(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3972553号
(P3972553)
(45)発行日　平成19年9月5日(2007.9.5)　(24)登録日　平成19年6月22日(2007.6.22)

(51)Int.Cl.		F I		
C22C 38/00	(2006.01)	C22C	38/00	301Z
C21D 8/02	(2006.01)	C21D	8/02	A
C22C 38/58	(2006.01)	C22C	38/58	

請求項の数 5　(全 17 頁)

(21)出願番号　特願2000-27836(P2000-27836)
(22)出願日　平成12年2月4日(2000.2.4)
(65)公開番号　特開2000-303147(P2000-303147A)
(43)公開日　平成12年10月31日(2000.10.31)
審査請求日　平成14年4月9日(2002.4.9)
(31)優先権主張番号　特願平11-35696
(32)優先日　平成11年2月15日(1999.2.15)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(73)特許権者　000002118
住友金属工業株式会社
大阪府大阪市中央区北浜４丁目５番３３号
(74)代理人　100093469
弁理士　杉岡　幹二
(74)代理人　100103481
弁理士　森　道雄
(74)代理人　100083585
弁理士　穂上　照忠
(72)発明者　中村　浩史
大阪府大阪市中央区北浜４丁目５番３３号
住友金属工業株式会社内

審査官　鈴木　正紀

最終頁に続く

(54)【発明の名称】テーパー鋼板及びその製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

質量％で、Ｃ：０．２０％以下、Ｓｉ：１．００％以下、Ｍｎ：３．０％以下、Ａｌ：０．００５～０．１０％、Ｎ：０．００１～０．００７％を含有するとともに、Ｃｕ：０．０５～０．６０％、Ｎｉ：０．０５～１．００％、Ｃｒ：０．０５～１．００％、Ｍｏ：０．０５～１．００％、Ｎｂ：０．００５～０．０１４％、Ｖ：０．００５～０．１００％、Ｔｉ：０．００５～０．０５０％及びＢ：０．０００５～０．００３０％のうちの１種又は２種以上を含有し、残部はＦｅ及び不純物からなり、不純物中のＰは０．０３％以下、Ｓは０．０１５％以下で、更に、下記(1)式で表されるＰ$_{cm}$の値がＢの含有量が０．０００３％未満の場合には０．１０～０．２１、Ｂの含有量が０．０００３％以上の場合には０．１０～０．１９であり、且つ、下記(2)式で表されるＨｖ$_{20-50}$の値が１５以下、横波音速比が０．９８～１．０２であるテーパー量が１０mm以上のテーパー鋼板。

Ｐ$_{cm}$＝Ｃ＋（Ｓｉ／３０）＋（Ｍｎ／２０）＋（Ｃｕ／２０）＋（Ｎｉ／６０）＋（Ｃｒ／２０）＋（Ｍｏ／１５）＋（Ｖ／１０）＋５Ｂ・・・(1)

Ｈｖ$_{20-50}$＝－１１０＋４６０Ｃ＋４４Ｓｉ＋３９Ｍｎ－３１Ｃｕ－９Ｎｉ＋１１Ｃｒ＋２２Ｍｏ＋１８０Ｖ＋９６００Ｂ－２３０００Ｍｏ×Ｂ・・・(2)

ここで、テーパー量とは鋼板の最も厚みの厚い部位と最も厚みの薄い部位との板厚差をいい、(1)式及び(2)式における元素記号はその元素の質量％での含有量を示す。

【請求項２】

質量％で、Ｃ：０．０５～０．２０％、Ｓｉ：０．０５～０．５５％、Ｍｎ：０．３～

１．６％、Ａｌ：０．０１～０．１０％、Ｎ：０．００１～０．００７％を含有するとともに、Ｃｕ：０．０５～０．６０％、Ｎｉ：０．０５～１．００％、Ｃｒ：０．０５～１．００％、Ｍｏ：０．０５～１．００％、Ｎｂ：０．００５～０．０１４％、Ｖ：０．００５～０．１００％、Ｔｉ：０．００５～０．０３０％及びＢ：０．０００５～０．００３０％のうちの１種又は２種以上を含有し、残部はＦｅ及び不純物からなり、不純物中のＰは０．０２％以下、Ｓは０．００５％以下で、更に、下記(1)式で表される$Ｐ_{cm}$の値がＢの含有量が０．０００３％未満の場合には０．２１以下、Ｂの含有量が０．０００３％以上の場合には０．１９以下であり、且つ、下記(2)式で表される$Ｈｖ_{20-50}$の値が１５以下、横波音速比が０．９８～１．０２であるテーパー量が１０ｍｍ以上のテーパー鋼板。

$Ｐ_{cm}$＝Ｃ＋（Ｓｉ／３０）＋（Ｍｎ／２０）＋（Ｃｕ／２０）＋（Ｎｉ／６０）＋（Ｃｒ／２０）＋（Ｍｏ／１５）＋（Ｖ／１０）＋５Ｂ・・・(1)

$Ｈｖ_{20-50}$＝－１１０＋４６０Ｃ＋４４Ｓｉ＋３９Ｍｎ－３１Ｃｕ－９Ｎｉ＋１１Ｃｒ＋２２Ｍｏ＋１８０Ｖ＋９６００Ｂ－２３０００Ｍｏ×Ｂ・・・(2)

ここで、テーパー量とは鋼板の最も厚みの厚い部位と最も厚みの薄い部位との板厚差をいい、(1)式及び(2)式における元素記号はその元素の質量％での含有量を示す。

【請求項３】

質量％で、Ｃ：０．２０％以下、Ｓｉ：１．００％以下、Ｍｎ：３．０％以下、Ｍｏ：０．０５～１．００％、Ｂ：０．０００５～０．００３０％、Ａｌ：０．００５～０．１０％、Ｎ：０．００１～０．００７％を含有するとともに、Ｃｕ：０．０５～０．６０％、Ｎｉ：０．０５～１．００％、Ｃｒ：０．０５～１．００％、Ｎｂ：０．００５～０．０４５％、Ｖ：０．００５～０．１００％及びＴｉ：０．００５～０．０５０％のうちの１種又は２種以上を含有し、残部はＦｅ及び不純物からなり、不純物中のＰは０．０３％以下、Ｓは０．０１５％以下で、更に、下記(1)式で表される$Ｐ_{cm}$の値が０．１０～０．１９であり、且つ、下記(2)式で表される$Ｈｖ_{20-50}$の値が１５以下、横波音速比が０．９８～１．０２であるテーパー量が１０ｍｍ以上のテーパー鋼板。

$Ｐ_{cm}$＝Ｃ＋（Ｓｉ／３０）＋（Ｍｎ／２０）＋（Ｃｕ／２０）＋（Ｎｉ／６０）＋（Ｃｒ／２０）＋（Ｍｏ／１５）＋（Ｖ／１０）＋５Ｂ・・・(1)

$Ｈｖ_{20-50}$＝－１１０＋４６０Ｃ＋４４Ｓｉ＋３９Ｍｎ－３１Ｃｕ－９Ｎｉ＋１１Ｃｒ＋２２Ｍｏ＋１８０Ｖ＋９６００Ｂ－２３０００Ｍｏ×Ｂ・・・(2)

ここで、テーパー量とは鋼板の最も厚みの厚い部位と最も厚みの薄い部位との板厚差をいい、(1)式及び(2)式における元素記号はその元素の質量％での含有量を示す。

【請求項４】

請求項１から請求項３までのいずれかに記載の化学組成を有する鋼片を９５０～１３００℃の温度域の温度に加熱し、９００℃以下での累積圧下率を３０％以上とし、熱間圧延仕上げ温度が９５０～７００℃となるように熱間圧延し、熱間圧延終了後は室温まで空冷するテーパー量が１０ｍｍ以上のテーパー鋼板の製造方法。

ここで、テーパー量とは鋼板の最も厚みの厚い部位と最も厚みの薄い部位との板厚差をいう。

【請求項５】

請求項１から請求項３までのいずれかに記載の化学組成を有する鋼片を１０００～１３００℃の温度域の温度に加熱し、９００℃以下での累積圧下率を３０％以上とし、熱間圧延仕上げ温度が８５０～７５０℃となるように熱間圧延し、熱間圧延終了後は室温まで空冷するテーパー量が１０ｍｍ以上のテーパー鋼板の製造方法。

ここで、テーパー量とは鋼板の最も厚みの厚い部位と最も厚みの薄い部位との板厚差をいう。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、テーパー鋼板及びその製造方法に関する。より詳しくは、気温２５℃の環境で

も溶接施工時の予熱を必要としない、テーパー量、つまり鋼板の板厚の最も厚い部位と最も薄い部位の差が１０ｍｍ以上である溶接性に優れたテーパー鋼板とその製造方法に関する。

【０００２】

【従来の技術】

通常の厚鋼板の板厚はその幅方向及び長さ方向に一定であるが、最近、例えば橋梁分野などにおいて、設計を合理化し構造物の質量や施工工数を削減するために、鋼板の板厚が連続的に変化するテーパー鋼板に対する要求が大きい。なお、テーパー鋼板としては、鋼板の一端から他端へ板厚が単調に増加する片テーパー鋼板や、鋼板の中央部の板厚が厚い山形テーパー鋼板など様々な形状のものが要求されている。

【０００３】

通常、厚鋼板の機械的性質は圧延加工量や圧延後の冷却速度に依存するので、鋼板内で板厚が変化すれば、鋼板の各部位における機械的性質に変化が生じてしまう。したがって、板厚が一定である通常の厚鋼板を製造する場合と異なり、テーパー鋼板を製造する場合には、鋼板内の機械的性質を均一にするための配慮が必要となる。例えば、溶接構造用圧延鋼材に対しては、その強度レベルに応じて引張強さ（以下、ＴＳともいう）の範囲は１１０～１５０ＭＰａと規定されているので（JIS G 3106参照）、上記の範囲内で多数のテーパー鋼板を安定して製造するためには、各鋼板内のＴＳのばらつきを小さく抑えることが必要となる。

【０００４】

圧延後に所謂「加速冷却」を施して厚鋼板を製造すると「冷却むら」が生じ、この「冷却むら」が鋼板内に残留応力を生じさせるため、鋼板に「条切り」と称される切断を施すと曲がりや反りが生じることがある。特にテーパー鋼板の場合には、鋼板の長さ方向あるいは幅方向で板厚が異なっているため、圧延後に前記の加速冷却を行うと「冷却むら」が顕著に生じることになって、切断後に曲がりや反りが発生することを避け難い。

【０００５】

更に、橋梁などの鉄鋼構造物の場合、その建設施工現場で溶接が行われる。このため、溶接前に予熱を行わなくても溶接割れが発生しない鋼材が求められている。溶接性を向上させるためには、溶接割れ感受性を表す指数として知られている下記(1)式で表されるP_{cm}に従って含有元素量を低く抑えることが必要になるが、P_{cm}値を低くすると一般に強度の低下が生じ、所望のＴＳを確保することが難しくなる。

なお、(1)式における元素記号はその元素の質量％での含有量を示す。

$$P_{cm}=C+(Si/30)+(Mn/20)+(Cu/20)+(Ni/60)+(Cr/20)+(Mo/15)+(V/10)+5B \cdots (1)$$

【０００６】

$$P_{cm}=C+(Si/30)+(Mn/20)+(Cu/20)+(Ni/60)+(Cr/20)+(Mo/15)+(V/10)+5B \cdots (1)$$

又、溶接後は超音波によって溶接欠陥の有無が調査されるが、素材である厚鋼板に音響異方性が存在すると、溶接欠陥の診断が困難になってしまう。このため、音響異方性の小さい厚鋼板、換言すれば、鋼板の長さ方向の横波音速（V_L）と鋼板の板幅方向の横波音速（V_C）の比（V_L/V_C）が１．００に近い厚鋼板が求められている。

【０００７】

テーパー鋼板の製造に関する技術が、例えば、特開平８－９２６３６号公報や特開平９－１５５４０６号公報に開示されている。

【０００８】

このうち特開平８－９２６３６号公報には、「冷却条件に対する感受性が極めて小さく、材質特性を一定に保つことができる板厚テーパー鋼板の製造方法」が提案されている。しかし、この公報で開示された製造方法で加速冷却すると、冷却むらを生じることがあり、前記冷却むらに伴って残留応力が発生し、切断後に曲がりや反りが生じる場合があった。更に、質量％で０．７～２．０％のＣｕを必須成分として含有するため、熱間加工時に表

面割れが生じやすいという問題もあった。

【０００９】

特開平９－１５５４０６号公報には、「鋼板内の強度差が少なく、かつ条切り後の曲がり、反りの発生の少ない引張強さ４９０ＭＰａ以上で、長手方向に１０ｍｍ以上のテーパ量を有するテーパプレートの製造方法」が開示されている。しかし、この公報で提案された鋼板は、質量％で０．０１５～０．０６％のＮｂを必須の元素として含むものであるため音響異方性が大きく、溶接後に超音波で行う溶接欠陥診断が困難な場合があった。又、上記(1)式で表されるP_{cm}についての制約がないため、溶接前に予熱をしないと溶接割れが発生する場合があった。

【００１０】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、上記現状に鑑みなされたもので、その目的は、熱間加工時に表面割れが発生せず、引張強さ（ＴＳ）が４９０ＭＰａ以上、ＪＩＳ４号シャルピー衝撃試験片を用いた衝撃試験における破面遷移温度（$_{V}T_{S}$）が０℃以下、超音波による溶接欠陥の診断が容易で、しかも、気温２５℃の環境でも溶接施工時の予熱を必要としない、テーパー量が１０ｍｍ以上であるテーパー鋼板とその製造方法を提供することである。

【００１１】

【課題を解決するための手段】

本発明の要旨は、下記（１）～（３）に示すテーパー鋼板及び（４）、（５）に示すその製造方法にある。

【００１２】

（１）質量％で、Ｃ：０．２０％以下、Ｓｉ：１．００％以下、Ｍｎ：３．０％以下、Ａｌ：０．００５～０．１０％、Ｎ：０．００１～０．００７％を含有するとともに、Ｃｕ：０．０５～０．６０％、Ｎｉ：０．０５～１．００％、Ｃｒ：０．０５～１．００％、Ｍｏ：０．０５～１．００％、Ｎｂ：０．００５～０．０１４％、Ｖ：０．００５～０．１００％、Ｔｉ：０．００５～０．０５０％及びＢ：０．０００５～０．００３０％のうちの１種又は２種以上を含有し、残部はＦｅ及び不純物からなり、不純物中のＰは０．０３％以下、Ｓは０．０１５％以下で、更に、下記(1)式で表されるP_{cm}の値がＢの含有量が０．０００３％未満の場合には０．１０～０．２１、Ｂの含有量が０．０００３％以上の場合には０．１０～０．１９であり、且つ、下記(2)式で表されるHv_{20-50}の値が１５以下、横波音速比が０．９８～１．０２であるテーパー量が１０ｍｍ以上のテーパー鋼板。

【００１３】

P_{cm}＝Ｃ＋（Ｓｉ／３０）＋（Ｍｎ／２０）＋（Ｃｕ／２０）＋（Ｎｉ／６０）＋（Ｃｒ／２０）＋（Ｍｏ／１５）＋（Ｖ／１０）＋５Ｂ・・・(1)

Hv_{20-50}＝－１１０＋４６０Ｃ＋４４Ｓｉ＋３９Ｍｎ－３１Ｃｕ－９Ｎｉ＋１１Ｃｒ＋２２Ｍｏ＋１８０Ｖ＋９６００Ｂ－２３０００Ｍｏ×Ｂ・・・(2)

ここで、テーパー量とは鋼板の最も厚みの大きい部位と最も厚みの薄い部位との板厚差をいい、(1)式及び(2)式における元素記号はその元素の質量％での含有量を示す。

【００１４】

（２）質量％で、Ｃ：０．０５～０．２０％、Ｓｉ：０．０５～０．５５％、Ｍｎ：０．３～１．６％、Ａｌ：０．０１～０．１０％、Ｎ：０．００１～０．００７％を含有するとともに、Ｃｕ：０．０５～０．６０％、Ｎｉ：０．０５～１．００％、Ｃｒ：０．０５～１．００％、Ｍｏ：０．０５～１．００％、Ｎｂ：０．００５～０．０１４％、Ｖ：０．００５～０．１００％、Ｔｉ：０．００５～０．０３０％及びＢ：０．０００５～０．００３０％のうちの１種又は２種以上を含有し、残部はＦｅ及び不純物からなり、不純物中のＰは０．０２％以下、Ｓは０．００５％以下で、更に、前記(1)式で表されるP_{cm}の値がＢの含有量が０．０００３％未満の場合には０．２１以下、Ｂの含有量が０．０００３％以上の場合には０．１９以下であり、且つ、前記(2)式で表されるHv_{20-50}の値が１５以下、横波音速比が０．９８～１．０２であるテーパー量が１０ｍｍ以上のテーパ

ー鋼板。

【００１５】

（３）質量％で、Ｃ：０．２０％以下、Ｓｉ：１．００％以下、Ｍｎ：３．０％以下、Ｍｏ：０．０５～１．００％、Ｂ：０．０００５～０．００３０％、Ａｌ：０．００５～０．１０％、Ｎ：０．００１～０．００７％を含有するとともに、Ｃｕ：０．０５～０．６０％、Ｎｉ：０．０５～１．００％、Ｃｒ：０．０５～１．００％、Ｎｂ：０．００５～０．０４５％、Ｖ：０．００５～０．１００％及びＴｉ：０．００５～０．０５０％のうちの１種又は２種以上を含有し、残部はＦｅ及び不純物からなり、不純物中のＰは０．０３％以下、Ｓは０．０１５％以下で、に、前記(1)式で表されるＰ$_{cm}$の値が０．１０～０．１９であり、且つ、前記(2)式で表されるＨｖ$_{20-50}$の値が１５以下、横波音速比が０．９８～１．０２であるテーパー量が１０ｍｍ以上のテーパー鋼板。

【００１６】

（４）上記（１）～（３）のいずれかに記載の化学組成を有する鋼片を９５０～１３００℃の温度域の温度に加熱し、９００℃以下での累積圧下率を３０％以上とし、熱間圧延仕上げ温度が９５０～７００℃となるように熱間圧延し、熱間圧延終了後は室温まで空冷するテーパー量が１０ｍｍ以上のテーパー鋼板の製造方法。

【００１７】

（５）上記（１）～（３）のいずれかに記載の化学組成を有する鋼片を１０００～１３００℃の温度域の温度に加熱し、９００℃以下での累積圧下率を３０％以上とし、熱間圧延仕上げ温度が８５０～７５０℃となるように熱間圧延し、熱間圧延終了後は室温まで空冷するテーパー量が１０ｍｍ以上のテーパー鋼板の製造方法。

【００１８】

ここで、既に述べたように、テーパー量とは鋼板の最も厚みの大きい部位と最も厚みの薄い部位との板厚差をいう。前記の(1)式及び(2)式における元素記号はその元素の質量％での含有量を示す。

【００１９】

以下、上記の（１）～（５）に記載のものをそれぞれ（１）～（５）の発明という。

【００２０】

本発明者らは、気温２５℃の環境でも溶接施工時の予熱を必要とせず、４９０ＭＰａ以上のＴＳと、橋梁などの構造物に用いるために必要な母材靱性（ＪＩＳ４号シャルピー衝撃試験片を用いた衝撃試験における破面遷移温度（$_{V}T_{S}$）が０℃以下）とを有し、しかも、超音波による溶接欠陥の診断が容易な、テーパー量が１０ｍｍ以上であるテーパー鋼板とその製造方法について種々研究を行い、下記の知見を得た。なお、以下の説明においては簡単のために、「ＪＩＳ４号シャルピー衝撃試験片を用いた衝撃試験における$_{V}T_{S}$」を、単に「$_{V}T_{S}$」という。

【００２１】

（ａ）気温２５℃の環境でも溶接施工時の予熱を必要としない鋼板とするためには、前記▲１▼式で表されるＰ$_{cm}$の値を低く抑える必要がある。

【００２２】

（ｂ）上記Ｐ$_{cm}$の許容値はＢの含有量によって異なり、Ｂの含有量が０．０００３％未満の場合は０．２１以下に、Ｂの含有量が０．０００３％以上の場合は０．１９以下にすればよい。

【００２３】

（ｃ）鋼鈑のＴＳを４９０ＭＰａ以上とするためには前記(1)式で表されるＰ$_{cm}$の値を０．１０以上、更に望ましくは０．１５以上にするのがよい。

【００２４】

（ｄ）少なくとも、（イ）Ｎｂの含有量を低く抑えるか、（ロ）熱間圧延仕上げ温度を高くすることによって、音響異方性を小さくすることができる。

【００２５】

（ｅ）超音波による溶接欠陥の診断を容易にするためには、鋼板の長さ方向の横波音速（

V_L）と鋼板の板幅方向の横波音速（V_C）の比（V_L/V_C）（以下、上記の（V_L/V_C）を単に横波音速比という）を０．９８～１．０２とすればよい。

【００２６】

（ｆ）熱間圧延終了後に加速冷却せず室温まで空冷する場合でも、鋼板の化学組成によっては鋼板に冷却むらを生じ、板厚の違う部位で大きな強度差が生ずることがある。しかし、熱間圧延終了後に室温まで空冷した場合に、その鋼板内のＴＳのばらつきを５０ＭＰａ以下に抑えれば、その鋼板を切断しても曲がりや反りが発生することはない。

【００２７】

（ｇ）熱間圧延終了後に室温まで空冷した場合に、その鋼板内のＴＳのばらつきを５０ＭＰａ以下に抑えるためには、鋼板の化学組成を厳密に規制すればよい。

【００２８】

そこで次に、各種合金元素の含有量を種々変化させた鋼を実験室規模で少量溶製し、その鋼片から直径が３ｍｍで長さが１０ｍｍの円筒状試験片を採取した。これらの試験片を全自動変態測定装置を用いて９５０℃及び１１５０℃に加熱し、板厚が２０ｍｍ及び５０ｍｍの鋼板の８００～５００℃の空冷速度に相当する冷却速度、つまり、０．５５℃／分と０．１５℃／分の冷却速度で常温まで冷却した。この冷却時に試験片の長さの変化を測定することにより、相変態の開始温度と終了温度を求めた。ここで、鋼板の板厚として２０ｍｍと５０ｍｍを選んだ理由は、４９０ＭＰａ以上の引張強さを有するテーパー鋼板に求められている板厚範囲が通常２０～５０ｍｍであることによる。

【００２９】

次いで、それぞれ上記の冷却速度で冷却した同じ鋼の２つの試験片の中心部の硬さをマイクロビッカース硬さ計を用いて試験力９．８０７Ｎ（つまり、試験荷重１ｋｇｆ）で測定した。その結果、次の知見が得られた。

【００３０】

（ｈ）板厚が２０ｍｍ及び５０ｍｍの鋼板の８００～５００℃の空冷速度に相当する冷却速度で常温まで冷却した場合のＨｖ硬さの差は、Ｃ、Ｓｉ、Ｍｎ、Ｃｕ、Ｎｉ、Ｃｒ、Ｍｏ、Ｖ、Ｂの含有量で表される前記の(2)式と相関を有する。

そこで、更に、(2)式の値を種々変化させた鋼を溶製し、その鋼片を１１５０℃に加熱して熱間圧延し、長さ方向に１０～６０ｍｍの板厚差を有するテーパー鋼板に仕上げ、熱間圧延後は常温まで空冷した。このようにして得た各テーパー鋼板の板厚中央部から圧延方向に直角な方向に引張試験片を採取し、ＴＳを測定した。その結果、下記の知見が得られた。

【００３１】

（ｉ）(2)式で表されるHv_{20-50}の値を１５以下にすれば、板厚２０ｍｍ部のＴＳと板厚５０ｍｍ部のＴＳとの差を５０ＭＰａ以下に抑えることができる。

【００３２】

（ｊ）前記の（ｂ）と（ｉ）の条件をともに満足する場合、テーパー鋼板内のＴＳばらつきは極めて小さくなる。

【００３３】

（ｋ）鋼に特定量のＭｏとＢとを複合して含有させれば冷却時の相変態開始温度が大きく低下し、これによってＴＳの大きな上昇と音響異方性の低下が生じる。このため、上記の（ｄ）で述べたＮｂ含有量と熱間圧延仕上げ温度の制約を緩和することができる。すなわち、強度向上を目的にＮｂの含有量を増やすことができるし、同じく強度向上を目的に熱間圧延仕上げ温度を下げることもできる。

【００３４】

本発明は上記の知見に基づいて完成されたものである。

【００３５】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の各要件について詳しく説明する。なお、各元素の含有量の「％」表示は「質量％」を意味する。

（Ａ）テーパー鋼板の化学組成
Ｃ：
Ｃは、強度の確保に有効な元素であるが、その含有量が０．２０％を超えると溶接性と靱性が低下するし、板厚による強度ばらつきが大きくなる。したがって、Ｃの含有量を０．２０％以下とした。前記(1)式で表されるＰ$_{cm}$の値を０．１０以上にすれば、所望の４９０ＭＰａ以上のＴＳが確保されるので、Ｃは添加しなくてもよく、その含有量は不純物レベルの値であってもよい。なお、所望の４９０ＭＰａ以上のＴＳを廉価に、確実且つ安定して確保するためには、Ｃ含有量の下限値を０．０５％とすることが好ましく、強度－靱性バランスを良好にするためには、Ｃ含有量を０．０６～０．１１％とすることが望ましい。

【００３６】
Ｓｉ：
Ｓｉは、強度を確保するのに有効な元素であるが、１．００％を超えて含有させると溶接性と靱性が低下する。したがって、Ｓｉの含有量を１．００％以下とした。前記(1)式で表されるＰ$_{cm}$の値を０．１０以上にすれば、所望の４９０ＭＰａ以上のＴＳが確保されるので、Ｓｉは添加しなくてもよく、その含有量は不純物レベルの値であってもよい。なお、所望の４９０ＭＰａ以上のＴＳを廉価に、確実且つ安定して確保するためには、Ｓｉ含有量の下限値を０．０５％とすることが好ましく、一方、良好な溶接性と靱性を得るためにはＳｉ含有量の上限値を０．５５％とすることが好ましい。強度－靱性バランスを良好にするために、Ｓｉ含有量は０．１～０．３％とすることが一層望ましい。

【００３７】
Ｍｎ：
Ｍｎは、強度の確保に有効な元素であるが、その含有量が３．０％を超えると溶接性と靱性が低下する。したがって、Ｍｎの含有量を３．０％以下とした。前記(1)式で表されるＰ$_{cm}$の値を０．１０以上にすれば、所望の４９０ＭＰａ以上のＴＳが確保されるので、Ｍｎは添加しなくてもよく、その含有量は不純物レベルの値であってもよい。なお、所望の４９０ＭＰａ以上のＴＳを廉価に、確実且つ安定して確保するためには、Ｍｎ含有量の下限値を０．３％とすることが好ましく、一方、良好な溶接性と靱性を得るためにはＭｎ含有量の上限値を１．６％とすることが好ましい。強度－靱性バランスを良好にするために、Ｍｎ含有量は０．９～１．５％とすることが一層望ましく、１．２～１．５％とすれば極めて好ましい。

【００３８】
Ａｌ：
Ａｌは、脱酸に有効な元素である。しかし、その含有量が０．００５％未満では添加効果に乏しく、一方、０．１０％を超えると靱性が損なわれる。したがって、Ａｌの含有量を０．００５～０．１０％とした。なお、脱酸を一層確実に行わせるために、Ａｌの含有量は０．０１～０．１０％とするのが好ましい。

【００３９】
Ｎ：
Ｎは、窒化物を形成し、オーステナイト粒を微細にして靱性を高める作用を有する。しかし、その含有量が０．００１％未満では添加効果に乏しく、一方、０．００７％を超えると却って靱性の低下を招く。したがって、Ｎの含有量を０．００１～０．００７％とした。

【００４０】
（１）の発明及び（２）の発明に係るテーパー鋼板の化学組成には、強度を高めるために、下記の量のＣｕ、Ｎｉ、Ｃｒ、Ｍｏ、Ｎｂ、Ｖ、Ｔｉ及びＢのうちの１種又は２種以上を含有させる。又、（３）の発明に係るテーパー鋼板の化学組成には、冷却時の相変態開始温度を大きく低下させ、強度を高めるとともに音響異方性を低くするために、下記の量のＭｏとＢとを複合して含有させ、更に、強度を高めるために、下記の量のＣｕ、Ｎｉ、Ｃｒ、Ｎｂ、Ｖ及びＴｉのうちの１種又は２種以上を含有させる。

【００４１】
Ｃｕ：
Ｃｕの含有量が０．０５％未満では添加効果に乏しい。一方、その含有量が０．６０％を超えるとスラブ加熱時から熱間圧延時における表面割れが起こりやすくなる。したがって、強度を高めるためにＣｕを添加する場合の含有量を０．０５～０．６０％とした。なお、上記表面割れを抑えるために、Ｃｕ含有量は０．０５～０．４０％とすることが望ましい。なお、Ｃｕを含有させれば耐候性向上の効果も同時に得られる。
【００４２】
Ｎｉ：
Ｎｉの含有量が０．０５％未満では添加効果に乏しい。一方、その含有量が１．００％を超えるとスケール疵が発生しやすくなる。したがって、強度を高めるためにＮｉを添加する場合の含有量を０．０５～１．００％とした。上記スケール疵の発生を抑えるため、Ｎｉ含有量は０．０５～０．３０％とすることが望ましい。なお、Ｎｉを含有させることによりＣｕ添加に起因するスラブ加熱時から熱間圧延時における表面割れを防止することができるので、Ｃｕを添加する場合には、Ｃｕ含有量の１／２以上の量のＮｉを同時に含有させることが望ましい。
【００４３】
Ｃｒ：
Ｃｒの含有量が０．０５％未満では添加効果に乏しい。一方、その含有量が１．００％を超えると靱性と溶接性の劣化が著しくなる。したがって、強度を高めるためにＣｒを添加する場合の含有量を０．０５～１．００％とした。なお靱性と溶接性の劣化を抑えるため、Ｃｒ含有量は０．０５～０．６０％とすることが望ましい。
【００４４】
Ｍｏ：
（１）の発明及び（２）の発明に係るテーパー鋼板の化学組成には、強度を高めるために、０．０５～１．００％のＭｏを含有させてもよい。Ｍｏの含有量が０．０５％未満では添加効果に乏しく、一方、その含有量が１．００％を超えると靱性と溶接性の劣化が著しくなるからである。なお、強度－靱性バランスを更に良好にするために、Ｍｏ含有量は０．０５～０．２５％とすることが望ましい。
（３）の発明に係るテーパー鋼板の化学組成には、冷却時の相変態開始温度を大きく低下させ、強度を高めるとともに音響異方性を低くするために、０．０５～１．００％のＭｏを０．０００５～０．００３０％のＢと複合して含有させる必要がある。Ｍｏの含有量が０．０５％未満では添加効果に乏しく、一方、その含有量が１．００％を超えると靱性と溶接性の劣化が著しくなる。なお、強度－靱性バランスを更に良好にするために、Ｍｏ含有量は０．０５～０．２５％とすることが望ましい。
【００４５】
Ｂ：
（１）の発明及び（２）の発明に係るテーパー鋼板の化学組成には、強度を高めるために、０．０００５～０．００３０％のＢを含有させてもよい。Ｂの含有量が０．０００５％未満では添加効果に乏しく、一方、その含有量が０．００３０％を超えると靱性と溶接性の劣化が著しくなるからである。なお、強度－靱性バランスを更に良好にするために、Ｂ含有量は０．０００５～０．００１５とすることが望ましい。
（３）の発明に係るテーパー鋼板の化学組成には、冷却時の相変態開始温度を大きく低下させ、強度を高めるとともに音響異方性を低くするために、０．０００５～０．００３０％のＢを０．０５～１．００％のＭｏと複合して含有させる必要がある。Ｂの含有量が０．０００５％未満では添加効果に乏しく、一方、その含有量が０．００３０％を超えると靱性と溶接性の劣化が著しくなる。なお、強度－靱性バランスを更に良好にするために、Ｂ含有量は０．０００５～０．００１５％とすることが望ましい。
【００４６】
Ｎｂ：

Ｎｂの含有量が０．００５％未満では添加効果に乏しい。一方、その含有量が０．０１４％を超えると横波音速比が０．９８～１．０２の範囲から外れる場合が多くなって超音波による溶接欠陥の診断が困難になる。したがって、強度を高めるためにＮｂを添加する場合の含有量を０．００５～０．０１４％とした。

【００４７】

なお、（３）の発明に係るテーパー鋼板の化学組成には、０．０５～１．００％のＭｏと０．０００５～０．００３０％のＢとが複合して含有されており、冷却時の相変態開始温度が大きく低下して音響異方性が小さくなるので、Ｎｂ含有量が０．０４５％以下であれば、横波音速比を０．９８～１．０２の範囲にすることができる。したがって、（３）の発明の場合には、強度を高めるために、０．００５～０．０４５％のＮｂを含有させてもよい。

【００４８】

Ｖ：

Ｖの含有量が０．００５％未満では添加効果に乏しい。一方、その含有量が０．１００％を超えると靱性と溶接性の劣化が著しくなる。したがって、強度を高めるためにＶを添加する場合の含有量を０．００５～０．１００％とした。なお、強度－靱性バランスを更に良好にするために、Ｖ含有量は０．００５～０．０６０％とすることが望ましい。

【００４９】

Ｔｉ：

Ｔｉの含有量が０．００５％未満では添加効果に乏しい。一方、その含有量が０．０５０％を超えると靱性の劣化が著しくなる。したがって、強度を高めるためにＴｉを添加する場合の含有量を０．００５～０．０５０％とした。なお、前記の量のＴｉを含有させればオーステナイト粒が微細になって靱性が高まる効果も同時に得られる。なお、強度－靱性バランスを一層良好にするためには、Ｔｉの含有量を０．００５～０．０３０％とするのがよい。

【００５０】

本発明においては、不純物元素としてのＰ、Ｓの含有量は下記のとおりに制限する。

【００５１】

Ｐ：

Ｐは靱性を低下させてしまう。特にその含有量が０．０３％を超えると靱性の低下が著しい。したがって、Ｐの含有量を０．０３％以下とした。なお、靱性を一層良好にするためにＰ含有量は０．０２％以下とすることが好ましい。

【００５２】

Ｓ：

Ｓは靱性を低下させてしまう。特にその含有量が０．０１５％を超えると靱性の劣化が著しい。したがって、Ｓの含有量を０．０１５％以下とした。なお、靱性を一層良好にするためにＳ含有量は０．００５％以下とすることが好ましい。

【００５３】

P_{cm}：

P_{cm}は溶接割れ感受性を表す指数であり、前記(1)式で表されるP_{cm}の値が、Ｂ含有量が０．０００３％未満の場合には０．２１以下、Ｂ含有量が０．０００３％以上の場合には０．１９以下であれば、いずれも気温２５℃の環境でも溶接施工時の予熱を必要としない。したがって、P_{cm}の上限値を、Ｂの含有量が０．０００３％未満の場合には０．２１、Ｂの含有量が０．０００３％以上の場合には０．１９とした。一方、所望の４９０ＭＰａ以上のＴＳを確保するためには、Ｂの含有量に拘わらず、P_{cm}の値を０．１０以上とする必要がある。なお、４９０ＭＰａ以上のＴＳを確実且つ安定して確保するためには、P_{cm}の値を０．１５以上とするのがよい。

【００５４】

Hv_{20-50}：

Hv_{20-50}はテーパー鋼板の薄肉部と厚肉部のＴＳ差の目安となる指数であり、前記(2)

式で表されるＨｖ$_{20-50}$の値を１５以下にすれば板厚２０ｍｍ部のＴＳと板厚５０ｍｍ部のＴＳとの差を５０ＭＰａ以下に抑えることができ、その鋼板を切断しても曲がりや反りが発生することがない。したがって、Ｈｖ$_{20-50}$の値を１５以下とした。なお、板厚２０ｍｍ部のＴＳと板厚５０ｍｍ部のＴＳとの差を３０ＭＰａ以下とするためには、Ｈｖ$_{20-50}$の値を１０以下にすることが望ましく、板厚２０ｍｍ部のＴＳと板厚５０ｍｍ部のＴＳとの差を１５ＭＰａ以下とするためには、Ｈｖ$_{20-50}$の値を０以下にすることが望ましい。このＨｖ$_{20-50}$の値が小さければ小さいほど（負の値でその絶対値が大きければ大きいほど）板厚２０ｍｍ部のＴＳと板厚５０ｍｍ部のＴＳとの差を小さくすることができる。

（Ｂ）テーパー鋼板の製造条件

（Ｂ－１）熱間圧延前の加熱温度

均質な組織を得るために、加熱温度は９５０℃以上にするのがよい。加熱温度を１０００℃以上とすれば、一層均質な組織が得られる。しかし、加熱温度が１３００℃を超えると燃料コストが嵩む。更に、スケール発生も多くなって歩留まりの低下が生じ、生産効率が低下する。また結晶粒が粗大化して良好な靱性が得られない場合も生じる。したがって、上記（Ａ）に記載した化学組成を有する鋼片の熱間圧延前の加熱温度は９５０～１３００℃とするのがよい。なお良好な組織と靱性を得るために、加熱温度は１０００～１３００℃とすることが望ましく、１０００～１２００℃とすれば一層好ましい。

【００５５】

（Ｂ－２）熱間圧延仕上げ温度

熱間圧延後室温まで空冷して４９０ＭＰａ以上のＴＳを確保するため、熱間圧延仕上げ温度は９５０℃以下とするのがよい。４９０ＭＰａ以上のＴＳを確実に安定して確保するために、熱間圧延仕上げ温度は８５０℃以下とするのが一層よい。しかし、熱間圧延仕上げ温度が７００℃を下回ると、横波音速比が０．９８～１．０２という優れた音響等方性を確保することが難しいので、超音波による溶接欠陥の診断が困難になる場合がある。横波音速比で０．９８～１．０２という優れた音響等方性を確実且つ安定して確保するためには、熱間圧延仕上げ温度の下限値は７５０℃とすることが望ましい。したがって、熱間圧延仕上げ温度は９５０℃～７００℃、より好ましくは８５０～７５０℃とするのがよい。

【００５６】

なお、良好な強度－靱性バランスを付与するため、熱間圧延するに際しては、９００℃以下での累積圧下率を３０％以上とすることが望ましい。

【００５７】

（Ｂ－３）圧延後の冷却方法

鋼板内のＴＳのばらつきを５０ＭＰａ以下に抑えて、その鋼板を切断した際の曲がりや反りの発生を防止するためには、熱間での圧延終了後に加速冷却を行わず、そのまま室温まで空冷するのがよい。

【００５８】

なお、本発明に係るテーパー鋼板の製造方法は、鋼板の一端から他端へ板厚が単調に増加する片テーパー鋼板や、長さ方向中央部の板厚が長手方向両端部の板厚よりも大きい山形あるいは台形テーパー鋼板など様々な形状のテーパー鋼板の製造に適用できる。

【００５９】

更に、本発明に係るテーパー鋼板は、橋梁のみならず、建築物、タンク、その他の用途に用いることが可能である。

【００６０】

以下、実施例により本発明を詳しく説明する。

【００６１】

【実施例】

表１及び表２に示す化学組成を有する鋼を１８０ｋｇ真空炉溶製した。表１及び表２における鋼１～１４は化学組成が本発明で規定する範囲内にある本発明例の鋼、表２における鋼１５～１８は成分のいずれかが本発明で規定する含有量の範囲から外れた比較例の鋼である。

【００６２】
【表１】

表　1

区分	鋼	化学組成（質量%）残部：Feおよび不純物																	
		C	Si	Mn	Al	N	Cu	Ni	Cr	Mo	Nb	V	Ti	B	P	S	P_{cm}	Hv_{20-50}
本発明例	1	0.09	0.24	1.36	0.036	0.0039	0.27	0.37	0.30	-	0.014	0.044	0.018	-	0.007	0.002	0.21	-5
	2	0.09	0.22	1.39	0.041	0.0035	-	-	-	0.16	-	0.049	0.010	0.0008	0.005	0.002	0.19	12
	3	0.09	0.33	1.43	0.040	0.0037	-	-	-	0.11	-	0.040	-	-	0.007	0.002	0.18	11
	4	0.08	0.25	1.40	0.041	0.0035	-	0.39	-	0.26	-	0.043	0.018	-	0.007	0.002	0.19	2
	5	0.19	0.09	0.33	0.011	0.0014	-	-	-	-	0.013	-	-	-	0.011	0.003	0.21	-6
	6	0.09	0.12	1.02	0.045	0.0055	-	0.96	-	-	-	0.095	-	0.0026	0.006	0.004	0.18	10
	7	0.06	0.18	0.98	0.032	0.0049	-	0.08	0.97	0.53	-	0.052	0.012	-	0.018	0.001	0.21	-5
	8	0.01	0.06	2.90	0.045	0.0032	0.55	0.29	0.12	0.18	0.009	0.045	0.006	-	0.002	0.002	0.21	4
	9	0.06	0.51	1.02	0.034	0.0067	0.28	0.32	0.10	0.09	0.007	0.009	0.027	0.0009	0.001	0.002	0.16	-20

【表２】

表　2

区分	鋼	化学組成（質量%）残部：Feおよび不純物																Hv_{20-50}
		C	Si	Mn	Al	N	Cu	Ni	Cr	Mo	Nb	V	Ti	B	P	S	P_{cm}	
本発明例	10	0.05	0.42	0.83	0.091	0.0025	-	-	-	0.96	-	-	-	-	0.006	0.003	0.17	-15
	11	0.06	0.22	1.56	0.062	0.0042	-	0.62	0.57	-	-	-	-	0.0012	0.008	0.002	0.19	0
	12	0.07	0.18	0.98	0.030	0.0038	0.33	0.21	0.49	0.09	0.028	-	0.019	0.0009	0.009	0.002	0.18	-30
	13	0.08	0.21	1.40	0.029	0.0044	-	-	-	0.16	0.019	0.048	0.012	0.0006	0.005	0.001	0.18	6
	14	0.05	0.91	1.02	0.038	0.0039	0.45	0.31	-	0.29	0.044	-	0.007	0.0026	0.007	0.003	0.19	-10
比較例	15	0.12	0.20	1.41	0.038	0.0036	-	-	-	0.15	-	0.050	0.010	-	0.008	0.001	0.21	* 21
	16	0.11	0.22	1.39	0.043	0.0047	0.31	0.35	0.36	-	0.014	0.041	0.018	-	0.009	0.002	*0.23	3
	17	0.07	0.20	1.41	0.042	0.0039	*0.81	-	-	0.16	-	0.049	0.009	-	0.008	0.002	0.20	-27
	18	0.09	0.21	1.40	0.033	0.0046	-	-	-	0.14	*0.059	0.051	0.010	0.0010	0.005	0.002	0.19	14

*印は本発明で規定する範囲から外れていることを示す。

次いで、これらの鋼を通常の熱間鍛造によって厚さ１８０ｍｍの鋼片とした後、鋼５、鋼６、鋼１２は９６０℃に加熱してから、他の鋼は１１５０℃に加熱してからそれぞれ熱間圧延した。圧延形状は板厚が長さ方向に直線的に変化する片テーパー鋼板で、薄肉端の板厚が１０ｍｍ、厚肉端の板厚が６０ｍｍとなるようにした。熱間圧延終了後は室温まで空冷した。なお、熱間圧延後に表面割れの有無を調査した。表３、表４に、９００℃以下で

の累積圧下率と圧延仕上げ温度の詳細を示す。

【００６３】

空冷後はJIS Z 3060に準拠して、板厚がそれぞれ２０ｍｍと５０ｍｍである位置の板幅中央部における横波音速比を調査した。又、上記位置の板幅中央部から板幅方向、つまり圧延方向と直角な方向に、ＪＩＳ４号引張試験片とＪＩＳ４号シャルピー試験片を採取し、母材の機械的性質を調査した。

【００６４】

更に、各鋼板の長さ方向中央部を用いて、JIS Z 3158に準拠した斜めｙ型溶接割れ試験を実施して溶接割れ感受性を評価した。なお、溶接割れ試験はいずれも５００ＭＰａ級鋼用低水素タイプの溶接材料（商品名Ｌ５３（住金溶接工業株式会社製））を用いて、温度２５℃、湿度６０％の雰囲気で、試験片初期温度２５℃の条件で実施した。

【００６５】

表３及び表４に、各種試験結果を併せて示す。

【００６６】

【表３】

【表４】

表　３

区分	試験番号	鋼	圧延条件				加熱及び熱間加工での表面割れ発生の有無	引張特性					衝撃特性		横波音速比［V_L／V_C］		溶接性
			９００℃以下での累積圧下率(%)		仕上げ温度（℃）			降伏強さ［ＹＳ］（ＭＰａ）		引張り強さ［ＴＳ］（ＭＰａ）			$_vT_s$（℃）				y型溶接割れ発生の有無
			薄部	厚部	薄部	厚部		薄部	厚部	薄部	厚部	差	薄部	厚部	薄部	厚部	
本発明例	1	1	60	40	790	840	無	428	423	532	528	4	-100	-64	1.02	1.01	無
	2	2	60	40	790	840	無	467	441	577	548	29	-54	-30	1.01	1.00	無
	3	3	60	40	790	840	無	429	405	534	504	30	-68	-51	1.01	1.01	無
	4	4	60	40	790	840	無	445	433	547	539	8	-75	-56	1.01	1.00	無
	5	5	60	40	790	840	無	376	362	500	491	9	-72	-61	1.01	1.01	無
	6	6	60	40	790	840	無	406	395	528	499	29	-87	-53	1.01	1.00	無
	7	7	60	40	790	840	無	541	527	585	580	5	-52	-42	1.01	1.00	無
	8	8	60	40	790	840	無	426	417	524	514	10	-48	-35	1.01	1.01	無
	9	9	60	40	790	840	無	503	485	567	566	1	-74	-66	1.01	1.00	無
	10	10	60	40	790	840	無	577	567	609	602	7	-54	-42	1.01	1.00	無

「薄部」、「厚部」はそれぞれテーパー鋼板の薄肉部位（厚さ：20mm）、厚肉部位（厚さ：50mm）を指す。

V_L、V_Cはそれぞれ鋼板の長さ方向横波音速、幅方向横波音速を指す。

表　4

区分	試験番号	鋼	圧延条件				加熱及び熱間加工での表面割れ発生の有無	引張特性				衝撃特性		横波音速比［V_L／V_C］		溶接性
			９００℃以下での累積圧下率(%)		仕上げ温度(℃)			降伏強さ［ＹＳ］(ＭＰａ)		引張り強さ［ＴＳ］(ＭＰａ)		$_vT_S$(℃)				ｙ型溶接割れ発生の有無
			薄部	厚部	薄部	厚部		薄部	厚部	薄部	厚部	薄部	厚部	薄部	厚部	
本発明例	11	11	60	40	790	840	無	425	423	555	534	-62	-50	1.01	1.01	無
	12	12	60	40	790	840	無	463	451	539	535	-77	-51	1.02	1.01	無
	13	13	80	60	740	790	無	519	511	604	597	-82	-48	1.02	1.01	無
	14	14	80	60	740	790	無	508	496	607	602	-70	-59	1.02	1.01	無
比較例	*15	*15	60	40	790	840	無	417	351	519	**432	-50	-39	1.01	1.01	無
	*16	*16	60	40	790	840	無	435	423	542	525	-68	-59	1.02	1.01	** 有
	*17	*17	60	40	790	840	** 有	427	417	527	519	-57	-40	1.01	1.01	無
		*18	60	40	790	840	無	559	533	639	627	-76	-49	**1.03	1.02	無

「薄部」、「厚部」はそれぞれテーパー鋼板の薄肉部位（厚さ：20mm）、厚肉部位（厚さ：50mm）を指す。

V_L、V_Cはそれぞれ鋼板の長さ方向横波音速、幅方向横波音速を指す。

*印は本発明で規定する条件から外れていることを示す。**印は目標性能に未達であることを示す。

表３、表４における試験番号１～１４は、化学組成が本発明で規定する範囲内にある本発明例の鋼を、本発明で規定する条件で製造したテーパー鋼板である。いずれも、熱間圧延後に表面割れが認められず、ＴＳは４９０ＭＰａ以上、薄肉部と厚肉部とのＴＳ差は５０ＭＰａ以下の引張特性で、$_vT_S$は０℃以下、横波音速比は０．９８～１．０２であり、しかもｙ型割れ試験で割れが生じていない。

【００６７】
一方、表４における試験番号１５～１８は、成分のいずれかが本発明で規定する範囲から外れた比較例の鋼を、本発明で規定する条件で製造したテーパー鋼板である。
【００６８】
上記のうち試験番号１５は、供試鋼である鋼１５のHv_{20-50}の値が本発明で規定する範囲から外れているため、熱間加工性、衝撃特性、音響異方性、溶接性に関しては目標を満足しているものの、薄肉部と厚肉部とのＴＳ差が５０ＭＰａを超え、しかも、厚肉部のＴＳは４９０ＭＰａに達していない。
【００６９】
試験番号１６は、供試鋼である鋼１６のP_{cm}の値が本発明で規定する範囲から外れているため、熱間加工性、引張特性、衝撃特性、音響異方性に関しては目標を満足しているものの、ｙ型割れ試験で割れが発生している。
【００７０】
試験番号１７は、供試鋼である鋼１７のＣｕ含有量が本発明で規定する範囲から外れているため、引張特性、衝撃特性、音響異方性、溶接性に関しては目標を満足しているものの、熱間加工で表面割れが発生している。
【００７１】
試験番号１８は、供試鋼である鋼１８のＮｂ含有量が本発明で規定する範囲から外れているため、熱間加工性、引張特性、衝撃特性、溶接性については目標を満足しているものの、薄肉部における横波音速比が１．０３で音響異方性が大きい。
【００７２】
【発明の効果】
本発明のテーパー鋼板は、熱間加工時に表面割れが発生せず、４９０ＭＰａ以上のＴＳと０℃以下の$_{V}T_{S}$を有して強度と靱性のバランスに優れ、更に、鋼板内のＴＳのばらつきが５０ＭＰａ以下であるのでその鋼板を切断した際に曲がりや反りが発生せず、横波音速比が０．９８～１．０２であるので超音波による溶接欠陥の診断も容易で、しかも、気温２５℃の環境でも溶接施工時の予熱を必要としない。このため、橋梁などの鉄鋼構造物に用いることができる。このテーパー鋼板は本発明の方法によって比較的容易に製造することができる。

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平０８－２３２０１６（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－０１７９３２（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－２７３７２１（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
C22C 38/00
C21D 8/02
C22C 38/58