

明 細 書

発明の名称： 鋼板およびその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、液化ガス貯槽用タンク等、極低温環境で使用される構造用鋼に供して好適な、特に板厚中心部特性に優れる鋼板およびその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 液化ガス貯槽用タンク等の構造物は、その使用環境が極低温となるために、この構造物に熱間圧延鋼板を用いるには、該鋼板の強度のみならず極低温での靱性に優れることが要求される。例えば、液化天然ガスの貯槽に用いる熱間圧延鋼板には、液化天然ガスの沸点である -164°C より低い温度域で優れた靱性を確保する必要がある。極低温貯槽用構造物に用いる鋼板の低温靱性が劣ると、該極低温貯槽用構造物としての安全性を維持できなくなる虞があるため、適用される鋼板に対する低温靱性向上の要求は強いものがある。

[0003] この要求に対して、従来、極低温で脆性を示さないオーステナイト組織を有するオーステナイト系ステンレス鋼板や $9\% \text{Ni}$ 鋼板、もしくは 5000 系アルミニウム合金が使用されてきた。しかしながら、上述の金属材料は合金コストや製造コストが高いことから、安価で極低温靱性に優れる鋼板への需要がある。そこで、従来の極低温用鋼に代わる新たな鋼板として、比較的安価なオーステナイト安定化元素である Mn を多量に添加してオーステナイト組織とした、高 Mn 鋼を極低温環境の構造用鋼板として適用することが検討されている。

[0004] 例えば、特許文献1には、 Mn を $15\sim35\%$ 、 Cu ： 5% 以下、さらに C と Cr を適量添加することによって、被削性および溶熱熱影響部の -196°C でのシャルピー衝撃特性を改善した鋼材が開示されている。

[0005] また、特許文献2には、 C ： $0.25\sim0.75\%$ 、 Si ： $0.05\sim1$

、C r : 0. 1 %以上8. 0 %未満を添加する低温靱性を改善した高M n鋼材が開示されている。

[0006] さらに、特許文献3には、Cを0. 001~0. 80%、M nを15~35%含有し、C r、T i、S i、A l、M g、C a、R E Mといった元素を添加することによって、母材および溶接部の極低温靱性を改善した高M n鋼材が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特表2015-508452号公報

特許文献2：特開2016-84529号公報

特許文献3：特開2016-196703号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 高Mn鋼は、一般的な炭素鋼に比べ高合金であることから融点が低く、しかも融点近傍における粘性が高いために、炭素鋼に比べて粗大な鑄造欠陥が発生しやすい特徴がある。従って、製品に鑄造欠陥が残存していると、十字継手など鋼板の板厚方向に引張応力が作用する場合に、製品に破断が生じて構造物の崩壊につながるおそれがある。

[0009] しかしながら、特許文献1、2および3に記載の鋼材は、強度と低温靱性を達成するための製造コストの観点ならびに上述したオーステナイト鋼材の使用に際して構造物の安全性の観点から重要となる、板厚中心部の絞り特性について言及されておらず、未だ検討の余地があった。

[0010] 本発明は係る問題に鑑み、板厚中心部の絞り特性に優れた高M n鋼板を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0011] 本発明者らは、上記課題を解消するために、高M n鋼を対象にして、鋼板

の成分組成や製造方法などに関して鋭意研究を行ったところ、以下の知見を得るに到った。

(i) 高Mn鋼をベースに、Sの含有量を0.005%以下に抑制することにより、MnSの生成量を低減させ、板厚方向の引張特性を改善することができる。

(ii) さらに、熱間仕上圧延において、圧下比3以上で圧延することにより、鑄造欠陥を無害化し、かつ最終3パスのうち少なくとも2パスについて、1パス当たりの圧下率を10%以上として鋼板全体の整粒化を図って異常粗大粒の残存を抑制することにより、板厚方向の引張特性を改善することができる。

[0012] 本発明は、以上の知見にさらに検討を加えてなされたものであり、その要旨は以下のとおりである。

1. 質量%で、

C : 0.20%以上0.70%以下、

Si : 0.05%以上1.0%以下、

Mn : 15%以上35%以下、

Al : 0.1%以下、

Cr : 8.0%以下、

N : 0.0010%以上0.0500%以下、

P : 0.03%以下および

S : 0.005%以下

を含有し、残部Feおよび不可避免の不純物の成分組成を有し、引張強度が600MPa以上かつ-196℃における吸収エネルギーが27J以上でさらに板厚方向の絞り値が30%以上である鋼板。

[0013] ここで、板厚方向の絞り値は、JIS Z3199に準拠した試験にて測定することができる。

[0014] 2. 前記成分組成は、さらに、質量%で、

Nb : 0.003%以上0.030%以下、

V : 0.01%以上0.10%以下、

Ti : 0.003%以上0.040%以下および

B : 0.0003%以上0.0100%以下

から選択される1種または2種以上を含有する前記1に記載の鋼板。

[0015] 3. 前記成分組成は、さらに、質量%で、

Cu : 0.01%以上0.70%以下、

Ni : 0.01%以上0.50%以下、

Sn : 0.01%以上0.30%以下、

Sb : 0.01%以上0.30%以下、

Mo : 0.05%以上2.0%以下および

W : 0.05%以上2.0%以下

から選択される1種または2種以上を含有する前記1または2に記載の鋼板。
。

[0016] 4. 前記成分組成は、さらに、質量%で、

Ca : 0.0005%以上0.0050%以下、

Mg : 0.0005%以上0.0100%以下および

REM : 0.0010%以上0.0200%以下

から選択される1種または2種以上を含有する前記1、2または3に記載の鋼板。

[0017] 5. 前記1から4のいずれかに記載の鋼板を製造する方法であって、鋼素材を1000℃以上1300℃以下に加熱したのち、熱間圧延を、圧下比：3以上、かつ最終3パスのうちの少なくとも2パスの圧下率が1パス当たり10%以上にて行う鋼板の製造方法。

発明の効果

[0018] 本発明によれば、板厚中心部の絞り特性に優れる鋼板を提供することができる。そして、本発明の鋼板を、液化ガス貯槽用タンク等の、極低温環境で使用される鋼構造物に適用すれば、該構造物の安全性向上に大きく寄与し、産業上格段の効果をもたらすことになる。また、既存の材料に比べて安価であるため、経済性に優れる利点もある。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、本発明の鋼板について具体的に説明する。なお、本発明は以下の実施形態に限定されない。

〔成分組成〕

まず、本発明の鋼板の成分組成と、その限定理由について説明する。なお、成分組成を表す「％」は、特に断らない限り「質量％」を意味するものとする。

[0020] C : 0.20％以上0.70％以下

Cは、高強度化に有効であり、さらに、安価なオーステナイト安定化元素であり、オーステナイト組織を得るために重要な元素である。その効果を得るためには、Cは0.20％以上の含有を必要とする。一方、0.70％を超えて含有すると、板厚中心部に偏析し、Cr炭化物およびNb、V、Ti系炭化物の過度な析出を促すため、低温靱性が低下するとともに、絞り値が低下する。このため、Cは0.20％以上0.70％以下とする。好ましくは0.25％以上0.60％以下とする。

[0021] Si : 0.05％以上1.0％以下

Siは、脱酸材として作用し、製鋼上必要であるだけでなく、鋼に固溶して固溶強化により鋼板を高強度化する効果を有する。このような効果を得るためには、Siは0.05％以上の含有を必要とする。一方、1.0％を超えて含有すると、溶接性および表面性状が劣化する。このため、Siは0.05％以上1.0％以下とする。好ましくは0.07％以上0.5％以下とする。

[0022] Mn : 15％以上35％以下

Mnは、比較的安価なオーステナイト安定化元素である。本発明では、強度と極低温靱性を両立するために重要な元素である。その効果を得るためには、Mnは15％以上の含有を必要とする。一方、35％を超えて含有する場合、極低温靱性を改善する効果が飽和し、合金コストの上昇を招く。また、溶接性、切断性が劣化する。さらに、偏析を助長し、極低温靱性の低下や

板厚方向引張特性の劣化、応力腐食割れの発生を引き起こす。このため、Mnは15%以上35%以下とする。好ましくは、18%以上28%以下の範囲とする。

[0023] Al : 0.1%以下

Alは、脱酸剤として作用し、鋼板の溶鋼脱酸プロセスに於いて、もっとも汎用的に使われる。また、鋼中の固溶Nを固定してAlNを形成し固溶N低減による靱性劣化を抑制する効果を有する。そのためには、0.01%以上で含有することが好ましい。一方、Alは0.1%を超えて含有すると、溶接時に溶接金属部に拡散して、溶接金属の靱性を劣化させるため、0.1%以下とする。好ましくは0.07%以下とする。より好ましくは0.02%以上0.06%以下とする。

[0024] Cr : 8.0%以下

Crは、高Mn鋼の低温靱性および耐食性向上に必要な元素である。一方でCrは、圧延中に窒化物、炭化物、炭窒化物等の形態で析出する場合があります、このような析出物の形成により腐食や破壊の起点となって低温靱性が低下するため、上限を8.0%とする。好ましくはCr量を1.0%以上6.0%以下、より好ましくは1.5%以上5.5%以下の範囲とする。

[0025] N : 0.0010%以上0.0500%以下

Nは、オーステナイト安定化元素であり、極低温靱性の向上に有効な元素である。また、Nb、VおよびTiと結合し、窒化物または炭窒化物として微細に析出して、拡散性水素のトラップサイトとして応力腐食割れを抑制する効果を有する。このような効果を得るためには、Nを0.0010%以上で含有する必要がある。一方、0.0500%を超えて含有すると、過剰な窒化物または炭窒化物の生成を促し、固溶元素量が低下し耐食性が低下するだけでなく、靱性も低下する。このため、Nは0.0010%以上0.0500%以下とする。好ましくは、N量を0.0020%以上0.0200%以下とする。

[0026] P : 0.03%以下

Pは、0.03%を超えて含有すると、粒界に偏析し粒界強度を低下させ、破壊起点となる場合がある。そのため、0.03%を上限とし、可能な限り低減することが望ましい。したがって、Pは0.03%以下とする。Pは少ないほど特性が向上するため、好ましくは0.025%以下とし、より好ましくは0.020%以下とする。なお、0.0005%未満まで抑制するには、多大な製鋼コストを要することから、経済性の観点からは0.0005%以上とすることが好ましい。

[0027] S : 0.005%以下

Sは、鋼中でMnSを形成し低温靱性や板厚方向引張時の絞りを著しく劣化させるため、0.005%を上限とし、可能な限り低減することが望ましい。好ましくは、0.002%以下とする。なお、0.0001%未満まで抑制するには、多大な製鋼コストを要することから、経済性の観点からは0.0001%以上とすることが好ましい。

[0028] 上記した成分以外の残部は、Feおよび不可避免的不純物である。不可避免の不純物としては、Zr、As などがある。

[0029] 本発明では、強度および低温靱性をさらに向上させることを目的として、上記の必須元素に加えて、必要に応じて下記の元素を含有することができる。

Nb : 0.003%以上0.030%以下

Nbは、鋼板の強度の向上に有効な元素である。このような効果を得るには、Nbを0.003%以上で添加することが好ましい。一方、0.030%を超えて含有すると、粗大な炭窒化物が析出し、破壊の起点となり板厚方向の引張特性を劣化させることがある。また、析出物が粗大化し、母材靱性を劣化させることがある。このため、Nbを含有する場合は、0.003%以上0.030%以下とすることが好ましい。より好ましくは、0.005%以上、さらには0.007%以上とする。同様に、より好ましくは、0.025%以下、さらには0.022%以下とする。

[0030] V : 0.01%以上0.10%以下

Vは、鋼板の強度向上に有効な元素である。このような効果を得るには、Vを0.01%以上で含有することが好ましい。一方、0.10%を超えて含有すると、粗大な炭窒化物が析出し、破壊の起点となることがある。また、析出物が粗大化し、母材靱性を劣化させることがある。このため、Vを含有する場合は、0.01%以上0.10%以下とすることが好ましい。より好ましくは、0.02%以上、さらには0.03%以上とする。同様に、より好ましくは、0.09%以下、さらには0.08%以下とする。

[0031] Ti : 0.003%以上0.040%以下

Tiは、窒化物もしくは炭窒化物として析出し、鋼板の強度向上に有効な元素である。このような効果を得るには、Tiを0.003%以上で含有することが好ましい。一方、0.040%を超えて含有すると、析出物が粗大化し、母材靱性を劣化させることがある。また、粗大な炭窒化物が析出し、破壊の起点となることがある。このため、Tiを含有する場合は、0.003%以上0.040%以下とすることが好ましい。より好ましくは、0.005%以上、さらには0.007%以上とする。同様に、より好ましくは、0.035%以下、さらには0.032%以下とする。

[0032] B : 0.0003%以上0.0100%以下

Bは、オーステナイト粒界強度を高める元素であり、極低温靱性向上に有効な元素である。このような効果を得るには、Bを0.0003%以上で含有することが好ましい。一方、0.0100%を超えて含有すると、粗大なB析出物を生成し、靱性が低下する。このため、Bは0.0100%以下の範囲とすることが好ましい。より好ましくは、0.0030%以下である。

[0033] さらに、本発明では、必要に応じて下記の元素を含有することができる。

Cu : 0.01%以上0.70%以下、Ni : 0.01%以上0.50%以下、Sn : 0.01%以上0.30%以下、Sb : 0.01%以上0.30%以下、Mo : 0.05%以上2.0%以下、W : 0.05%以上2.0%以下の1種または2種以上

[0034] Cu、Ni、Sn、Sb、MoおよびWは、Crと複合添加することによ

って、高Mn鋼の耐食性を向上する元素である。

この効果は、高Mn鋼において、上記いずれかの元素がCrと共存した場合において顕在化し、それぞれ上記した下限値以上で発現する。しかし、いずれの元素も上記した上限値を超えて多く含有させると、溶接性や靱性を劣化させ、コストの観点からも不利になる。

[0035] 従って、Cu、Ni、Sn、Sb、MoおよびWは、上記した範囲で添加することが好ましい。より好ましくは、Cu量は0.02%以上0.50%以下、Ni量は0.02%以上0.40%以下、Sn量は0.02%以上0.25%以下、Sb量は0.02%以上0.25%以下、Mo量は0.05%以上1.50%以下、W量は0.05%以上1.50%以下である。

[0036] さらにまた、本発明では、必要に応じて下記の元素を含有することができる。

Ca: 0.0005%以上0.0050%以下、Mg: 0.0005%以上0.0100%以下、REM: 0.0010%以上0.0200%以下の1種または2種以上

[0037] Ca、MgおよびREMは、MnS等の介在物の形態制御に有用な元素であり、必要に応じて含有できる。ここで、介在物の形態制御とは、展伸した硫化物系介在物を粒状の介在物とすることをいう。この介在物の形態制御を介して、板厚方向の引張特性、靱性および耐硫化物応力腐食割れ性を向上させることができる。このような効果を得るためには、CaおよびMgは0.0005%以上、REMは0.0010%以上含有することが好ましい。

[0038] 一方、いずれの元素も多く含有させると、非金属介在物量が増加し、かえって板厚中心部の特性が低下する場合がある。このため、Caを含有させる場合には0.0050%以下、Mgを含有させる場合には0.0100%以下、REMを含有させる場合には0.0200%以下とすることが好ましい。より好ましくは、Ca量は0.0010%以上0.0040%以下、Mg量は0.0010%以上0.0040%以下、REM量は0.0020%以上0.0150%以下とする。

[0039] 以上の成分組成を有する鋼板は、さらに板厚方向の絞り値が30%以上であることが肝要である。すなわち、板厚方向の絞り値が30%未満の場合、例えば十字溶接継手部などで破壊が発生し構造物としての健全性が著しく損なわれるためである。

[0040] 次に、本発明の鋼板の製造条件について説明する。すなわち、本発明の鋼板は、上記した成分組成を有する鋼素材を1000℃以上1300℃以下に加熱したのち、熱間圧延を、圧下比：3以上、かつ最終3パスのうちの少なくとも2パスの圧下率が1パス当たり10%以上にて行うことによって、製造することができる。

なお、以下の説明において、温度「℃」は、板厚中心部における温度を意味するものとする。

[0041] [鋼素材の加熱温度：1000℃以上1300℃以下]

鋼素材を1000℃以上に加熱するのは、組織中の析出物を固溶させ、結晶粒径等を均一化するためであり、加熱温度としては、1000℃以上1300℃以下とする。加熱温度が900℃未満の場合、析出物が十分に固溶しないため所望の特性が得られない。また、1300℃以上の加熱は結晶粒径の粗大化による材質劣化に加えて、過剰なエネルギーが必要となり生産性が低下するため加熱温度の上限を1300℃とする。好ましくは1050℃以上1250℃以下、より好ましくは1100℃以上1250℃以下の範囲である。

[0042] なお、鋼素材としては、連続鑄造スラブのほか、造塊スラブやブルームなど定法で製造した素材を用いることができる。

[0043] [熱間圧延における圧下比：3以上]

熱間圧延の圧下比が3未満では、鑄造欠陥の圧着によって板厚方向の引張特性の低下を抑制することが難しくなる。さらに、圧延によって再結晶を促進し整粒化を図ることも不十分となり、粗大なオーステナイト粒が残存してしまう結果、強度および靱性などの特性が劣化することから、圧下比を3以上に限定する。好ましくは、圧下比4以上、より好ましくは圧下比5以上とする。なお、圧下比の上限は特に制限する必要はないが、50以下とするこ

とが好ましい。なぜなら、圧下比が50を超える場合、機械的特性の異方性が著しく大きくなるためである。

[0044] ここで、熱間圧延における圧下比とは、圧延素材の板厚／圧延後の鋼板の板厚で定義される。

[0045] [最終3パスのうちの少なくとも2パスの圧下率が1パス当たり10%以上]

鋼板の材質を最終的に決定する最終3パスのうち、少なくとも2パスについては、1パス当たりの圧下率を10%以上とすることによって、まず、鑄造欠陥を確実に無害化し、さらに、鋼板全体の整粒化を図ることで異常粗大粒の残存を抑制することが可能となり、板厚方向の引張試験における絞り値が向上する結果、30%以上の絞り値を確保することができる。

[0046] すなわち、最終3パスのうち少なくとも2パスの圧下率を規制するのは、鑄造欠陥を確実に圧着するためである。従って、最終3パスの全てのパスの圧下率をそれぞれ10%以上とすることが好ましい。一方、最終3パスのうち少なくとも2パスの圧下率が10%未満であると、鑄造欠陥が残存し板厚中心部の絞り値が低下する。なお、圧下率の上限は特に定める必要はないが、圧延荷重などの設備制約から30%とすることが好ましい。

[0047] [熱間圧延後の冷却]

鋼板の強度および低温靱性など必要な特性を得るために、熱間圧延後水冷等を実施しても良い。

実施例

[0048] 表1に示すNo. 1～26の鋼を溶製してスラブとした後、表2に示す製造条件により板厚が30～50mmの鋼板とした。かくして得られた試料No. 1～30の鋼板を、次に示す引張試験に供した。この引張試験の結果を表2に併記する。

[0049]

[表1]

【表1】

鋼素 材		化学成分 (mass%)																				備考
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Al	N	B	Ti	V	Nb	Cu	Ni	Mo	W	Sn	Sb	Mg	Ca	
1	0.43	0.36	25.8	0.010	0.0022	7.1	0.088	0.0045	0.0010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0021	-
2	0.41	0.29	26.3	0.009	0.0032	0.7	0.035	0.0036	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	0.47	0.43	25.9	0.008	0.0018	5.0	0.037	0.0129	0.0003	0.009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0008	-
4	0.38	0.40	23.2	0.016	0.0022	7.8	0.032	0.0025	0.0058	-	-	0.011	-	-	1.15	-	0.08	-	-	-	-	-
5	0.49	0.51	25.6	0.011	0.0036	4.5	0.038	0.0091	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	0.48	0.47	25.8	0.009	0.0028	4.8	0.038	0.0105	0.0019	0.006	0.032	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0016	-	-
7	0.33	0.36	34.2	0.009	0.0016	4.6	0.036	0.0032	-	-	-	-	0.25	-	-	-	-	-	-	0.0014	-	-
8	0.69	0.22	23.5	0.012	0.0033	4.8	0.032	0.0024	0.0022	-	-	-	-	0.23	-	-	-	-	-	0.0019	-	-
9	0.41	0.91	22.0	0.010	0.0013	4.5	0.032	0.0029	0.0038	-	-	-	-	-	-	1.38	-	0.12	-	0.0024	-	-
10	0.53	0.07	24.8	0.008	0.0016	5.3	0.028	0.0025	-	-	-	-	-	-	-	0.45	-	-	-	0.0025	-	-
11	0.62	0.10	17.5	0.011	0.0014	5.1	0.016	0.0115	0.0021	-	-	-	0.48	-	-	-	-	-	-	0.0006	-	-
12	0.46	0.39	24.6	0.009	0.0013	4.8	0.032	0.0044	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0063	-	-
13	0.42	0.33	25.1	0.008	0.0018	4.6	0.025	0.0041	0.0012	-	-	-	0.67	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	0.21	0.68	25.4	0.023	0.0015	2.2	0.032	0.0033	0.0024	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0085
15	0.13	0.21	29.5	0.014	0.0016	3.2	0.028	0.0041	-	-	-	0.012	0.05	-	0.20	-	-	-	-	-	-	-
16	1.33	0.24	27.3	0.011	0.0022	3.6	0.032	0.0041	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	0.55	1.32	24.6	0.023	0.0031	6.1	0.041	0.0043	0.0018	-	0.05	-	-	-	-	-	0.03	-	-	-	-	0.0032
18	0.61	0.45	12.1	0.018	0.0020	4.5	0.032	0.0026	0.0045	0.012	-	-	-	-	0.21	0.11	-	-	-	-	-	-
19	0.52	0.61	41.0	0.013	0.0029	2.2	0.039	0.0054	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0021	-	-
20	0.41	0.51	27.1	0.039	0.0026	6.3	0.029	0.0041	0.0018	-	-	0.014	-	0.52	-	-	-	-	-	-	-	-
21	0.39	0.46	28.0	0.021	0.0065	3.8	0.041	0.0055	0.0013	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	0.65	0.39	28.1	0.010	0.0029	9.2	0.029	0.0033	0.0012	-	-	-	-	-	0.18	-	-	-	-	-	-	0.0055
23	0.45	0.01	22.8	0.012	0.0013	2.5	0.030	0.0023	-	0.009	-	-	-	-	-	0.09	-	-	-	0.0018	-	-
24	0.55	0.29	21.3	0.012	0.0048	4.8	0.023	0.0546	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	-	-	-	-	-
25	0.65	0.21	27.8	0.018	0.0035	7.8	0.14	0.0038	0.0014	-	-	-	-	-	0.15	-	-	-	-	0.0019	-	-
26	0.75	0.18	28.2	0.013	0.0025	7.7	0.025	0.0040	0.0012	-	-	-	-	-	0.22	-	-	-	-	-	-	-

注) 下線部は本発明の範囲外であることを示す。

[0050] [表2]

【表2】

試料 番号	銅素材 番号	製品厚 (mm)	加熱 (°C)	圧下比	最終3パスの内 の 圧下率≥10%/パス	最終3パスの圧下率 (%)	圧延後 の処理	絞り (%)	引張強さ (MPa)	vE _{-196°C}	備考
1	1	30	1200	4	2	13-9-12	水冷	35	886	93	発 明 例
2	2	50	1200	4	2	9-13-13	水冷	40	812	102	
3	3	30	1200	4	3	13-12-12	放冷	45	853	84	
4	4	30	1250	5	2	12-9-10	水冷	50	752	115	
5	5	30	1150	5	3	12-11-12	放冷	55	829	73	
6	6	30	1200	5	3	15-12-12	放冷	55	863	83	
7	7	30	1200	4	2	15-8-12	水冷	35	1012	61	
8	8	50	1280	4	2	18-6-12	水冷	40	815	91	
9	9	30	1050	4	3	12-10-11	放冷	50	821	86	
10	10	30	1250	4	2	8-12-12	放冷	35	869	78	
11	11	30	1150	4	2	12-7-13	水冷	35	683	138	
12	12	50	1200	3	2	11-8-14	水冷	30	903	77	
13	13	30	1150	4	2	8-10-12	水冷	40	925	74	
14	14	30	1150	4	3	10-11-10	放冷	40	896	95	
15	15	30	1050	4	3	12-12-11	放冷	40	512	103	
16	16	30	1200	5	2	7-12-10	放冷	35	1241	22	比 較 例
17	17	30	1150	5	2	12-8-10	放冷	40	918	18	
18	18	30	1200	5	2	8-12-12	放冷	35	529	15	
19	19	50	1280	4	2	8-10-10	水冷	20	1069	106	
20	20	30	1200	5	2	12-9-12	水冷	15	958	8	
21	21	30	1200	5	2	13-5-10	水冷	15	877	10	
22	22	30	1150	5	2	12-8-10	水冷	25	963	45	
23	23	30	1200	5	2	10-9-13	放冷	25	748	20	
24	24	30	1100	4	2	12-6-10	水冷	20	1018	14	
25	25	30	1150	5	2	8-10-10	水冷	25	983	10	
26	26	30	1100	5	2	7-10-10	水冷	25	1160	25	
27	27	6	1350	4	2	10-7-10	水冷	20	825	13	
28	28	6	850	4	2	12-8-11	水冷	20	843	69	
29	29	6	1200	2	2	12-7-10	水冷	15	813	48	
30	30	6	1200	4	1	12-8-6	水冷	20	852	30	

注) 下線部は本発明の範囲外であることを示す。

[0051] 板厚方向の引張試験による絞り値は、J I S G 3 1 9 9 に準拠して評価した。試験片形状はT y p e A試験片を用いた。 また、銅板表面から板厚の1 / 4の深さ位置（以下、1 / 4 t部という）から採取した丸棒引張試験

片により引張強さを、1／4 t 部から採取したシャルピー試験片を用いて 196℃におけるシャルピー吸収エネルギーを3本の平均値として評価した。

[0052] 本発明に合致する本発明例（試料N o. 1～14）は絞りが30％以上を満足することを確認した。一方、本発明の範囲を外れる比較例（試料N o. 15～30）は、引張強度、吸収エネルギーおよび絞りのいずれか一つ以上が本願の請求範囲外となっており、上述の目標性能を満足できない。

請求の範囲

[請求項1]

質量%で、

C : 0.20%以上0.70%以下、

Si : 0.05%以上1.0%以下、

Mn : 1.5%以上3.5%以下、

Al : 0.1%以下、

Cr : 8.0%以下、

N : 0.0010%以上0.0500%以下、

P : 0.03%以下および

S : 0.005%以下

を含有し、残部Feおよび不可避免の不純物の成分組成を有し、引張強度が600MPa以上かつ -196°C における吸収エネルギーが27J以上でさらに板厚方向の絞り値が30%以上である鋼板。

[請求項2]

前記成分組成は、さらに、質量%で、

Nb : 0.003%以上0.030%以下、

V : 0.01%以上0.10%以下、

Ti : 0.003%以上0.040%以下および

B : 0.0003%以上0.0100%以下

から選択される1種または2種以上を含有する請求項1に記載の鋼板。

[請求項3]

前記成分組成は、さらに、質量%で、

Cu : 0.01%以上0.70%以下、

Ni : 0.01%以上0.50%以下、

Sn : 0.01%以上0.30%以下、

Sb : 0.01%以上0.30%以下、

Mo : 0.05%以上2.0%以下および

W : 0.05%以上2.0%以下

から選択される1種または2種以上を含有する請求項1または2に記載

載の鋼板。

[請求項4]

前記成分組成は、さらに、質量%で、

C a : 0.0005%以上0.0050%以下、

M g : 0.0005%以上0.0100%以下および

R E M : 0.0010%以上0.0200%以下

から選択される1種または2種以上を含有する請求項1、2または3に記載の鋼板。

[請求項5]

請求項1から4のいずれかに記載の鋼板を製造する方法であって、鋼素材を1000℃以上1300℃以下に加熱したのち、熱間圧延を、圧下比：3以上、かつ最終3パスのうちの少なくとも2パスの圧下率が1パス当たり10%以上にて行う鋼板の製造方法。