	0.25	0.040	0.015	0.0008	0.0030	0	0	0	0.005	0.0018	21	0.26	930	490	1026	979	13.9	65
7	0.140	0.25	1.03	0.051	0.69	0.25	0.039	0.001	0.0010	0.0027	0	0	0	0.015	0.0022	21	0.26	930	400	1144	1012	15.7	50
8	0.130	0.24	1.11	0.041	0.66	0.31	0.040	0.015	0.0005	0.0032	0	0	0	0.011	0.0021	22	0.25	870	400	979	778	13.8	212
9	0.144	0.25	0.97	0.047	0.69	0.25	0.037	0.015	0.0008	0.0030	0	0	0	0.005	0.0018	19	0.26	930	450	1089	1021	11.8	-
10	0.140	0.26	1.05	0.052	0.70	0.25	0.041	0.001	0.0009	0.0029	0	1.70	0	0.015	0.0033	21	0.29	930	500	1042	962	16.6	126
11	0.139	0.24	0.71	0.036	0.65	0.39	0.065	0.001	0	0.0051	0	1.58	0	0.005	0.0010	19	0.27	930	550	911	809	18.9	-
12	0.143	0.25	1.05	0.051	0.70	0.25	0.071	0.016	0.0009	0.0028	0	0	0	0.005	0.0020	25	0.27	930	650	928	888	15.7	-
13	0.146	0.26	1.07	0.042	0.70	0.25	0.040	0.015	0.0008	0.0034	0	0	0.019	0.005	0.0011	21	0.27	930	400	1132	1011	13	13
14	0.140	0.25	1.06	0.050	0.71	0.25	0.040	0	0.0009	0.0027	0	0	0	0.015	0.0022	21	0.26	930	400	1094	969	10.1	70

【0059】

表1から次のように考察できる(尚、下記No.は、表1のNo.を示す)。No.1~7は、本発明で規定する要件を満足する例であり、低温靱性、伸び、および溶接性が良好で、引張強度(TS)が980MPa以上、且つ降伏点(YP)が960MPa以上の高強度を有する鋼板が得られていることが分かる。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 0 】

これに対して、No. 8 ~ 14 は、本発明で規定する要件のいずれかを欠くものである。

【 0 0 6 1 】

詳細には、No. 8 は焼入れ (Q) 温度が低い例である。その結果、引張強度 (T S) および降伏点 (Y P) は低くなった。

【 0 0 6 2 】

No. 9 は上記 (1) 式で示されるパラメータが本願発明の規定範囲を外れる例である。その結果、引張強度 (T S) および降伏点 (Y P) は確保できたものの、伸び (E L) が低くなった。

【 0 0 6 3 】

No. 10 は上記 (1) 式で示されるパラメータが本願発明の規定範囲であったが、上記 (2) 式で示される P c m 値が本願発明の規定範囲を外れる例、即ち低温割れ性が劣り溶接性が劣る例である。

【 0 0 6 4 】

No. 11 は M n の含有量が低く、B は無添加であり、上記 (1) 式で示されるパラメータが本願発明の規定範囲を外れる例である。その結果、引張強度 (T S) および降伏点 (Y P) は低くなった。一方、低強度のため、伸び (E L) は満足するものとなっている。

【 0 0 6 5 】

No. 12 は、焼戻し (T) 温度が高いため、その他の条件は満足しているにも関わらず引張強度 (T S) および降伏点 (Y P) は低くなった。

【 0 0 6 6 】

No. 13 は上記特許文献 2 に記載の鋼板を模擬した例である。T i の添加によって焼入れ性が低下し、低温靱性が低下した。

【 0 0 6 7 】

No. 14 は、上記特許文献 1 に記載の鋼種 No. 1 を模擬した例であり、N b を添加していないため、高い強度を満足するが、伸び (E L) は低くなった。

10

20

フロントページの続き

(72)発明者 馬 文平

兵庫県加古川市金沢町1番地 株式会社神戸製鋼所加古川製鉄所内

Fターム(参考) 4K032 AA01 AA02 AA05 AA11 AA14 AA16 AA19 AA21 AA22 AA23
AA24 AA27 AA29 AA31 AA36 BA01 CA02 CC02 CC03 CC04
CD05 CF03