(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2012-251201
(P2012-251201A)
(43)公開日　平成24年12月20日(2012.12.20)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
C22C 38/00	(2006.01)	C22C	38/00	301W	4K032
C22C 38/06	(2006.01)	C22C	38/00	301A	4K037
C22C 38/58	(2006.01)	C22C	38/06		
C21D 9/46	(2006.01)	C22C	38/58		
C21D 8/02	(2006.01)	C21D	9/46	T	

審査請求 未請求　請求項の数 7　ＯＬ　（全 18 頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2011-124150 (P2011-124150)
(22)出願日　平成23年6月2日 (2011.6.2)

(71)出願人　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　100081352
弁理士　広瀬　章一
(72)発明者　吉田　充
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
(72)発明者　脇田　昌幸
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
(72)発明者　富田　俊郎
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

最終頁に続く

(54)【発明の名称】熱延鋼板

(57)【要約】
【課題】高強度と良好な延性及び伸びフランジ性とを併せ持つ熱延鋼板の提供。
【解決手段】質量％で、Ｃ：0.08％超0.30％未満、Ｍｎ：1.0～4.0％、Ｓｉ：0.10％以上3.0％未満、sol.Ａｌ：0.01～3.0％、但し、Ｓｉおよびsol.Ａｌの合計量＝0.8～3.0％、Ｐ：0.05％以下、Ｓ：0.01％以下およびＮ：0.01％以下を含有し、残部がＦｅおよび不純物からなる化学組成を有し、鋼板表面から板厚の１／４深さ位置における鋼組織が、面積％で、ベイナイト：40％以上、ポリゴナルフェライト：2.0％以上50％未満および残留オーステナイト：3％以上を含有し、残部が15.0％以下であって、かつ残留オースナイトを除く鋼組織において15°以上の結晶方位差を有する粒界で囲まれる粒の平均粒径が15μm以下であり、板厚が1.2ｍｍ超6ｍｍ以下である。
【選択図】　なし

【特許請求の範囲】
【請求項１】
質量％で、Ｃ：０.０８％超０.３０％未満、Ｍｎ：１.０％以上４.０％以下、Ｓｉ：０.１０％以上３.０％未満、ｓｏｌ．Ａｌ：０.０１％以上３.０％以下、但し、Ｓｉおよびｓｏｌ．Ａｌの合計含有量が０.８％以上３.０％以下、Ｐ：０.０５％以下、Ｓ：０.０１％以下およびＮ：０.０１％以下を含有し、残部がＦｅおよび不純物からなる化学組成を有し、
鋼板表面から板厚の１／４深さ位置における鋼組織が、面積％で、ベイナイト（V_B）：４０％以上、ポリゴナルフェライト（V_α）：２.０％以上５０％未満および残留オーステナイト（V_γ）：３％以上を含有し、残部が１５.０％以下であって、かつ残留オーステナイトを除く鋼組織において１５°以上の結晶方位差を有する粒界で囲まれる粒の平均粒径（Ｄ）が１５μｍ以下であり、
板厚が１.２ｍｍ超６ｍｍ以下である
ことを特徴とする熱延鋼板。
【請求項２】
前記化学組成が、前記Ｆｅの一部に代えて、質量％で、Ｔｉ：０.１０％以下、Ｎｂ：０.１０％以下およびＶ：０.５０％以下からなる群から選択される１種または２種以上を含有する請求項１に記載の熱延鋼板。
【請求項３】
前記化学組成が、前記Ｆｅの一部に代えて、質量％で、Ｃｒ：１.０％未満、Ｍｏ：０.５％以下、Ｎｉ：１.０％以下およびＢ：０.００５０％以下からなる群から選択される１種または２種以上を含有する請求項１または請求項２に記載の熱延鋼板。
【請求項４】
前記化学組成が、前記Ｆｅの一部に代えて、質量％で、Ｃａ：０.００２０％以下、Ｍｇ：０.００２０％以下およびＲＥＭ：０.００２０％以下からなる群から選択される１種または２種以上を含有する請求項１～請求項３のいずれかに記載の熱延鋼板。
【請求項５】
前記化学組成が、前記Ｆｅの一部に代えて、Ｃｕ：１.０質量％以下を含有する請求項１～請求項４のいずれかに記載の熱延鋼板。
【請求項６】
前記化学組成が、前記Ｆｅの一部に代えて、Ｂｉ：０.０２０質量％以下を含有する請求項１～請求項５のいずれかに記載の熱延鋼板。
【請求項７】
鋼板表面から１００μｍ深さ位置における残留オーステナイト面積率（$V_{\gamma s}$）と鋼板表面から板厚の１／４深さ位置における残留オーステナイト面積率（V_γ）とが、下記式（１）を満たす請求項１～請求項６のいずれかに記載の熱延鋼板。
$$V_{\gamma s} > V_\gamma \quad (1)$$
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、熱延鋼板に関する。より詳しくは、高い強度を有するとともに優れた延性と伸びフランジ性とを有する熱延鋼板に関する。
【背景技術】
【０００２】
近年、地球環境保護の観点から、多くの分野において炭酸ガス排出量削減に取り組んでいる。自動車メーカーにおいても低燃費化を目的とした車体軽量化の技術開発が盛んに行われている。しかし、乗員安全確保のために耐衝突特性の向上にも重点が置かれるため、車体軽量化は容易ではない。
【０００３】
そこで、車体軽量化と耐衝突特性とを両立させるべく、高強度鋼板を用いて部材を薄肉

化することが検討されている。このため、高い強度と優れた成形性とを兼備する鋼板が強く望まれており、これらの要求に応えるべく、幾つかの技術が従来から提案されている。なかでも、残留オーステナイトを含有する鋼板は、変態誘起塑性（ＴＲＩＰ）現象により優れた延性を示すことから多くの検討がなされている。

【０００４】

例えば、特許文献１（特開平１１－３２３４９４号公報）には、フェライトを主相とし、残部が概ねベイナイトと残留オーステナイトであり、ベイナイトの平均硬さが２４０～４００Ｈｖである、成形性に優れるとされる高強度熱延鋼板が開示されている。

【０００５】

特許文献２（特開２００８－２８５７４８号公報）には、Ｃ：０.１０～０.２５％、Ｓｉ：０.５～３.０％、Ｍｎ：０.２～１.０％、Ｃｒ：１.０～２.５％、Ｎｉ：０.０２～０.５０％を含み、残部は鉄および不可避的不純物の組成からなり、残留オーステナイト粒の大きさが１μｍ以下であり、残留オーステナイト組織の比率が５％以上２０％以下、マルテンサイト組織の比率が５％以下で、残部がフェライト組織とベイナイト組織からなる高強度熱延鋼板が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００６】

【特許文献１】特開平１１－３２３４９４号公報

【特許文献２】特開２００８－２８５７４８号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

自動車部品には様々な加工様式があるため、要求される成形性は適用される部材により異なるが、延性と伸びフランジ性とは、なかでも重要な成形性の指標と位置付けられており、これらを高いレベルで兼備することが望まれている。さらに、近年では従来よりもさらに高い強度を有することが望まれている。また、耐食性を具備させるために化成処理等の表面処理が施されることがあるため、これらの表面処理の施工性が良好であることが望まれる。

【０００８】

上述したように残留オーステナイトを含有する鋼板は優れた延性を有するものの、変態誘起塑性（ＴＲＩＰ）により残留オーステナイトが硬質なマルテンサイトに変態してしまい、この硬質なマルテンサイトが伸びフランジ性を低下させてしまうため、優れた伸びフランジ性を確保することは通常困難である。

【０００９】

特許文献１に記載された発明では、フェライトを主体とした鋼組織としているため、近年のさらなる高強度化の要望に応えることが困難である。

特許文献２に記載された発明は、Ｃｒ含有量を１.０％以上とすることを必須としているため、化成処理性に問題がある。さらに、重要な成形性の指標の一つである伸びフランジ性について考慮されていない。

【００１０】

本発明は、上述した従来技術に鑑みてなされたものであり、高い強度を有するとともに優れた延性と伸びフランジ性とを有する熱延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、上記の現状に鑑み、熱延鋼板の化学組成および鋼組織と機械特性との関係について鋭意研究を重ねた結果、以下の知見を得て本発明を完成させた。

（ａ）高い強度を得るには鋼組織は硬質であることが好ましく、優れた伸びフランジ性を得るには鋼組織は均質であることが好ましい。したがって、高い強度と優れた伸びフランジ性とを兼備させるには、硬質かつ均質な組織であるベイナイトが最も適しており、ベ

イナイトを主体とする鋼組織とすることが重要である。

【００１２】

（ｂ）しかし、ベイナイトは延性に乏しい組織である。このため、単にベイナイトを主体とする鋼組織としたのでは優れた延性を確保することが困難である。

（ｃ）そこで、適量のポリゴナルフェライトと残留オーステナイトとを含有させることにより、優れた延性をも兼備させる。

【００１３】

（ｄ）すなわち、適量のポリゴナルフェライトを含有させることにより、変形初期の加工硬化指数を高めることができるとともに、反射的効果として残留オーステナイトへの炭素濃化が促進されるため、変形後期の加工硬化指数をも高めることができる。その結果、延性および伸びフランジ性が高められる。

【００１４】

（ｅ）また、適量の残留オーステナイトを含有させることにより、変態誘起塑性（ＴＲＩＰ）により延性が高められる。

（ｆ）ここで、残留オーステナイトは変態誘起塑性（ＴＲＩＰ）により延性を高める反面、変態誘起塑性（ＴＲＩＰ）により硬質なマルテンサイトに変態して伸びフランジ性を低下させる。このため、単に残留オーステナイトを含有させたのでは、ベイナイトを主体とする鋼組織とすることによる伸びフランジ性向上作用が減殺されてしまい、優れた伸びフランジ性を確保することが困難となる。

【００１５】

（ｇ）そこで、マルテンサイトによる伸びフランジ性の低下が、マルテンサイトと周囲の組織との硬度差に起因してマルテンサイトの周囲に歪が集中することによって引き起こされることから、残留オーステナイトを微細に分散させることにより、残留オーステナイトから変態して生じるマルテンサイトを微細に分散するものとし、上記歪を分散させることで伸びフランジ性の低下を抑制する。

【００１６】

（ｈ）このようにすることにより、残留オーステナイトによる伸びフランジ性低下というマイナス作用を抑制しつつ延性向上というプラス作用を享受することができるので、伸びフランジ性低下の制約をさほど受けることなく残留オーステナイト面積率を高めることが可能となり、残留オーステナイトによる延性向上作用を十分に発揮させることが可能となる。

【００１７】

（ｉ）ここで、残留オーステナイトは、主に１５°以上の結晶方位差を有する粒の間とベイナイトラス間とに形成されるが、前者の方が後者に比して粗大化する傾向にあるため、前者の残留オーステナイトを微細に分散させることが重要となる。このため、１５°以上の結晶方位差を有する粒の平均粒径を小さくして、残留オーステナイトの生成サイトを増加させることが有効である。

【００１８】

（ｊ）このように１５°以上の結晶方位差を有する粒の平均粒径を小さくすることによって残留オーステナイトの生成サイトが増加するので、残留オーステナイト面積率も高まる。

【００１９】

（ｋ）鋼板表層部における残留オーステナイト面積率を鋼板内部における残留オーステナイト面積率よりも高くすることによって、鋼板表層部の均一伸びが向上するので、鋼板内部に比して鋼板表層部の歪量が大きい伸びフランジ成形や曲げ成形等における成形性を向上させることができる。

【００２０】

上記知見に基づく本発明の要旨は以下のとおりである。

（１）質量％で、Ｃ：０.０８％超０.３０％未満、Ｍｎ：１.０％以上４.０％以下、Ｓｉ：０.１０％以上３.０％未満、ｓｏｌ．Ａｌ：０.０１％以上３.０％以下、但し、Ｓｉ

およびｓｏｌ．Ａｌの合計含有量が０．８％以上３．０％以下、Ｐ：０．０５％以下、Ｓ：０．０１％以下およびＮ：０．０１％以下を含有し、残部がＦｅおよび不純物からなる化学組成を有し、

鋼板表面から板厚の１／４深さ位置における鋼組織が、面積％で、ベイナイト（V_B）：４０％以上、ポリゴナルフェライト（V_α）：２．０％以上５０％未満および残留オーステナイト（V_γ）：３％以上を含有し、残部が１５．０％以下であって、かつ残留オーステナイトを除く鋼組織において１５°以上の結晶方位差を有する粒界で囲まれる粒の平均粒径（Ｄ）が１５μｍ以下であり、

板厚が１．２ｍｍ超６ｍｍ以下である

ことを特徴とする熱延鋼板。

【００２１】

（２）前記化学組成が、前記Ｆｅの一部に代えて、質量％で、Ｔｉ：０．１０％以下、Ｎｂ：０．１０％以下およびＶ：０．５０％以下からなる群から選択される１種または２種以上を含有する上記（１）に記載の熱延鋼板。

【００２２】

（３）前記化学組成が、前記Ｆｅの一部に代えて、質量％で、Ｃｒ：１．０％未満、Ｍｏ：０．５％以下、Ｎｉ：１．０％以下およびＢ：０．００５０％以下からなる群から選択される１種または２種以上を含有する上記（１）または（２）に記載の熱延鋼板。

【００２３】

（４）前記化学組成が、前記Ｆｅの一部に代えて、質量％で、Ｃａ：０．００２０％以下、Ｍｇ：０．００２０％以下およびＲＥＭ：０．００２０％以下からなる群から選択される１種または２種以上を含有する上記（１）～（３）のいずれかに記載の熱延鋼板。

【００２４】

（５）前記化学組成が、前記Ｆｅの一部に代えて、Ｃｕ：１．０質量％以下を含有する上記（１）～（４）のいずれかに記載の熱延鋼板。

（６）前記化学組成が、前記Ｆｅの一部に代えて、Ｂｉ：０．００２０質量％以下を含有する上記（１）～（５）のいずれかに記載の熱延鋼板。

【００２５】

（７）鋼板表面から１００μｍ深さ位置における残留オーステナイト面積率（$V_{\gamma s}$）と鋼板表面から板厚の１／４深さ位置における残留オーステナイト面積率（V_γ）とが下記式（１）を満たす上記（１）～（６）のいずれかに記載の熱延鋼板。

【００２６】

$$V_{\gamma s} > V_\gamma \qquad (1)$$

【発明の効果】

【００２７】

本発明に係る熱延鋼板は、高い強度を有するとともに優れた延性と伸びフランジ性とを有するので、自動車部材、機械構造部材、建築部材に用いられる素材として好適である。

【発明を実施するための形態】

【００２８】

本発明の熱延鋼板の化学組成および鋼組織について、以下により具体的に説明する。以下の説明において、鋼板の化学組成に関する％は、特に指定しない限りすべて質量％である。

【００２９】

＜化学組成＞

（Ｃ：０．０８％超０．３０％未満）

Ｃは、ベイナイトの生成を促進する作用と残留オーステナイトを安定化する作用とを有する。Ｃ含有量が０．０８％以下では、目的とするベイナイト面積率や残留オーステナイト面積率を確保することが困難となる。したがって、Ｃ含有量は０．０８％超とする。好ましくは０．１０％以上である。一方、Ｃ含有量が０．３０％以上では、パーライトが優先的に生成してしまう。その結果、ベイナイトや残留オーステナイトの生成が不十分となり

、目的とするベイナイト面積率や残留オーステナイト面積率を確保することが困難となる。したがって、Ｃ含有量は０.３０％未満とする。好ましくは０.２５％以下、さらに好ましくは０.２２％以下である。

【００３０】

（Ｍｎ：１.０％以上４.０％以下）

Ｍｎは、フェライト変態を抑制してベイナイトの生成を促進する作用を有する。Ｍｎ含有量が１.０％未満では、目的とするベイナイト面積率を確保することが困難である。したがって、Ｍｎ含有量は１.０％以上とする。好ましくは１.５％以上、さらに好ましくは１.８％以上である。一方、Ｍｎ含有量が４.０％超では、フェライト変態が過度に抑制されてしまい、目的とするポリゴナルフェライト面積率を確保することが困難となる。また、ベイナイト変態の完了が遅延するためにオーステナイトへの炭素濃化が促進されず、残留オーステナイトの生成が不十分となり、目的とする残留オーステナイト面積率を確保することが困難となる。さらに、残留オーステナイト中の炭素濃度を高めることが困難となる。したがって、Ｍｎ含有量は４.０％以下とする。好ましくは３.６％以下、さらに好ましくは３.２％以下である。

【００３１】

（Ｓｉ：０.１０％以上３.０％未満）

Ｓｉは、鋼を脱酸して鋼板を健全化する作用を有するとともに、オーステナイトからのセメンタイトの析出を抑制することで残留オーステナイトの生成を促進する作用を有する。また、固溶強化により強度を高める作用を有する。Ｓｉ含有量が０.１０％未満では上記作用による効果を得ることが困難である。したがって、Ｓｉ含有量は０.１０％以上とする。好ましくは０.５％以上である。一方、Ｓｉ含有量が３.０％以上では、A_3点の著しい上昇を招き、安定した熱間圧延を困難にする場合がある。また、延性や溶接性の劣化を招く。したがって、Ｓｉ含有量は３.０％未満とする。好ましくは２.５％未満である。

【００３２】

（ｓｏｌ．Ａｌ：０.０１％以上３.０％以下）

Ａｌは、Ｓｉと同様に、鋼を脱酸して鋼板を健全化する作用を有するとともに、オーステナイトからのセメンタイトの析出を抑制することで残留オーステナイトの生成を促進する作用を有する。ｓｏｌ．Ａｌ含有量が０.０１％未満では上記作用による効果を得ることが困難である。したがって、ｓｏｌ．Ａｌ含有量は０.０１％以上とする。好ましくは０.１０％以上、さらに好ましくは０.２０％以上である。一方、ｓｏｌ．Ａｌ含有量が３.０％超では、A_3点の著しい上昇を招いて、安定した熱間圧延を困難にする場合がある。したがって、ｓｏｌ．Ａｌ含有量は３.０％以下とする。好ましくは２.５％以下、さらに好ましくは２.０％以下である。

【００３３】

（Ｓｉおよびｓｏｌ．Ａｌの合計含有量：０.８％以上３.０％以下）

上述したように、ＳｉおよびＡｌはともに残留オーステナイトの生成を促進する作用を有するため、目的とする残留オーステナイト面積率を確保する観点から、Ｓｉおよびｓｏｌ．Ａｌの合計含有量を規定する。

【００３４】

Ｓｉおよびｓｏｌ．Ａｌの合計含有量が０.８％未満では、目的とする残留オーステナイト面積率を確保することが困難となる。また、残留オーステナイト中の炭素濃度を高めることが困難となる。したがって、Ｓｉおよびｓｏｌ．Ａｌの合計含有量は０.８％以上とする。好ましくは１.０％以上、さらに好ましくは１.２％以上、最も好ましくは１.５％以上である。一方、Ｓｉおよびｓｏｌ．Ａｌの合計含有量が３.０％超では、A_3点の著しい上昇を招いて、安定した熱間圧延を困難にする場合がある。したがって、Ｓｉおよびｓｏｌ．Ａｌの合計含有量は３.０％以下とする。好ましくは２.５％以下、さらに好ましくは２.０％以下、最も好ましくは１.９％以下である。

【００３５】

（Ｐ：０.０５０％以下）

Ｐは、一般に不純物として含有される元素であるが、固溶強化により強度を高める作用を有する元素でもある。したがって、Ｐを積極的に含有させてもよい。しかし、Ｐは偏析し易い元素であり、その含有量が０.０５０％を超えると、粒界偏析に起因する成形性や靭性の低下が顕著となる。したがって、Ｐ含有量は０.０５０％以下とする。好ましくは０.０３０％以下、さらに好ましくは０.０２０％以下である。Ｐ含有量の下限は特に規定する必要はないが、精錬コストの観点からは０.００１％以上とすることが好ましい。

【００３６】

（Ｓ：０.０１０％以下）

Ｓは、不純物として含有される元素であり、鋼中に硫化物系介在物を形成して成形性を低下させる。Ｓ含有量が０.０１０％を超えると、成形性の低下が著しくなる。したがって、Ｓ含有量は０.０１０％以下とする。好ましくは０.００５０％以下、さらに好ましくは０.００３０％以下、最も好ましくは０.００１０％以下である。Ｓ含有量の下限は特に規定する必要はないが、精錬コストの観点からは０.０００１％以上とすることが好ましい。

【００３７】

（Ｎ：０.０１０％以下）

Ｎは、不純物として含有される元素であり、鋼板の成形性を低下させる作用を有する。Ｎ含有量が０.０１０％超では成形性の低下が著しくなる。したがって、Ｎ含有量は０.０１０％以下とする。好ましくは０.００８０％以下、さらに好ましくは０.００７０％以下である。Ｎ含有量の下限は特に規定する必要はないが、後述するようにＴｉ、ＮｂおよびＶの１種または２種以上を含有させて鋼組織の微細化を図る場合を考慮すると、炭窒化物の析出を促進させるために０.００１０％以上とすることが好ましい。さらに好ましくは０.００２０％以上である。

【００３８】

（Ｔｉ：０.１０％以下、Ｎｂ：０.１０％以下およびＶ：０.５０％以下からなる群から選択される１種または２種以上）

Ｔｉ、ＮｂおよびＶは、熱間圧延工程において微細炭窒化物を生成し、そのピン止め効果によって熱間圧延完了後かつ冷却による変態前におけるオーステナイトを微細化し、最終製品である熱延鋼板の鋼組織をも微細化する作用を有する。したがって、これらの元素の１種または２種以上を含有させてもよい。しかし、上記上限を超えて含有させても上記作用は飽和してしまいコスト的に不利になるので、各元素の含有量は上記のとおりとする。ＴｉおよびＮｂの含有量はそれぞれ０.０５％以下とすることが好ましく、０.０３％以下とすることがさらに好ましい。Ｖ含有量は０.３０％以下とすることが好ましく、０.２０％以下とすることがさらに好ましい。なお、上記作用による効果をより確実に得るには、いずれかの元素の含有量を０.００５％以上とすることが好ましい。

【００３９】

（Ｃｒ：１.０％未満、Ｍｏ：０.５％以下、Ｎｉ：１.０％以下およびＢ：０.００５０％以下からなる群から選択される１種または２種以上）

Ｃｒ、Ｍｏ、ＮｉおよびＢは、焼入性を高める作用を有する。また、ＣｒおよびＮｉは残留オーステナイトを安定化させる作用を有し、Ｍｏは鋼中に炭化物を析出して強度を高める作用を有する。また、Ｎｉは、後述するようにＣｕを含有させる場合においては、Ｃｕに起因するスラブの粒界割れを効果的に抑制する作用を有する。したがって、これらの元素の１種または２種以上を含有させてもよい。

【００４０】

しかし、Ｃｒ含有量が１.０％以上では、化成処理性の低下が著しくなる。したがって、Ｃｒ含有量は１.０％未満とする。上記作用による効果をより確実に得るには、Ｃｒ含有量を０.０５％以上とすることが好ましい。

【００４１】

Ｍｏ含有量を０.５％超としても上記作用による効果は飽和してコスト的に不利となる。したがって、Ｍｏ含有量は０.５％以下とする。好ましくは０.２％以下である。上記作

用による効果をより確実に得るにはＭｏ含有量を０.０２％以上とすることが好ましい。
【００４２】
Ｎｉは高価な元素であるため、多量の含有はコスト的に不利となる。したがって、Ｎｉ含有量は１.０％以下とする。上記作用による効果をより確実に得るには、Ｎｉ含有量を０.０５％以上とすることが好ましい。
【００４３】
Ｂ含有量が０.００５０％超では成形性の低下が著しくなる。したがって、Ｂ含有量は０.００５０％以下とする。上記作用による効果をより確実に得るには、Ｂ含有量を０.０００２％以上とすることが好ましい。
【００４４】
（Ｃａ：０.０２０％以下、Ｍｇ：０.０２０％以下およびＲＥＭ：０.０２０％以下からなる群から選択される１種または２種以上）
Ｃａ、ＭｇおよびＲＥＭは、介在物の形状を調整することにより、成形性を高める作用を有する。したがって、これらの元素の１種または２種以上を含有させてもよい。しかし、これらの元素含有量が上記上限値を超えると、鋼中の介在物が過剰となり、却って成形性を低下させる場合がある。したがって、各々の元素の含有量は上記のとおりとする。それぞれの元素は、好ましくは０.０１０％以下、さらに好ましくは０.００５％以下である。上記作用による効果をより確実に得るには上記元素のいずれかを０.０００５％以上含有させることが好ましい。
【００４５】
（Ｃｕ：１.０％以下）
Ｃｕは、低温で析出して強度を高める作用を有するので、鋼中に含有させてもよい。しかし、Ｃｕ含有量が１.０％超では、スラブの粒界割れが生じる場合がある。したがって、Ｃｕ含有量は１.０％以下とする。好ましくは０.５％未満、さらに好ましくは０.３％未満である。上記作用による効果をより確実に得るにはＣｕ含有量は０.０５％以上とすることが好ましい。
【００４６】
（Ｂｉ：０.０２０％以下）
Ｂｉは、凝固組織を微細化することにより成形性を高める作用を有するので、鋼中に含有させてもよい。しかし、Ｂｉ含有量を０.０２０％超としても、上記作用による効果は飽和してしまい、コスト的に不利となる。したがって、Ｂｉ含有量は０.０２０％以下とする。好ましくは０.０１０％以下である。上記作用による効果をより確実に得るには、Ｂｉ含有量を０.０００５％以上とすることが好ましい。
【００４７】
＜鋼組織＞
本発明に係る熱延鋼板の組織については、鋼板表面から板厚の１／４深さ位置における鋼組織を以下のように規定する。当該位置は鋼板の表面と板厚中心との中間点であり、熱延鋼板の平均的鋼組織を示している。
【００４８】
（ベイナイト面積率V_B：４０％以上）
上述したように、ベイナイトは硬質かつ均質な組織であり、高い強度と優れた伸びフランジ性とを兼備させるのに最も適した組織である。ベイナイト面積率が４０％未満では高い強度と優れた伸びフランジ性とを鋼板に兼備させることが困難である。したがって、ベイナイト面積率は４０％以上とする。好ましくは５０％以上、さらに好ましくは６０％以上である。ベイナイト面積率の上限は特に規定する必要はない。しかし、後述する他の相や組織の面積率の下限値より、ベイナイト面積率は９５％以下となる。なお、本発明のベイナイトには上部ベイナイトおよび下部ベイナイトの双方が含まれる。
【００４９】
（ポリゴナルフェライト面積率V_α：２.０％以上５０％未満）
軟質なポリゴナルフェライトを含有させることにより、鋼板の変形初期の加工硬化指数

が向上する。さらに、反射的効果として残留オーステナイトへの炭素濃化が促進されるため、変形後期の加工硬化指数も向上する。その結果、鋼板の延性および伸びフランジ性が向上する。ポリゴナルフェライト面積率が２．０％未満では上記作用による効果を得ることが困難である。したがって、ポリゴナルフェライト面積率は２．０％以上とする。好ましくは４．０％以上、さらに好ましくは６．０％以上である。

【００５０】

一方、ポリゴナルフェライト面積率が５０％以上になると、ボイドの発生起点となりやすいポリゴナルフェライトとマルテンサイトとの界面やポリゴナルフェライトとパーライトとの界面が増加することに起因して、鋼板の成形性が低下する場合がある。また、鋼組織に占める軟質なポリゴナルフェライトの比率が増加するため、高い強度を確保することが困難となる。したがって、ポリゴナルフェライト面積率は５０％未満とする。好ましくは４５％以下、さらに好ましくは４０％以下である。

【００５１】

（残留オーステナイト面積率V_γ：３％以上）

残留オーステナイトは、変態誘起塑性（ＴＲＩＰ）により延性を高める作用を有する。残留オーステナイト面積率が３％未満では、上記作用による効果を得ることが困難である。したがって、残留オーステナイト面積率は３％以上とする。好ましくは４％以上、さらに好ましくは６％以上である。残留オーステナイト面積率の上限は特に規定する必要はないが、上記化学組成において確保し得る残留オーステナイト面積率は概ね４０％未満である。

【００５２】

なお、残留オーステナイト中の炭素濃度（C_γ）を０．４質量％以上とすることにより、残留オーステナイトは適度に安定化し、変形後期の高歪域において変態誘起塑性（ＴＲＩＰ）を多く生じるようになるため、延性および伸びフランジ性が一層向上する。したがって、C_γは０．４質量％以上とすることが好ましい。さらに好ましくは０．６質量％以上、特に好ましくは０．８質量％以上である。また、C_γを２．０質量％以下とすることにより、残留オーステナイトの過度な安定化を抑制し、変態誘起塑性（ＴＲＩＰ）をより確実に発現させることができる。したがって、C_γは２．０質量％以下とすることが好ましい。さらに好ましくは１．８質量％以下である。

【００５３】

なお、残留オーステナイトの定量方法には、Ｘ線回折、ＥＢＳＰ（電子後方散乱回折像、Electron Back Scattering Pattern）解析、磁気測定による方法などがあり、方法によって定量値が異なる場合がある。本発明で規定する残留オーステナイトの面積率はＸ線回折による測定値である。

【００５４】

（ベイナイト、ポリゴナルフェライトおよび残留オーステナイトを除く残部の面積率：１５％以下）

本発明の熱延鋼板の組織は、上述したベイナイト、ポリゴナルフェライトおよび残留オーステナイトから構成されることが成形性の観点から好ましいが、マルテンサイト、パーライト、セメンタイトなど上記以外の組織が混在したとしても、その面積率が１５％以下であれば許容できる。上記残部の面積率は好ましくは１０％以下である。

【００５５】

（残留オーステナイトを除く鋼組織において１５°以上の結晶方位差を有する粒界で囲まれる粒の平均粒径（Ｄ）：１５μｍ以下）

上述したように、残留オーステナイトは、主に１５°以上の結晶方位差を有する粒の間とベイナイトラス間とに形成される。そして前者の方が後者に比して粗大化する傾向にあるため、前者の残留オーステナイトを微細に分散させることが重要である。そのためには、１５°以上の結晶方位差を有する粒の平均粒径（Ｄ）を小さくして、残留オーステナイトの生成サイトを増加させることが有効である。

【００５６】

Ｄが１５μｍ超では、残留オーステナイトを微細に分散させることが不十分となり、残留オーステナイトによる伸びフランジ性低下作用を効果的に抑制することが困難である。したがって、Ｄは１５μｍ以下とする。好ましくは１２μｍ未満、さらに好ましくは１０μｍ未満、特に好ましくは８μｍ未満である。Ｄは小さいほど好ましいのでＤの下限は特に規定する必要はない。

【００５７】

平均粒径（Ｄ）は、下記［数１］に示す式で算出される値とする。式中、Ｎは平均粒径の評価領域に含まれる粒の数、Ａｉはｉ番目（ｉ＝１、２、・・、Ｎ）の粒の面積、ｄｉはｉ番目の結晶粒の円相当直径を示す。これらのデータはＥＢＳＰ解析により容易に求められる。具体的には、鉄の面心立方格子（ＦＣＣ）と体心立方格子（ＢＣＣ）の結晶構造定義を用いて相を区別し、その内、体心立方格子（ＢＣＣ）として認識された相だけを解析することにより求められる。

【００５８】

【数１】

$$D=\frac{\sum_{i=1}^{N} Ai\times di}{\sum_{i=1}^{N} Ai}$$

【００５９】

なお、１５°以上の結晶方位差を有する粒は主にフェライト粒やベイナイトブロックである。ＪＩＳ Ｇ０５５２に準じたフェライト粒径の測定方法では、結晶方位差が１５°未満である粒についても粒径が算定されてしまい、さらに、ベイナイトブロックは算定されないため、残留オーステナイトの分散形態を適切に規定することができない。したがって、本発明ではＥＢＳＰ解析により求めた値を採用する。

【００６０】

（$V_{\gamma s}>V_{\gamma}$）

本発明に係る熱延鋼板の組織は、鋼板表面から板厚の１／４深さ位置における鋼組織を以上のように規定するほかに、さらに以下のような鋼組織とすることが好ましい。

【００６１】

伸びフランジ成形や曲げ成形等のように、鋼板内部に比して鋼板表層部における歪量が大きい成形法では、鋼板表層部における均一伸びが高い方が好ましい。したがって、鋼板内部に比して鋼板表層部により多くの残留オーステナイトを含有させた傾斜組織とすることが好ましい。すなわち、下記式（１）を満足させることが好ましい。

【００６２】

$$V_{\gamma s}>V_{\gamma} \qquad (1)$$

ここで、$V_{\gamma s}$は鋼板表面から１００μｍ深さ位置における残留オーステナイト面積率、V_{γ}は鋼板表面から板厚の１／４深さ位置における残留オーステナイト面積率である。

【００６３】

＜板厚：１．２ｍｍ超６ｍｍ以下＞

熱延鋼板の板厚が１．２ｍｍ以下では、圧延完了温度の確保が困難になるとともに圧延荷重が過大となって、熱間圧延が困難となる場合がある。したがって、本発明の熱延鋼板の板厚は１．２ｍｍ超とする。好ましくは１．４ｍｍ以上である。一方、板厚が６ｍｍ超では、鋼組織の微細化が困難となり、上述した鋼組織を確保することが困難となる。また、上述した傾斜組織を得ることも困難となる。したがって、板厚は６ｍｍ以下とする。好ましくは５ｍｍ以下である。

【００６４】

＜その他＞

（めっき層）

上述した化学組成及び鋼組織を有する本発明に係る熱延鋼板の表面には、耐食性の向上

等を目的としてめっき層を備えさせて表面処理鋼板としてもよい。めっき層は電気めっき層であってもよく溶融めっき層であってもよい。電気めっき層としては、電気亜鉛めっき、電気Ｚｎ－Ｎｉ合金めっき等が例示される。溶融めっき層としては、溶融亜鉛めっき、合金化溶融亜鉛めっき、溶融アルミニウムめっき、溶融Ｚｎ－Ａｌ合金めっき、溶融Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ合金めっき、溶融Ｚｎ－Ａｌ－Ｍｇ－Ｓｉ合金めっき等が例示される。めっき付着量は特に制限されず、従来と同様でよい。また、めっき後に適当な化成処理（例えば、シリケート系のクロムフリー化成処理液の塗布と乾燥）を施して、耐食性をさらに高めることも可能である。

【００６５】

＜製造条件＞

本発明の熱延鋼板は上述した化学組成、鋼組織および板厚を有するものであればよく、その製造方法は特に限定されないが、本発明の熱延鋼板を得るのに好適な製造方法を以下に説明する。なお、以下の説明における鋼組織および機械的性質は、特に断りのない限り、製造途上の鋼組織ではなく、最終製品段階である熱延鋼板の鋼組織および機械的性質である。また、鋼組織は板厚の１／４深さ位置における平均的な鋼組織のことである。

【００６６】

本発明の熱延鋼板を得るには、熱間圧延により適度な歪を導入するとともに、上記歪による駆動力を効率的に利用して変態を促進させることが好ましい。

具体的には、熱間圧延を多パス圧延とし、最終圧延パスにおける圧下率を５％以上５０％以下として８６０℃以上１０５０℃以下の温度域で圧延を完了し、圧延完了後１秒間以内に７２０℃以下の温度域まで冷却し、５００℃超７２０℃以下の温度域に１秒間以上１５秒間以下の時間だけ滞在させたのちに、３５０℃以上５００℃以下の温度域で巻き取ることが好ましい。最終圧延パスの１つ前の圧延パスの圧下率を２０％以上５０％以下とすることがさらに好ましい。

【００６７】

（スラブ、熱間圧延に供する際のスラブ温度、熱間圧延態様）

熱間圧延に供するスラブは、連続鋳造により得られたスラブや鋳造・分塊により得られたスラブなどを用いることができ、必要によってはそれらに熱間加工または冷間加工を加えたものを用いることができる。

【００６８】

熱間圧延に供するスラブの温度は、熱間圧延をオーステナイト域で行うためにオーステナイト単相域となる温度に加熱すればよく、特に限定する必要はないが、後述する好適な圧延完了温度を確保する観点からは１０５０℃以上とすることが好ましく、スケールロスを抑制する観点からは１３５０℃以下とすることが好ましい。なお、熱間圧延に供するスラブが連続鋳造により得られたスラブや分塊圧延により得られたスラブであって高温状態にある場合には、加熱することなしに熱間圧延に供してもよい。

【００６９】

熱間圧延は、多パス圧延としてレバースミルまたはタンデムミルを用いるのが好ましい。特に工業的生産性の観点から、少なくとも最終の数段はタンデムミルを用いた圧延とすることがより好ましい。

【００７０】

（最終圧延パスの圧下率：５％以上５０％以下）

最終圧延パスの圧下率は５％以上５０％以下とすることが好ましい。

最終圧延パスの圧下率を５％以上とすることにより、適度な歪が導入され、後続する冷却処理を適切に施すことにより、上記歪による駆動力を効率的に利用したフェライト変態およびベイナイト変態が実現され、最終製品である熱延鋼板について目的とする鋼組織を容易に得ることができる。したがって、最終圧延パスの圧下率は５％以上とすることが好ましい。さらに好ましくは１０％以上である。

【００７１】

また、最終圧延パスの圧下率を５０％以下とすることにより、最終圧延パスにおいて導

入する歪の量が適度に抑制され、フェライトやパーライトが過剰に生成されることが抑制され、目的とする鋼組織を得ることが容易になる。したがって、最終圧延パスの圧下率は５０％以下とすることが好ましい。さらに好ましくは４５％以下である。

【００７２】

（圧延完了温度：８６０℃以上１０５０℃以下）

圧延完了温度は８６０℃以上１０５０℃以下とすることが好ましい。

圧延完了温度を８６０℃以上とすることにより、圧延時の変形抵抗が低減され、圧延が容易になる。したがって、圧延完了温度は８６０℃以上とすることが好ましい。さらに好ましくは８８０℃以上、特に好ましくは９００℃以上、最も好ましくは９１０℃以上である。

【００７３】

また、圧延完了温度を１０５０℃以下とすることにより、圧延により導入した歪の解放が抑制され、後続する冷却処理を適切に施すことにより、上記歪による駆動力を効率的に利用したフェライト変態およびベイナイト変態が実現され、最終製品である熱延鋼板について目的とする鋼組織を容易に得ることができる。したがって、圧延完了温度は１０５０℃以下とすることが好ましい。さらに好ましくは１０３０℃以下、特に好ましくは１０００℃以下、最も好ましくは９８０℃以下である。

【００７４】

（圧延完了から７２０℃以下の温度域までの冷却時間：１秒間以内）

圧延完了から７２０℃以下の温度域までの冷却時間は、１秒間以内とすることが好ましい。

【００７５】

上述したように、最終圧延パスにより導入する歪の量はある程度制限することが好ましい。このため、圧延により導入した歪による駆動力を効率的に活用することが好ましい。圧延完了から１秒間以内に７２０℃以下の温度域まで冷却することにより、圧延により導入した歪の解放が効果的に抑制され、上記歪による駆動力を効率的に利用したフェライト変態およびベイナイト変態が実現され、最終製品である熱延鋼板について目的とする鋼組織を容易に得ることができる。

【００７６】

したがって、圧延完了から７２０℃以下の温度域に冷却するのに要する時間は１秒間以内とすることが好ましい。この時間はさらに好ましくは０.６秒以内、特に好ましくは０.４秒以内である。この際の冷却は水冷却として、冷却速度は４００℃／秒以上とすることが好ましい。

【００７７】

（５００℃超７２０℃以下の温度域における滞在時間：１秒間以上１５秒間以内）

５００℃超７２０℃以下の温度域における滞在時間は１秒間以上１５秒間以内とすることが好ましい。

【００７８】

上述したフェライト面積率を確保するには、フェライト変態が活発となる温度域において冷却を一時停止するか、又は冷却速度を低下させることにより、上記温度域に適度な時間滞在させることが好ましい。上記化学組成を有し、上記圧延および冷却処理が施された熱延鋼板において、フェライト変態が活発となる温度域は５００℃超７２０℃以下の温度域であるから、上記温度域における滞在時間を規定することが好ましい。

【００７９】

上記温度域に滞在させる時間を１秒間以上とすることにより、圧延により導入した歪による駆動力を効率的に利用したフェライト変態が適度に進行し、２.０面積％以上のフェライト面積率を確保するとともにポリゴナルフェライトを微細なものとすることが容易になる。したがって、上記温度域に滞在させる時間は１秒間以上とすることが好ましい。

【００８０】

また、上記温度域に滞在させる時間を１５秒間以下とすることにより、フェライト変態

の過度な進行が抑制され、フェライト面積率を５０％以下とすることが容易になる。また、セメンタイトやパーライトの過度な生成が抑制され、ベイナイト、ポリゴナルフェライトおよび残留オーステナイト以外の鋼組織を１５％以下とすることが容易になる。したがって、上記温度域に滞在させる時間は１５秒間以内とすることが好ましい。

【００８１】

（巻取温度：３５０℃以上５００℃以下）

巻取温度は３５０℃以上５００℃以下とすることが好ましい。

巻取温度を３５０℃以上とすることにより、マルテンサイトの生成を抑制しつつ、圧延により導入した歪による駆動力を効率的に利用したベイナイト変態が実現され、４０面積％以上のベイナイト面積率を確保するとともにベイナイトを微細なものとし、さらに、３面積％以上の残留オーステナイト面積率を確保することが容易になる。また、残留オーステナイト中の炭素濃度を高めることが容易になる。したがって、巻取温度は３５０℃以上とすることが好ましい。

【００８２】

また、巻取温度を５００℃以下とすることにより、パーライトの生成を抑制しつつ、圧延により導入した歪による駆動力を効率的に利用したベイナイト変態が実現され、４０面積％以上のベイナイト面積率を確保するとともにベイナイトを微細なものとし、さらに、３面積％以上の残留オーステナイト面積率を確保することが容易になる。したがって、巻取温度は５００℃以下とすることが好ましい。

【００８３】

（最終圧延パスの１つ前の圧延パスでの圧下率：２０％以上５０％以下）

最終圧延パスの１つ前の圧延パスでの圧下率は２０％以上５０％以下とすることが好ましい。

【００８４】

上述したように最終圧延パスにより導入する歪はある程度制限することが好ましい。このため、最終圧延パスにより導入する歪以外の手段を併用することによって鋼組織の微細化を図ることが好ましい。

【００８５】

最終圧延パスの１つ前の圧延パスでの圧下率を２０％以上とすることにより、最終圧延パスに供する段階におけるオーステナイト粒が微細化され、最終圧延パスにより導入する歪による鋼組織の微細化作用と相俟って、鋼組織のさらなる微細化が図られる。

【００８６】

さらに、圧下率の増加に伴って圧延ロールと鋼板間の摩擦によるせん断歪が大きくなることから、最終圧延パスの１つ前の圧延パスの圧下率を２０％以上とすることにより、最終圧延パスに供する段階において、鋼板表面に近いほどオーステナイト粒が細粒である傾斜組織が形成される。その結果、最終製品である熱延鋼板の鋼組織も鋼板表面に近いほど細粒となり、鋼組織が細粒になるほど残留オーステナイトの生成サイトが増加して残留オーステナイト面積率が高くなることから、鋼板表面に近いほど残留オーステナイト面積率が高い傾斜組織となる。

【００８７】

したがって、最終圧延パスの１つ前の圧延パスの圧下率は２０％以上とすることが好ましい。さらに好ましくは２５％以上、特に好ましくは３０％以上である。

また、最終圧延パスの１つ前の圧延パスの圧下率は５０％以下とすることにより、圧延荷重の増加を抑制することができ、圧延が容易になる。したがって、最終圧延パスの１つ前の圧延パスの圧下率は５０％以下とすることが好ましい。

【実施例】

【００８８】

表１に示す化学組成を有する１８０ｋｇの鋼塊を高周波真空溶解炉にて溶製し、熱間鍛造により３０ｍｍ厚さの鋼片にした。この鋼片を次いで１２５０℃の温度に加熱し、試験用小型タンデムミルにて表２に示す条件で熱間圧延を実施して板厚２ｍｍの鋼板に仕上げ

た。圧延完了後、５００℃超７２０℃以下の温度域まで水冷却により１次冷却し、５００℃超７２０℃以下の温度域に所定の時間滞在させたのち、所定の巻取温度まで冷却して該巻取温度に設定した炉に装入し、３０分間保持した後に炉冷して、熱延鋼板を得た。これらの条件を表２に併せて示す。

【００８９】

【表１】

鋼	化学組成（単位：質量%、残部：Feおよび不純物）								
	C	Si	Mn	P	S	sol.Al	N	Si+sol.Al	その他
A	0.18	1.05	1.10	0.015	0.0010	0.15	0.0032	1.20	
B	0.18	1.28	1.97	0.016	0.0010	0.29	0.0042	1.57	B:0.0026
C	0.18	1.28	1.96	0.017	0.0009	0.29	0.0041	1.57	Cr:0.30,REM:0.0015
D	0.18	1.28	2.04	0.014	0.0010	0.30	0.0045	1.58	
E	0.17	1.21	2.12	0.010	0.0020	0.23	0.0051	1.44	V:0.010,Ca:0.0025
F	0.15	1.27	3.03	0.016	0.0012	0.30	0.0036	1.57	
G	0.10	1.26	2.99	0.015	0.0013	0.30	0.0034	1.56	
H	0.13	1.25	2.75	0.015	0.0009	0.30	0.0034	1.55	
I	0.14	1.21	2.54	0.019	0.0023	0.22	0.0045	1.43	Ni:0.10,Cu:0.05
J	0.15	1.30	2.61	0.015	0.0032	0.18	0.0025	1.48	Mg:0.0015
K	0.19	1.28	2.46	0.017	0.0010	0.30	0.0035	1.58	
L	0.17	1.23	2.35	0.015	0.0028	0.21	0.0035	1.44	Mo:0.05,Bi:0.0010
M	0.19	1.27	2.45	0.017	0.0009	0.30	0.0040	1.57	Ti:0.011
N	0.18	0.51	2.45	0.009	0.0011	0.65	0.0025	1.16	
O	0.18	1.77	1.25	0.011	0.0015	0.31	0.0032	2.08	Nb:0.015
P	0.34	1.12	1.75	0.015	0.0032	0.21	0.0042	1.33	
Q	0.15	0.56	4.32	0.012	0.0025	0.85	0.0025	1.41	
R	0.11	0.20	2.25	0.009	0.0021	0.21	0.0032	0.41	

(注)下線部は本発明の範囲外であることを示す。

【００９０】

【表２】

試験番号	鋼	最終圧延パスの1つ前の圧延パスの圧下率 %	最終圧延パスの圧下率 %	圧延完了温度 ℃	圧延完了から720℃までの冷却に要した時間 秒	1次冷却平均冷却速度 ℃/s	500℃超720℃以下の温度域における滞在時間 秒	巻取温度 ℃
1	A	42	55	900	0.25	1024	8.0	425
2	B	42	22	930	0.21	1105	6.1	400
3	C	42	22	930	0.20	1235	2.5	400
4	D	42	22	930	0.21	1313	6.2	400
5	D	42	28	960	0.32	923	1.2	400
6	D	42	28	960	0.28	1225	7.3	450
7	E	42	22	930	0.24	1042	6.7	400
8	E	42	30	960	0.45	585	7.4	425
9	F	42	22	930	0.32	808	6.3	400
10	G	42	22	930	0.18	1313	7.6	400
11	G	42	22	921	3.60	152	2.5	400
12	H	42	22	930	0.25	1050	7.6	400
13	I	42	22	930	0.32	808	7.1	400
14	I	42	22	1100	0.65	583	7.4	400
15	J	42	22	930	0.28	1052	2.3	400
16	K	42	25	960	0.21	1333	10.5	425
17	K	26	22	860	0.16	1273	1.5	425
18	L	42	22	930	0.20	1313	7.4	400
19	L	10	22	900	0.21	1024	7.4	425
20	L	42	22	960	0.25	1263	7.6	520
21	M	42	22	930	0.24	1048	5.2	400
22	N	42	22	930	0.25	1005	6.5	400
23	O	42	22	930	0.28	1029	2.3	380
24	P	42	22	910	0.26	1045	5.5	400
25	Q	42	22	910	0.27	1035	5.6	400
26	R	42	22	910	0.26	1036	5.5	400

【００９１】

得られた熱延鋼板について、鋼板の圧延方向と直交する板厚断面を鏡面研磨し、ナイタール腐食液またはレペラ腐食液で腐食したのち、光学顕微鏡または走査型電子顕微鏡（ＳＥＭ）を用いて組織観察を行った。さらに、鏡面研磨後に電解研磨で調製した試料を用いて、ＥＢＳＰ法による結晶方位の測定および解析を行なった。

【００９２】
光学顕微鏡やＳＥＭによる観察像では、ベイナイト、残留オーステナイトおよびマルテンサイトの区別が困難な場合があるため、以下の方法で各々の相および組織の面積率を定量した。
【００９３】
まず、ベイナイト、マルテンサイトおよび残留オーステナイトの合計面積率をＳＥＭ観察像およびＥＢＳＰ解析結果を用いて画像解析により測定した。次に、レペラ腐食した組織から残留オーステナイトおよびマルテンサイトの合計面積率を測定し、この合計面積率を先に測定したベイナイト、マルテンサイトおよび残留オーステナイトの合計面積率から差し引いた値をベイナイト面積率とした。ポリゴナルフェライト面積率はＳＥＭ観察像およびＥＢＳＰ解析結果を用いた画像解析により測定した。残留オーステナイト面積率はＸ線回折により測定し、同時に、残留オーステナイト中の炭素濃度も算出した。そして、上記で測定したベイナイト、ポリゴナルフェライトおよび残留オーステナイトの面積率の合計を、１００％から差し引いた値を残部組織の面積率とした。
【００９４】
残留オースナイトを除く鋼組織において１５°以上の結晶方位差を有する粒界で囲まれる粒の平均粒径（Ｄ）は、ＥＢＳＰ解析により求めた。
機械特性として、引張特性および伸びフランジ性を評価した。引張特性は、ＪＩＳ Ｚ ２２０１およびＪＩＳ Ｚ ２２４１に準拠して引張試験を行ない、引張強度（ＴＳ）と全伸び（Ｅｌ）を測定した。伸びフランジ性は、日本鉄鋼連盟規格ＪＦＳ Ｔ １００１に準拠して穴拡げ試験を行ない、穴拡げ率（λ）を求めた。
【００９５】
得られた鋼板の鋼組織および機械特性を表３にまとめて示す。発明例である試験番号２～１０、１２、１３、１５～１９、２１～２３は、高い引張強度（ＴＳ）を有するとともに、優れた強度－延性バランス（ＴＳ×Ｅｌ）と優れた強度－伸びフランジバランス（ＴＳ×λ）とを有している。一方、本発明で定める範囲を外れる比較例は、ＴＳ×Ｅｌあるいは ＴＳ×λ、または双方の特性が劣っている。
【００９６】

【表３】

試験番号	鋼	板厚の1/4深さ位置における鋼組織						傾斜組織	機械特性			摘要
		面積率(%)				C_γ (%)	D (μm)	$V_{\gamma s}>V_\gamma$	TS (MPa)	TS×El (MPa·%)	TS×λ (MPa·%)	
		V_B	V_γ	V_α	残部							
1	A	11.3	0.0	70.2	18.5	—	2.5	—	683	15620	37587	比較例
2	B	85.1	7.5	2.3	5.1	0.92	5.3	○	1079	19848	47166	発明例
3	C	89.2	8.3	2.5	0.0	1.00	4.8	○	983	19853	49029	発明例
4	D	73.9	12.2	10.5	3.4	1.04	4.7	○	805	23977	52983	発明例
5	D	78.1	12.1	5.2	4.6	1.00	3.5	○	904	23680	47969	発明例
6	D	65.0	6.3	25.6	3.1	0.97	4.9	○	837	21586	51015	発明例
7	E	57.5	10.1	30.3	2.1	1.05	5.6	○	851	25358	52121	発明例
8	E	46.4	12.8	38.5	2.3	1.02	4.2	○	823	20649	45482	発明例
9	F	86.0	9.0	3.5	1.5	1.00	4.6	○	1102	19720	51739	発明例
10	G	82.6	9.5	5.6	2.3	0.72	5.2	○	1016	19584	68361	発明例
11	G	82.0	1.5	1.3	15.2	0.70	16.4	×	1021	17256	35892	比較例
12	H	68.0	11.5	17.5	3.0	0.86	4.7	○	1027	21358	67233	発明例
13	I	75.6	10.3	10.7	3.4	0.87	4.8	○	1020	21225	61980	発明例
14	I	88.2	2.2	1.8	7.8	0.90	17.2	○	1058	16550	34356	比較例
15	J	79.1	11.0	6.5	3.4	0.90	4.2	○	960	20342	53291	発明例
16	K	68.5	11.1	15.2	5.2	0.82	6.4	○	1018	22594	52745	発明例
17	K	75.8	10.5	3.5	10.2	0.90	5.6	○	1053	20214	31558	発明例
18	L	74.5	14.4	8.6	2.5	0.92	5.2	○	1041	22075	45206	発明例
19	L	70.5	13.5	12.5	3.5	0.90	8.5	×	1060	21838	38456	発明例
20	L	66.8	0.0	17.6	15.6	—	6.8	—	981	17538	36905	比較例
21	M	82.0	13.5	2.5	2.0	0.90	4.8	○	1082	21535	46925	発明例
22	N	58.1	13.0	25.4	3.5	1.10	4.1	○	945	22154	52168	発明例
23	O	70.3	12.0	15.6	2.1	1.10	4.3	○	825	20156	58460	発明例
24	P	32.5	0.0	32.4	35.1	—	3.8	—	1087	15624	32510	比較例
25	Q	93.4	1.1	0.0	5.5	0.20	5.4	○	1375	14562	30215	比較例
26	R	16.6	0.0	72.6	10.8	—	5.6	—	763	16875	34856	比較例

下線：本発明範囲外　　○：式を満たす、×：式を満たさない、－：評価なし

10　20　30　40

フロントページの続き

(51)Int.Cl.	FI	テーマコード（参考）
	Ｃ２１Ｄ　8/02　　Ｂ	

Ｆターム(参考) 4K032 AA01 AA02 AA03 AA04 AA05 AA08 AA11 AA14 AA16 AA17
AA19 AA21 AA22 AA23 AA27 AA29 AA31 AA32 AA35 AA36
AA40 BA01 CA02 CA03 CC04 CD03 CE01
4K037 EA01 EA02 EA03 EA05 EA06 EA09 EA11 EA13 EA14 EA15
EA16 EA17 EA18 EA19 EA20 EA23 EA25 EA27 EA28 EA31
EA32 EA36 EB05 EB07 EB08 EB09 EB11 EB12 FA02 FA03
FB08 FC04 FC05 FD04 FE01 FE06 GA05 JA06 JA07