

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3620573号

(P3620573)

(45) 発行日 平成17年2月16日(2005.2.16)

(24) 登録日 平成16年11月26日(2004.11.26)

(51) Int. Cl.⁷

F I

C 2 2 C 38/00

C 2 2 C 38/00 3 0 1 B

C 2 2 C 38/54

C 2 2 C 38/54

C 2 2 C 38/58

C 2 2 C 38/58

請求項の数 6 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願平10-336268	(73) 特許権者	000001199
(22) 出願日	平成10年11月26日(1998.11.26)		株式会社神戸製鋼所
(65) 公開番号	特開2000-160281(P2000-160281A)		兵庫県神戸市中央区脇浜町二丁目10番2
(43) 公開日	平成12年6月13日(2000.6.13)		6号
審査請求日	平成13年12月5日(2001.12.5)	(74) 代理人	100100974
			弁理士 香本 薫
		(72) 発明者	畑野 等
			兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号
			株式会社神戸製鋼所 神戸総合技術研究所
			内
		(72) 発明者	岡野 重雄
			兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号
			株式会社神戸製鋼所 神戸総合技術研究所
			内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 溶接性に優れた高張力鋼板

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

C : 0 . 0 1 0 ~ 0 . 0 6 0 % (w t % 、 以下同じ) 、 S i : 0 . 0 5 ~ 0 . 5 % 、 M n : 1 . 2 5 ~ 2 . 5 % 、 C r : 0 . 1 ~ 2 . 0 % 、 M o : 0 . 1 ~ 1 . 5 % 、 B : 0 . 0 0 0 6 ~ 0 . 0 0 5 0 % 、 C u : 0 . 2 5 % 未満、 N b : 0 . 0 3 0 % 以下を含有し、さらに、 T i : 0 . 0 3 0 % 以下、 Z r : 0 . 0 5 0 % 以下、 H f : 0 . 1 0 % 以下のいずれか1種以上を含有し、 N : 0 . 0 1 0 0 % 以下に制限され、残部 F e 及び不可避不純物よりなり、かつ下記式で定義される K P (%) 及び K N (%) が、 K P 3 . 2 0 、 0 . 0 K N 3 . 0 を満たすことを特徴とする溶接性に優れた高張力鋼板。

$$K P = [M n] + 1.5 \times [C r] + 2 \times [M o]$$

$$K N = ([N] / 14 - [T i] / 48 - [Z r] / 91 - [H f] / 178) \times 10^4$$

ただし、[M n]、[C r]、[M o]、[N]、[T i]、[Z r]、[H f]は各元素の含有量(%)を表す。

【請求項2】

C : 0 . 0 1 0 ~ 0 . 0 6 0 % 、 S i : 0 . 0 5 ~ 0 . 5 % 、 M n : 1 . 2 5 ~ 2 . 5 % 、 C r : 0 . 1 ~ 2 . 0 % 、 M o : 0 . 1 ~ 1 . 5 % 、 B : 0 . 0 0 0 6 ~ 0 . 0 0 5 0 % 、 C u : 0 . 2 5 ~ 1 . 0 % 、 N b : 0 . 0 1 0 % 未満を含有し、さらに、 T i : 0 . 0 3 0 % 以下、 Z r : 0 . 0 5 0 % 以下、 H f : 0 . 1 0 % 以下のいずれか1種以上を含有し、 N : 0 . 0 1 0 0 % 以下に制限され、残部 F e 及び不可避不純物よりなり、かつ下記式で定義される K P (%) 及び K N (%) が、 K P 3 . 2 0 、 0 . 0 K N 3 . 0

10

20

を満たすことを特徴とする溶接性に優れた高張力鋼板。

$$K P = [M n] + 1.5 \times [C r] + 2 \times [M o]$$

$$K N = ([N] / 14 - [T i] / 48 - [Z r] / 91 - [H f] / 178) \times 10^4$$

ただし、[M n]、[C r]、[M o]、[N]、[T i]、[Z r]、[H f]は各元素の含有量(%)を表す。

【請求項3】

N i : 3 . 5 % 以下含有することを特徴とする請求項1又は2に記載された溶接性に優れた高張力鋼板。

【請求項4】

V : 0 . 1 0 % 以下含有することを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載された溶接性に優れた高張力鋼板。 10

【請求項5】

C a : 0 . 0 0 0 5 ~ 0 . 0 0 5 0 % 含有することを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載された溶接性に優れた高張力鋼板。

【請求項6】

A l : 0 . 2 0 % 以下含有することを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載された溶接性に優れた高張力鋼板。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば橋梁、ペンストック、タンク、その他の大型構造物に使用される、溶接性に優れた高張力鋼板に関する。 20

【0002】

【従来の技術】

780MPa級以上の高張力鋼板では、母材強度を確保するとの観点から合金成分を多量に添加するため、小入熱溶接条件で冷却速度の速いHAZが硬化して溶接割れ(低温割れ)が生じやすく、それを防ぐために溶接施工時に100程度の予熱を行う必要がある。この予熱を省略できれば大きく施工効率が上がり、かつコストダウンにもなるため、耐低温割れ性に優れた780MPa級以上の高張力鋼板が要望されている。

【0003】

耐低温割れ性の指標として下記式で定義されるPcm(%)というパラメータが開示され、従来はPcmを制限して耐低温割れ性を改善し、合金成分の添加を制限したことによる母材強度の低下を製造方法の改良により補ってきた。 30

$$P c m = [C] + [S i] / 30 + [M n] / 20 + [C u] / 20 + [N i] / 60 + [C r] / 20 + [M o] / 15 + [V] / 10 + 5 \times [B]$$

ただし、[C]～[B]は各元素の含有量を表す。

これにより、780MPa級以上の高張力鋼板において、母材製造時の焼入れにおける冷却速度が比較的速い薄物(34mm)では予熱フリーを可能にできたが、冷却速度が遅い厚物(40mm)では予熱フリーと母材強度の確保を両立させることができなかつた。また、Cuの析出を利用して母材強度を確保する方法も開示されているが、冷却速度が遅い厚物では十分な母材強度が確保できない。 40

なお、耐低温割れ性の改善に関する特許文献としては、例えば特開平7-113140号公報(Pcm 0.23とし、低C、低Cuに制限して耐低温割れ性を改善する)、特開昭61-44161号公報(Pcmを余り上げずに高Ce qとし、かつ低C、Bフリーとする)、特開平4-333516号公報(Pcm 0.28、Bフリーとして耐低温割れ性を改善し、かつCu添加により強度を確保する)、特開平5-163527号公報(Pcmに類似の溶接性パラメーターPを規制し、かつCuを添加して強度を確保する)がある。

【0004】

一方、780MPa級以上の高張力鋼板において、大入熱溶接時にHAZ韌性が劣化する 50

問題がある。これは、入熱が大きくなるとHAZ部の冷却速度が遅くなり、それに伴いHAZ部の焼入れ性が低下し、粗大な島状マルテンサイトを生成することにより靱性が低下するためである。この問題は厚物、薄物いずれにおいても発生し、実際の溶接施工時に入熱制限(5kJ/mm以下)が行われ、効率が悪かった。

490~590MPa級では、Ti添加、酸化物分散などにより大入熱HAZ靱性の改善がなされてきた。780MPa級以上でも、前記特開平5-163527号公報、特開昭61-44161号公報のほか、例えば特開平6-65680号公報(酸化物を含有させ、旧粒径を微細化する)、特開平7-233437号公報(Bフリー、Pcm0.24、Ceq0.45として焼入れ性を向上させる)など、大入熱HAZ靱性の改善を目的とする発明があるが、いずれも十分ではなかった。

10

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

上記のように、小入熱溶接においてHAZ部は高温に加熱されかつ冷却速度が速いため、硬化して低温割れを起こしやすい。一方、母材は板厚が厚くなるほど冷却速度が遅くなるため、圧延後の焼入れで強度が確保し難くなる。従って、780MPa級以上の高張力鋼板の厚物では、小入熱溶接時の低温割れを防止するため冷却速度が速い場合に硬くならないようにした上で、鋼板製造時の焼入れ過程において冷却速度が遅い場合にいかに強度を確保するかが課題となる。

また、厚物、薄物いずれにおいても、大入熱溶接においては、HAZ部の冷却速度が遅くなり、それに伴いHAZ部の焼入れ性が低下し、島状マルテンサイト組織を生成して靱性が低下するが、このHAZ靱性を改善するには、冷却速度が遅い場合にいかに島状マルテンサイト組織の生成を抑制するかが課題となる。

20

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る溶接性に優れた高張力鋼板は、C:0.010~0.060%、Si:0.05~0.5%、Mn:1.25~2.5%、Cr:0.1~2.0%、Mo:0.1~1.5%、B:0.0006~0.0050%、Cu:0.25%未満、Nb:0.030%以下を含有し、さらに、Ti:0.030%以下、Zr:0.050%以下、Hf:0.10%以下のいずれか1種以上を含有し、N:0.0100%以下に制限され、残部Fe及び不可避不純物よりなり、かつ下記式で定義されるKP(%)及びKN(%)が、KP3.20、KN3.0を満たすことを特徴とする。

30

$$KP = [Mn] + 1.5 \times [Cr] + 2 \times [Mo]$$

$$KN = ([N] / 14 - [Ti] / 48 - [Zr] / 91 - [Hf] / 178) \times 10^4$$

ただし、[Mn]、[Cr]、[Mo]、[N]、[Ti]、[Zr]、[Hf]は各元素の含有量(%)を表す。

上記高張力鋼板において、Cu:0.25%未満含有させる代わりに、Cu:0.25~1%含有させることができる。ただし、その場合は、Nb:0.010%未満とする。

【0007】

上記高張力鋼板において、上記元素以外に、必要に応じて下記(1)~(4)に挙げたいずれか1種又は2種以上を含有させてもよい。

40

(1) Niを3.5%以下

(2) Vを0.10%以下

(3) Ca:0.0005~0.0050%

(4) Al:0.20%以下

【0008】

【発明の実施の形態】

さて、490~590MPa級の高張力鋼板では、Pcmを基本とした成分設計で耐低温割れ性の改善と母材強度の確保を両立させることができたが、780MPa級以上の高張力鋼板では、Pcmを基本とした成分設計を行った場合、特に厚物において耐低温割れ性の改善と母材強度の確保を両立させることが困難である。そこで、本発明では、成分設計

50

に当たり、これまで耐低温割れ性の指標とされていた Pcm にとらわれず、鋼組織を考慮した成分設計を行った。

【0009】

本発明の成分設計は、 C を極低 C に制限した上で、焼入れ性向上元素である Mn 、 Cr 、 Mo を積極添加し、さらに B を添加したことがポイントである。これらの成分を適量添加することにより、ベイナイトの $CC T$ 線（図5の $CC T$ 線図を参照）が短時間側、かつ低温度側に移動し、フェライトの $CC T$ 線が長時間側に移動する（いずれも図5の実線破線）。

従って、従来は、高冷却速度ではマルテンサイト、低冷却速度ではフェライト又は高温ベイナイトを生成するために、硬さの冷却速度感受性が大きく、小入熱溶接時の $H A Z$ 部の硬さ低減（耐低温割れ性の改善）と母材強度確保が両立できず、予熱フリーが困難であったが、本発明では、高冷却速度、低冷却速度のいずれでも低温ベイナイトを生成し、硬さの冷却速度感受性が低下し、小入熱溶接時の $H A Z$ 部の硬さ低減（耐低温割れ性の改善）と母材強度確保の両立が可能となった。

一方、大入熱溶接の場合、 $H A Z$ の冷却速度が遅くなるため、従来、フェライト又は高温ベイナイトを生成し、それに伴い粗大かつ塊状の島状マルテンサイト組織が生成して $H A Z$ 靱性が劣化していたが、本発明では、冷却速度が遅くても低温ベイナイトが生成し、しかも極低 C であるため生成する島状マルテンサイト組織が微細となり、 $H A Z$ 靱性を確保できる。

【0010】

次に、本発明に係る高張力鋼板の化学成分について個々に説明する。

C

C を 0.06% 以下に制限し、同時に適量の Mn 、 Cr 、 Mo 、及び B を添加することで、前記の通り、小入熱溶接時の $H A Z$ 部の耐低温割れ性と母材強度確保を両立させ、かつ大入熱溶接時の $H A Z$ 靱性を改善できる。 C が 0.060% を超えると高冷却速度側で低温ベイナイトでなくマルテンサイトが生成するようになり、耐低温割れ性が改善されない。一方、 0.010% 未満では必要最小限の母材強度を得ることができない。従って、 C の含有量は $0.010\% \sim 0.060\%$ 、より望ましくは $0.030\% \sim 0.055\%$ とする。

【0011】

Mn 、 Cr 、 Mo

これらの元素は焼入れ性を改善する作用をもち、高冷却速度～低冷却速度で低温ベイナイトを生成させやすくし、前記の通り、極低 C とし、同時に適量の B を添加することで、小入熱溶接時の $H A Z$ 部の耐低温割れ性と母材強度確保を両立させ、かつ大入熱溶接時の $H A Z$ 靱性を改善できる。しかし、下記式で定義される KP が 3.20 未満ではその作用が十分でなく、高温ベイナイト又はフェライトが生成するようになって、 $780MPa$ 以上の母材強度を得ることができなくなる（後述する図1参照）。 KP の望ましい値は 4.0 以上である。

$$KP = [Mn] + 1.5 \times [Cr] + 2 \times [Mo]$$

また、個別元素で見ると、 Mn 、 Cr 、 Mo の含有量が、それぞれ 1.25% 、 0.1% 、 0.1% に満たないと焼入れ性を改善する効果が期待できず、母材強度が不足し、それぞれ 2.5% 、 2.0% 、 1.5% を超えると母材の靱性が劣化する。従って、含有量はそれぞれ $1.25\% \sim 2.5\%$ 、 $0.1\% \sim 2.0\%$ 、 $0.1\% \sim 1.5\%$ とする。より望ましくは、それぞれ $1.3\% \sim 2.2\%$ 、 $0.3\% \sim 1.5\%$ 、 $0.3\% \sim 1.3\%$ とする。

【0012】

B

B は焼入れ性を改善する作用をもち、低冷却速度で低温ベイナイトを生成させやすくする。そして、前記の通り、極低 C とし、同時に適量の Mn 、 Cr 、 Mo を添加することで、小入熱溶接時の $H A Z$ 部の耐低温割れ性と母材強度確保を両立させ、かつ大入熱溶接時の $H A Z$ 靱性を改善することができる。 B が 0.0006% 未満であると、焼入れ性を改善

10

20

30

40

50

する効果が期待できず、母材強度が不足し、0.0050%を超えるとかえって焼入れ性を低下させ、母材強度が不足する。従って、含有量は0.0006~0.0050%、より望ましくは0.0007~0.0030%とする。

【0013】

Cu

Cuは固溶強化及び析出強化によって母材強度を向上させ、また、BやMn~Moほどではないが焼入れ性を向上させるので、必要に応じて添加することができる。しかし、余り多くなると大入熱溶接時のHAZ靱性を低下させるため、含有量は1.0%以下とするのが望ましい。

Nb

NbはNbCを形成して大入熱溶接時のHAZ靱性を低下させ、特にCuと共存するときその作用が強くなる。このため、Cu含有量が少ないとき(Cu:0.25%未満(0%を含む)のとき)は0.030%以下(0%を含む)に制限し、Cu含有量が比較的多いとき(Cu:0.25%以上のとき)は0.01%未満(0%を含む)に制限する必要がある。

【0014】

Ni

Niは母材靱性を向上させるのに有効な元素であり、必要に応じて添加することができる。しかし、3.5%を超えるとスケール疵が発生しやすくなるため、含有量は3.5%以下とする。

V

Vは少量の添加により焼入れ性及び焼戻し軟化抵抗を高くする効果があり、必要に応じて添加することができる。しかし、0.1%を超えると大入熱溶接時のHAZ靱性を低下させるため、含有量は0.1%以下とする。

【0015】

Ti、Zr、Hf

これらの元素は不純物として含まれるNを固定する作用をもち、高入熱溶接時のHAZ部でNが固溶Bと結合し、Bが消費されてその効果が失われるのを防止する。また、Ti等の窒化物は大入熱溶接時のHAZ部の粒を微細化しHAZ靱性を改善する。そのため、鋼中のN含有量に応じて、添加される。その場合、Tiが必ず含まれるように添加しZr、Hfは必要に応じてTiとともに添加するのが、より望ましい。しかし、Nが多い割りに添加量が少なく下記式で定義されるKNが4を超える場合は、Bの効果が失われてHAZ靱性が劣化する(後述する図2参照)。また、添加量が多くKNが-1未満となると母材の靱性が劣化する。従って、これらの元素を添加する場合は、-1.0 KN 4.0の範囲内とする。より望ましい範囲は、0.0~3.0である。

$$KN = ([N]/14 - [Ti]/48 - [Zr]/91 - [Hf]/178) \times 10^4$$

また、個別元素でみると、Ti、Zr、Hfの含有量が、それぞれ0.03%、0.05%、0.10%を超えると母材の靱性が劣化するので、これ以下に制限される。

【0016】

Ca

CaはMnSを球状化するという介在物の形態制御による異方性を低減する効果を有しており、0.0005%未満ではこのような効果は少なく、また0.0050%を超える過剰の含有は母材の靱性を劣化させる。従って、Caを添加する場合、その含有量は0.0005~0.0050%とする。

Al

Alは脱酸元素であるとともに、Nを固定し固溶Bを増加させることにより、Bの焼入れ性を向上させる効果がある。しかし、0.20%を超える過剰の含有は母材の靱性を劣化させる。従って、Alを添加する場合は0.20%以下とする。

【0017】

Si

10

20

30

40

50

S i は脱酸材の作用を有する元素であり、含有量が 0 . 0 5 % 未満ではその効果が期待できず 0 . 5 0 % を超えると溶接性及び母材靱性を劣化させる。従って、S i の含有量は 0 . 0 5 ~ 0 . 5 0 % とする。

N

不純物として含有される N は B と結合して固溶 B を減少させ、B の焼入れ性向上効果を阻害し、母材の靱性及び大入熱溶接時の H A Z 靱性を低下させる。N の含有量が 0 . 0 1 0 0 % を超えるとその作用が顕著となり、T i 等の添加 (K N の調整) あるいは A l の添加の効果も発揮されない。従って、N の含有量は 0 . 0 1 0 0 % 以下に制限する。

【 0 0 1 8 】

【実施例】

次に、本発明の実施例を比較例と共に説明する。

表 1 ~ 表 4 に示す組成の鋼を通常の溶製法により溶製してスラブとなし、通常の加熱、熱間圧延、焼入れ処理を行った後、表 5 ~ 表 6 に示す温度で焼戻し処理を行い、同表に示す板厚の高張力鋼板を製造した。

この鋼板に対し、下記要領で母材特性の試験を行い、母材特性に合格したもの全てと合格しなかったものの一部について、さらに溶接性 (耐低温割れ性、H A Z 靱性) の試験を行った。

その結果を表 5 ~ 表 6 にあわせて示す。

【 0 0 1 9 】

[母材特性試験]

1 引張試験 ; 各鋼板の板厚 1 / 4 部位から J I S 4 号試験片を得て、引張試験を行い、0 . 2 % 耐力、引張強さを測定した。この実施例では引張強さ 7 8 0 M P a を合格とした。

2 衝撃試験 ; 各鋼板の板厚 1 / 4 部位から J I S 4 号試験片を採取し、シャルピー衝撃試験を行い、吸収エネルギー (v E - 4 0) を求めた。この実施例では、v E - 4 0 4 7 J を合格とした。

【 0 0 2 0 】

[溶接性試験]

1 H A Z 靱性 ; 入熱 2 0 k J / m m と 4 0 k J / m m (サブマージアーク溶接) 、及び入熱 1 0 0 k J / m m (エレクトロスラグ溶接) で溶接を行い、前者の場合は図 3 に示す部位から、後者の場合は図 4 に示す部位から J I S 4 号試験片を採取し、シャルピー衝撃試験を行い、ボンド部の吸収エネルギー (v E - 1 0) を求めた。この実施例では、v E - 1 0 4 7 J を合格とした。なお、板厚 3 0 m m の鋼板は入熱 2 0 k J / m m まで、板厚 5 0 m m の鋼板は入熱 4 0 k J / m m までとした。

2 耐低温割れ性 ; J I S Z 3 1 5 8 に規定された y 形溶接割れ試験方法に基づいて、入熱 1 . 7 k J / m m で被覆アーク溶接を行い、ルート割れ防止予熱温度を測定した。この実施例では、2 5 以下を合格とした。

【 0 0 2 1 】

【表 1】

10

20

30

No.	化学成分 (wt%)									
	C	Si	Mn	Cu	Ni	Cr	Mo	Nb	V	B
1	0.044	0.13	2.13	—	—	1.03	0.83	—	0.045	0.0014
2	0.053	0.23	1.31	—	1.01	0.63	0.48	—	0.045	0.0013
3	0.052	0.24	1.43	—	0.98	0.51	0.52	—	0.034	0.0013
4	0.051	0.23	1.28	—	1.01	0.92	0.29	—	0.045	0.0013
5	0.052	0.24	2.01	—	1.00	0.37	0.35	—	0.034	0.0013
6	0.031	0.24	2.45	—	0.91	0.71	0.51	—	0.034	0.0013
7	0.029	0.22	1.56	—	1.13	1.43	0.21	—	0.021	0.0023
8	0.023	0.23	1.78	—	0.63	0.18	1.46	—	0.021	0.0014
9	0.045	0.23	1.95	—	1.16	0.78	0.82	0.012	0.045	0.0035
10	0.058	0.21	1.78	—	1.69	0.88	0.78	0.027	—	0.0015
11	0.053	0.20	1.73	—	1.02	1.03	0.88	—	0.045	0.0006
12	0.045	0.23	2.03	—	1.02	1.03	0.46	—	0.045	0.0047
13	0.049	0.24	2.03	—	1.02	1.03	0.46	—	0.045	0.0013
14	0.015	0.23	2.31	—	1.53	0.89	0.74	—	0.045	0.0016
15	0.045	0.21	1.86	—	0.96	0.96	0.46	—	0.045	0.0013
16	0.051	0.23	1.45	—	1.43	0.80	0.54	—	0.086	0.0013
17	0.050	0.23	2.04	0.13	0.96	1.12	0.41	0.022	0.043	0.0013
18	0.047	0.23	1.98	0.31	1.03	1.06	0.39	0.008	0.045	0.0014
19	0.045	0.22	1.99	0.44	1.00	0.97	0.43	—	0.065	0.0013
20	0.052	0.23	1.97	0.11	1.10	0.99	0.41	—	0.047	0.0013
21	0.050	0.23	2.02	—	1.03	1.00	0.43	—	0.047	0.0012
22	0.050	0.23	2.01	—	1.02	0.99	0.41	—	0.047	0.0013
23	0.049	0.22	2.05	—	1.13	1.02	0.51	—	—	0.0013
24	0.052	0.23	1.97	0.11	1.10	0.99	0.41	—	0.047	0.0013
25	0.050	0.23	2.02	—	1.03	1.00	0.43	—	0.047	0.0012

*No.1~12, 16~18, 21, 22, 25は参考例

【 0 0 2 2 】

【 表 2 】

10

20

30

40

No.	化学成分 (wt%)							
	Al	Ti	Zr	Hf	Ca	N	KP	KN
1	0.042	—	—	—	—	0.0021	5.34	1.5
2	0.042	—	—	—	—	0.0043	3.22	3.1
3	0.053	—	—	—	—	0.0044	3.24	3.1
4	0.042	—	—	—	—	0.0043	3.24	3.1
5	0.053	—	—	—	—	0.0044	3.27	3.1
6	0.053	—	—	—	—	0.0043	4.54	3.1
7	0.054	—	—	—	—	0.0043	4.13	3.1
8	0.058	—	—	—	—	0.0043	4.97	3.1
9	—	—	—	—	—	0.0019	4.76	1.4
10	0.072	—	—	—	—	0.0043	4.66	3.1
11	0.061	—	—	—	—	0.0023	5.04	1.6
12	0.026	—	—	—	—	0.0054	4.50	3.9
13	0.061	0.011	—	—	—	0.0043	4.50	0.8
14	0.061	0.003	0.013	—	0.0034	0.0043	5.13	1.0
15	0.061	0.011	—	0.05	0.0010	0.0073	4.22	0.1
16	0.061	—	—	—	0.0047	0.0043	3.73	3.1
17	0.054	—	—	—	—	0.0043	4.54	3.1
18	0.058	—	—	—	—	0.0043	4.35	3.1
19	0.061	0.012	—	—	—	0.0045	4.31	0.7
20	0.059	0.015	—	—	—	0.0081	4.28	2.7
21	0.056	0.010	—	—	—	0.0082	4.38	3.8
22	0.062	0.016	—	—	—	0.0035	4.32	-0.8
23	—	0.012	—	—	—	0.0045	4.60	0.7
24	0.059	0.015	—	—	—	0.0081	4.28	2.7
25	0.056	0.010	—	—	—	0.0082	4.38	3.8

*No.1~12, 16~18, 21, 22, 25は参考例

【 0 0 2 3 】

【 表 3 】

10

20

30

40

No.	化学成分 (wt%)									
	C	Si	Mn	Cu	Ni	Cr	Mo	Nb	V	B
26	0.008	0.22	2.10	0.23	1.30	1.20	0.96	—	0.042	0.0023
27	0.063	0.21	1.97	—	1.22	1.12	0.74	—	0.044	0.0016
28	0.050	0.23	1.45	—	1.02	0.56	0.44	—	0.043	0.0013
29	0.052	0.23	1.61	—	0.99	0.32	0.53	—	0.043	0.0015
30	0.052	0.23	1.28	—	1.00	0.56	0.53	—	0.044	0.0013
31	0.049	0.26	1.22	—	0.94	1.01	0.46	—	0.045	0.0015
32	0.046	0.23	2.61	—	1.06	0.84	0.56	—	0.043	0.0016
33	0.053	0.24	1.66	—	1.06	2.11	0.41	—	0.045	0.0013
34	0.051	0.23	1.77	—	1.06	0.71	1.56	—	0.043	0.0014
35	0.050	0.23	1.75	—	1.06	0.65	0.43	0.033	0.048	0.0013
36	0.043	0.22	1.76	0.33	1.06	0.66	0.56	0.012	0.043	0.0015
37	0.051	0.23	1.75	—	1.06	0.65	0.51	—	0.120	0.0013
38	0.032	0.23	2.10	—	1.06	0.86	0.51	—	0.045	0.0005
39	0.020	0.21	1.75	—	1.06	1.11	0.78	—	0.044	0.0053
40	0.046	0.23	1.75	—	1.06	0.65	0.55	—	0.049	0.0013
41	0.050	0.23	1.75	—	1.06	0.63	0.54	—	0.048	0.0012
42	0.051	0.2	1.75	—	1.06	0.62	0.55	—	0.047	0.0013
43	0.046	0.23	1.75	—	1.06	0.65	0.56	—	0.057	0.0012
44	0.048	0.23	1.75	—	1.06	0.66	0.55	—	0.056	0.0013
45	0.041	0.22	1.78	—	1.01	0.77	0.49	—	0.440	0.0012
46	0.039	0.23	1.75	—	1.06	0.71	0.50	—	0.046	0.0013
47	0.050	0.23	1.45	—	1.02	0.56	0.44	—	0.043	0.0013
48	0.052	0.23	1.61	—	0.99	0.32	0.53	—	0.043	0.0015

比較例

10

20

30

【 0 0 2 4 】

【 表 4 】

No.	化学成分 (wt%)							
	Al	Ti	Zr	Hf	Ca	N	KP	KN
26	0.054	—	—	—	—	0.0046	5.82	3.3
27	0.047	—	—	—	—	0.0045	5.13	3.2
28	0.053	—	—	—	—	0.0040	3.17	2.9
29	0.052	—	—	—	—	0.0043	3.15	3.1
30	0.049	—	—	—	—	0.0042	3.18	3.0
31	0.056	—	—	—	—	0.0043	3.66	3.1
32	0.052	—	—	—	—	0.0043	4.99	3.1
33	0.056	—	—	—	—	0.0043	5.65	3.1
34	0.057	—	—	—	—	0.0043	5.96	3.1
35	0.052	—	—	—	—	0.0043	3.59	3.1
36	0.058	—	—	—	—	0.0043	3.87	3.1
37	0.058	—	—	—	—	0.0043	3.75	3.1
38	0.057	—	—	—	—	0.0043	4.41	3.1
39	0.053	—	—	—	—	0.0043	4.98	3.1
40	0.054	0.032	—	—	—	0.0085	3.83	-0.6
41	0.052	0.014	—	—	—	0.0022	3.78	-1.3
42	0.051	—	0.058	—	—	0.0090	3.78	0.1
43	0.056	—	—	0.12	—	0.0088	3.85	-0.5
44	0.059	—	—	—	0.0055	0.0043	3.84	3.1
45	0.056	0.008	—	—	—	0.0083	3.92	4.3
46	0.061	0.025	—	—	—	0.0110	3.82	2.6
47	0.053	—	—	—	—	0.0040	3.17	2.9
48	0.052	—	—	—	—	0.0043	3.15	3.1

比較例

10

20

30

【0025】

【表5】

No.	製造条件		母材特性		溶接性			Y形溶接割れ試験 におけるWt割れ 防止予熱温度 ℃
	板厚 mm	焼戻し 温度 ℃	0.2% 耐力 MPa	引張強 さ MPa	韌性 vE-40 J	ボンド部での vE-10 (J)		
						入熱 20kJ/mm	入熱 40kJ/mm	入熱 100kJ/mm
1	80	620	769	856	135	81	48	15
2	80	600	710	789	120	86	51	20
3	80	600	686	802	86	54	49	15
4	80	600	710	793	120	86	51	20
5	80	600	721	816	86	54	49	15
6	80	630	754	863	86	54	49	15
7	80	630	725	824	83	58	52	12
8	80	600	729	835	90	79	50	16
9	100	600	731	826	146	98	64	21
10	100	630	783	857	164	87	48	13
11	80	600	715	825	126	67	54	15
12	100	600	743	831	133	65	51	14
13	100	600	745	842	151	185	112	71
14	50	630	720	812	162	125	84	—
15	80	600	703	823	135	124	76	55
16	80	600	753	836	113	89	50	10
17	80	630	735	852	120	65	49	11
18	100	600	726	823	116	72	52	13
19	100	600	718	826	136	154	101	76
20	100	600	734	835	113	136	89	56
21	100	600	741	841	106	113	68	49
22	100	600	801	863	83	89	63	51
23	100	600	764	853	175	191	111	79
24	30	600	792	861	156	141	—	—
25	30	600	779	857	148	120	—	—

本発明例

*No.1~12, 16~18, 21, 22, 25は参考例

【 0 0 2 6 】

【 装 6 】

No.	製造条件		母材特性		溶接性				備考	
	板厚 mm	焼戻し 温度 ℃	0.2% 耐力 MPa	引張強 さ MPa	韌性 vE-40 J	ボンド部での vE-10 (J)				γ形溶接割れ試験 におけるボンド割れ 防止予熱温度 ℃
						入熱 20kJ/mm	入熱 40kJ/mm	入熱 100kJ/mm		
26	50	600	662	743	126	-	-	-	C低く、母材強度不足	
27	80	630	741	855	136	-	-	-	C高く、耐低温割れ性×	
28	80	600	669	761	123	-	-	-	KP低く、母材強度不足	
29	80	600	649	756	123	-	-	-	"	
30	80	600	702	773	123	-	-	-	"	
31	80	600	700	753	106	-	-	-	Mn不足で、母材強度不足	
32	80	630	738	836	36	-	-	-	Mn高く、母材韌性劣化	
33	80	630	785	851	34	-	-	-	Cr高く、母材韌性劣化	
34	80	630	769	862	45	-	-	-	Mo高く、母材韌性劣化	
35	80	600	733	826	103	32	12	13	Nb高く、HAZ韌性劣化	
36	80	600	736	831	116	28	10	9	Cu、Nb高く、HAZ韌性劣化	
37	80	600	730	852	86	24	11	8	V高く、HAZ韌性劣化	
38	50	600	663	741	106	-	-	-	B低く、母材強度不足	
39	50	600	672	760	102	-	-	-	B高く、母材強度不足	
40	80	600	742	826	45	-	-	-	Ti高く、母材韌性劣化	
41	80	600	730	851	21	32	20	9	KN低く、母材韌性劣化	
42	80	600	726	843	39	-	-	-	Zr高く、母材韌性劣化	
43	80	600	726	826	36	-	-	-	Hf高く、母材韌性劣化	
44	80	600	727	816	42	-	-	-	Ca高く、母材韌性劣化	
45	80	600	742	856	103	42	26	12	KN高く、HAZ韌性劣化	
46	80	600	742	839	19	-	-	-	N高く、母材韌性劣化	
47	30	600	694	801	132	34	-	-	KP低く、HAZ韌性劣化	
48	30	600	676	790	121	31	-	-	KP低く、HAZ韌性劣化	

比較例

【0027】

表5の結果に示されるように、No. 1~25は、母材特性と耐低温割れ性は全て合格であり、HAZ韌性も、入熱20kJ/mmと40kJ/mmの溶接では、全て合格であっ

た。また、Ti、Zr、Hf等を-1.0 KN 4.0の範囲内で添加したNo.13、15、19~23は、入熱100kJ/mmの溶接でも合格であった。

一方、合金組成、KP値又はKN値のいずれかが規定範囲を外れる比較例は、表6の備考欄に示すように、母材特性が不合格か、母材特性が合格したものでも、耐低温割れ性が劣るか(No.27)、大入熱溶接時のHAZ韌性が劣る(No.35~37、45、47、48)。

【0028】

図1は、表5、表6をもとに、母材強度(引張強さ)とKP($= Mn + 1.5 \times Cr + 2 \times Mo$)値の関係を示すもので、KP値が3.20以上で780MPaが得られている。

また、図2は、同じく表5、表6をもとに、入熱100kJ/mmの溶接後のHAZ韌性($vE-10$)とKN($= (N/14 - Ti/48 - Zr/91 - Hf/178) \times 10^4$)値の関係を示すもので、KN値が-1.0~4.0の範囲内で47kJ以上のHAZ韌性($vE-10$)が得られている。

10

【0029】

【発明の効果】

本発明によれば、母材特性(強度、韌性)に優れ、かつ溶接性(耐低温割れ性、HAZ韌性)に優れた780MPa級高張力鋼板を得ることができる。また、本発明に係る抗張力鋼板は、高冷却速度、低冷却速度のいずれでも低温ベイナイトを生成し、硬さの冷却速度感受性が低いので、厚物でも均一な組織及び機械的特性を示し、実際の使用に好適な鋼板である。

20

【図面の簡単な説明】

【図1】母材強度とKP値の関係を示すグラフである。

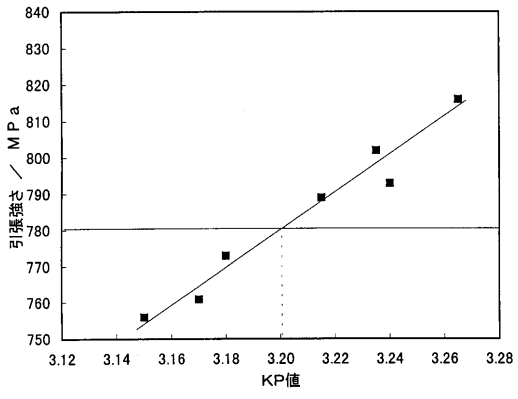
【図2】HAZ韌性($vE-10$)とKN値の関係を示すグラフである。

【図3】サブマージアーク溶接時のボンド韌性の試験片採取位置を示す図である。

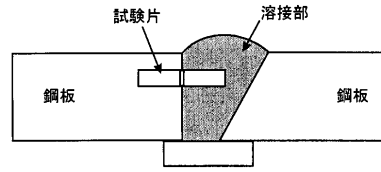
【図4】エレクトロスラグ溶接時のボンド韌性の試験片採取位置を示す図である。

【図5】本発明の成分設計の考え方を説明するための模式的なCCT線図である。

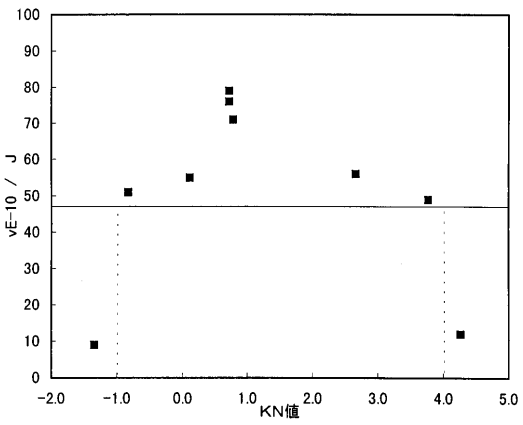
【 図 1 】



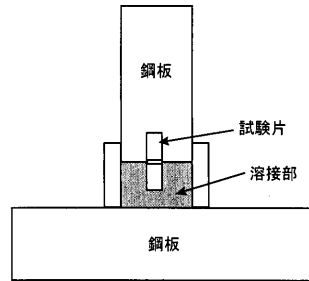
【 図 3 】



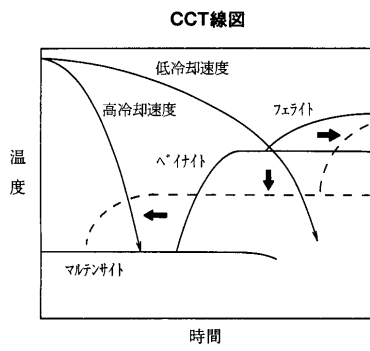
【 図 2 】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

審査官 木村 孔一

- (56)参考文献 特公昭60-015685(JP, B1)
特許第2662409(JP, B2)
特許第2777538(JP, B2)
特開平11-279683(JP, A)
特開平11-172365(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

C22C 38/00 301
C22C 38/54
C22C 38/58