

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4528137号  
(P4528137)

(45) 発行日 平成22年8月18日(2010.8.18)

(24) 登録日 平成22年6月11日(2010.6.11)

(51) Int.Cl.	F I
C 2 1 D 9/46 (2006.01)	C 2 1 D 9/46 G
C 2 2 C 38/00 (2006.01)	C 2 2 C 38/00 3 O 1 S
B 2 1 B 1/26 (2006.01)	B 2 1 B 1/26 D
B 2 1 B 3/00 (2006.01)	B 2 1 B 3/00 A
C 2 2 C 38/60 (2006.01)	C 2 2 C 38/60

請求項の数 4 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2005-6422 (P2005-6422)	(73) 特許権者	000006655 新日本製鐵株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
(22) 出願日	平成17年1月13日(2005.1.13)	(74) 代理人	100074790 弁理士 椎名 彊
(65) 公開番号	特開2005-298964 (P2005-298964A)	(74) 代理人	100097995 弁理士 松本 悦一
(43) 公開日	平成17年10月27日(2005.10.27)	(72) 発明者	藤田 展弘 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
審査請求日	平成19年9月5日(2007.9.5)	(72) 発明者	高橋 学 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
(31) 優先権主張番号	特願2004-79482 (P2004-79482)		
(32) 優先日	平成16年3月19日(2004.3.19)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 穴拡げ性に優れた高強度高延性薄鋼板の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

質量%で、

- C : 0 . 0 0 1 ~ 0 . 3 %、
- Si : 0 . 0 0 1 ~ 0 . 6 0 %、
- Mn : 0 . 0 1 ~ 3 %、
- Al : 0 . 0 0 1 ~ 4 . 0 %、
- Mo : 0 . 0 0 1 ~ 0 . 3 0 %、
- P : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 3 %、
- S : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 1 %、
- B : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 0 0 5 0 %、
- N : 0 . 0 0 0 1 ~ 0 . 0 0 7 0 %、
- O : 0 . 0 0 2 1 ~ 0 . 0 0 3 7 %、

を含有し、かつ、 $B / 11 + (Al / 27 - O / 16) - N / 14 > 0$  を満たし、残部 Fe および不可避的不純物からなる鋼の鑄造スラブを鑄造ままもしくは一旦冷却した後に  $1150 \sim 1250$  に再度加熱し、 $800 \sim 950$  で熱延を終了させた後平均冷速で  $5 \sim 200 / s$  にて  $550$  以下に冷却して、 $550$  以下で巻取った熱延鋼板を酸洗後冷延し、その後、 $Ac_1$  ( ) 以上  $Ac_3 + 50$  ( ) 以下の温度域で  $10$  秒 ~  $30$  分焼鈍した後に、 $0.1 \sim 2.0 / 秒$  の平均冷却速度で  $750 \sim 600$  の温度域まで冷却し、引き続き  $2.0 \sim 20.0 / 秒$  の平均冷却速度で  $450 \sim 250$  の温度まで冷却したの

ちその温度域で100秒超3000秒未満保持した後、室温まで冷却することを特徴とする穴拡げ性に優れた高強度高延性薄鋼板の製造方法。

【請求項2】

鋼が、さらに質量%で、Nb、Ti、V、Zr、Hf、Taの1種または2種以上を合計で0.001~0.50%含有することを特徴とする請求項1に記載の穴拡げ性に優れた高強度高延性薄鋼板の製造方法。

【請求項3】

鋼が、さらに質量%で、Cr、Ni、Cu、Co、Wの1種または2種以上を合計で0.001~5%含有することを特徴とする請求項1または2項に記載の穴拡げ性に優れた高強度高延性薄鋼板の製造方法。

10

【請求項4】

鋼が、さらに質量%で、Y、Rem、Ca、Mgの1種または2種以上を合計で0.001~0.5%含有することを特徴とする請求項1~3のいずれか1項に記載の穴拡げ性に優れた高強度高延性薄鋼板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、建材、家電製品、自動車などに適する穴拡げ性および延性に優れ、引張強度が850MPa以上の高強度薄鋼板の製造方法に関する。

【背景技術】

20

【0002】

近年、特に自動車車体において燃費向上や耐久性向上の観点をもとにした加工性の良い高強度鋼板の需要が高まっている。加えて、衝突安全性やキャビンスペースの拡大のニーズからこれら部材用鋼板の高強度化が望まれている。実際、自動車の衝突安全に関しては規制がN-CAPに代表される如く年々厳しくなっている。この様な背景から、これまで780MPa級の高強度鋼板を使用する動きが活発であった。

【0003】

しかし、更なる規制の厳化に耐え得るには高強度引張り強度にして980MPa級クラスの鋼板が、特に側面衝突対応としてシート部材や一部レインフォースなどの部材には必要と考えられる。このような高強度材を用いて部材を組みあげる時には延性、曲げ性、穴拡げ性および衝突時のエネルギー吸収性などが、大きな問題となるため、これらに対する対策が必要となる。

30

【0004】

穴拡げ性と延性とは相反する特性であるものの個々の特性向上については、以下のような対策が各々講じられている。たとえば、穴拡げ性については、CAMP-ISIJ vol.13(2000)p.391(非特許文献1)にあるように、主相をマルテンサイトとしてその体積率を増加させる事で980MPa以上の引張り強度での穴拡げ性向上が可能である事が開示されている。

【0005】

しかし、マルテンサイトが主相である事から延性が低く、穴拡げと延性を両立させるために、Si添加としている。ここでSi添加量も1%を超えることから、冷延鋼板では使用時に必要な化成・電着塗装性は明かに劣化する。さらには、熱処理として水焼入れが必要なことから、水焼き入れしない熱処理パターンに比べて板形状が悪くなる事は避けられない。

40

【0006】

また、CAMP-ISIJ vol.13(2000)p.395(非特許文献2)にあるように、主相をベイナイトとして穴拡げ性を向上させ、さらには張り出し性形成性についても、第2相に残留オーステナイトを生成させることで現行の残留オーステナイト鋼並の張り出し性を示すことが開示されている。さらには、Ms温度以下でオーステンパ処理をすることで面積率2~3%の残留オーステナイトを生成させると、引張り強度×穴拡

50

率が最大となることも示されている。しかし、鋼板としての延性についての言及は無く、さらには、これらについても1%を超えるSi添加であることから化成・電着塗装性劣化の問題が残る。

【0007】

【非特許文献1】CAMP - ISI J vol. 13 (2000) p. 391

【非特許文献2】CAMP - ISI J vol. 13 (2000) p. 395

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明は、上記課題を解決し、引張り強度が850MPa以上で主には980MPa級の高強度鋼板の穴抜け性および延性を同時に改善した高強度薄鋼板の製造方法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】

【0009】

本発明者らは、種々検討を行った結果、引張り強度を850MPa以上で主には980MPa級以上の領域で穴抜け性および延性を同時に改善する手法として、鋼板成分およびミクロ組織構成を規定することで、850MPa以上の高強度を保ちつつ穴抜け性および延性を確保できることを見出した。

本発明は、上記知見に基づいて完成されたもので、その要旨とするところは以下の通りである。

【0010】

(1) 質量%で、C:0.001~0.3%、Si:0.001~0.60%、Mn:0.01~3%、Al:0.001~4.0%、Mo:0.001~0.30%、P:0.0001~0.3%、S:0.0001~0.1%、B:0.0001~0.0050%、N:0.0001~0.0070%、O:0.0021~0.0037%を含有し、かつ、 $B/11 + (Al/27 - O/16) - N/14 > 0$ を満たし、残部Feおよび不可避免的不純物からなる鋼の鑄造スラブを鑄造まもしくは一旦冷却した後に1150~1250に再度加熱し、800~950で熱延を終了させた後平均冷速で5~200/sにて550以下に冷却して、550以下で巻取った熱延鋼板を酸洗後冷延し、その後、 $Ac_1$  ( ) 以上 $Ac_3 + 50$  ( ) 以下の温度域で10秒~30分焼鈍した後に、0.1~2.0 / 秒の平均冷却速度で750~600の温度域まで冷却し、引き続き2.0~20.0 / 秒の平均冷却速度で450~250の温度まで冷却したのちその温度域で100秒超3000秒未満保持した後、室温まで冷却することを特徴とする穴抜け性に優れた高強度高延性薄鋼板の製造方法。

【0012】

(2) 鋼が、さらに質量%で、Nb、Ti、V、Zr、Hf、Taの1種または2種以上を合計で0.001~0.50%含有することを特徴とする前記(1)に記載の穴抜け性に優れた高強度高延性薄鋼板の製造方法。

【0013】

(3) 鋼が、さらに質量%で、Cr、Ni、Cu、Co、Wの1種または2種以上を合計で0.001~5%含有することを特徴とする前記(1)または(2)項に記載の穴抜け性に優れた高強度高延性薄鋼板の製造方法。

(4) 鋼が、さらに質量%で、Y、Rem、Ca、Mgの1種または2種以上を合計で0.0001~0.5%含有することを特徴とする前記(1)~(3)のいずれか1項に記載の穴抜け性に優れた高強度高延性薄鋼板の製造方法にある。

【発明の効果】

【0016】

本発明の高強度薄鋼板は穴抜けおよび延性が共に良好であり、自動車骨格やその補強部材を初めとして建材、家電製品等の用途に極めて有効である。

【発明を実施するための最良の形態】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 7 】

以下、本発明を詳細に説明する。

発明者らは、各合金元素を添加した鋼塊を溶製し、鑄造まま又は一旦冷却した後に再度加熱し、熱延後巻取った熱延鋼板を酸洗後冷延し、その後焼鈍し、冷延焼鈍板を作成した。その鋼板について、ミクロ組織観察、鉄鋼連盟規定の穴拡げ試験、JISに準拠した引張り試験を行い、各特性を比較評価した。その結果、最終的に得られるミクロ組織制御により850MPa以上の引張り強度を得、穴拡げ性および延性に優れた高強度鋼板が製造可能なことを見出した。

## 【 0 0 1 8 】

鋼板の好ましいミクロ組織について述べる。

穴拡げ性を十分に確保するためには一般的には主組織をベイナイト相（ベイナイトともいう）またはベイニティックフェライトまたはマルテンサイト単相とするのが有効である。しかし、このような硬質相を増やすと延性が劣化してしまう。一方、比較的軟質のフェライト相（フェライトともいう）を増やすと延性は向上する傾向にあるものの強度確保や穴拡げ性確保には適さない。したがって、これらの各ミクロ組織を化成・電着性を劣化させず、加えて連続焼鈍工程で水焼入れなどの板形状悪化が懸念されるような処理無しに上手くバランスさせる事が強度 - 穴拡げ性 - 延性を十分なレベルに確保するには重要である。

## 【 0 0 1 9 】

すなわち、各ミクロ組織の占積率を、体積分率で軟質のフェライト相を20%以上、ベイナイト相を10%以上、マルテンサイト相（マルテンサイトともいう）を5%以上、残留オーステナイト相（残留オーステナイトともいう）を5%以下とする事で、良好な材質が得られる。フェライトとマルテンサイトのバランスで強度 - 延性を、ベイナイトとマルテンサイトのバランスで強度 - 穴拡げ性を確保するものである。ここで、残留オーステナイトは延性確保には効力があるが、穴拡げ向上には効果が小さく、むしろ劣化させる傾向にある事から、3%未満である事が望ましい。0%であることが最も好ましい。

## 【 0 0 2 0 】

例えば、引張強度で980~1180MPa級の強度を確保しつつ、良好な穴拡げ - 延性バランスを得るためには、フェライトを20~70%、ベイナイトを20~60%、マルテンサイトを5~20%、残留オーステナイトを3%未満とすることが望ましい。

さらに、主相である軟質のフェライトの体積分率が比較的高いことは延性向上に、細粒である事は強度 - 穴拡げ性バランス向上に有効である。このため、フェライトの平均粒径の上限を3 $\mu$ mとした。また、上記の他にミクロ組織の残部組織として、炭化物、窒化物、硫化物、酸化物などの1又は2種以上を体積分率で1%以下含有する場合も本発明に含まれる。

## 【 0 0 2 1 】

なお、上記ミクロ組織の各相、フェライト、ベイナイト、オーステナイト、マルテンサイト、界面酸化相および残部組織の同定、存在位置の観察および占積率の測定は、ナイトール試薬および特開昭59-219473号公報に開示された試薬により鋼板圧延方向断面または圧延直角方向断面を腐食して500倍~1000倍の光学顕微鏡観察および1000~100000倍の電子顕微鏡（走査型および透過型）により定量化が可能である。各20視野以上の観察を行い、ポイントカウント法や画像解析により各組織の占積率および主相の平均粒径を求めることができる。また、フォーマスタなどによる膨張・収縮曲線から各相変態挙動調査から各ミクロ組織の占積率を求める事も出来る。なお、ミクロ組織の各相の合計は100%となるが、炭化物、酸化物、硫化物等の光学顕微鏡や膨張曲線では観察・同定ができない相については主相の面積率に含めている。

## 【 0 0 2 2 】

次に、本発明における鋼板成分の好適な範囲の限定理由について述べる。

Cは、良好な材質バランスを確保するために重要な添加元素である。フェライト、ベイナイトおよびマルテンサイトの分率制御に最も重要な添加元素である。強度確保のために

10

20

30

40

50

0.001%以上の添加とし、980MPa以上を狙う場合には0.1%以上の添加が望ましい。一方、添加量が増加すると穴抜け性の劣化を招くため0.3%以下とした。980~1180MPa級の強度レベルでの穴抜け性および延性の良好なバランスを得ることや溶接性劣化を極力避けるためには0.15%以下が望ましい。好ましくは、C:0.05~0.15%とすることにより良好な延性-穴抜け性バランスが得られる。

#### 【0023】

Siは、化成・電着性を劣化させるため低い事が望ましい。一方、強化因子であることから0.01~0.6%とした。しかしながら、精錬能力や原料組成などを考慮すると、0.03%未満にすることは大幅なコストアップにつながる懸念がある。また、化成・電着性と特に考慮する場合には0.1%以下である事が望ましい。また、特に比較的多量のAlとの複合添加では、溶接品質確保点から、0.001~0.1%とすることが望ましい。

10

#### 【0024】

Mnは、高強度化の目的で添加する。また、強度低下と材質劣化の1つの原因である炭化物析出やパーライト生成を抑制する目的で添加する。これらのことから、0.01質量%以上とした。一方では、穴抜け性向上に寄与するベイナイト変態を遅滞させることから3質量%を上限とした。好ましくは、Mn:1.5~3.0%とすることにより良好な強度-穴抜け性バランスが得られる。

#### 【0025】

Alは、脱酸元素に加えて、フェライトおよびベイナイトの制御の目的で添加する。フェライト促進による延性向上やベイナイト促進による穴抜け性の向上に効果的である。このため、0.001質量%以上の添加とした。一方、過剰添加はフェライトの過剰促進に伴うベイナイト分率の低下やマルテンサイトの過剰化を招き、穴抜け性劣化を伴うだけでなく溶接性も損なうため4%を上限とした。また、特に980~1180MPa級の強度レベルにおいて延性・穴抜け性の良好なバランスを得るためには、0.20%以上1.5%以下の添加が望ましい。また、特に高延性を得るためには0.75%以上の添加が望ましい。

20

#### 【0026】

Moは、強度延性バランスを劣化させる炭化物やパーライトの生成を抑制する目的で添加する元素で、0.001%以上とした。また、過剰添加は、フェライトやベイナイト生成を遅延させて延性劣化を招くことから、1.0%とした。特に、連続焼鈍工程でのパーライトや炭化物析出を極力抑制するためには0.05%以上の添加が望ましく、特に980~1180MPa級の強度レベルにおいて延性・穴抜け性の良好なバランスを得るためには0.30%以下の添加が望ましい。一方、700~400までの冷却速度が50/s以上の場合には低めの添加(0.15%以下)でもかまわない。また、特に良好な穴抜け-延性バランスを得るためには0.01%以上、好ましくは0.1%以上、0.3%以下の範囲が望ましい。

30

#### 【0027】

Pは、強化元素であり極低化は経済的にも不利であることから0.001質量%、好ましくは0.0001質量%を下限とした。また、多量添加では、溶接性や鑄造時や熱延時の製造性に悪影響を及ぼすため、0.3%、好ましくは0.1%を上限とした。更に好ましくは0.03%以下が望ましい。

40

Sは、極低化は経済的に不利であることから、0.001質量%、好ましくは0.0001質量%を下限とし、また、0.1質量%、好ましくは0.05%を上限としたのは、これを超える量の添加では、溶接性や鑄造時や熱延時の製造性に悪影響を及ぼすためである。

#### 【0028】

Bもまた、穴抜け性および延性のバランスを良好に保つ上で必要添加元素である。Bは、0.0001質量%以上の添加で粒界の強化や鋼材の高強度化、穴抜け性および延性のバランスを良好に有効ではある。しかし、その添加量が0.0050質量%を超えるとそ

50

の効果が飽和するばかりでなく、加工性が低下するため、これを上限とした。

Nは、Bの添加効果を発揮させる上で好ましい元素ではない。したがって、0.0070%以下の添加とし、極低化は経済的に不利であることから、0.0001質量%を下限とした。

【0029】

Tiは、微細な炭化物、窒化物または炭窒化物を形成して、鋼板の強化に有効である。また、Bとの複合添加により硬質フェライトを形成させるために特に有効であることから、0.001質量%以上の添加とした。また、Bとの複合添加の場合には、0.01%以上の添加が硬質フェライト形成には望ましい。一方で、過剰添加は、延性や熱間加工性を劣化させることから、上限として0.5質量%とした。また、特に良好な穴広げ - 延性バランスを得るためには0.005%以上0.020%以下の範囲が望ましい。

10

【0030】

Nbは、微細な炭化物、窒化物または炭窒化物を形成または固溶状にて、鋼板の強化に有効である。また、硬質フェライトを形成させるためには重要な添加元素であり、0.001質量%以上の添加とし、0.01%以上の添加が硬質フェライト形成には望ましい。

一方で、過剰添加は、延性や熱間加工性を劣化させることから、上限として0.5質量%とした。また、特に良好な穴広げ - 延性バランスを得るためには0.005%以上0.020%以下の範囲が望ましい。

【0031】

前述に加えて、Bは、熱延板組織の微細均一化を促し、結果として焼鈍後の穴広げの向上に有効な元素である。このため、0.0001%以上の添加とした。また、この効果は、Tiとの複合添加時に特に効果的である。一方、過剰添加は延性劣化を招くことから上限を0.0050%とした。また、特に良好な穴広げ - 延性バランスを得るためには0.0003%以上0.0020%以下の範囲が望ましい。

20

Crは、硬質フェライトの形成および炭化物微細化を促すため、穴広げ性を向上させるのに有効な添加元素であるため、0.01%以上の添加とした。また、過剰添加は延性低下を招くため上限を5%とした。また、特に良好な穴広げ - 延性バランスを得るためには0.1%以上0.8%以下の範囲が望ましい。

【0032】

B、Al、OおよびNの関係：上述の様にB添加は本発明の重要な項目であり、この効果を十分発揮させるためには、BをNとなるべく結合させない事が効果的である。したがって、Bよりも強い窒化物生成元素としてOと結合していないAl量およびB添加量との和がN量よりも大きいことがBの効果を発揮させ材質バランス向上を図るためには重要であることから $B / 11 + (Al / 27 - O / 16) - N / 14 > 0$ である事が望ましく、さらに、同式が0.02以上の値であるとより良好な穴広げ - 延性バランスが得られる。

30

【0033】

さらに、本発明が対象とする鋼は、強度のさらなる向上や組織の微細化を目的として強炭化物形成元素であるNb、Ti、V、Zr、Hf、Taの1種または2種を含有できる。これらの元素は、微細な炭化物、窒化物または炭窒化物を形成して、鋼板の強化にとって極めて有効であるため、必要に応じて1種または2種以上を合計で0.001質量%以上の添加とした。一方で、延性劣化や残留オーステナイト中へのCの濃化を阻害することから、1種または2種以上の合計添加量の上限として0.50質量%とした。また、この中でもBよりも強窒化物形成元素であるNb、Ti、Zr、Hf、TaはB添加効果の活用についても有効であり、経済性を考慮しつつ添加することは望ましい。

40

【0034】

さらに、本発明が対象とする鋼は、強度のさらなる向上を目的としてCr、Ni、Cu、Co、Wの1種または2種以上を含有できる。

Crは、強化目的および炭化物生成の抑制とベイナイトおよびベイニティックフェライト生成の目的から添加する元素で、0.001%以上の添加で効果を発現し、Cr、Ni

50

、Cu、Co、Wの1種または2種以上の合計で5%を超える量の添加では、加工性に悪影響を及ぼすため、これを上限とした。

【0035】

Niは、焼き入れ性の向上による強化目的で0.001質量%以上の添加で効果を発現し、Cr、Ni、Cu、Co、Wの1種または2種以上の合計で5質量%を超える量の添加では、加工性、特にマルテンサイトの硬度上昇寄与して悪影響を及ぼすため、これを上限とした。

Cuは、強化目的で0.01質量%以上の添加で効果を発現し、Cr、Ni、Cu、Co、Wの1種または2種以上の合計で5質量%を超える量の添加では、加工性および製造性に悪影響を及ぼす。

10

【0036】

Coは、ベイナイト変態制御による強度延性バランスの向上のため、0.001質量%以上の添加で効果を発現する。一方、高価な元素であるため多量添加は経済性を損なうため、Cr、Ni、Cu、Co、Wの1種または2種以上の合計で5質量%以下にすることが望ましい。

Wは、0.001質量%以上の添加で強化効果が現れ、Cr、Ni、Cu、Co、Wの1種または2種以上の合計で5質量%を超える量の添加では、加工性に悪影響を及ぼす。

【0037】

Y、Rem (Rare Earth Metal) の略でLaから始まるランタノイド系の元素を示す。工業的にミッシュメタルの形で添加されることがおおく、この場合には中でもLaおよびCeの含有が主体となる)、Ca、Mgは、適量添加により介在物の形態制御、特に微細分散化の観点から、Y、Rem、Ca、Mgの1種又は2種以上の合計で0.0001%以上とし、一方で過剰添加は铸造性や熱間加工性などの製造性および鋼板製品の延性を低下させるためY、Rem、Ca、Mgの1種又は2種以上の合計で0.5質量%を上限とした。また、この中でもBよりも強窒化物形成元素であるLaやCeはB添加効果の活用についても有効であり、製造性を考慮しつつ添加することは望ましい。不可避的不純物として、例えばSnなどがあるがこれら元素を0.02質量%以下の範囲で含有しても本発明の効果を損なうものではない。

20

【0038】

このような組織を有する穴広げ性に優れた高強度高延性薄鋼板の製造方法について以下に説明する。

熱延後冷延・焼鈍して本発明の鋼板を製造する場合には、所定の成分に調整されたスラブを铸造まもしくは一旦冷却した後再加熱して熱延を行う。このときの再加熱温度は1150以上1250以下とすることが望ましい。再加熱温度が高温になると粗粒化や厚い酸化スケールが形成され、一方、低温加熱では圧延抵抗が高くなってしまふ。また熱延後は、高圧デスケリング装置や酸洗することなどで表面スケール削除を行うと製品での表面清浄がよくなり、めっき性に有利な傾向にある。

30

【0039】

また、延性および穴広げ性の両立には熱延からの組織制御が重要で、熱延板組織を均一かつ微細にすることが連続溶融亜鉛めっき鋼板での延性および穴広げ性向上に大きな寄与を及ぼすことから熱延の仕上げ温度は800~950とし、さらに良好な材質を得るためには850~970とした。仕上げ温度が970、好ましくは950を超えると、組織の粗大化や冷却中の変態制御性が難しくなるなどの問題が懸念される。

40

一方、800未満、好ましくは850未満では、2相域圧延になる懸念があり、狙いゲージ厚み精度の確保が困難となる場合がある。

【0040】

その後の冷却は、パーライト変態を抑制する目的で、平均冷速として5/s以上とする。一方、速冷側は特別な冷却装置無しで可能な範囲として200/s以下とした。冷却停止は、ベイナイト生成温度域までとして、550以下とした。その後は、ベイナイ

50

トまたはマルテンサイト生成による熱延組織の均質化を図る目的で、550 以下に巻き取る事とした。この熱延板の均質化はBの添加効果と同様に穴広げ性および延性の同じ確保に特に重要である。

【0041】

一方では、冷延時の反力増加の問題からなるべく高温側で巻き取る事が望ましく、500 ~ 400 での巻取りが望ましい。良好な延性と孔広げ性を得るためには、仕上げ後の冷速を10 ~ 100 /sとして550 以下の温度域にまで冷却して550 以下で巻き取ることで、層状パータイト組織の形成を抑制することが望ましい。その後、冷延は、最終板厚と冷延荷重の関係から設定される全圧下率は、40%以上であれば再結晶・変態制御の点から十分で、最終的な鋼板の特性を劣化させない。

10

【0042】

また、連続焼鈍工程の条件については、焼鈍温度が鋼の化学成分によって決まる温度  $A_{c1}$  及び  $A_{c3}$  温度 (例えば「鉄鋼材料学」: W. C. Leslie 著、幸田成康監訳、丸善 P273) で、表現される  $A_{c1}$  ( ) 未満の場合には、焼鈍温度で得られるオーステナイト量が少なく、最終的な鋼板中にベイナイトやマルテンサイトを残すことができない。このため、これを焼鈍温度の下限とした。また、焼鈍温度が  $A_{c3} + 50$  ( ) を超えると組織の粗大化や製造コストの上昇を招くために、焼鈍温度の上限を  $A_{c3} + 50$  ( ) とした。この温度での焼鈍時間は鋼板の温度均一化と再結晶やオーステナイト化の確保のために10秒以上が必要である。しかし、30分超では、効果が飽和するばかりでなくコストの上昇や組織の粗大化を招くのでこれを上限とした。

20

【0043】

また、良好な組織分率を得るためには、 $0.1 \times (A_{c1} - A_{c3}) + A_{c1} \sim 0.8 \times (A_{c1} - A_{c3}) + A_{c1}$  の温度域での焼鈍が望ましい。また、穴広げ性・延性のバランスをより良好にするためには  $0.2 \times (A_{c3} - A_{c1}) + A_{c1}$  ( )  $\sim 0.5 \times (A_{c3} - A_{c1}) + A_{c1}$  ( ) の温度域で60 ~ 200 Sの範囲で焼鈍することが望ましい。

【0044】

その後の一次冷却はオーステナイトからフェライト、ベイナイトおよびマルテンサイトへの変態を制御して、最適な組織分率を得るのに重要である。焼鈍に続く一次冷却速度を平均で0.1 /秒未満にすることは、必要な生産ライン長を長くしたり、生産速度を極めて遅くするといった製造上のデメリットを生じるうえ冷却中に過剰にフェライトが生成したりパーライトが生成を促進する結果となるために、この冷却速度の下限を0.1 /秒とした。一方、この一次冷却速度が20 /秒超の場合にはフェライト変態が十分に起こらず、硬質相が過剰になることから、これを上限とした。

30

【0045】

一次冷却の停止温度については、600 未満であると過剰にフェライトが生成したりパーライトが生成を促進するため600 以上とし、750 を超えると逆にフェライトが十分に制御・確保できないため、適正な一次冷却停止温度範囲として750 ~ 600 とした。フェライト制御や生産ライン長の観点から一次冷却は、3 ~ 10 /sで700 ~ 650 の停止とすることが望ましい。これに続く二次冷却であるが、平均で20 /秒未満であるとパーライト生成の懸念があること、200 /秒超にすることは、パーライト抑制効果が飽和する事に加えて板形状悪化抑制および操業上困難であることから、20 ~ 200 /sとした。

40

【0046】

さらには、オーステナイト相からフェライト相への変態をある程度抑しつつ、ベイナイトまたはベイニティックフェライト生成またはマルテンサイトの生成させるために、この冷却速度を0.1 /秒未満にすることは、フェライトやパーライトの生成を促進して強度低下を招く懸念があることから、冷却速度の下限を0.1 /秒とすることが好ましい。一方、冷却速度が100 /秒超の場合には最終的な鋼板中のマルテンサイト相などの硬質相が多量になってしまうことや、操業上困難なため、これを上限とすることが好ましい。また、冷却時には、少量のフェライト量をコントロールする目的で、焼鈍後一旦60

50

0 ~ 750 の温度域まで穏冷したのちパーライトや炭化物析出を避けるため急冷する2段の冷却パターンを取ってもよい。

【0047】

二次冷却の停止温度は250未満であるとマルテンサイト量過剰や板形状が悪化の懸念があることから250を下限とした。また、450を超えると、ベイナイト変態の制御性や炭化物析出の懸念があり、450を上限とした。ベイナイト変態や既に生成したマルテンサイトの焼戻しによる硬度調整から、二次冷却停止以降に250~450の温度域で100~3000秒の保持を行う。100秒未満であると十分にベイナイト変態が生じず3000秒を超えると炭化物析出による穴抜けおよび延性の低下が懸念される。

10

【0048】

この二次冷却およびその後の保持をふくむ処理は、主にベイナイト変態の制御と大量の炭化物生成(パーライト組織を含む)の抑制が目的であり、二次平均冷速で30~150/s、停止温度で270~400、保持時間で200~600秒が望ましい条件である。また、冷却の時に、400を超える温度域で穏冷されたり比較的長い時間停留されると、穴広げ性には有効な傾向にあるものの強度低下や延性低下をまねく懸念があることから平均冷速を確保しつつ400以下の温度域まで冷却・停留することが好ましい。

【0049】

一方、冷却停止温度の下限については、操業上、板形状の問題に加え、強度が上昇して結果として延性低下を招くため、250以上での停留が望ましい。また、特に延性を重視する場合には、冷却停止および停留は350以下の温度域が望ましい。

20

この停留時間としては、長時間になると生産性上好ましくないうえ、炭化物が生成してしまうことから1000秒以内とすることが望ましい。また、穴広げ性-延性のバランスをより良好にするためには200~450秒の停留が望ましい。

【実施例】

【0050】

(実施例1)

以下、実施例によって本発明をさらに詳細に説明する。

表1に示すような組成の鋼板を、1180~1250に加熱し、800~950で熱延を完了し、冷却後巻き取って、酸洗後、冷延して1.2mm厚とした。

30

その後、各鋼の成分(質量%)から下記式にしたがって $A_{c1}$ と $A_{c3}$ 変態温度を計算により求めた。

$$A_{c1} = 723 - 10.7 \times \text{Mn} \% - 16.9 \times \text{Ni} \% + 29.1 \times \text{Si} \% + 16.9 \times \text{Cr} \%$$

$$A_{c3} = 910 - 203 \times (\text{C} \%) \times 1/2 - 15.2 \times \text{Ni} \% + 44.7 \times \text{Si} \% + 104 \times \text{V} \% + 31.5 \times \text{Mo} \% - 30 \times \text{Mn} \% - 11 \times \text{Cr} \% - 20 \times \text{Cu} \% + 700 \times \text{P} \% + 400 \times \text{Al} \% + 400 \times \text{Ti} \%$$

【0051】

10

20

30

40

50

表 1

鋼種	化 学 成 分																	備考		
	C	Si	Mn	Al	P	S	Mo	B	N	O	Nb	Ti	V	Zr	Hf	Ta	その他		B/11+(Al/27-0/28)-N/14	A <sub>c1</sub>
A	0.12	0.04	2.22	0.778	0.007	0.004	0.19	0.0005	0.0034	0.0021								0.028	700.41	1096.952
B	0.11	0.6	2.01	0.350	0.015	0.007	0.17	0.0012	0.0034	0.0029								0.013	718.953	965.0475
C	0.11	0.05	2.19	0.770	0.004	0.005	0.27	0.0007	0.0042	0.0031	0.012							0.028	701.022	1098.513
D	0.10	0.51	1.98	0.480	0.010	0.008	0.25	0.0002	0.0036	0.0025	0.009							0.017	716.655	1008.078
E	0.11	0.05	2.58	0.870	0.006	0.004	0.22	0.0006	0.0042	0.0021		0.031						0.032	696.849	1139.038
F	0.10	0.48	2.28	0.420	0.010	0.006	0.21	0.0005	0.004	0.0022		0.031						0.015	712.572	992.8788
G	0.15	0.06	2.68	0.950	0.006	0.004	0.28	0.0006	0.0034	0.0036	0.011	0.021						0.035	696.07	1155.08
H	0.15	0.52	2.35	0.890	0.012	0.002	0.19	0.0008	0.0042	0.0021	0.009	0.009						0.033	712.987	1158.107
I	0.12	0.51	2.05	0.790	0.011	0.004	0.12	0.0004	0.0042	0.0026				0.01	0.02	0.02		0.029	715.906	1128.456
J	0.18	0.06	2.87	1.230	0.007	0.005	0.16	0.0009	0.0039	0.003	0.02	0.015	0.05					0.045	694.037	1253.586
K	0.11	0.05	2.24	0.650	0.006	0.008	0.15	0.0010	0.0042	0.0032								0.024	704.881	1043.773
L	0.12	0.04	2.01	0.760	0.007	0.005	0.13	0.0016	0.0035	0.0033	0.011							0.028	692.01	1076.186
M	0.11	0.56	2.65	0.280	0.006	0.003	0.06	0.0004	0.0046	0.0037			0.21	0.02	0.03	0.04	Co:0.05, W:0.21, Y:0.021, Ca:0.0023	0.010	710.941	928.1345
CA	0.12	1.16	2.09	0.015	0.007	0.003	0.13	<0.0001	0.0054	0.0045	0.011	0.013						-0.0001141	734.393	849.0257
CB	0.11	0.06	2.25	0.016	0.016	0.007	0.26	0.003	0.0029	0.0049		0.75						7.91997E-0.5	700.671	1103.645
CC	0.15	0.02	1.82	0.560	0.010	0.004	1.56	0.0025	0.0042	0.0023								Cr:5.8, Ni:3.5	742.978	940.8124

注) アンダーラインは本発明の範囲外の条件

【表 1】

これらのAc<sub>1</sub>およびAc<sub>3</sub>変態温度から計算される焼鈍温度に5% H<sub>2</sub> - N<sub>2</sub>雰囲気中で昇温・保定したのち、0.1~100 /秒の冷却速度範囲で250~450 の温度域で保持処理を行った。これらの鋼板からJIS 5号引張り試験片を採取して、機械的性質を測定した。さらに、鉄鋼連盟規格に準拠して穴拡げ試験を行い、穴拡げ率を求めた。表2~表3より、本発明鋼は、すべて850MPa以上の引張り強度を有し、低Si含有でも穴拡げ・伸びバランスにも優れる。一方、本発明の範囲を満たさない比較例は、いずれも強度・穴拡げ・伸びバランスに劣る。また、本発明の請求項の範囲で製造した鋼板はミクロ組織も上述した組織になっており強度・穴拡げ・伸びバランスに優れている。

【0053】

【表2】

10

注1：フェライトは本発明の範囲外の条件  
注2：\*は各層の体積分率の合計100%となるが、炭化物、窒化物、硫化物および酸化物等の光学顕微鏡レベルでは観察同定困難な相については主相の体積分率に加えた

鋼種	処理番号	主相の種類*	フェライトの占積分率 (%)	ベイナイトの占積分率 (%)	マルテンサイトの占積分率 (%)	オーステナイトの占積分率 (%)	パーライト又は鉄系炭化物の占積分率 (%)	フェライトの平均粒径 (μm)	引張り強度 : TS (MPa)	穴拡げ率 : λ (%)	破断伸び : E1 (%)	鋼種	備考
A	1	フェライト	55	28	16	1	0	6.0	1020	50	16	A	発明鋼
A	2	フェライト	62	20	17	1	0	6.5	1070	45	16	A	発明鋼
A	3	フェライト	80	0	0	0	20	19.0	740	20	20	A	比較鋼
B	1	フェライト	68	16	15	1	0	7.0	1130	55	15	B	発明鋼
B	2	フェライト	73	13	12	2	0	7.5	1220	45	15	B	発明鋼
B	3	フェライト	78	0	0	0	22	11.0	770	25	19	B	比較鋼
C	1	フェライト	64	18	16	2	0	6.0	1035	50	16	C	発明鋼
C	2	フェライト	55	25	19	1	0	5.5	1085	45	15	C	発明鋼
D	1	フェライト	62	20	15	2	0	8.0	1080	50	15	D	発明鋼
E	1	フェライト	55	23	20	2	0	5.8	1100	50	16	E	発明鋼
E	2	フェライト	54	29	4	13	0	5.3	985	20	24	E	比較鋼
E	3	フェライト	64	8	28	0	0	6.0	1250	20	12	E	比較鋼
F	1	フェライト	61	23	15	1	0	6.3	1150	50	15	F	発明鋼
G	1	フェライト	52	26	18.5	3.5	0	4.6	1250	35	14	G	発明鋼
H	1	フェライト	55	24	19.5	1.5	0	4.8	1290	40	12	H	発明鋼
I	1	フェライト	72	20	6	2	0	7.2	980	45	16	I	発明鋼
J	1	フェライト	33.5	31.5	30.5	4.5	0	4.2	1370	40	12	J	発明鋼
K	1	フェライト	58	26	14	2	0	6.2	1085	55	14	K	発明鋼
L	1	フェライト	53	25	19.5	2.5	0	5.9	1120	45	16	L	発明鋼
M	1	フェライト	52	19	27.5	1.5	0	5.1	1130	40	14	M	発明鋼
CA	1	フェライト	75	12	13	0	0	5.7	1075	20	16	CA	比較鋼
CB	1	熱延時に割れ	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	測定不可	CB	比較鋼
CC	1	マルテンサイト	0	0	100	0	0	測定不可	1195	45	5	CC	比較鋼

表 2

20

30

40

50

10 20 30 40 50

表 3

鋼種	処理番号*	主相の種類	AC <sub>1</sub> °C	AC <sub>3</sub> °C	AC <sub>3</sub> +50 °C	0.1(AC <sub>3</sub> -AC <sub>1</sub> )+AC <sub>1</sub> (°C)	0.8(AC <sub>3</sub> -AC <sub>1</sub> )+AC <sub>1</sub> (°C)	熱延加工熱延温度 (°C)	熱延仕上げ熱延温度 (°C)	仕上げから巻取りまでの平均冷却速度 (°C/s)	巻き取り温度 (°C)	焼純温度 (°C)	焼純時間の保持時間 (s)	一次平均冷却速度 (°C/s)	一次冷却停止温度 (°C/s)	二次平均冷却速度 (°C/s)	二次冷却停止速度 (°C/s)	保持温度×保持時間 (°C×s)	引張り強度: T <sub>S</sub> (Mpa)	穴加工率: λ (%)	破断伸び: E <sub>1</sub> (%)
A	1	フェライト	700	1097	1147	740.064	1017.643	1200	880	25	470	830	90	5	680	80	320	300×400	1020	50	16
	2	フェライト	700	1097	1147	740.064	1017.643	1200	880	25	470	800	90	5	680	70	320	300×400	1070	45	16
	3	フェライト	700	1097	1147	740.064	1017.643	1200	880	25	470	830	90	0.01	650	0.1	600	600×1800	740	20	20
B	1	フェライト	719	965	1015	743.562	915.8286	1190	880	30	450	840	60	3	690	100	350	325×450	1130	55	15
	2	フェライト	719	965	1015	743.562	915.8286	1190	880	30	450	820	60	3	690	100	350	325×450	1220	45	15
	3	フェライト	719	965	1015	743.562	915.8286	1190	880	30	450	850	2000	3	620	1	550	530×3600	770	25	19
C	1	フェライト	701	1099	1149	740.771	1019.014	1220	900	25	450	830	90	5	650	65	300	300×300	1035	50	16
	2	フェライト	701	1099	1149	740.771	1019.014	1220	900	25	500	800	120	5	680	85	300	300×300	1085	45	15
	3	フェライト	701	1099	1149	740.771	1019.014	1220	900	25	450	810	90	5	680	90	325	325×600	1080	50	15
D	1	フェライト	717	1008	1058	745.797	949.7932	1220	860	30	450	825	90	5	670	100	300	300×300	1100	50	16
	2	フェライト	717	1008	1058	745.797	949.7932	1220	860	30	450	825	90	5	670	100	300	300×300	985	20	24
	3	フェライト	717	1008	1058	745.797	949.7932	1220	860	30	450	790	120	5	650	80	460	460×20	1250	20	12
E	1	フェライト	697	1139	1189	741.068	1050.6	1220	820	6	650	770	30	4	650	100	420	420×500	985	20	24
	2	フェライト	697	1139	1189	741.068	1050.6	1220	820	6	650	770	30	4	650	100	420	420×500	985	20	24
	3	フェライト	697	1139	1189	741.068	1050.6	1220	880	20	480	790	120	5	650	80	460	460×20	1250	20	12
F	1	フェライト	713	993	1043	740.602	936.8158	1220	850	25	460	820	90	5	670	80	350	325×400	1150	50	15
	2	フェライト	713	993	1043	740.602	936.8158	1220	850	25	460	820	90	5	670	80	350	325×400	1150	50	15
	3	フェライト	713	993	1043	740.602	936.8158	1220	850	25	460	820	90	5	670	80	350	325×400	1150	50	15
G	1	フェライト	696	1155	1205	741.972	1063.278	1220	860	30	530	820	90	4	650	120	350	350×600	1250	35	14
	2	フェライト	696	1155	1205	741.972	1063.278	1220	860	30	530	820	90	4	650	120	350	350×600	1250	35	14
	3	フェライト	696	1155	1205	741.972	1063.278	1220	860	30	530	820	90	4	650	120	350	350×600	1250	35	14
H	1	フェライト	713	1158	1208	757.449	1069.083	1220	880	40	500	850	90	5	680	120	300	300×300	1290	40	12
	2	フェライト	713	1158	1208	757.449	1069.083	1220	880	40	500	850	90	5	680	120	300	300×300	1290	40	12
	3	フェライト	713	1158	1208	757.449	1069.083	1220	880	40	500	850	90	5	680	120	300	300×300	1290	40	12
I	1	フェライト	716	1128	1178	757.161	1045.946	1200	860	40	500	830	120	3	660	50	400	370×300	980	45	16
	2	フェライト	716	1128	1178	757.161	1045.946	1200	860	40	500	830	120	3	660	50	400	370×300	980	45	16
	3	フェライト	716	1128	1178	757.161	1045.946	1200	860	40	500	830	120	3	660	50	400	370×300	980	45	16
J	1	フェライト	694	1254	1304	749.998	1141.985	1250	900	45	500	870	30	20	730	30	400	400×900	1370	40	12
	2	フェライト	694	1254	1304	749.998	1141.985	1250	900	45	500	870	30	20	730	30	400	400×900	1370	40	12
	3	フェライト	694	1254	1304	749.998	1141.985	1250	900	45	500	870	30	20	730	30	400	400×900	1370	40	12
K	1	フェライト	705	1044	1094	738.77	975.9942	1200	880	35	450	820	60	5	660	60	380	350×250	1085	55	14
	2	フェライト	705	1044	1094	738.77	975.9942	1200	880	35	450	820	60	5	660	60	380	350×250	1085	55	14
	3	フェライト	705	1044	1094	738.77	975.9942	1200	880	35	450	820	60	5	660	60	380	350×250	1085	55	14
L	1	フェライト	692	1076	1126	730.428	989.3506	1210	890	35	460	820	60	5	670	50	390	340×350	1120	45	16
	2	フェライト	692	1076	1126	730.428	989.3506	1210	890	35	460	820	60	5	670	50	390	340×350	1120	45	16
	3	フェライト	692	1076	1126	730.428	989.3506	1210	890	35	460	820	60	5	670	50	390	340×350	1120	45	16
M	1	フェライト	711	928	978	732.66	884.6958	1200	880	45	500	845	90	5	680	50	370	330×350	1130	40	14
	2	フェライト	711	928	978	732.66	884.6958	1200	880	45	500	845	90	5	680	50	370	330×350	1130	40	14
	3	フェライト	711	928	978	732.66	884.6958	1200	880	45	500	845	90	5	680	50	370	330×350	1130	40	14
CA	1	フェライト	734	849	899	745.866	826.0992	1240	900	50	530	830	90	5	680	150	300	270×300	1075	20	16
	2	フェライト	734	849	899	745.866	826.0992	1240	900	50	530	830	90	5	680	150	300	270×300	1075	20	16
	3	フェライト	734	849	899	745.866	826.0992	1240	900	50	530	830	90	5	680	150	300	270×300	1075	20	16
CC	1	フェライト	743	941	991	762.761	901.2456	1240	880	50	530	960	240	30	680	70	300	270×300	1195	45	5
	2	フェライト	743	941	991	762.761	901.2456	1240	880	50	530	960	240	30	680	70	300	270×300	1195	45	5
	3	フェライト	743	941	991	762.761	901.2456	1240	880	50	530	960	240	30	680	70	300	270×300	1195	45	5

注1) フェライトは本発明の範囲外の条件  
 注2) \*各層の体積分率の合計100%となるが、炭化物、窒化物、硫化物および酸化物等の光学顕微鏡レベルでは観察同定困難な相については主相の体積率に加えた  
 注3) 比は比較鋼

【 0 0 5 4 】  
 【 帳 3 】

## フロントページの続き

- (72)発明者 林 邦夫  
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 瀬沼 武秀  
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 谷口 裕一  
愛知県東海市東海町 5 - 3 新日本製鐵株式会社 名古屋製鐵所内
- (72)発明者 野中 俊樹  
愛知県東海市東海町 5 - 3 新日本製鐵株式会社 名古屋製鐵所内

審査官 伊藤 真明

- (56)参考文献 特開 2005 - 281854 (JP, A)  
特開 2004 - 068050 (JP, A)  
特開 2002 - 226943 (JP, A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C 2 1 D 9 / 4 6 - 9 / 4 8  
C 2 2 C 3 8 / 0 0 - 3 8 / 6 0  
B 2 1 B 1 / 2 6  
B 2 1 B 3 / 0 0