

(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2012-111978

(P2012-111978A)

(43) 公開日 平成24年6月14日(2012.6.14)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C 2 1 D 9/46 (2006.01)	C 2 1 D 9/46 F	4 K O 3 7
C 2 2 C 38/00 (2006.01)	C 2 2 C 38/00 3 O 1 U	
C 2 2 C 38/06 (2006.01)	C 2 2 C 38/06	
C 2 2 C 38/58 (2006.01)	C 2 2 C 38/58	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2010-259271 (P2010-259271)	(71) 出願人	000001199
(22) 出願日	平成22年11月19日 (2010.11.19)		株式会社神戸製鋼所
			兵庫県神戸市中央区脇浜町二丁目10番26号
		(74) 代理人	100131750
			弁理士 竹中 芳通
		(74) 代理人	100146112
			弁理士 亀岡 誠司
		(74) 代理人	100167335
			弁理士 武仲 宏典
		(74) 代理人	100164998
			弁理士 坂谷 亨
		(74) 代理人	100089196
			弁理士 梶 良之
最終頁に続く			

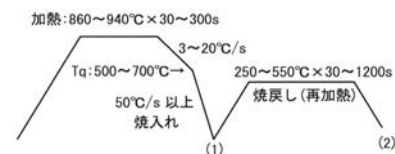
(54) 【発明の名称】 強度ばらつきの小さい高強度冷延鋼板鋼板の製造方法

(57) 【要約】

【課題】連続焼鈍ラインにおける熱処理温度の変動に伴う組織ばらつきやその組織ばらつきに起因する機械的特性ばらつきを低減することが可能な高強度鋼板の製造方法を提供する。

【解決手段】フェライトと焼戻しマルテンサイトを主体とする複合組織を有する高強度冷延鋼板を連続焼鈍ラインで製造するに際し、前記連続焼鈍ラインが、加熱工程、焼入れ開始温度 T_q までの緩冷工程、急冷による焼入れ工程、および、再加熱による焼戻し工程を順次経るものであり、前記焼入れ工程の直後（図中の(1)の時点）に磁気的特性により測定した、鋼板のフェライト分率 V_f を、予め設定しておいた、製品鋼板の機械的特性の目標値を達成するために必要なフェライト分率の目標値 V_{f0} と比較し、この目標値 V_{f0} からの偏差 $\Delta V_f = V_f - V_{f0}$ が0に近づくように、前記焼入れ開始温度 T_q を調整する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

質量％で（以下、化学成分について同じ。）、C：0.05～0.3％、Si：0.01～3.0％、Mn：0.5～3％、Al：0.01～0.1％、残部Feおよび不可避的不純物からなる成分組成を有するとともに、フェライトと焼戻しマルテンサイトを主体とする複合組織を有する高強度冷延鋼板を連続焼鈍ラインで製造する高強度冷延鋼板の製造方法であって、

前記連続焼鈍ラインが、加熱工程、焼入れ開始温度 T_q までの緩冷工程、急冷による焼入れ工程、および、再加熱による焼戻し工程を順次経るものであり、

前記焼入れ工程の直後に鋼板のフェライト分率 V_f を磁気的特性により測定し、このフェライト分率 V_f を、予め設定しておいた、製品鋼板の機械的特性の目標値を達成するために必要なフェライト分率の目標値 V_{f0} と比較し、このフェライト分率の目標値 V_{f0} からの偏差 $\Delta V_f = V_f - V_{f0}$ が0に近づくように、前記焼入れ開始温度 T_q を調整することを特徴とする強度ばらつきの小さい高強度冷延鋼板鋼板の製造方法。

【請求項 2】

上記連続焼鈍ラインにより高強度冷延鋼板を製造するに際し、あらかじめ、この連続焼鈍ラインによる試験操業により、または、この連続焼鈍ラインの熱処理条件を模擬したラボ試験により、前記焼入れ開始温度 T_q と前記焼入れ直後の鋼板のフェライト分率 V_f との関係式を求めておき、この関係式を用いて、前記焼入れ開始温度 T_q の調整量を決定する請求項 1 に記載の製造方法。

【請求項 3】

成分組成が、さらに、Ti、Nb、VおよびZrよりなる群から選ばれる1種または2種以上を合計で0.01～1％含むものである請求項 1 または 2 に記載の製造方法。

【請求項 4】

成分組成が、さらに、Niおよび／またはCuを合計で1％以下（0％を含まない）含むものである請求項 1～3 のいずれか1項に記載の成形性に優れた高強度鋼板。

【請求項 5】

成分組成が、さらに、Cr：2％以下（0％を含まない）および／またはMo：1％以下（0％を含まない）を含むものである請求項 1～4 のいずれか1項に記載の成形性に優れた高強度鋼板。

【請求項 6】

成分組成が、さらに、B：0.0001～0.005％を含むものである請求項 1～5 のいずれか1項に記載の成形性に優れた高強度鋼板。

【請求項 7】

成分組成が、さらに、Caおよび／またはREMを合計で0.003％以下（0％を含まない）含むものである請求項 1～6 のいずれか1項に記載の成形性に優れた高強度鋼板。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、自動車用等に用いられる高強度鋼板を連続焼鈍により製造する高強度鋼板の製造方法、より詳しくは、組織ばらつきやその組織ばらつきに起因する機械的特性ばらつきを低減することが可能な高強度鋼板の製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

自動車用等に用いられる高強度鋼板の代表例として、フェライトおよびマルテンサイトからなる組織を有する複合組織鋼板（DP鋼板）が従来から知られている。このDP鋼板は、軟質なフェライトと硬質なマルテンサイトが混在する組織とすることにより、軟質なフェライトで延性（伸び）を確保し、硬質なマルテンサイトで強度を確保しようというものである。したがって、このDP鋼板は、強度と伸びの両立が可能であることから優れた

10

20

30

40

50

成形性が要求される高強度自動車鋼板等として近年多く採用されている（例えば、特許文献 1～3 参照）。

【0003】

しかしながら、近年の技術開発や外観デザインの向上により、自動車等の形状は年々複雑な形状になってきており、このような複雑な形状の自動車部材等をプレス成形により成形不良なく製造するためには、成形後の形状凍結のばらつきを小さくして安定的な成形加工を実現することが必要となる。鋼板に要求される機械的特性（Y P、T S、E L、 λ 等）のうち、降伏強度 Y P（0.2% 耐力 $\sigma_{0.2}$ ）は形状凍結性の支配因子として最も重要な特性であるため、上述のような形状凍結性への要求から、降伏強度 Y S のばらつきの小さい高強度冷延鋼板が求められている。

10

【0004】

軟質なフェライトと硬質なマルテンサイトが共存する複合組織鋼板である D P 鋼板において、降伏強度 Y P を決定する最も重要な組織パラメータはフェライト分率であり、形状凍結性のばらつきを低減するためには、フェライト分率のばらつきを極力小さくする必要がある。しかしながら、このフェライト分率は、鋼板の温度履歴によって大きく変化するため、従来の手法では所望のばらつき範囲に抑えることは非常に難しい事項である。これは、D P 組織を形成する熱処理工程でも不可避免的な温度変動を生じてしまうことが回避できないからである。

【0005】

ここで、本出願人は、高強度冷延鋼板コイルを製造するに当たり、所定の化学成分組成を有する素地鋼板を加熱してオーステナイト単相領域である $A c_3$ 点～（ $A c_3$ 点 + 30℃）の温度 T s s で 30～300 秒保持した後、平均冷却速度が異なる 2 段階の制御冷却をおこなって（オーステナイト + フェライト）の二相領域の温度 T q まで冷却するに際し、前段の平均冷却速度 C R 1 と後段の平均冷却速度 C R 2 との間に、 $C R 1 > C R 2$ の関係を満足させると共に、 $C R 2 < 5^\circ\text{C}/\text{秒}$ の条件で冷却を行ない、その後前記温度 T q からマルテンサイトの変態開始温度 M s 点以下まで $100^\circ\text{C}/\text{秒}$ 以上の平均冷却速度で急冷し、引き続き 450～550℃ の温度範囲に 30～600 秒の時間、再加熱保持することで、引張強度が 980 MPa 以上でコイル内での強度ばらつきの小さい高強度冷延鋼板コイルが製造できることを見出し、特許出願を行った（特許文献 4 参照）。

20

【0006】

しかしながら、上記特許文献 4 に記載の製造方法も、あらかじめ目標の熱処理温度（板温）を設定し、その目標温度に制御することを前提とするものである。したがって、実際の連続焼鈍ライン（C A L）を用いた操業においては、熱処理条件（ヒートパターン）を一定にしても、鋼板のサイズ（板幅、板厚等）や通板速度、加熱炉の状態変化により板温変動が不可避免的に生じる。オーステナイト単相域温度で加熱する場合には、板温が変動するとオーステナイト粒径が変化し、その結果としてフェライト分率が変動する。（オーステナイト + フェライト）2 相域温度で加熱する場合には、板温が変動すると直接フェライト分率が変動するため、オーステナイト単相域加熱よりもさらに板温変動の影響が大きい。このため、オーステナイト単相域加熱、2 相域加熱のいずれにおいても上記板温変動に起因する機械的特性（特に降伏強度 Y S）のばらつきは必然的に残ってしまうという問題があった。

30

40

【0007】

また、熱処理完了後の最終製品鋼板の機械的特性または材料組織を、逐次オフラインでまたはオンラインで測定し、この測定結果に基づき板温をフィードバック制御する方法が考えられる（材料組織のオンライン測定方法として、例えば、特許文献 5～8 参照）。しかしながら、すでに通板が完了した部分には機械的特性のばらつきは残る。このため、このような機械的特性のばらつきが残る部分を含めて製品化すると、製品鋼板の機械的特性（特に降伏強度 Y P）に必然的にばらつきが残ってしまう。いっぽう、上記機械的特性のばらつきが残る部分を除いて（カットして）残りのばらつきの少ない部分だけを製品化することも考えられるが、この場合には製品鋼板の製造歩留が低下し、製造コストが増大す

50

る問題がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2009-215571号公報

【特許文献2】特開2009-215572号公報

【特許文献3】特開2004-18911号公報

【特許文献4】特開2010-159453号公報

【特許文献5】特開昭61-62856号公報

【特許文献6】特開平3-123853号公報

【特許文献7】特開平5-107229号公報

【特許文献8】特許第3755403号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明は、上記従来の問題を解決せんとしてなされたもので、その目的は、実際の連続焼鈍ラインにおける熱処理温度の変動に伴う組織ばらつきやその組織ばらつきに起因する機械的特性ばらつきを低減することが可能な高強度鋼板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】

【0010】

請求項1に記載の発明は、

質量%で（以下、化学成分について同じ。）、C：0.05～0.3%、Si：0.01～3.0%、Mn：0.5～3%、Al：0.01～0.1%、残部Feおよび不可避的不純物からなる成分組成を有するとともに、フェライトと焼戻しマルテンサイトを主体とする複合組織を有する高強度冷延鋼板を連続焼鈍ラインで製造する高強度冷延鋼板の製造方法であって、

前記連続焼鈍ラインが、加熱工程、焼入れ開始温度 T_q までの緩冷工程、急冷による焼入れ工程、および、再加熱による焼戻し工程を順次経るものであり、

前記焼入れ工程の直後に鋼板のフェライト分率 V_f を磁気的特性により測定し、このフェライト分率 V_f を、予め設定しておいた、製品鋼板の機械的特性の目標値を達成するために必要なフェライト分率の目標値 V_{f0} と比較し、このフェライト分率の目標値 V_{f0} からの偏差 $\Delta V_f = V_f - V_{f0}$ が0に近づくように、前記焼入れ開始温度 T_q を調整することを特徴とする強度ばらつきの小さい高強度冷延鋼板の製造方法である。

【0011】

請求項2に記載の発明は、

上記連続焼鈍ラインにより高強度冷延鋼板を製造するに際し、あらかじめ、この連続焼鈍ラインによる試験操業により、または、この連続焼鈍ラインの熱処理条件を模擬したラボ試験により、前記焼入れ開始温度 T_q と前記焼入れ直後の鋼板のフェライト分率 V_f との関係式を求めておき、この関係式を用いて、前記焼入れ開始温度 T_q の調整量を決定する請求項1に記載の製造方法である。

【0012】

請求項3に記載の発明は、

成分組成が、さらに、Ti、Nb、VおよびZrよりなる群から選ばれる1種または2種以上を合計で0.01～1%含むものである請求項1または2に記載の製造方法である。

【0013】

請求項4に記載の発明は、

成分組成が、さらに、Niおよび/またはCuを合計で1%以下（0%を含まない）含むものである請求項1～3のいずれか1項に記載の成形性に優れた高強度鋼板である。

【0014】

請求項5に記載の発明は、

成分組成が、さらに、Cr：2%以下（0%を含まない）および／またはMo：1%以下（0%を含まない）を含むものである請求項1～4のいずれか1項に記載の成形性に優れた高強度鋼板である。

【0015】

請求項6に記載の発明は、

成分組成が、さらに、B：0.0001～0.005%を含むものである請求項1～5のいずれか1項に記載の成形性に優れた高強度鋼板である。

【0016】

請求項7に記載の発明は、

成分組成が、さらに、Caおよび／またはREMを合計で0.003%以下（0%を含まない）含むものである請求項1～6のいずれか1項に記載の成形性に優れた高強度鋼板である。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、焼入れの直後（すなわち焼戻し前）に鋼板のフェライト分率Vfを磁気的特性により測定し、このフェライト分率Vfを、予め設定しておいた、製品鋼板の機械的特性の目標値を達成するために必要なフェライト分率の目標値Vf0と比較し、このフェライト分率の目標値Vf0からの偏差 $\Delta Vf = Vf - Vf0$ が0に近づくように、前記焼入れ開始温度Tqを逐次変更するようにしたことで、すでに通板が完了した、ばらつきが残る部分を可及的に少なくすることが可能となり、焼戻し後の最終製品鋼板の機械的特性のばらつきをさらに小さくできるようになった。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】DP鋼板を連続焼鈍ラインで製造する際の基本的なヒートパターンを示すグラフ図である。

【図2】実施例における、連続焼鈍ラインを模擬したヒートパターンを示すグラフ図である。

【図3】フェライト分率Vfと各機械的特性（YP、TSおよびEL）との関係を示すグラフ図である。

【図4】フェライト分率Vfと焼入れ開始温度Tqとの関係を示すグラフ図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

上述したように、DP鋼板の強度ばらつきを小さくするためには、フェライト分率のばらつきを低減することが重要である。しかしながら、上述のようにDP鋼板を実際（実機）の連続焼鈍ラインで製造する際には、連続焼鈍時の温度条件に変動が生じることは避けられないのが実情である。そこで、本発明者らは、連続焼鈍時の温度条件に変動が生じても最終的に製造されたDP鋼板の強度ばらつきを小さくする方法について鋭意検討を行った。その結果、連続焼鈍により鋼板の組織が形成される途中である、水焼入れ（急冷による焼入れ工程）の直後にフェライト分率を測定し、この測定結果に基づいて焼入れ開始温度Tqをフィードバック制御することが有効であり、これにより最終製品の機械的特性のばらつき、特に降伏強度YPのばらつきが大幅に低減できることを見出した。

【0020】

フェライトと焼戻しマルテンサイトを主体とする複合組織鋼板（DP鋼板）を連続焼鈍ラインで製造する際には、図1に示すように、加熱工程、焼入れ開始温度Tqまでの緩冷工程、急冷による焼入れ工程、および、再加熱による焼戻し工程を順次経ることとなる。各工程においては以下の条件が推奨される。

【0021】

〔加熱工程〕

10

20

30

40

50

まず、加熱工程において、例えば、オーステナイト単相域温度である $860\sim 940^{\circ}\text{C}$ まで昇温して、その温度（加熱温度）で $30\sim 300\text{ s}$ 保持（均熱）することで、鋼板の組織はオーステナイト単相組織となる。

【0022】

〔緩冷工程〕

つぎの緩冷工程において、例えば、上記加熱温度から焼入れ開始温度 $T_q: 500\sim 700^{\circ}\text{C}$ までを $3\sim 20^{\circ}\text{C}/\text{s}$ の平均冷却速度で緩冷（徐冷）することで、鋼板の組織中にフェライトが析出する。

【0023】

〔焼入れ工程〕

そして、その後の急冷による焼入れ工程において、例えば、焼入れ開始温度 T_q から常温までを $50^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 以上の冷却速度で急冷することで、鋼板は主としてフェライトとマルテンサイトからなる組織となる。

【0024】

〔焼戻し工程〕

さらに、再加熱による焼戻し工程において、 $250\sim 550^{\circ}\text{C}$ まで再加熱し、その温度（再加熱温度）で $30\sim 120\text{ s}$ 保持した後、常温まで冷却することで、マルテンサイトが焼き戻され（焼戻しマルテンサイトとなり）、鋼板の強度が調整される。

【0025】

上記連続焼鈍ラインでの熱処理により得られた最終製品の組織については、鋼板の成分組成や熱処理条件等によっては、フェライトおよび焼戻しマルテンサイトの他、ベイナイト、パーライト、セメンタイト等の他の組織を含有する場合があるが、これらの組織が少量含まれる場合においても本発明の効果はされるものであり、したがって、これらは本発明の範疇に含まれる。なお、フェライトおよび焼戻しマルテンサイト以外の組織の許容範囲は、面積率で 10% 以下、好ましくは 5% 以下、より好ましくは 3% 以下である。

【0026】

〔磁気的特性によるフェライト分率の測定〕

そして、焼入れ工程の直後（すなわち焼戻し工程の前；図1の(1)の時点）に、鋼板のフェライト分率 V_f を磁気的特性により測定する。ここに、フェライト分率 V_f は、鋼板の全組織に対する面積率で定義される値である。なお、製品鋼板のフェライト分率は、焼入れ工程までで決定され、その後の焼戻し（再加熱）工程では変化しないので、焼入れ直後の鋼板のフェライト分率 V_f を測定することで、製品鋼板のフェライト分率を予測することができる。

【0027】

ここで、DP鋼板中の主要組織であるフェライトとマルテンサイトは、ともに磁性体であるが、フェライトの方がマルテンサイトより強磁性を有することから、フェライト分率 V_f が高くなるほどDP鋼板の磁性が強くなり、鋼板中のフェライト分率 V_f と鋼板全体の磁性との間には一定の相関関係が存在する。

【0028】

したがって、上記原理を利用して、たとえば、連続焼鈍ラインの焼入れ工程の直後（すなわち焼戻し工程の前）の鋼板が磁場内を通過するように構成し、その鋼板の透磁率をオンラインで測定することで、この透磁率から、焼入れ直後の鋼板のフェライト分率 V_f を推定（測定）することができ、すなわち製品鋼板のフェライト分率を予測することができる（例えば、特許文献5～8参照）。なお、透磁率とフェライト分率との相関関係は、あらかじめ、たとえば以下のようにして求めておくとよい。

【0029】

連続焼鈍ラインの熱処理条件（加熱工程から焼戻し（再加熱）工程までの全工程）を模擬したラボ試験において、焼入れ開始温度 T_q を種々変更してフェライトとマルテンサイトの存在比率が異なる複数の製品鋼板を作製し、それらの製品鋼板のそれぞれについて所定の磁場を掛けて透磁率を測定するとともに、周知の方法でマイクロ組織の定量化を行うこ

10

20

30

40

50

とによりフェライト分率を求める。そして、このようにして得られた透磁率とフェライト分率のデータを統計解析することにより両者の相関関係を求めることができる。

【0030】

〔焼入れ開始温度 T_q の調整〕

つぎに、上記のようにして推定（測定）した、焼入れ直後の鋼板のフェライト分率 V_f を、あらかじめ設定しておいた、製品鋼板の機械的特性の目標値を確保するために必要なフェライト分率の目標値 V_{f0} と比較し、このフェライト分率の目標値 V_{f0} からの偏差 $\Delta V_f = V_f - V_{f0}$ が 0 に近づくように、焼入れ開始温度 T_q を調整する。

【0031】

ここで、「製品鋼板の機械的特性」としては、形状凍結性の支配因子として最も重要な特性である降伏強度 Y_P を選択することが最も推奨されるが、降伏強度 Y_P よりも精度が劣るものの、測定が迅速に行える引張強度 T_S を選択してもよい。以下、製品鋼板の機械的特性として降伏強度 Y_P を選択した場合を例に挙げて説明を進める。

【0032】

また、「製品鋼板の降伏強度 Y_P の目標値 Y_{P0} を達成するために必要なフェライト分率の目標値 V_{f0} 」は、たとえば以下のようにして設定すればよい。

上記ラボ試験で作製した複数の製品鋼板について、さらに降伏強度 Y_P を測定し、上記ミクロ組織の定量化により求めたフェライト分率との関係式をあらかじめ求めておく。そして、このあらかじめ求めた関係式を用いて目標とする降伏強度 Y_{P0} が得られるフェライト分率の目標値 V_{f0} を設定すればよい。

【0033】

そして、磁気的特性により測定された焼入れ直後の鋼板のフェライト分率 V_f を、上記のようにしてあらかじめ設定しておいた、製品鋼板の機械的特性の目標値を達成するために必要なフェライト分率の目標値 V_{f0} と比較し、このフェライト分率の目標値 V_{f0} からの偏差 $\Delta V_f = V_f - V_{f0}$ が 0 に近づくように焼入れ開始温度 T_q を調整する。

【0034】

ここで、焼入れ開始温度 T_q の調整はたとえば以下のように行えばよい。

【0035】

上記ラボ試験の結果より、焼入れ開始温度 T_q とフェライト分率 V_f との関係式をあらかじめ求めておく。そして、この関係式を用いて、上記偏差 ΔV_f に相当する、焼入れ開始温度 T_q の調整量 ΔT_q を求める。たとえば、上記関係式が $T_q = a \cdot V_f + b$ のような 1 次式で表現できる場合は、 $\Delta T_q = a \cdot \Delta V_f$ が得られる。そして、この調整量 ΔT_q の分だけ焼入れ開始温度 T_q を変更（調整）することにより、調整後の製品鋼板のフェライト分率 V_f を目標値 V_{f0} に一気に近づけ、ほぼ一致させる（許容範囲内で一致させる）ことができる。なお、偏差 ΔV_f が大きく 1 回の焼入れ開始温度 T_q の調整だけでは製品鋼板のフェライト分率 V_f を目標値 V_{f0} に十分に一致させることができない場合でも、この調整を繰り返すことにより、すぐに目標値 V_{f0} にほぼ一致させることができる。

【0036】

上記のように、連続焼鈍ラインの途中の焼入れ直後に磁気的特性によりフェライト分率 V_f をオンラインで測定し、これに基づいて焼入れ開始温度 T_q をフィードバック制御することで、温度制御の時間遅れがほとんど発生しない。この結果、連続焼鈍ラインの出口（図 1 の (2) の時点）でフェライト分率を測定する場合に比べて、すでに通板が完了した、機械的特性のばらつきが残る部分をほとんどなくせるので、製品鋼板のばらつきを大幅に低減できるようになった。

【0037】

次に、本発明の製造方法で製造される高強度冷延鋼板の化学成分組成について説明する。本発明の製造方法で製造される高強度冷延鋼板は先に説明した製造方法が適切であっても、それぞれの化学成分（元素）の含有量が適正範囲内でなければ、所望の作用効果を奏することができない。したがって、本発明の製造方法で製造される高強度冷延鋼板は、そ

10

20

30

40

50

れぞれの化学成分の含有量が、以下に説明する範囲内にあることも要件とする。なお、下記の化学成分の含有量（％）は全て質量％を示す。

【0038】

C：0.05～0.3％

Cは、マルテンサイトの分率およびその硬さに影響し、降伏強度および伸びフランジ性に影響する重要な元素である。0.05％未満ではマルテンサイトの分率が不足して十分な降伏強度を確保することができなくなる。一方、0.3％を超えるとマルテンサイトの硬さが硬くなりすぎて伸びフランジ性が確保できなくなるほか、溶接性にも悪影響を及ぼすようになる。したがって、Cの含有量は0.05～0.3％とする必要がある。Cの含有量の好ましい下限は0.07％、好ましい上限は0.2％である。

10

【0039】

Si：0.01～3.0％

Siは、鋼を溶製する際に脱酸性元素として有効に作用するほか、固溶強化元素として伸びを劣化させずに降伏強度を高めるとともに、焼戻し時におけるマルテンサイト中に存在するセメンタイト粒子の粗大化を抑制する作用も有し、このように粗大なセメンタイト粒子の生成を抑制することで、伸びフランジ性を向上させる効果も有する有用な元素である。0.01％未満ではこのような作用を有効に発揮させることができない。しかしながら、Siによる添加効果は約3％で飽和するので、上限を3％と定めた。Siの含有量の好ましい下限は0.1％、好ましい上限は2.5％である。

20

【0040】

Mn：0.5～3.0％

Mnは、Siと同様に、固溶強化元素として伸びを劣化させずに降伏強度を高めると共に、焼戻し時におけるマルテンサイト中に存在するセメンタイト粒子の粗大化を抑制する作用も有し、粗大なセメンタイト粒子の生成を抑制することで、伸びフランジ性を向上させる効果も有する有用な元素である。また、焼入れ性を高めてマルテンサイトの分率の確保に寄与することで、降伏強度と伸びフランジ性を向上させる効果も有する。0.5％未満ではこのような作用を有効に発揮させることができない。しかしながら、Mn含有量が過剰になると、延性を低下させて加工性に悪影響を及ぼすようになるので、3％を上限とする。Mnの含有量の好ましい下限は0.7％、好ましい上限は2.5％である。

30

【0041】

Al：0.01～0.1％

Alは脱酸作用を有する元素であり、Al脱酸を行う場合は0.01％以上のAlを添加する必要がある。しかしAl含有量が多すぎると、上記効果が飽和するばかりか、非金属系介在物源となって物性や表面性状を劣化させるので、0.1％を上限とする。Alの含有量の好ましい上限は0.03％、好ましい下限は0.08％である。

【0042】

以上が本発明で規定する必須の含有元素であって、残部は鉄および不可避免的不純物である。また、さらに以下に示す元素を積極的に含有させることも有効であり、含有される化学成分（元素）の種類によって本発明の製造方法で製造される高強度鋼板の特性がさらに改善される。

40

【0043】

本発明の製造方法で製造される高強度冷延鋼板には、Ti、Nb、VおよびZrよりなる群から選ばれる1種または2種以上を合計で0.01～0.1％含有させることが有効である。さらには、Niおよび／またはCuを合計で1％以下（0％を含まない）含有させることが有効である。またさらには、Cr：2％以下（0％を含まない）および／またはMo：1％以下（0％を含まない）含有させることが有効である。またさらには、Bを0.0001～0.005％含有させることが有効である。またさらには、Caおよび／またはREMを合計で0.003％以下（0％を含まない）含有させることが有効である。これらの元素を含有させるときの範囲設定理由は以下の通りである。

【0044】

50

Ti、Nb、VおよびZrよりなる群から選ばれる1種または2種以上を合計で0.01～1%

これらの元素は、CやNと炭化物、窒化物、炭窒化物などの析出物を形成し、強度向上に寄与するほか、熱延時における結晶粒を微細化して伸びを高める作用も有している。こうした効果は、これらの合計（1種または2種以上）で0.01%以上含有させることによって有効に発揮される。より好ましい含有量は0.03%以上である。しかし、多すぎると伸びおよび伸びフランジ性をかえって劣化させるので、これらの合計含有量は1%以下、より好ましくは0.7%以下に抑えるべきである。

【0045】

Niおよび／またはCuを合計で1%以下（0%を含まない）

10

これらの元素は、強度－延性バランスを高く維持したまま、高強度化を実現するのに有効な元素である。こうした効果はそれらの含有量が増加するにつれて増大するが、合計（1種または2種）で1%を超えて含有させても上記効果が飽和してしまうほか、熱延時に割れが生じるおそれがある。なお、これらの合計含有量のより好ましい下限は0.05%、より好ましい上限は0.7%である。

【0046】

Cr：2%以下（0%を含まない）および／またはMo：1%以下（0%を含まない）

CrとMoは、いずれもオーステナイト相を安定化し、冷却過程での低温変態相の生成を容易にするのに有効な元素であり、その効果は、含有量が増加するにつれて増大するが、過剰に含有されると延性が劣化するので、Crは2%以下（より好ましくは1.5%以下）、Moは1%以下（より好ましくは0.7%以下）に抑えるべきである。

20

【0047】

B：0.0001～0.005%

Bは焼入れ性を向上し、微量で鋼板の強度を高めるのに有効な元素である。こうした効果を発揮させるためには、0.0001%以上含有させることが好ましい。しかしながら、Bの含有量が過剰になって0.005%を超えると、結晶粒界が脆化して圧延時に割れが生じるおそれがある。

【0048】

Caおよび／またはREMを合計で0.003%以下（0%を含まない）

CaおよびREM（希土類元素）は、鋼中の硫化物の形態を制御し、加工性向上に有効な元素である。こうした効果はその含有量が増加するにつれて増大するが、過剰に含有されると、上記効果が飽和するので合計（1種または2種）で0.003%以下とすべきである。

30

【0049】

（変形例）

上記実施形態では、連続焼鈍ラインの加熱工程において、オーステナイト単相域温度で加熱する場合を例示したが、本発明は、（オーステナイト＋フェライト）2相域温度で加熱する場合にも当然に適用できるものである。

【0050】

また、上記実施形態では、焼入れ開始温度T_qとフェライト分率との関係等は、連続焼鈍ラインの熱処理条件を模擬したラボ試験により求める場合を例示したが、実際（実機）の連続焼鈍ラインそのものを用いて焼入れ開始温度T_qを順次変更した試験操作を行い、それぞれの焼入れ開始温度T_qで製造された製品鋼板のフェライト分率を上記ラボ試験と同様にして測定することによって求めてもよい。

40

【実施例】

【0051】

本発明の適用性を確認するため、以下のラボ試験を実施した。なお、本発明はもとより本実施例によって制限を受けるものではなく、本発明の趣旨に適合し得る範囲で適宜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含まれる。

【0052】

50

〔試料〕

本発明の実施例では、まず、表 1 に示す成分組成の鋼（鋼種 A）を溶製し、熱間圧延工程、酸洗工程、冷間圧延工程を経て、厚さ 1.4 mm×幅 150 mm×長さ 1000 mm の冷延材を作製し、これを切断して幅 150 mm×長さ 200 mm の試料を作製した。

【0053】

【表 1】

鋼種	化学成分組成*（質量%）					
	C	Si	Mn	P	S	Al
A	0.17	1.35	2.2	0.012	0.003	0.034

*残部：鉄および不可避免の不純物

10

【0054】

〔T_q、V_fおよびY_Pの間の関係を調査するためのラボ試験〕

上記試料を用い、赤外線加熱炉と窒素ガスまたは水による冷却を組み合わせ、実機の連続焼鈍ラインのヒートパターン（熱履歴）を模擬できる熱処理実験炉を使用してラボ試験を実施した。

【0055】

まず、上記試料を表 2 および図 2 に示す熱処理条件で熱処理し、熱処理後の各試料についてフェライト分率 V_f および降伏強度 Y_P を測定した。

20

【0056】

具体的には、熱処理後の各試料を切断、樹脂埋めして鏡面研磨後にナイタールでエッチングし、光学顕微鏡で 1000 倍の倍率で 10 視野を写真撮影し、フェライト分率として全組織に対する面積率を求めた。また、JIS Z 2201 に記載の 5 号試験片を作製し、JIS Z 2241 に従って引張試験を行い、降伏強度 Y_P を測定した。これらの測定結果を表 2 にまとめた。なお表 2 には参考として、別途測定した焼戻しマルテンサイト硬さ H_Vt_m、および、上記引張試験で測定された引張強度 T_S および全伸び E_L をも併記した。

【0057】

【表 2】

試験 番号	通板 速度 LS (m/min)	加熱		焼入れ 開始温度 Tq (°C)	焼戻し		フェライト 分率 Vf (%)	焼戻し マルテンサイト 硬さ HVtm	引張試験結果		
		温度 T1 (°C)	保持時間 t1 (s)		温度 T2 (°C)	保持時間 t2 (s)			降伏強度 YP (MPa)	引張強度 TS (MPa)	全伸び EL (%)
1	100	875	120	650	445	240	32	384	871	1074	12.2
2	100	875	120	661	448	240	22	380	969	1122	9.9
3	100	875	120	653	450	240	29	378	892	1075	11.7
4	100	875	120	668	494	240	21	319	925	1024	10.3
5	100	875	120	638	490	240	39	324	717	903	15.7
6	100	875	120	646	489	240	34	325	778	930	14.1
7	100	875	120	630	509	240	44	299	642	836	17.6
8	100	875	120	649	507	240	34	301	770	934	14.2
9	100	875	120	646	460	240	35	363	818	1012	13.4
10	100	875	120	655	454	240	30	371	879	1058	12.0
11	100	875	120	655	501	240	27	309	822	969	12.9
12	100	875	120	661	442	240	24	388	962	1133	10.1
13	100	875	120	641	454	240	37	372	786	1008	14.2
14	100	875	120	649	451	240	31	376	860	1054	12.5
15	100	875	120	664	473	240	23	346	933	1039	10.4
16	100	875	120	661	468	240	25	354	918	1046	10.9
17	100	875	120	665	499	240	21	312	905	1090	10.7
18	100	875	120	639	451	240	41	376	771	1007	14.6
19	100	875	120	653	497	240	31	314	815	925	13.1
20	100	875	120	652	499	240	29	312	807	918	13.3

【0058】

〔フェライト分率の目標値V_{f0}の決定〕

上記表2に示す結果より、フェライト分率V_fと各機械的特性との関係としてプロットし直した結果を図3に示す。図中には、回帰分析により得られた回帰直線を併記した。同図に示すように、フェライト分率V_fが大きくなるほど、全伸びE_Lは大きくなるのに対し、降伏強度Y_Pおよび引張強度T_Sは低下することが明らかである。また、これらの機械的特性は、いずれもフェライト分率V_fと良好な相関性（直線性）を有するが、Y_PとT_Sを比べると、Y_Pの方がT_Sよりも回帰直線からのばらつき度合いが小さく、より良好な相関性（直線性）を有することがわかる。

【0059】

ここで、本鋼種に対する目標の降伏強度 $Y P 0 = 830 \text{ MPa}$ （別途、成形性評価試験により決定した値）を確保するのに必要とするフェライト分率の目標値 $V f 0$ は、図3中に併記した回帰直線の式である下記式（1）より、32%と求まる。

【0060】

$$Y P (\text{MPa}) = -11.3 V f (\%) + 1190 \quad \cdots \text{式 (1)}$$

【0061】

〔焼入れ開始温度 $T q$ とフェライト分率 $V f$ との関係式の決定〕

つぎに、上記表2に示す結果より、焼入れ開始温度 $T q$ とフェライト分率 $V f$ との関係としてプロットし直した結果を図4に示す。図中には、回帰分析により得られた回帰直線を併記した。同図に示すように、フェライト分率 $V f$ と焼入れ開始温度 $T q$ とは非常に強い相関関係（直線性）を有しており、その回帰直線の式は下記式（2）のように1次式で表される。そして、この式（2）より、焼入れ開始温度 $T f$ の調整量 $\Delta T q$ と、フェライト分率 $V f$ のその目標値 $V f 0$ からの偏差 $\Delta V f$ との関係式として下記式（3）を得た。

【0062】

$$T q (^\circ\text{C}) = -1.47 V f (\%) + 697 \quad \cdots \text{式 (2)}$$

$$\Delta T q (^\circ\text{C}) = -1.47 \Delta V f (\%) \quad \cdots \text{式 (3)}$$

【0063】

〔CALの熱処理条件の変動を模擬するラボ試験〕

上記試料および熱処理実験炉を使用して、実機の連続焼鈍炉を模擬したヒートパターン（熱履歴）において、加熱温度が変動した場合（通板速度は一定）、通板速度が変動した場合（加熱温度は一定）、および加熱温度と通板速度がともに変動した場合をそれぞれ想定し、それらの変動量を種々変更してラボ試験を実施した。

【0064】

具体的には、加熱温度および／または通板速度をそれらの標準条件から変動量を種々変更したそれぞれの場合について、比較例として、上記式（2）の $V f$ にその目標値 $V f 0 = 32\%$ を代入して求めた $T q 0 = 650^\circ\text{C}$ をそのまま焼入れ開始温度 $T q$ とする熱処理実験を行い（すなわち、加熱温度や通板速度が変動しても焼入れ開始温度 $T q$ を変更しない場合に相当）、焼入れ直後のフェライト分率 $V f$ と、熱処理終了後の降伏強度 $Y P$ を測定し、それぞれの目標値 $V f 0$ および $Y P 0$ からの偏差を調査した。なお、焼入れ直後のフェライト分率 $V f$ は、上記特許文献6に記載の方法で測定して求めた。

【0065】

ついで、発明例として、上記比較例の実験結果から得られたそのフェライト分率の測定値 $V f$ とその目標値 $V f 0 = 32\%$ との偏差 $\Delta V f$ を求め、これを上記式（3）に代入して焼入れ開始温度の必要調整量 $\Delta T q$ を求め、この必要調整量 $\Delta T q$ の分だけ焼入れ開始温度 $T q$ を変更（調整）した熱処理実験を行い、上記比較例と同様に、焼入れ直後のフェライト分率 $V f$ と、熱処理終了後の降伏強度 $Y P$ を測定し、それぞれの目標値 $V f 0$ および $Y P 0$ からの偏差を調査した。

【0066】

測定結果を熱処理条件とともに表3にまとめた。

【0067】

なお同表において、 $Y P$ 変化率とは、通板速度 $L S$ がその標準条件（本例では 100 m/min ）から変化した場合においては、 $\Delta Y P$ を $L S$ の変化量 $\Delta L S$ で除して通板速度変化 1 m/min 当りの降伏強度変化で定義したものであり、加熱温度 $T 1$ がその標準条件（本例では 875°C ）から変化した場合においては、 $\Delta Y P$ を $T 1$ の変化量 $\Delta T 1$ で除して加熱温度変化 1°C 当りの降伏強度変化で定義したものである。この $Y P$ 変化率の絶対値が、焼入れ開始温度 $T 1$ を除いて同じ熱処理条件で行われた比較例における $Y P$ 変化率の絶対値の $1/2$ 以下になったときを合格（○）とした。

【0068】

同表において、試験記号 $A 1$ および $A 2$ は、ともに加熱温度 $T 1$ がその標準条件（ 87

10

20

30

40

50

5℃)より10℃高く変動した場合を想定したものであり、A1は焼入れ温度 T_q をその標準条件から変更せずに熱処理を行った比較例に、A2は焼入れ温度 T_q をその標準条件から ΔT_q (-6℃)だけ調整して熱処理を行った発明例に、それぞれ相当する。同表に示すように、焼入れ開始温度 T_q の調整を行わない試験記号A1(比較例)では、フェライト分率 V_f はその目標値 V_{f0} (32%)より4%低くなり、降伏強度 Y_P はその目標値 Y_{P0} (830kPa)より39kPaも高くなっている。これに対し、焼入れ開始温度 T_q の調整を行った試験番号A2(発明例)では、フェライト分率 V_f はその目標値 V_{f0} に一致するとともに、降伏強度 Y_P もその目標値 Y_{P0} より1kPa低いだけであり、ほぼ一致していることがわかる。

【0069】

いっぽう、試験記号B1(発明例)およびB2(比較例)は、上記A1およびA2とは逆に、ともに加熱温度 T_1 がその標準条件(875℃)より10℃低く変動した場合を想定したものである。同表に示すように、焼入れ開始温度 T_q の調整を行わない試験記号B1(比較例)では、フェライト分率 V_f はその目標値 V_{f0} (32%)より2%高くなり、降伏強度 Y_P はその目標値 Y_{P0} (830kPa)より22kPaも低くなっている。これに対し、焼入れ開始温度 T_q の調整を行った試験番号B2(発明例)では、フェライト分率 V_f はその目標値 V_{f0} に一致するとともに、降伏強度 Y_P もその目標値 Y_{P0} より1kPa低いだけであり、ほぼ一致していることがわかる。

【0070】

また、試験記号C1(比較例)およびC2(発明例)、ならびに、試験記号D1(比較例)およびD2(発明例)は、上記A1およびA2、ならびに、B1およびB2とは異なり、通板速度 L_S がその標準条件から±10%変動した場合を想定したものである。同表に示すように、焼入れ開始温度 T_q の調整を行わない試験記号C1、D1(比較例)では、フェライト分率 V_f はその目標値 V_{f0} (32%)からそれぞれ-6%、+10%も異なり、降伏強度 Y_P はその目標値 Y_{P0} (830kPa)からそれぞれ+48MPa、-95MPaも異なっている。これに対し、焼入れ開始温度 T_q の調整を行った試験番号C2、D2(発明例)では、フェライト分率 V_f はその目標値 V_{f0} からそれぞれ-1MPa、-2MPa異なるだけであるとともに、降伏強度 Y_P もその目標値 Y_{P0} からそれぞれ+31MPa、-5MPa異なるだけであり、大幅に改善されていることがわかる。なお、本実施例では、各発明例において、焼入れ開始温度 T_q の調整を1回だけ行った場合の効果を把握したが、試験番号C2、D2に対しては、さらに2回目の焼入れ開始温度 T_q の調整を行うことにより、降伏強度 Y_P をその目標値 Y_{P0} により近づけることができることが明らかである。

【0071】

さらに、試験記号E1(比較例)およびE2(発明例)は、通板速度 L_S がその標準条件から15%低下すると同時に加熱温度もその標準条件から15℃低下した場合を想定したものである。同表に示すように、焼入れ開始温度 T_q の調整を行わない試験記号E1(比較例)では、フェライト分率 V_f はその目標値 V_{f0} (32%)から3%低くなり、降伏強度 Y_P はその目標値 Y_{P0} (830kPa)より15MPa高くなっている。これに対し、焼入れ開始温度 T_q の調整を行った試験番号E2(発明例)では、フェライト分率 V_f はその目標値 V_{f0} より1%低くなっているだけでほぼ一致するとともに、降伏強度 Y_P もその目標値 Y_{P0} より5MPa低くなっているだけであり、ほぼ一致していることがわかる。

以上の結果から本発明を適用することで、機械的特性(特に降伏強度)のばらつきの少ない、成形性に優れた製品鋼板を確実にかつ安定して得られることが確認できた。

【0072】

10

20

30

40

【表 3】

	試験 記号	LS (m/min)	加熱		Tq (°C)	焼戻し		Vf (%)	引張試験結果			Vf 目標値 との偏差		YP 目標値 との偏差		必要 調整量	YP 変化率 (MPa/[m/min]) または (MPa/°C)	判定	備考
			T1 (°C)	t1 (s)		T2 (°C)	t2 (s)		YP (MPa)	TS (MPa)	EL (%)	Vf0	ΔVf	YP0	ΔYP				
標準条件	—	100	875	120	650	472	240	32	830	993	13.0	32	0	830	0	0	—	—	—
比較例	A1	100	885	120	650	472	240	28	869	1011	12.0	32	-4	830	39	-6	3.9	×	T1 変動
発明例	A2	100	885	120	644	472	240	32	829	992	13.0	32	0	830	-1	0	-0.1	○	Tq 調整
比較例	B1	100	865	120	650	472	240	34	808	982	13.5	32	2	830	-22	3	2.2	×	T1 変動
発明例	B2	100	865	120	653	472	240	32	829	992	13.0	32	0	830	-1	0	0.1	○	Tq 調整
比較例	C1	90	875	133	650	472	267	26	878	1000	11.7	32	-6	830	48	-9	4.8	×	LS 変動
発明例	C2	90	875	133	641	472	267	31	827	977	13.0	32	1	830	-3	-1	-0.3	○	Tq 調整
比較例	D1	110	875	109	650	472	218	42	735	959	15.4	32	10	830	-95	15	-9.5	×	LS 変動
発明例	D2	110	875	109	665	472	218	30	861	1022	12.3	32	-2	830	31	-3	3.1	○	Tq 調整
比較例	E1	85	860	141	650	472	282	29	845	978	12.5	32	-3	830	15	-4	-1.0	×	LS, T1 変動
発明例	E2	85	860	141	646	472	282	31	825	969	13.0	32	-1	830	-5	-1	0.3	○	Tq 調整

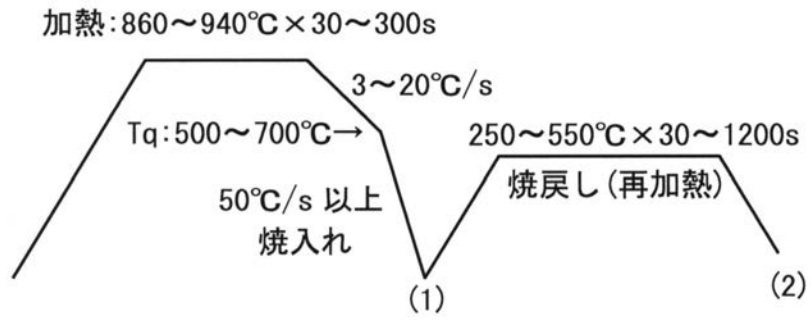
10

20

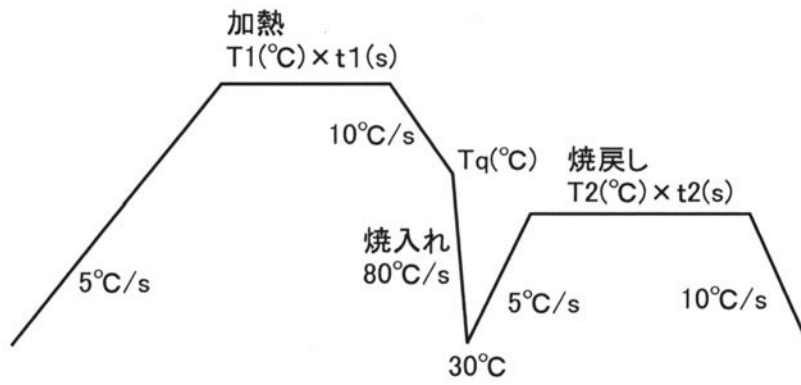
30

40

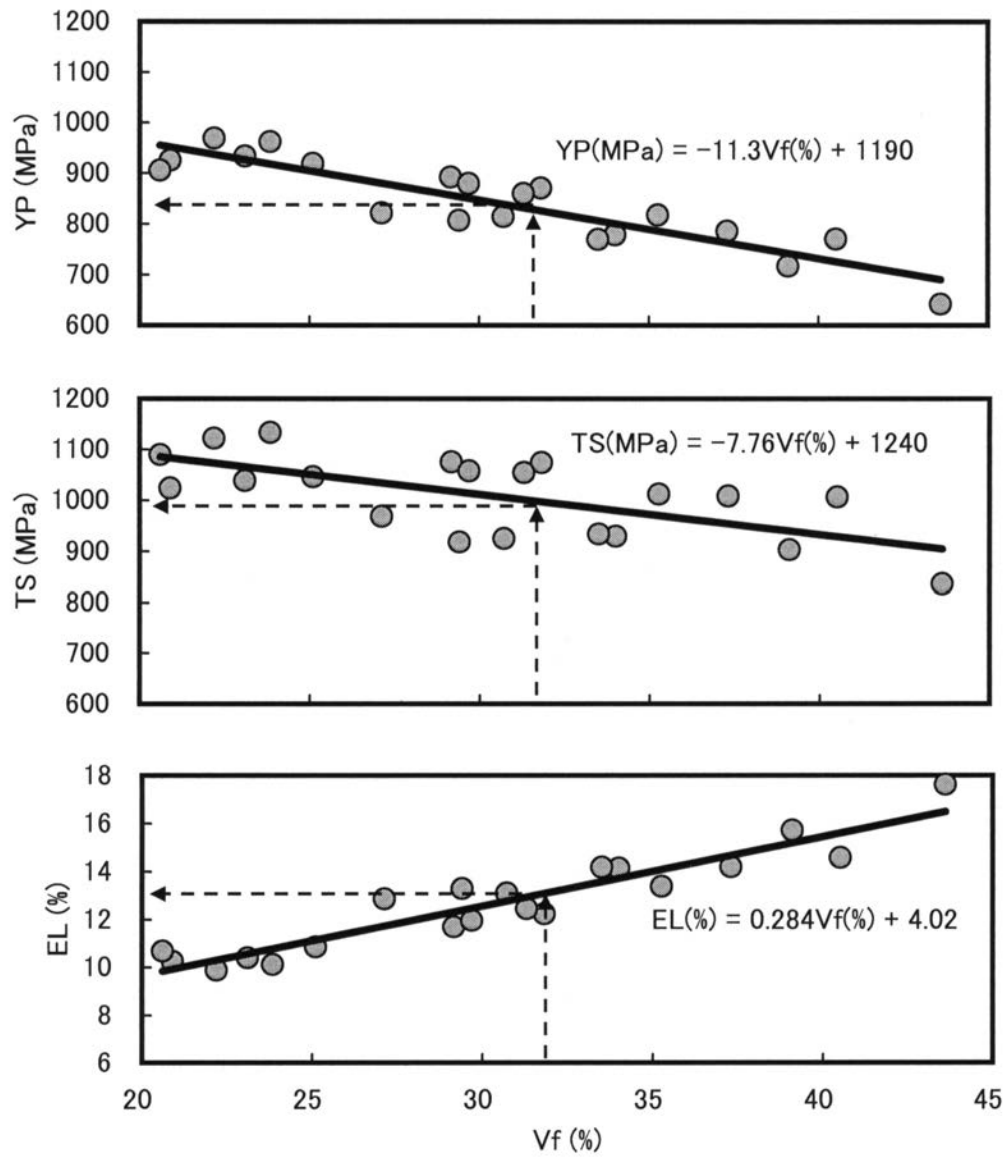
【図 1】



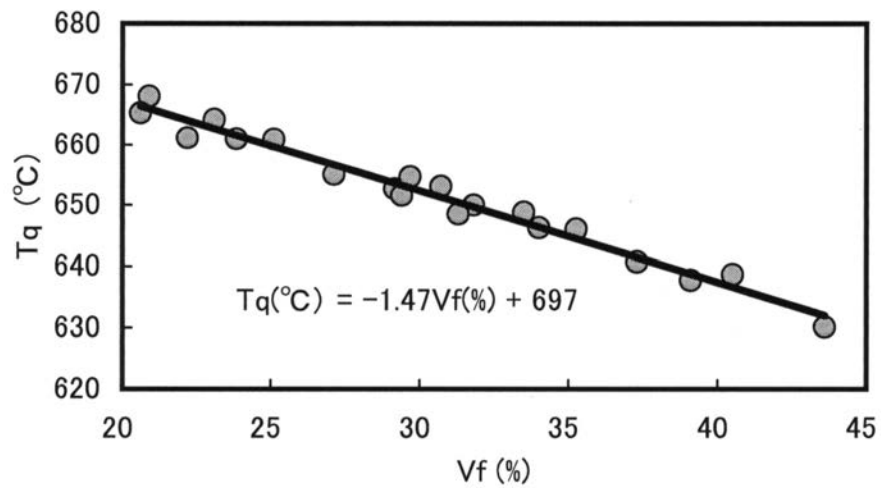
【図 2】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

- (74)代理人 100104226
弁理士 須原 誠
- (72)発明者 畠 英雄
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
- (72)発明者 斉藤 賢司
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 村上 俊夫
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 大西 陽子
兵庫県神戸市西区高塚台 1 丁目 5 番 5 号 株式会社コベルコ科研内
- (72)発明者 宮村 剛夫
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 和佐 泰宏
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 荒木 要
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
- F ターム(参考) 4K037 EA01 EA02 EA05 EA06 EA09 EA11 EA13 EA15 EA16 EA17
EA19 EA20 EA23 EA25 EA27 EA28 EA31 EA32 EA35 EA36
EB05 EB07 EB09 FH01 FJ01 FJ06 FK02 FK03 FK06 FK08
FM04