I510649

(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本 **(11)證書號數：TW I510649 B**

**(45)公告日： 中華民國 104 (2015) 年 12 月 01 日**

(21)申請案號：103117668 (22)申請日： 中華民國 103 (2014) 年 05 月 20 日

(51)Int. Cl.： *C22C38/58 (2006.01)* *C21D8/02 (2006.01)*

(30)優先權：2013/05/21 日本 2013-107324

(71)申請人：新日鐵住金股份有限公司 (日本) NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION (JP)
日本

(72)發明人：首藤洋志 SHUTO, HIROSHI (JP) ；東昌史 AZUMA, MASAFUMI (JP) ；榊原章文 SAKAKIBARA, AKIFUMI (JP) ；神澤佑樹 KANZAWA, YUUKI (JP) ；木村謙 KIMURA, KEN (JP)

(74)代理人：惲軼群；陳文郎

(56)參考文獻：

EP 753596B1

審查人員：陳建安

申請專利範圍項數：11 項 圖式數：0 共 43 頁

(54)名稱

熱軋鋼板及其製造方法

(57)摘要

本發明之熱軋鋼板具有下述組成：以質量%計，含有：C：0.01~0.2%、Si：2.5%以下、Mn：4.0%以下、P：0.10%以下、S：0.03%以下、Al：0.001~2.0%、N：0.01%以下、O：0.01%以下，並含有 Ti 或 Nb 之 1 種或 2 種合計為 0.01~0.30%；其板厚 1/4 部分的平均有效結晶粒徑係 10μm 以下，自表面至 50μm 範圍之部分的平均有效結晶粒徑係 6μm 以下；且鋼板組織係回火麻田散鐵或下變韌鐵，其體積分率合計係 90%以上。

公告本

# 發明摘要

※ 申請案號：103117668.　　C22C 38/58 (2006.01)

※ 申請日：103.5.20.　　※IPC 分類：C21D 8/02 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

熱軋鋼板及其製造方法

【中文】

本發明之熱軋鋼板具有下述組成：以質量%計，含有：C：0.01~0.2%、Si：2.5%以下、Mn：4.0%以下、P：0.10%以下、S：0.03%以下、Al：0.001~2.0%、N：0.01%以下、O：0.01%以下，並含有Ti或Nb之1種或2種合計爲0.01~0.30%；其板厚1/4部分的平均有效結晶粒徑係10μm以下，自表面至50μm範圍之部分的平均有效結晶粒徑係6μm以下；且鋼板組織係回火麻田散鐵或下變韌鐵，其體積分率合計係90%以上。

【英文】

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(　　)圖。(無)

【本代表圖之符號簡單說明】：

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

## 【發明名稱】(中文/英文)

熱軋鋼板及其製造方法

## 【技術領域】

技術領域

[0001]本發明係有關於抗拉最大強度980MPa以上且疲勞強度與低溫韌性優異的熱軋鋼板及其製造方法。特別是，有關於可使用於作爲負載覆變應力之構件，且可於極低溫域下使用，而具備疲勞強度與低溫韌性之熱軋鋼板及其製造方法。

## 【先前技術】

背景技術

[0002]爲抑制汽車之二氧化碳排出量，正在進行使用高強度鋼板使汽車車體輕量化。又，爲確保搭乘者之安全性於汽車車體除了使用軟鋼板以外，亦大量使用抗拉最大強度980MPa以上的高強度鋼板。此外，今後爲更加進行汽車車體之輕量化，必須較以往提高高強度鋼板之使用強度。一般而言，鋼板之高強度化係與低溫韌性等材料特性劣化有關，如何不使材料特性劣化而追求高強度化於高強度鋼板之開發來說係爲重要。

[0003]鋼板之疲勞強度係以汽車之底盤用鋼板爲中心之重要安全零件主要所需之特性。若疲勞強度未與鋼板之

高強度化一同提升，將無法實現零件之輕量化。因此，不僅是強度，疲勞特性亦藉由以其以下之應力將不會產生疲勞破壞的疲勞限、或施加有一定之應力或應變時的疲勞壽命，即時間強度所規定。

[0004]又，使用於如此之構件的鋼板於作爲構件成形後安裝於汽車之後，期望即使於承受衝撞等造成之衝擊，構件仍不易被破壞。此外，爲確保寒冷地區的耐衝擊性，亦有期望提升低溫韌性。該低溫韌性係以vTrs(沙丕脆斷轉移溫度)等所規定。因此，亦需考量前述鋼材之耐衝擊性本身。此外，鋼板因高強度化而不易塑性變形，故遭受破壞的疑慮更高。於是，期待將韌性作爲重要之特性。

[0005]爲提升疲勞特性，使組織微細化係爲有效。例如，專利文獻1與專利文獻2中，揭示了一種將肥粒鐵之平均粒徑設爲2μm以下之強度-延性均衡及疲勞限度比(疲勞強度/TS)良好的熱軋鋼板。但，該等鋼板係以肥粒鐵作爲主相之組織，不易確保980MPa以上的強度。

又，疲勞裂痕因自表面附近產生，故使表面附近之組織微細化係特別重要。例如，專利文獻3中，揭示了一種以多邊形肥粒鐵作爲主相，且作成多邊形肥粒鐵之平均結晶粒徑自板厚中心朝向表層逐漸變小的結晶粒徑傾斜組織之熱軋鋼板。該熱軋鋼板係於熱軋後藉由施加彎曲加工，將多邊形肥粒鐵分率自板厚中心部朝向板厚表層部逐漸微細化者。

此外，專利文獻4中，揭示了一種以多邊形肥粒鐵作爲

主相，並將表層附近之結晶粒徑作成板厚中心部之粒徑20%以下的熱軋鋼板。該熱軋鋼板係於肥粒鐵域軋延，以熱軋時之加工發熱使表層逆變態後使表層組織微細化者。

該等熱軋鋼板之疲勞特性雖優異，但製造方法複雜，適合之製造條件少，故有生產性或良率下降的疑慮。又，因肥粒鐵係主相，故不易確保980MPa以上之強度。

[0006]相對於此，麻田散鐵組織因極硬，故於具有980MPa級以上之高強度的鋼板中，爲了強化多作爲主相或第二相使用。專利文獻5中，記載了於以麻田散鐵組織作爲主相之組織中，利用細粒化提升疲勞特性。但，此爲鋼管領域之技術，造管後進行縮徑並於加熱後急速冷卻，使麻田散鐵之平均塊體直徑爲3μm以下者。爲於熱軋鋼板應用相同手法，提升疲勞強度，於最後軋延後需導入加熱·急速冷卻裝置，有需大量投資的課題。

[0007]另一方面，提升鋼板韌性之方法，例如，專利文獻6中揭示了一種以經調整長寬比之麻田散鐵相作爲鋼板組織主相的製造方法。

一般而言，麻田散鐵之長寬比係與變態前之沃斯田鐵粒之長寬比相關係眾所周知。此處，長寬比大之麻田散鐵係指自未再結晶沃斯田鐵(利用軋延拉伸之沃斯田鐵)變態的麻田散鐵。又，長寬比小之麻田散鐵係指自再結晶沃斯田鐵變態的麻田散鐵之意。

[0008]由此可知，專利文獻6之鋼板爲降低長寬比，需使沃斯田鐵再結晶。此外，爲使沃斯田鐵再結晶，需提升

最後軋延溫度。因此，有沃斯田鐵之粒徑，甚至是，麻田散鐵之粒徑變大的傾向。一般而言，細粒化可有效提升韌性係眾所周知，故長寬比之下降雖可減少因形狀所引起的韌性劣化因子，但因將導致因結晶粒粗大化所引起的韌性劣化，故該提升有限度。此外，並未提及疲勞強度，不易確保充分之疲勞強度。

先前技術文獻

專利文獻

[0009] 專利文獻1：日本專利特開平11-92859號公報

專利文獻2：日本專利特開平11-152544號公報

專利文獻3：日本專利特開2004-211199號公報

專利文獻4：日本專利特開2007-162076號公報

專利文獻5：日本專利特開2010-70789號公報

專利文獻6：日本專利特開2011-52321號公報

專利文獻7：日本專利特開2011-17044號公報

專利文獻8：日本專利特開2012-62561號公報

專利文獻9：日本專利特開2009-52106號公報

專利文獻10：日本專利特開2008-285748號公報

專利文獻11：日本專利特開2008-255484號公報

專利文獻12：日本專利特開2005-200673號公報

## 【發明內容】

發明概要

發明欲解決之課題

[0010] 本發明係有鑒於上述問題點所思及者，其目的在

於提供具980MPa以上之抗拉最大強度與優異之疲勞強度及低溫韌性的熱軋鋼板及其製造方法。

用以解決課題之手段

[0011]本發明人等藉由最適化熱軋鋼板成分及製造條件，控制熱軋鋼板之組織，成功地製造疲勞強度與低溫韌性優異的抗拉最大強度980MPa以上之熱軋鋼板。其要旨如以下所述。

[0012](1)一種熱軋鋼板，係抗拉最大強度爲980MPa以上且疲勞強度與低溫韌性優異者，其具有下述組成：

以質量%計，含有：

C：0.01~0.2%、

Si：2.5%以下(不包含0)、

Mn：4.0%以下(不包含0)、

P：0.10%以下、

S：0.03%以下、

Al：0.001~2.0%、

N：0.01%以下(不包含0)、

O：0.01%以下(不包含0)，

並含有Ti與Nb之任一者或兩者合計爲0.01~0.30%，且剩餘部份係鐵及不純物，且

具有回火麻田散鐵與下變韌鐵之任一者或兩者的合計體積分率爲90%以上之組織；

自表面至板厚1/4範圍之部分的平均有效結晶粒徑係10μm以下，自表面至50μm範圍之部分的平均有效結晶粒徑

係6μm以下。

[0013](2)如前述(1)記載之熱軋鋼板，其存在於前述回火麻田散鐵與下變韌鐵之任一者中或兩者中的鐵系碳化物係$1\times10^6$(個/$mm^2$)以上，前述回火麻田散鐵與下變韌鐵之任一者或兩者的有效結晶粒之平均長寬比係2以下。

(3)如前述(1)或(2)記載之高強度熱軋鋼板，其以質量%計，更含有選自於由Cu：0.01~20%、Ni：0.01~20%、Mo：0.01~10%、V：0.01~0.3%、Cr：0.01~2.0%所構成群組中之1種或2種以上。

(4)如前述(1)~(3)中任一項記載之熱軋鋼板，其以質量%計，更含有選自於由Mg：0.0005~0.01%、Ca：0.0005~0.01%、REM：0.0005~0.1%所構成群組中之1種或2種以上。

(5)如前述(1)~(4)中任一項記載之熱軋鋼板，其以質量%計，更含有B：0.0002~0.01%。

[0014](6)如前述(1)~(5)中任一項記載之熱軋鋼板，其於鋼板表面具有鍍鋅層或合金化鍍鋅層。

[0015](7)一種熱軋鋼板之製造方法，具有以下步驟：於熔製成下述組成後，將鑄造扁鋼胚直接或暫時冷卻後加熱至1200℃以上，該組成以質量%計，含有：

C：0.01~0.2%、

Si：2.5%以下(不包含0)、

Mn：4.0%以下(不包含0)、

P：0.10%以下、

S：0.03%以下、

Al：0.001~2.0%、

N：0.01%以下(不包含0)、

O：0.01%以下(不包含0)、

並含有Ti與Nb之任一者或兩者合計爲0.01~0.30%，且剩餘部份係鐵及不純物；於最後軋延之最終階段中，令軋輥之直徑爲R/mm、軋縮率爲r%時滿足R/(100-r)≧8，並以900℃以上結束熱軋延；自最後軋延溫度至700℃間以平均冷卻速度60℃/秒以上之冷卻速度冷卻，自700℃至400℃間以平均冷卻速度50℃/秒以上之冷卻速度冷卻，且自400℃至室溫之間以平均冷卻速度小於50℃/秒之冷卻速度冷卻後，以小於400℃之溫度捲取。

[0016](8)如前述(7)記載之熱軋鋼板之製造方法，其中前述鑄造扁鋼胚以質量%計，更含有選自於由Cu：0.01~2.0%、Ni：0.01~2.0%、Mo：0.01~1.0%、V：0.01~0.3%、及Cr：0.01~2.0%所構成群組中之1種或2種以上。

(9)如前述(7)或(8)記載之熱軋鋼板之製造方法，其中前述鑄造扁鋼胚以質量%計，更含有選自於由Mg：0.0005~0.01%、Ca：0.0005~0.01%、及REM：0.0005~0.1%所構成群組中之1種或2種以上。

(10)如前述(7)~(9)中任一項記載之熱軋鋼板之製造方法，其中前述鑄造扁鋼胚以質量%計，更含有B：0.0002~0.01%。

[0017](11)如前述(7)~(10)中任一項記載之熱軋鋼板之製造方法，其更於捲取後進行鍍鋅處理或合金化鍍鋅處

理。

發明效果

[0018]依據本發明，可提供疲勞強度與低溫韌性優異，且抗拉最大強度爲980MPa以上之熱軋鋼板及其製造方法。

## 【圖式簡單說明】

(無)

## 【實施方式】

用以實施發明之形態

[0019]以下，詳細地說明本發明內容。

本發明人等致力地進行檢討之結果，發現將熱軋鋼板之組織作成自表面至板厚1/4範圍之部分的平均有效結晶粒徑係10μm以下，自表面至50μm範圍之部分的平均有效結晶粒徑係6μm以下，並含有回火麻田散鐵與下變韌鐵之任一者或兩者之合計以體積分率計係90%以上的組織，更佳者是作成回火麻田散鐵及下變韌鐵之平均長寬比係2以下，並含有$1\times10^6$(個/$mm^2$)以上存在於回火麻田散鐵及下變韌鐵中之鐵系碳化物，藉此可確保980MPa以上之高強度與高疲勞強度及低溫韌性。

此處，有效結晶粒徑係指被方位差15°以上之粒界所包圍之區域，可使用EBSD等測定。其詳細內容待後述。

[0020][熱軋鋼板之顯微組織]

首先，說明本發明熱軋鋼板之顯微組織。

本發明之熱軋鋼板中，藉由以回火麻田散鐵與下變韌

鐵之任一者或兩者作爲主相，並將其合計之體積分率設爲90%以上，即可確保980MPa以上之抗拉最大強度與高疲勞強度。因此，需以回火麻田散鐵與下變韌鐵之任一者或兩者作爲主相。

[0021]本發明之回火麻田散鐵係用以使熱軋鋼板具有強度、疲勞強度及低溫韌性的最重要之顯微組織。回火麻田散鐵係板條狀之結晶粒的集合，於內部包含長徑5nm以上之鐵系碳化物。此外，該鐵系碳化物係複數之變體，即屬於朝相異方向延伸之複數鐵系碳化物群者。

回火麻田散鐵可藉由降低冷卻至Ms點(麻田散鐵變態開始溫度)以下時之冷卻速度、或暫時作成麻田散鐵組織後以100~600℃回火得到該組織。本發明中以400℃~室溫間之冷卻控制來控制析出。

[0022]下變韌鐵亦係板條狀之結晶粒的集合，內部包含長徑5nm以上之鐵系碳化物。此外，該鐵系碳化物係單一之變體，即屬於相同方向上延伸之鐵系碳化物群者。可藉由觀察鐵系碳化物之延伸方向輕易地判別係回火麻田散鐵或下變韌鐵。此處，於相同方向上延伸之鐵系碳化物群係指鐵系碳化物群之延伸方向的差異於5°以內者之意。

下變韌鐵於400℃至Ms點附近生成，於Ms點以下亦有與麻田散鐵相競生成的情形。400℃以下之冷卻速度較大時將形成麻田散鐵，較小時將形成下變韌鐵。

[0023]回火麻田散鐵與下變韌鐵之一者或兩者的合計體積分率小於90%時，將未能確保本發明要件之980MPa以

上的抗拉最大強度，亦未能得到本發明效果之高疲勞強度。因此，將其下限設爲90%。另一方面，將該體積分率設爲100%，將可發揮本發明效果之強度與高疲勞強度優異之低溫韌性。另，下變韌鐵以5%以上爲佳，以9%更佳。藉由增加下變韌鐵之體積分率，有板厚1/4部分之平均有效結晶粒徑變小的傾向。

[0024]熱軋鋼板之組織中，亦可含有體積分率合計爲10%以下之肥粒鐵、新生麻田散鐵、上變韌鐵、波來鐵、殘留沃斯田鐵的1種或2種以上，作爲其他組織。

此處，新生麻田散鐵係指不含碳化物之麻田散鐵。新生麻田散鐵雖具高強度但低溫韌性差，故需限制體積分率爲10%以下。

[0025]因於壓製成形時鋼材塑性變形或衝撞時汽車構件塑性變形，殘留沃斯田鐵將變態成爲新生麻田散鐵，而造成與前面所述之新生麻田散鐵相同的不良影響。因此，需限制體積分率爲10%以下。

[0026]上變韌鐵係板條狀之結晶粒的集合，係於板條間包含碳化物之板條的集合體。因板條間所含之碳化物將成爲破壞起點，使低溫韌性下降。又，上變韌鐵於較下變韌鐵高溫下形成，故爲低強度。因此，若過剩地形成上變韌鐵將不易確保980MPa以上之抗拉最大強度，疲勞強度下降。該傾向於上變韌鐵之體積分率大於10%時將變得顯著，故需限制其體積分率爲10%以下。

[0027]肥粒鐵係塊狀之結晶粒，指內部未含板條等下組

織的組織之意。肥粒鐵係最軟質之組織，將導致抗拉強度與疲勞強度下降，爲確保980MPa以上之抗拉最大強度與高疲勞強度，需限制爲10%以下。又，肥粒鐵相較於作爲主相之回火麻田散鐵與下變韌鐵之任一者或兩者，係極爲軟質，而容易於兩組織之界面集中變形，成爲破壞之起點。如此，肥粒鐵將使低溫韌性下降。該傾向於體積分率大於10%時將變得顯著，故需限制其體積分率爲10%以下。

波來鐵亦與肥粒鐵相同，因將導致抗拉強度下降、疲勞強度下降或低溫韌性劣化，故需限制其體積分率爲10%以下。

[0028]構成如以上之本發明鋼板組織的回火麻田散鐵、新生麻田散鐵、上變韌鐵、下變韌鐵、肥粒鐵、波來鐵、沃斯田鐵及剩餘部份組織，可藉由以下方法進行該等組織之識別、存在位置之確認、及面積率之測定。換言之，利用硝太蝕劑試劑及日本專利特開昭59-219473號公報中揭示之試劑，腐蝕鋼板軋延方向截面或軋延方向之直角方向截面後，利用1000~100000倍之掃描型及透射型電子顯微鏡觀察，可進行該等組織之識別、存在位置之確認、及面積率之測定。

又，由使用有FESEM-EBSP法[使用有附屬於場致發射掃描電子顯微鏡(FE-SEM：Field Emission Scanning Electron Microscope)之EBSD：Electron Back-Scatter Diffraction(電子背向散射繞射)的結晶方位解析法]之結晶方位解析、或微維克氏硬度測定等微小區域之硬度測定，亦可判別組織。例

如，如上述，回火麻田散鐵、上變韌鐵及下變韌鐵因碳化物之形成位置或結晶方位關係(延伸方向)相異，藉由使用FE-SEM觀察板條狀結晶粒內部之鐵系碳化物，並調查其延伸方向，可輕易地區別上變韌鐵、下變韌鐵及回火麻田散鐵。

[0029]本發明中，肥粒鐵、波來鐵、上變韌鐵、下變韌鐵、回火麻田散鐵、及新生麻田散鐵之體積分率係將與熱軋鋼板之軋延方向平行的板厚截面作爲觀察面擷取試料，並研磨觀察面，進行硝太蝕劑蝕刻。並且，以FE-SEM觀察以板厚之自表面至1/4深度的位置作爲中心之1/8~3/8厚度的範圍，測定面積分率，並以此作爲體積分率。又，以5000倍之倍率測定各10視野，並將其平均值作爲面積率。

[0030]新生麻田散鐵及殘留沃斯田鐵因未被硝太蝕劑蝕刻充分地腐蝕，故於利用FE-SEM之觀察中，可清楚地區別上述組織(肥粒鐵、變韌肥粒鐵、上變韌鐵、下變韌鐵、及回火麻田散鐵)。因此，新生麻田散鐵之體積分率，可作爲以FE-SEM觀察之未被腐蝕的區域之面積分率與經以X射線測定之殘留沃斯田鐵之面積分率的差求得。

[0031]接著，說明熱軋鋼板之結晶粒徑。

爲了提升疲勞強度，必須將熱軋鋼板自表面至板厚1/4範圍之部分(以下，將該部分稱作「板厚1/4部分」)的平均有效結晶粒徑設爲10μm以下，且將自表面至50μm範圍之部分的平均有效結晶粒徑設爲6μm以下。這是因爲，藉由特別地微細化表層之平均有效結晶粒徑，可抑制自表層產生

之疲勞裂痕。本發明人等調查疲勞強度與板厚1/4部分及自表面至50μm範圍之部分的平均有效結晶之關係，發現於板厚1/4部分係10μm以下且自表面至50μm範圍之部分係6μm以下時，可得優異之疲勞強度。以自表面至50μm範圍之部分的平均有效結晶係5μm以下爲佳，更以自表面起50μm範圍之部分的平均有效結晶係4μm以下爲佳。

[0032]此處，說明平均有效結晶粒徑之識別方法。本發明中使用EBSP-OIM(電子背向散射繞射圖取向影像顯微術：Electron Back Scatter Diffraction Pattern-Orientation Image Microscopy)法定義平均有效結晶粒徑。EBSP-OIM法中，藉由於掃描型電子顯微鏡(SEM)內對經高度傾斜之試料照射電子束，以高感度照相機拍攝後方散射所形成之菊池圖形並進行電腦影像處理，構成可短時間處理照射點之結晶方位的裝置及軟體。EBSP-OIM法中，可定量解析主體樣本表面之細微構造與結晶方位。又，EBSP-OIM法之分析範圍係可以SEM觀察的區域，雖亦受SEM之分解能影響，但利用EBSP-OIM法即可以最小20nm之分解能分析。於本發明中，藉由將該結晶粒之方位差定義爲一般作爲結晶粒界所認識的高角度晶界之閾值即15°後製圖的影像，將粒可視化，求得平均有效結晶粒徑。

測定板厚1/4部分及自表面至50μm範圍之部分的平均有效結晶粒徑時，以各個位置作爲中心以1200倍之倍率測定10視野，並將有效結晶粒徑之平均作爲平均有效結晶粒徑。

[0033]此外，回火麻田散鐵及下變韌鐵中，以於組織中含有$1\times10^6$(個/$mm^2$)以上之鐵系碳化物爲佳。

含有$1\times10^6$(個/$mm^2$)以上之鐵系碳化物的理由係因可提高母相之低溫韌性，得到優異之強度與低溫韌性的均衡。換言之，退火後之麻田散鐵的強度雖優異但缺乏韌性而需改善。因此，藉由析出預定數量以上之鐵系碳化物，來改善主相的韌性。

[0034]本發明人等調查低溫韌性與鐵系碳化物之各數密度之關係時，藉將回火麻田散鐵及下變韌鐵中鐵系碳化物之個數密度設爲$1\times10^6$(個/$mm^2$)以上，發現可確保優異之低溫韌性。因此，以將鐵系碳化物之個數密度設爲$1\times10^6$(個/$mm^2$)以上爲佳。較佳者係$5\times10^6$(個/$mm^2$)以上，更佳者是$1\times10^7$(個/$mm^2$)以上。

又，本發明處理所析出之鐵系碳化物的尺寸小如300nm以下，且幾乎係於麻田散鐵及變韌鐵之板條內析出，故推斷不會使低溫韌性劣化。

[0035]測定鐵系碳化物之個數密度的方法，首先，以與熱軋鋼板之軋延方向平行的板厚截面作爲觀察面擷取試料。並且，研磨試料之觀察面，並進行硝太蝕劑蝕刻，再以FE-SEM觀察以板厚之自表面至深度1/4的位置作爲中心之1/8~3/8厚度的範圍，藉此測定鐵系碳化物之個數密度。此時，以5000倍觀察各10視野，測定鐵系碳化物之個數密度。

[0036]又，回火麻田散鐵與下變韌鐵之有效結晶粒(此處，係包圍15°以上之粒界的區域之意)的平均長寬比，以設

爲2以下爲佳。於特定方向上呈扁平之結晶粒的異向性大，沙丕試驗時龜裂將沿著粒界傳播，故韌性值變低的情況多。因此，有效結晶粒儘量以等軸之粒係爲有效。本發明中，觀察熱軋鋼板之軋延方向截面，並定義軋延方向之長度(L)與板厚方向之長度(T)的比(=L/T)爲長寬比，將其平均值(即，平均長寬比)設爲2以上。

[0037][熱軋鋼板之化學成分]

接著，說明限定本發明之熱軋鋼板之化學成分的理由。另，含量之%係質量%。

(C：0.01~0.2%)

C係有助於提升母材之強度或提升疲勞強度的元素，但亦爲生成作爲擴孔時之破裂起點的雪明碳鐵($Fe_3C$)等鐵系碳化物，使低溫韌性劣化之元素。C含量小於0.01%時，未能得到利用低溫變態生成相產生之組織強化提升強度的效果。另一方面，C含量大於0.2%時，鋼板延性減少，且施加有衝擊時作爲破裂起點之雪明碳鐵($Fe_3C$)等鐵系碳化物增加，低溫韌性劣化。因此，將C含量設於0.01~0.2%之範圍。

[0038](Si：2.5%以下(不包含0))

Si係有助於提升母材強度之元素，因亦可作爲熔鋼之脫氧材活用，故以於0.001%以上之範圍內視需要地含有爲佳。但，含量大於2.5%時，對提升強度之助益達到飽和，且Si可促進肥粒鐵之形成，而不易將回火麻田散鐵與下變韌鐵之任一者或兩者之合計體積分率設爲90%以上，強度或低溫韌性劣化。因此，將Si含量設爲2.5%以下。

[0039](Mn：4%以下(不包含0))

含有Mn除了固溶強化以外，亦有藉由淬火硬化使鋼板組織中回火麻田散鐵與下變韌鐵之任一者或兩者作爲主相的作用。Mn含量大於4%時，回火麻田散鐵與下變韌鐵之任一者或兩者的鐵系碳化物之密度將不易爲$1\times10^6$個以上。又，淬火硬化之效果亦達飽和。因此，將Mn含量設爲4%以下。另一方面，Mn含量小於1%時，將不易發揮抑制冷卻中之肥粒鐵變態或變韌鐵變態的效果。因此，以將Mn含量設爲1%以上爲佳。

[0040](Ti、Nb：一者或兩者之合計爲0.01~0.30%)

Ti與Nb之任一者或兩者係於兼具優異之低溫韌性與980MPa以上之高強度方面最重要的元素。藉由該等之碳氮化物、或固溶Ti與Nb之任一者或兩者延遲熱軋延時的粒成長，可微細化熱軋鋼板之粒徑，有助於提升低溫韌性。其中，Ti除了利用固溶N之粒成長特性以外，藉由作爲TiN存在，透過扁鋼胚加熱時之結晶粒徑的微細化，將有助於提升低溫韌性，故係特別重要。爲使熱軋鋼板之平均有效結晶粒徑爲10μm以下，必須含有Ti與Nb之任一者或合計爲0.01%以上。又，Ti與Nb之任一者或兩者之合計含量大於0.30%時，通常之軋延溫度下沃斯田鐵將不易再結晶，成爲於軋延方向上延伸之粒，造成韌性劣化。藉此，將Ti與Nb之任一者或兩者的合計含量範圍設爲0.01~0.30%。更佳之範圍係0.02~0.25%。

[0041](P：0.10%以下)

P係熔鐵中所含之元素，係於粒界偏析，隨著含量增加使低溫韌性下降的元素。因此，P含量以越低越佳，於含有大於0.10%時將對加工性或熔接性造成不良影響，故設爲0.10%以下。特別是，考量到熔接性，P含量以0.03%以下爲佳。

[0042](S：0.03%以下)

S係熔鐵中所含之元素，含量過多時，不僅導致熱軋延時之破裂，亦係生成使低溫韌性劣化之MnS等夾雜物的元素。因此，應極力地減少S含量，但0.03%以下係可容許之範圍，故設爲0.03%以下。但，需要某程度之擴孔性時，S含量以0.01%以下爲佳，較佳者係0.005%以下。

[0043](Al：0.001~2.0%)

Al可抑制形成粗大之雪明碳鐵，提升低溫韌性。又，亦可活用作爲脫氧材。然而，過剩地含有時，將促進肥粒鐵之形成，而不易將回火麻田散鐵與下變韌鐵之任一者或兩者合計之體積分率設爲90%以上。因此，Al含量以2.0%以下爲佳。Al含量以1.5%以下爲佳。因使Al含量小於0.001%係爲困難，故將該值設爲下限。

[0044](N：0.01%以下(不包含0))

N可提升強度。但，過剩地含有時，隨著成爲疲勞裂痕起點之TiN或AlN等氮系夾雜物的增加，疲勞強度下降。因此，需將N含量設爲0.01%以下。另一方面，將N含量設爲小於0.0005%於經濟面上係爲不佳。因此，N含量以0.0005%以上爲佳。

[0045](O：0.01%以下(不包含0))

O將生成氧化物使成形性劣化，故需抑制含量。特別是，O大於0.01%を時該傾向將變得顯著。因此，O含量需設爲0.01%以下。另一方面，O含量小於0.001%時於經濟面上係爲不佳，故以設爲0.001%以上爲佳。

[0046]以上係本發明之熱軋鋼板的基本化學成分，但亦可更含有如以下之成分。

[0047](選自於由Cu、Ni、Mo、V、Cr所構成群組中之1種或2種以上)

Cu、Ni、Mo、V、Cr可抑制冷卻時之肥粒鐵變態，使熱軋鋼板組織之主相作爲回火麻田散鐵與下變韌鐵之任一者或兩者，故亦可含有選自於該群組之1種或2種以上。抑或，係具可藉由析出強化或固溶強化提升熱軋鋼板強度之效果的元素，亦可含有選自於該群組之1種或2種以上。但，Cu、Ni、Mo、V、Cu各自之含量小於0.01%時將未能充分地得到前述效果。又，即使Cu含量大於2.0%、Ni含量大於2.0%、Mo含量大於1.0%、V含量大於0.3%、Cr含量大於2.0%，前述效果因已達飽和故經濟性下降。因此，視需要含有Cu、Ni、Mo、V、Cr時，Cu含量以0.01~2.0%、Ni含量以0.01~2.0%、Mo含量以0.01~1.0%、V含量以0.01~0.3%、Cr含量以0.01~2.0%爲佳。

[0048](選自於由Mg、Ca、及REM所構成群組中之1種或2種以上)

Mg、Ca及REM(稀土元素)係可抑制成爲破壞起點，成

爲使加工性劣化之原因的非金屬夾雜物之形態，提升加工性的元素。因此，亦可含有選自於該群組之1種或2種以上。Mg、Ca及REM之含量於0.0005%以上時效果將變得顯著，故設爲0.0005%以上。又，即使將Mg含量設爲大於0.01%、Ca含量大於0.01%、REM含量大於0.1%，前述效果仍已達飽和，經濟性下降。因此，Mg含量以0.0005~0.01%、Ca含量以0.0005~0.01%、REM含量以0.0005~0.1%爲佳。

[0049](B：0.0002~0.01%)

B藉由延遲肥粒鐵變態，有助於使鋼板組織之主相作爲回火麻田散鐵與下變韌鐵之任一者或兩者。此外，與C同樣地於粒界偏析，提高粒界強度，可提升低溫韌性。因此，亦可於熱軋鋼板中含有。然而，因B含量設爲0.0002%以上時該效果將變得顯著，故將B含量之下限設爲0.0002%以上。另一方面，B含量大於0.01%時，不僅該效果達到飽和，經濟性變差。因此，B含量以0.0002~0.01%爲佳。較佳者係0.0005~0.005%，更佳者是0.0007~0.0030%。

[0050]另外，確認了即使含有合計で1%以下之其他元素Zr、Sn、Co、Zn、W仍未損本發明效果。該等元素中，Sn因於熱軋延時有產生瑕疵的疑慮，故Sn含量以0.05%以下爲佳。

[0051]剩餘部份係鐵及不純物。不純物可舉礦石或廢料等原材料中所含有者、製造步驟中所含有者爲例。

[0052]具有如以上之組織與化學成分的本發明之熱軋鋼板，於以上說明之熱軋鋼板表面具有利用熔融鍍鋅處理

之熔融鍍鋅層、或甚至於鍍敷後進行合金化處理之合金化鍍鋅層，可提升耐蝕性。又，鍍敷層不僅限於純鋅，亦可含有Si、Mg、Zn、Al、Fe、Mn、Ca、Zr等元素，更加提升耐蝕性。藉由具有如此之鍍敷層，將不會損及本發明優異之疲勞強度及低溫韌性。

又，即使具有任何藉由有機皮膜形成、薄膜積層、有機鹽類/無機鹽類處理、無鉻處理等形成之表面處理層，仍可得到本發明效果。

[0053][熱軋鋼板之製造方法]

接著，說明本發明熱軋鋼板之製造方法。

爲了實現優異之疲勞強度及低溫韌性，將回火麻田散鐵與下變韌鐵之任一者或兩者之合計體積分率設爲90%以上、板厚1/4部分之平均有效結晶粒徑設爲10μm以下、自表面至50μm範圍之部分的平均有效結晶粒徑設爲6μm以下。並且，以回火麻田散鐵與下變韌鐵之任一者或兩者含有$1\times10^6$(個/$mm^2$)以上之鐵系碳化物，將回火麻田散鐵與下變韌鐵之任一者或兩者的有效結晶粒之平均長寬比設爲2以下爲佳。於以下詳細記載用以同時滿足該等之製造方法。

[0054]並未特別限定熱軋延前之製造方法。換言之，緊接著利用豎爐或電爐等之熔製進行各種2次熔煉，調整至如上述之成分，接著，除了通常之連續鑄造、利用鑄錠法之鑄造以外，亦可以薄扁鋼胚鑄造等方法鑄造。

連續鑄造時，可於暫時冷卻至低溫後再度加熱後立刻進行熱軋延，亦可不將鑄錠冷卻至室溫地進行熱軋。又，

亦可連續地熱軋鑄造扁鋼胚。只要可控制於本發明成分範圍內，亦可於原料中使用廢料。

[0055]滿足以下要件時可得本發明之疲勞強度與低溫脆性優異之熱軋鋼板。

於製造熱軋鋼板時，熔製成預定之鋼板成分後，直接或暫時冷卻後將鑄造扁鋼胚加熱至1200℃以上。最後軋延之最終階段中，使軋輥之直徑爲R/mm、軋縮率爲r%後，滿足R/(100-r)≧8，於900℃以上結束熱軋延。自最後軋延溫度至700℃間以平均冷卻速度60℃/秒以上之冷卻速度冷卻，自700℃至400℃間以50℃/秒以上之平均冷卻速度冷卻，自400℃至室溫以小於50℃/秒之平均冷卻速度冷卻。藉此，可製造疲勞強度與低溫韌性優異之抗拉強度980MPa以上之熱軋鋼板。

[0056]熱軋延之扁鋼胚加熱溫度需設爲1200℃以上。本發明之熱軋鋼板因進行有使用固溶Ti與Nb之任一者或兩者來抑制沃斯田鐵粒之粗大化，故必須再熔解鑄造時析出的NbC與TiC之任一者或兩者。扁鋼胚加熱溫度小於1200℃時，因熔解Nb與Ti之任一者或兩者的碳化物需要長時間，故無法產生之後的結晶粒徑之細粒化與藉此提升低溫韌性的效果。因此，扁鋼胚加熱溫度需設爲1200℃以上。又，並未特別限定扁鋼胚加熱溫度之上限，雖可發揮本發明效果，但將加熱溫度設爲過度之高溫於經濟面上係爲不佳。因此，扁鋼胚加熱溫度之上限以小於1300℃爲佳。

[0057]最後軋延之最終階段中，使軋輥之直徑爲R/mm、

軋縮率爲r%後，需滿足R/(100-r)≧8。發明人等致意地進行研究，發現滿足R/(100-r)≧8時，自表面至50μm範圍之部分的平均有效結晶粒徑係6μm以下，可製造具高疲勞強度之熱軋鋼板。其原因尚未確定，但推測藉由增大R/(100-r)之值，並增大最後軋延之最終階段中施加於熱軋鋼板表層的剪切應變，則軋延後之變態時應變集中部將成爲肥粒鐵之核生成位置，表層組織將被微細化。若R/(100-r)≧9.2，自表面至50μm範圍之部分的平均有效結晶粒徑係5μm以下，此外，設爲R/(100-r)≧10.3時，可得自表面至50μm範圍之部分的平均有效結晶粒徑係4μm以下之組織。

[0058]最後軋延溫度需設爲900℃以上。本發明之熱軋鋼板爲了沃斯田鐵粒徑之細粒化，含有大量之Ti與Nb之任一者或兩者。結果，小於900℃之溫度域中的最後軋延時，沃斯田鐵不易再結晶，而成爲朝軋延方向上延伸之粒，導致韌性劣化。另，最後軋延溫度之上限以1040℃爲佳。

[0059]最後軋延溫度至700℃間需以60℃/秒以上之平均冷卻速度冷卻。平均冷卻速度小於60℃/秒時，軋延後表層之再結晶將過剩地進行，自表面至50μm範圍之部分的平均有效結晶粒徑將大於6μm。這是因爲R/(100-r)大時，將於表層施加大之剪切應變，產生應變誘導再結晶之故。

[0060]如前述，於最後軋延之最終階段中，使軋輥之直徑爲R/mm、軋縮率爲r%後，滿足R/(100-r)≧8，於900℃以上結束熱軋延。如此，可控制平均有效結晶粒徑於板厚1/4部分係爲10μm以下，自表面至50μm範圍之部分係6μm以下。

藉此，提升疲勞強度與低溫韌性。另，回火麻田散鐵與下變韌鐵之任1者或兩者之合計體積分率係90%以上，該平均有效結晶粒徑之大部分係由該等組織之結晶所形成。

[0061]接著，700℃至400℃之間以50℃/秒以上之平均冷卻速度冷卻。

自最後軋延溫度至400℃之間，冷卻速度小於50℃/秒時，於冷卻途中將生成肥粒鐵，而不易將作爲主相之回火麻田散鐵與下變韌鐵之任一者或兩者之合計體積分率設爲90%以上。因此，將700℃~400℃之平均冷卻速度設爲50℃/秒以上。但，冷卻過程中若可未形成肥粒鐵，則亦可於途中之溫度域中進行空氣冷卻。

[0062]另外，自Bs點至下變韌鐵形成溫度之冷卻速度，以50℃/秒以上爲佳。這是爲了避免生成上變韌鐵之故。自Bs點至下變韌鐵形成溫度之冷卻速度小於50℃/秒時，將形成上變韌鐵，且於變韌鐵之板條間生成新生麻田散鐵(差排密度高之麻田散鐵)、或有存在殘留沃斯田鐵(加工時將成爲差排密度高之麻田散鐵)之情形。因此，焙燒硬化性及低溫韌性差。另，Bs點係上變韌鐵之生成開始溫度，係利用成分來決定者，此處以方便起見設爲550℃。又，下變韌鐵生成溫度亦利用成分來決定者，此處以方便起見設爲400℃。將自最後軋延溫度至400℃，特別是自550℃至400℃的冷卻速度設爲50℃以上。此外，將自最後軋延溫度至400℃之平均冷卻速度設爲50℃/秒以上。

[0063]另外，自最後軋延溫度至400℃中，以50℃/秒以

上(700℃以上時係60℃/秒以上)之平均冷卻速度冷卻，亦包含將自最後軋延溫度至550℃之平均冷卻速度設爲小於50℃/秒的條件。然而，該條件下，將容易生成上變韌鐵，某部分有生成以體積分率計10%以上之上變韌鐵的情形。因此，自550℃至400℃之冷卻速度，以50℃/秒以上爲佳。

[0064]自400℃至室溫之平均冷卻速度需設爲小於50℃/秒。這是爲了作成以回火麻田散鐵與下變韌鐵之任一者或兩者作爲主相，且鐵系碳化物之個數密度於上述範圍內的組織之故。平均冷卻速度爲50℃/秒以上時，將無法使鐵系碳化物於前述範圍內，未能得到高疲勞強度與韌性。因此，需將平均冷卻速度設爲小於50℃/秒。

此處，「自400℃至室溫下以小於50℃/秒之平均冷卻速度冷卻」並非僅指冷卻之意，亦包含等溫保持，即小於400℃之捲取。此外，該溫度域下之冷卻速度控制，係以控制熱軋鋼板組織中之差排密度或鐵系碳化物之個數密度爲目的，故於暫時冷卻至麻田散鐵變態開始溫度(Ms點)以下後，再加熱提高溫度，仍可得到本發明效果之980MPa以上的抗拉最大強度、高疲勞強度及高韌性。

[0065]捲取溫度需設爲小於400℃。捲取溫度於400℃以上時，捲取後將形成肥粒鐵與上變韌鐵之任一者或兩者，不易使作爲主相之回火麻田散鐵與下變韌鐵之任一者或兩者之合計體積分率爲90%以上。因此，將捲取溫度設爲小於400℃。

[0066]一般而言，爲了得到麻田散鐵需抑制肥粒鐵變態，

並需要以50℃/秒以上進行冷卻。此外，低溫中稱作膜沸騰區域之熱傳導係數較低，係不易冷卻之溫度域，故遷移至稱作核沸騰溫度域之熱傳導係數大、容易冷卻之溫度域。因此，以小於400℃之溫度域作爲冷卻停止溫度時，捲取溫度將容易變動，材質亦隨之變動。因此，通常之捲取溫度係大於400℃、或於室溫下捲取之任一情形較多。

結果，藉由如本發明之自400℃至室溫間下的捲取或冷卻速度下降，可同時確保980MPa以上之抗拉最大強度與優異之疲勞強度及低溫韌性，推測係以往所不易發現者。

[0067]另外，以藉由矯正熱軋鋼板之形狀或可動差排導入提升延性爲目的，以於全步驟結束後，施行軋縮率0.1~2%之表皮輥軋爲佳。又，全步驟結束後，以去除附著於所得之熱軋鋼板表面的鏽皮爲目的，亦可視需要對所得之熱軋鋼板進行酸洗。此外，酸洗後亦可對所得之熱軋鋼板於線上或線外施行軋縮率10%以下之表皮輥軋或冷軋延。

[0068]本發明之熱軋鋼板係經由通常之熱軋步驟的連續鑄造、粗軋延、最後軋延、或酸洗後所製造者。但即使去除其中一者地進行製造，仍可確保本發明效果之980MPa以上之抗拉最大強度與優異之疲勞強度及低溫韌性。

又，於一旦製造熱軋鋼板後，以析出碳化物爲目的，於線上或線外以100~600℃之溫度範圍進行熱處理，仍可確保本發明效果之980MPa以上之抗拉最大強度與高疲勞強度及低溫韌性。

[0069]本發明之抗拉最大強度980MPa以上的鋼板，係

指使用於相對於熱軋之軋延方向垂直的方向上切出之JIS5號試驗片，依據JIS Z 2241進行之抗拉試驗所得的抗拉最大應力係980MPa以上之鋼板。

本發明之疲勞強度優異之鋼板係指藉由依據JIS Z 2275所進行之平面彎曲疲勞試驗所得的1000萬次時間強度係600MPa以上的鋼板。

本發明之低溫下韌性優異之鋼板係指依據JIS Z 2242所進行之沙丕試驗的脆斷轉移溫度(vTrs)係-40℃以下之鋼板。

本發明中，因作爲對象之熱軋鋼板主要使用於汽車用途，故多作成3mm左右之板厚。因此，研磨熱軋鋼板表面進行將熱軋鋼板加工成2.5mm之次尺寸的試驗片。

實施例

[0070]舉本發明之實施例來說明本發明之技術內容。另，本實施例之條件係用以確認本發明之可實施性及效果所使用的一條件例，本發明並未受該一條件例所限定。只要未脫離本發明旨趣，而可達成本發明目的的話，可使用各種條件來進行本發明。

[0071]說明使用具表1所示之組成成分之鋼後的檢討結果。表1所示之A至P之鋼係滿足本發明之組成條件的例，a至j之鋼係未滿足本發明之組成條件的例。另，REM具體而言係使用La及Ce。

於鑄造該等鋼後，直接加熱、或暫時冷卻至室溫後再加熱，於1170℃~12950℃之溫度範圍加熱，之後以表2-1及

2-2之條件施行熱軋延，於889℃~1095℃中最後軋延，再以表2-1及2-2所示之條件進行冷卻及捲取，作成板厚3.4mm之熱軋鋼板。之後，進行酸洗，爾後，進行0.5%之表皮輥軋。

於表2-1及2-2中，R係最後軋延最終階段之軋輥徑(mm)之意，r係顯示最後軋延最終階段的軋縮率(%)。底線係本發明範圍外之意。另，表2-1及2-2之鋼係標記上與表1之鋼相同的編號。

[0072]自所得之熱軋鋼板切出各種試驗片，實施材質試驗或組織觀察等。抗拉試驗係於與軋延方向垂直之方向上切出JIS5號試驗片，並依據JIS Z 2242實施試驗。

疲勞強度係使用藉由依據JIS Z 2275進行之平面彎曲疲勞試驗求出的1000萬次時間強度進行評價。

沙丕試驗係依據JIS Z 2242實施測定脆斷轉移溫度。本發明之熱軋鋼板因板厚小於10mm，故研磨所得之熱軋鋼板表裡面使其成爲2.5mm後，實施沙丕試驗。

[0073]對一部分之熱軋鋼板加熱至660~720℃進行熔融鍍鋅處理、或於鍍敷處理後於540~580℃內進行合金化熱處理，作成熔融鍍鋅鋼板(GI)或合金化熔融鍍鋅鋼板(GA)後，實施材質試驗。

[0074]顯微組織觀察係以上述方法實施，測定各組織之體積分率、鐵系碳化物之個數密度、有效結晶粒徑，以及平均長寬比。

[0075]於表3-1~3-3顯示結果。表3-1~3-3中，底線係表示本發明之範圍外。又，HR係熱軋鋼板之意、GI係熔融鍍

鋅鋼板之意、GA係於熱軋鋼板施行有合金化熔融鍍鋅之鍍敷鋼板之意。

僅滿足本發明條件者具有980MPa以上之抗拉最大強度、高疲勞強度、及低溫韌性。

[0076]另一方面，鋼B-10、G-3、K-4之扁鋼胚加熱溫度小於1200℃，鑄造時析出之Ti與Nb之任一者或兩者的鐵系碳化物不易溶液化，故即使其他熱軋條件係於本發明範圍內，仍未能使有效結晶粒徑於本發明範圍內，低溫韌性差。

鋼A-8、C-4、F-3、K-5、O-2於最後軋延最終階段中，使軋輥徑爲R/mm、軋縮率爲r%時，R/(100-r)小於8，因未於熱軋鋼板表層施加充分之應變，故自表面至50μm範圍之部分的平均有效結晶粒徑變得粗大，疲勞強度差。

[0077]鋼A-9、B-11、G-4、K-6之最後軋延溫度過低，成爲未再結晶沃斯田鐵域中之軋延，故成爲朝軋延方向延伸之粒，平均長寬比大，低溫韌性差。

鋼A-10、D-3、H-3、K-7、N-2、O-3之自最後軋延溫度至700℃的冷卻速度小於60℃/秒，因冷卻中表層附近之結晶粒再結晶，平均有效結晶粒徑變大，故疲勞強度差。

[0078]鋼A-11、A-13、D-4、H-4、K-8、K-10之700~400℃間的冷卻速度小於50℃/秒，因冷卻中形成肥粒鐵或上變韌鐵，不易確保抗拉強度與疲勞強度，且肥粒鐵與麻田散鐵界面成爲破壞之起點，故低溫韌性差。

鋼A-12、B-12、I-2、K-9之自400℃至室溫的冷卻速度係50℃/秒以上，碳化物之析出量不充分，故低溫韌性差。

[0079]鋼A-13、D-4、K-10之捲取溫度係400℃以上，鋼板組織中之肥粒鐵或上變韌鐵組織變多。因此，不易確保抗拉強度與疲勞強度，且存在於上變韌鐵組織中之板條間析出的粗大鐵系碳化物將成爲破壞起點，故低溫韌性差。

又，如鋼A-4、B-2、9、C-2、3、K-3、L-7、M-1所示，即使進行合金化熔融鍍鋅處理、或合金化熔融鍍鋅處理，仍可確保本發明之材質。

[0080]另一方面，鋼板成分未滿足本發明範圍之鋼a1~j1，未能具有本發明規定之980MPa以上之抗拉強度、優異之疲勞強度、及低溫韌性。

[0081]另外，以除了O含量大於0.01質量%以外其他係與鋼A-1相同之條件作成試樣時，因有加工性之問題，確認無法作爲製品處理。

[0082] [表1]

(化學成分：質量%)

| 鋼 | C | Si | Mn | P | S | Al | N | O | Ti | Nb | Ti+Nb | 其他 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 0.064 | 1.28 | 2.03 | 0.008 | 0.0042 | 0.034 | 0.0035 | 0.0031 | 0.210 | 0.000 | 0.210 | - | 組成條件充分 |
| B | 0.071 | 1.00 | 2.13 | 0.013 | 0.0030 | 0.027 | 0.0031 | 0.0022 | 0.000 | 0.060 | 0.060 | - | |
| C | 0.052 | 0.51 | 2.40 | 0.015 | 0.0034 | 0.022 | 0.0028 | 0.0027 | 0.106 | 0.022 | 0.128 | Cu=0.24 | |
| D | 0.081 | 1.87 | 1.84 | 0.007 | 0.0041 | 0.038 | 0.0021 | 0.0036 | 0.057 | 0.017 | 0.074 | Ni=0.14 | |
| E | 0.076 | 1.11 | 1.13 | 0.014 | 0.0025 | 0.030 | 0.0042 | 0.0037 | 0.154 | 0.030 | 0.184 | Mo=0.50 | |
| F | 0.057 | 1.02 | 3.70 | 0.040 | 0.0049 | 0.025 | 0.0044 | 0.0031 | 0.039 | 0.016 | 0.055 | V=0.13 | |
| G | 0.065 | 0.96 | 2.18 | 0.087 | 0.0021 | 0.040 | 0.0042 | 0.0024 | 0.021 | 0.012 | 0.033 | Cr=0.67 | |
| H | 0.059 | 1.20 | 2.41 | 0.031 | 0.0131 | 0.021 | 0.0030 | 0.0020 | 0.105 | 0.000 | 0.105 | Mg=0.005 | |
| I | 0.082 | 0.85 | 2.67 | 0.024 | 0.0044 | 1.310 | 0.0040 | 0.0015 | 0.042 | 0.029 | 0.071 | Ca=0.003 | |
| J | 0.067 | 1.14 | 2.34 | 0.007 | 0.0029 | 0.034 | 0.0076 | 0.0031 | 0.109 | 0.015 | 0.124 | REM=0.042 | |
| K | 0.107 | 0.95 | 1.87 | 0.021 | 0.0045 | 0.028 | 0.0036 | 0.0027 | 0.164 | 0.000 | 0.164 | - | |
| L | 0.110 | 1.65 | 1.74 | 0.013 | 0.0025 | 0.027 | 0.0024 | 0.0040 | 0.000 | 0.041 | 0.041 | B=0.005 | |
| M | 0.097 | 1.32 | 3.11 | 0.011 | 0.0032 | 0.025 | 0.0041 | 0.0026 | 0.102 | 0.024 | 0.126 | - | |
| N | 0.105 | 0.33 | 1.35 | 0.013 | 0.0032 | 0.036 | 0.0028 | 0.0033 | 0.041 | 0.011 | 0.052 | Cu=0.11, Cr=0.20 | |
| O | 0.189 | 1.53 | 2.51 | 0.022 | 0.0029 | 0.032 | 0.0036 | 0.0032 | 0.210 | 0.000 | 0.210 | - | |
| P | 0.197 | 1.23 | 2.16 | 0.034 | 0.0020 | 1.168 | 0.0032 | 0.0019 | 0.064 | 0.006 | 0.070 | | |
| a | 0.005 | 1.26 | 2.18 | 0.024 | 0.0042 | 0.034 | 0.0031 | 0.0028 | 0.012 | 0.030 | 0.042 | - | 組成條件不充分 |
| b | 0.342 | 1.16 | 1.97 | 0.014 | 0.0032 | 0.027 | 0.0034 | 0.0021 | 0.132 | 0.000 | 0.132 | - | |
| c | 0.067 | 3.18 | 2.23 | 0.021 | 0.0029 | 0.029 | 0.0023 | 0.0016 | 0.086 | 0.012 | 0.098 | - | |
| d | 0.067 | 1.37 | 4.81 | 0.026 | 0.0021 | 0.038 | 0.0034 | 0.0020 | 0.127 | 0.016 | 0.143 | - | |
| e | 0.052 | 1.25 | 2.64 | 0.116 | 0.0033 | 0.016 | 0.0028 | 0.0042 | 0.025 | 0.016 | 0.041 | - | |
| f | 0.065 | 0.73 | 1.89 | 0.018 | 0.0510 | 0.013 | 0.0031 | 0.0020 | 0.099 | 0.013 | 0.112 | - | |
| g | 0.059 | 1.46 | 2.28 | 0.011 | 0.0032 | 2.688 | 0.0020 | 0.0021 | 0.088 | 0.020 | 0.108 | - | |
| h | 0.085 | 1.35 | 2.51 | 0.018 | 0.0024 | 0.031 | 0.0176 | 0.0030 | 0.103 | 0.019 | 0.122 | - | |
| i | 0.066 | 1.33 | 2.51 | 0.034 | 0.0022 | 0.025 | 0.0036 | 0.0034 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | - | |
| j | 0.050 | 1.26 | 2.22 | 0.017 | 0.0044 | 0.014 | 0.0025 | 0.0034 | 0.308 | 0.035 | 0.343 | - | |

[0083] [表2-1]

| 鋼 | 扁鋼胚加熱溫度(℃) | R/(100-r) | 最後軋延溫度(℃) | 最後~700℃間之冷卻速度(℃/秒) | 700℃~400℃間之冷卻速度(℃/秒) | 400℃~室溫間之冷卻速度(℃/秒) | 捲取溫度(℃) | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A-1 | 1267 | 8.9 | 1034 | 75 | 64 | 34 | 室溫 | 發明例 |
| A-2 | 1289 | 9.1 | 1016 | 70 | 68 | 33 | 室溫 | 發明例 |
| A-3 | 1217 | 8.8 | 1027 | 80 | 61 | 29 | 室溫 | 發明例 |
| A-4 | 1253 | 10.5 | 1028 | 74 | 66 | 37 | 室溫 | 發明例 |
| A-5 | 1246 | 8.1 | 1025 | 69 | 70 | 31 | 室溫 | 發明例 |
| A-6 | 1246 | 9.0 | 1095 | 79 | 62 | 27 | 室溫 | 發明例 |
| A-7 | 1260 | 8.8 | 957 | 75 | 68 | 28 | 室溫 | 發明例 |
| A-8 | 1255 | 7.8 | 1019 | 71 | 75 | 30 | 室溫 | 比較例 |
| A-9 | 1270 | 9.1 | 892 | 73 | 66 | 34 | 室溫 | 比較例 |
| A-10 | 1254 | 8.8 | 1014 | 53 | 71 | 24 | 室溫 | 比較例 |
| A-11 | 1247 | 8.7 | 1027 | 65 | 42 | 35 | 室溫 | 比較例 |
| A-12 | 1243 | 9.1 | 1024 | 73 | 65 | 53 | 室溫 | 比較例 |
| A-13 | 1262 | 8.8 | 1016 | 67 | 10 | <0.1 | 429 | 比較例 |
| B-1 | 1247 | 9.1 | 1025 | 79 | 75 | 36 | 室溫 | 發明例 |
| B-2 | 1244 | 8.7 | 1023 | 101 | 69 | 37 | 室溫 | 發明例 |
| B-3 | 1253 | 8.7 | 1013 | 61 | 69 | 30 | 室溫 | 發明例 |
| B-4 | 1267 | 8.9 | 1018 | 73 | 94 | 35 | 室溫 | 發明例 |
| B-5 | 1256 | 9.0 | 1024 | 69 | 52 | 34 | 室溫 | 發明例 |
| B-6 | 1237 | 8.7 | 1019 | 74 | 63 | 10 | 室溫 | 發明例 |
| B-7 | 1240 | 8.9 | 1024 | 79 | 68 | 47 | 室溫 | 發明例 |
| B-8 | 1254 | 8.9 | 1023 | 72 | 61 | <0.1 | 284 | 發明例 |
| B-9 | 1261 | 9.0 | 1017 | 74 | 65 | <0.1 | 152 | 發明例 |
| B-10 | 1189 | 9.0 | 1024 | 75 | 62 | 31 | 室溫 | 比較例 |
| B-11 | 1259 | 8.9 | 889 | 68 | 74 | 29 | 室溫 | 比較例 |
| B-12 | 1259 | 8.9 | 1025 | 73 | 64 | 65 | 室溫 | 比較例 |
| C-1 | 1241 | 8.8 | 1005 | 70 | 67 | 30 | 室溫 | 發明例 |
| C-2 | 1256 | 9.4 | 986 | 67 | 70 | 29 | 室溫 | 發明例 |
| C-3 | 1270 | 10.5 | 1004 | 79 | 67 | 36 | 室溫 | 發明例 |
| C-4 | 1267 | 7.2 | 1010 | 73 | 61 | 36 | 室溫 | 比較例 |
| D-1 | 1271 | 9.0 | 996 | 74 | 71 | 33 | 室溫 | 發明例 |
| D-2 | 1272 | 10.6 | 975 | 80 | 65 | 33 | 室溫 | 發明例 |
| D-3 | 1252 | 8.7 | 980 | 51 | 68 | 36 | 室溫 | 比較例 |
| D-4 | 1270 | 8.9 | 982 | 70 | 10 | <0.1 | 583 | 比較例 |
| E-1 | 1269 | 8.9 | 1024 | 80 | 62 | 30 | 室溫 | 發明例 |
| E-2 | 1269 | 9.6 | 1017 | 74 | 72 | 32 | 室溫 | 發明例 |
| F-1 | 1271 | 9.0 | 1020 | 73 | 62 | 36 | 室溫 | 發明例 |
| F-2 | 1242 | 10.5 | 1026 | 77 | 64 | 29 | 室溫 | 發明例 |
| F-3 | 1248 | 7.6 | 1018 | 75 | 75 | 37 | 室溫 | 比較例 |
| G-1 | 1251 | 8.8 | 931 | 74 | 62 | 31 | 室溫 | 發明例 |
| G-2 | 1268 | 8.9 | 947 | 62 | 72 | 34 | 室溫 | 發明例 |
| G-3 | 1185 | 9.1 | 926 | 73 | 69 | 33 | 室溫 | 比較例 |
| G-4 | 1255 | 9.1 | 891 | 69 | 75 | 30 | 室溫 | 比較例 |
| H-1 | 1253 | 8.8 | 1003 | 68 | 62 | 31 | 室溫 | 發明例 |

[0084] [表2-2]

| 鋼 | 扁鋼胚加熱溫度(℃) | R/(100-r) | 最後軋延溫度(℃) | 最後~700℃間之冷卻速度(℃/秒) | 700℃~400℃間之冷卻速度(℃/秒) | 400℃~室溫間之冷卻速度(℃/秒) | 捲取溫度(℃) | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H-2 | 1246 | 8.6 | 994 | 69 | 67 | <0.1 | 356 | 發明例 |
| H-3 | 1274 | 8.6 | 998 | 56 | 72 | 32 | 室溫 | 比較例 |
| H-4 | 1266 | 9.0 | 1006 | 74 | 36 | 35 | 室溫 | 比較例 |
| I-1 | 1258 | 8.7 | 965 | 73 | 65 | 32 | 室溫 | 發明例 |
| I-2 | 1272 | 8.9 | 959 | 71 | 70 | 81 | 室溫 | 比較例 |
| J-1 | 1252 | 8.7 | 986 | 73 | 75 | 32 | 室溫 | 發明例 |
| J-1 | 1270 | 10.5 | 994 | 75 | 68 | 35 | 室溫 | 發明例 |
| K-1 | 1275 | 8.6 | 1016 | 73 | 67 | 32 | 室溫 | 發明例 |
| K-2 | 1255 | 9.7 | 1028 | 68 | 64 | 34 | 室溫 | 發明例 |
| K-3 | 1253 | 10.4 | 1011 | 71 | 72 | 32 | 室溫 | 發明例 |
| K-4 | 1178 | 8.9 | 1020 | 76 | 69 | 31 | 室溫 | 比較例 |
| K-5 | 1241 | 7.5 | 1024 | 77 | 64 | 36 | 室溫 | 比較例 |
| K-6 | 1265 | 8.6 | 896 | 79 | 67 | 35 | 室溫 | 比較例 |
| K-7 | 1245 | 8.8 | 1020 | 49 | 70 | 32 | 室溫 | 比較例 |
| K-8 | 1263 | 9.1 | 1016 | 79 | 39 | 30 | 室溫 | 比較例 |
| K-9 | 1263 | 9.0 | 1032 | 73 | 63 | 57 | 室溫 | 比較例 |
| K-10 | 1255 | 8.6 | 1024 | 67 | 10 | <0.1 | 416 | 比較例 |
| L-1 | 1266 | 8.7 | 920 | 68 | 71 | 35 | 室溫 | 發明例 |
| L-2 | 1295 | 8.7 | 934 | 70 | 64 | 33 | 室溫 | 發明例 |
| L-3 | 1206 | 9.1 | 931 | 67 | 62 | 32 | 室溫 | 發明例 |
| L-4 | 1263 | 9.5 | 928 | 71 | 70 | 34 | 室溫 | 發明例 |
| L-5 | 1248 | 10.4 | 936 | 71 | 75 | 36 | 室溫 | 發明例 |
| L-6 | 1257 | 9.1 | 1034 | 67 | 66 | 34 | 室溫 | 發明例 |
| L-7 | 1248 | 9.0 | 902 | 69 | 73 | 29 | 室溫 | 發明例 |
| M-1 | 1248 | 8.8 | 1024 | 77 | 69 | 33 | 室溫 | 發明例 |
| M-2 | 1259 | 10.0 | 1020 | 69 | 73 | 35 | 室溫 | 發明例 |
| N-1 | 1276 | 10.5 | 976 | 79 | 73 | 32 | 室溫 | 發明例 |
| N-2 | 1270 | 9.0 | 986 | 37 | 67 | 30 | 室溫 | 比較例 |
| O-1 | 1244 | 8.7 | 1032 | 72 | 72 | 34 | 室溫 | 發明例 |
| O-2 | 1255 | 7.7 | 1046 | 73 | 74 | 30 | 室溫 | 比較例 |
| O-3 | 1265 | 8.6 | 1035 | 45 | 66 | 30 | 室溫 | 比較例 |
| P-1 | 1251 | 8.9 | 972 | 77 | 65 | 36 | 室溫 | 發明例 |
| a-1 | 1266 | 9.1 | 1003 | 70 | 72 | 34 | 室溫 | 比較例 |
| b-1 | 1270 | 9.4 | 1026 | 74 | 65 | 34 | 室溫 | 比較例 |
| c-1 | 1268 | 8.8 | 1018 | 72 | 65 | 31 | 室溫 | 比較例 |
| d-1 | 1255 | 8.6 | 1038 | 78 | 69 | 37 | 室溫 | 比較例 |
| e-1 | 1245 | 8.7 | 994 | 70 | 65 | 31 | 室溫 | 比較例 |
| f-1 | 1270 | 9.2 | 1009 | 80 | 70 | 32 | 室溫 | 比較例 |
| g-1 | 1259 | 9.0 | 1011 | 71 | 65 | 32 | 室溫 | 比較例 |
| h-1 | 1265 | 9.0 | 1022 | 79 | 65 | 35 | 室溫 | 比較例 |
| i-1 | 1270 | 8.9 | 936 | 74 | 62 | 31 | 室溫 | 比較例 |
| j-1 | 1259 | 9.2 | 1046 | 80 | 62 | 36 | 室溫 | 比較例 |

[0085] [表3-1]

| 鋼 | 鋼種 | 回火麻田散鐵 | 下變韌鐵 | 剩餘部分組織 | 其他組織 | 鐵系碳化物之個數密度 $\times 10^6$ ($1/mm^2$) | 1/4 部分之平均有效結晶粒徑 (μm) | 自表面至 50μm 範圍之部分的平均有效結晶粒徑 (μm) | 長寬比 | YP (Mpa) | TS(Mpa) | El (%) | 1000 萬次時間強度 (Mpa) | vTrs (℃) | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A-1 | HR | 93 | 7 | 0 | - | 3.5 | 8.6 | 5.2 | 1.6 | 943 | 1068 | 11 | 623 | -60 | 發明例 |
| A-2 | HR | 95 | 5 | 0 | | 4.0 | 8.9 | 5.5 | 1.7 | 951 | 1073 | 10 | 614 | -60 | 發明例 |
| A-3 | HR | 93 | 6 | 1 | 新生麻田散鐵 | 2.0 | 9.6 | 5.3 | 1.4 | 985 | 1095 | 10 | 627 | -50 | 發明例 |
| A-4 | GI | 90 | 10 | 0 | | 3.8 | 8.5 | 3.5 | 1.5 | 937 | 1048 | 11 | 701 | -70 | 發明例 |
| A-5 | HR | 89 | 11 | 0 | | 3.2 | 8.6 | 5.9 | 1.7 | 916 | 1036 | 11 | 605 | -60 | 發明例 |
| A-6 | HR | 91 | 9 | 0 | | 2.9 | 9.1 | 5.6 | 1.2 | 916 | 1059 | 12 | 643 | -80 | 發明例 |
| A-7 | HR | 86 | 14 | | | 3.6 | 6.4 | 5.1 | 1.9 | 899 | 1035 | 12 | 618 | -50 | 發明例 |
| A-8 | GA | 88 | 12 | | | 3.9 | 8.4 | 6.8 | 1.5 | 917 | 1046 | 11 | 586 | -70 | 比較例 |
| A-9 | HR | 84 | 16 | | | 3.3 | 7.0 | 5.8 | 2.3 | 890 | 1028 | 13 | 608 | -30 | 比較例 |
| A-10 | HR | 86 | 14 | | | 3.7 | 8.1 | 7.2 | 1.4 | 912 | 1038 | 11 | 591 | -50 | 比較例 |
| A-11 | HR | 48 | 37 | 15 | 肥粒鐵+上變韌鐵 | 1.8 | 8.8 | 5.7 | 1.3 | 781 | 923 | 15 | 524 | 0 | 比較例 |
| A-12 | HR | 80 | 15 | 5 | 新生麻田散鐵 | 0.5 | 8.3 | 5.5 | 1.6 | 913 | 1086 | 9 | 628 | 10 | 比較例 |
| A-13 | HR | 32 | 42 | 26 | 肥粒鐵+上變韌鐵 | 6.4 | 9.1 | 5.7 | 1.8 | 857 | 966 | 14 | 572 | 30 | 比較例 |
| B-1 | HR | 92 | 8 | | | 4.0 | 8.5 | 5.4 | 1.6 | 960 | 1052 | 10 | 631 | -60 | 發明例 |
| B-2 | GI | 90 | 10 | | | 3.4 | 8.4 | 5.1 | 1.7 | 956 | 1062 | 11 | 652 | -70 | 發明例 |
| B-3 | HR | 87 | 13 | | | 3.1 | 6.7 | 5.8 | 1.4 | 937 | 1049 | 11 | 604 | -60 | 發明例 |
| B-4 | HR | 91 | 9 | | | 3.4 | 8.0 | 5.4 | 1.3 | 932 | 1053 | 10 | 624 | -60 | 發明例 |
| B-5 | HR | 62 | 30 | 8 | 肥粒鐵 | 4.0 | 7.9 | 5.7 | 1.6 | 836 | 987 | 13 | 601 | -40 | 發明例 |
| B-6 | HR | 91 | 9 | | | 5.1 | 8.4 | 5.3 | 1.4 | 953 | 1057 | 10 | 649 | -60 | 發明例 |
| B-7 | HR | 85 | 15 | | | 1.4 | 8.6 | 5.5 | 1.7 | 933 | 1044 | 10 | 627 | -40 | 發明例 |
| B-8 | HR | 76 | 24 | | | 4.9 | 7.6 | 5.4 | 1.5 | 930 | 1031 | 11 | 618 | -80 | 發明例 |
| B-9 | GI | 82 | 18 | | | 4.7 | 8.3 | 5.2 | 1.5 | 927 | 1044 | 10 | 622 | -70 | 發明例 |
| B-10 | HR | 86 | 14 | | | 3.8 | 11.6 | 5.9 | 1.3 | 942 | 1036 | 9 | 610 | -30 | 比較例 |
| B-11 | GA | 82 | 18 | | | 4.2 | 8.8 | 5.4 | 3.1 | 952 | 1058 | 8 | 604 | -20 | 比較例 |
| B-12 | HR | 92 | 1 | 7 | 新生麻田散鐵 | 0.7 | 9.0 | 5.6 | 1.4 | 983 | 1078 | 7 | 625 | -30 | 比較例 |
| C-1 | HR | 87 | 13 | | | 3.4 | 8.6 | 5.5 | 1.7 | 906 | 1026 | 11 | 613 | -60 | 發明例 |
| C-2 | GI | 91 | 9 | | | 3.7 | 8.4 | 4.6 | 1.4 | 897 | 1012 | 12 | 657 | -60 | 發明例 |
| C-3 | GA | 84 | 16 | | | 4.1 | 8.3 | 3.8 | 1.3 | 910 | 1022 | 12 | 694 | -70 | 發明例 |

[0086] [表3-2]

| 鋼 | 鋼種 | 回火麻田散鐵 | 下變韌鐵 | 剩餘部分組織 | 其他組織 | 鐵系碳化物之個數密度 $\times 10^6$ (1/mm$^2$) | 1/4 部分之平均有效結晶粒徑 (μm) | 自表面至 50μm 範圍之部分的平均有效結晶粒徑 (μm) | 長寬比 | YP (Mpa) | TS(Mpa) | El (%) | 1000 萬次時間強度 (Mpa) | vTrs (℃) | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| C-4 | HR | 87 | 13 | | | 3.4 | 8.6 | 6.5 | 1.6 | 902 | 1030 | 11 | 582 | -50 | 比較例 |
| D-1 | HR | 90 | 10 | | | 2.8 | 7.6 | 5.4 | 1.4 | 956 | 1096 | 8 | 653 | -50 | 發明例 |
| D-2 | HR | 92 | 8 | | | 3.0 | 7.5 | 3.4 | 1.6 | 999 | 1105 | 8 | 736 | -60 | 發明例 |
| D-3 | HR | 97 | 3 | | | 3.6 | 8.6 | 6.6 | 1.7 | 986 | 1082 | 8 | 597 | -40 | 比較例 |
| D-4 | HR | 4 | 21 | 75 | 肥粒鐵 | 7.6 | 8.7 | 5.8 | 1.6 | 794 | 922 | 14 | 539 | 20 | 比較例 |
| E-1 | HR | 94 | 6 | | | 3.8 | 7.9 | 5.7 | 1.5 | 974 | 1067 | 9 | 661 | -60 | 發明例 |
| E-2 | HR | 90 | 10 | | | 3.4 | 7.8 | 4.2 | 1.4 | 966 | 1050 | 10 | 684 | -60 | 發明例 |
| F-1 | HR | 87 | 13 | | | 2.8 | 8.1 | 5.4 | 1.4 | 931 | 1043 | 10 | 647 | -70 | 發明例 |
| F-2 | HR | 91 | 9 | | | 2.6 | 7.8 | 3.7 | 1.7 | 927 | 1030 | 11 | 682 | -70 | 發明例 |
| F-3 | HR | 88 | 12 | | | 2.5 | 7.6 | 7.1 | 1.5 | 931 | 1027 | 10 | 574 | -60 | 比較例 |
| G-1 | HR | 90 | 10 | | | 3.7 | 8.5 | 5.6 | 1.6 | 905 | 1016 | 11 | 612 | -70 | 發明例 |
| G-2 | HR | 92 | 8 | | | 2.4 | 9.0 | 6.0 | 1.4 | 882 | 1013 | 12 | 602 | -70 | 發明例 |
| G-3 | GI | 82 | 18 | | | 3.0 | 10.7 | 5.7 | 1.5 | 869 | 1024 | 12 | 611 | -30 | 比較例 |
| G-4 | GA | 87 | 13 | | | 3.4 | 7.8 | 5.1 | 3.7 | 910 | 1036 | 12 | 610 | -20 | 比較例 |
| H-1 | HR | 88 | 12 | | | 2.5 | 8.4 | 5.3 | 1.4 | 884 | 1009 | 13 | 615 | -70 | 發明例 |
| H-2 | HR | 40 | 52 | 8 | 上變韌鐵 | 6.8 | 7.9 | 5.6 | 1.6 | 860 | 983 | 14 | 606 | -40 | 發明例 |
| H-3 | HR | 84 | 16 | | | 3.6 | 8.3 | 6.2 | 1.3 | 894 | 1014 | 12 | 586 | -50 | 比較例 |
| H-4 | HR | 32 | 47 | 21 | 肥粒鐵+上變韌鐵 | 5.9 | 8.0 | 5.7 | 1.7 | 850 | 969 | 15 | 573 | -30 | 比較例 |
| I-1 | HR | 71 | 22 | 7 | 肥粒鐵 | 3.4 | 8.1 | 5.4 | 1.4 | 890 | 992 | 16 | 618 | -40 | 發明例 |
| I-2 | HR | 34 | 21 | 45 | 新生麻田散鐵 | 0.5 | 7.7 | 5.2 | 1.6 | 905 | 1025 | 10 | 620 | -20 | 比較例 |
| J-1 | HR | 90 | 10 | | | 3.2 | 8.4 | 5.5 | 1.5 | 918 | 1020 | 10 | 613 | -60 | 發明例 |
| J-1 | HR | 87 | 13 | | | 2.9 | 7.5 | 3.8 | 1.3 | 907 | 1012 | 11 | 675 | -60 | 發明例 |
| K-1 | HR | 94 | 6 | | | 3.4 | 7.6 | 5.3 | 1.3 | 1084 | 1209 | 8 | 716 | -60 | 發明例 |
| K-2 | HR | 93 | 7 | | | 3.4 | 7.9 | 4.2 | 1.5 | 1076 | 1214 | 9 | 766 | -70 | 發明例 |
| K-3 | GI | 90 | 10 | | | 3.0 | 7.1 | 3.4 | 1.3 | 1076 | 1208 | 8 | 798 | -60 | 發明例 |
| K-4 | GA | 99 | 1 | | | 2.7 | 10.5 | 5.8 | 1.5 | 1090 | 1211 | 8 | 720 | -20 | 比較例 |
| K-5 | HR | 96 | 4 | | | 3.4 | 9.0 | 6.8 | 1.3 | 1067 | 1197 | 8 | 591 | -60 | 比較例 |
| K-6 | HR | 94 | 6 | | | 3.0 | 6.8 | 5.3 | 2.9 | 1102 | 1219 | 7 | 652 | -30 | 比較例 |

[0087] [表3-3]

| 鋼 | 鋼種 | 回火麻田散鐵 | 下變韌鐵 | 剩餘部分組織 | 其他組織 | 鐵系碳化物之個數密度 $\times 10^6$ (1/mm$^2$) | 1/4 部分之平均有效結晶粒徑 (μm) | 自表面至 50μm 範圍之部分的平均有效結晶粒徑 (μm) | 長寬比 | YP (Mpa) | TS(Mpa) | El (%) | 1000 萬次時間強度 (Mpa) | vTrs (℃) | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| K-7 | HR | 91 | 9 | | | 3.5 | 8.2 | 6.3 | 1.7 | 1087 | 1230 | 8 | 588 | -60 | 比較例 |
| K-8 | HR | 12 | 34 | 54 | 肥粒鐵+上變韌鐵 | 7.0 | 8.3 | 5.7 | 1.6 | 871 | 973 | 10 | 561 | -10 | 比較例 |
| K-9 | HR | 31 | 9 | 60 | 新生麻田散鐵 | 0.6 | 7.8 | 5.4 | 1.4 | 1096 | 1251 | 7 | 682 | -10 | 比較例 |
| K-10 | HR | 23 | 5 | 72 | 肥粒鐵+上變韌鐵 | 5.5 | 7.6 | 5.6 | 1.7 | 866 | 968 | 11 | 576 | 30 | 比較例 |
| L-1 | HR | 82 | 18 | | | 3.7 | 7.4 | 5.4 | 1.5 | 1118 | 1269 | 9 | 764 | -50 | 發明例 |
| L-2 | HR | 83 | 17 | | | 2.9 | 7.6 | 5.3 | 1.5 | 1099 | 1236 | 9 | 781 | -50 | 發明例 |
| L-3 | HR | 85 | 15 | | | 3.8 | 9.5 | 6.0 | 1.7 | 1054 | 1225 | 9 | 755 | -40 | 發明例 |
| L-4 | HR | 90 | 10 | | | 3.1 | 8.6 | 4.8 | 1.3 | 1067 | 1218 | 10 | 782 | -50 | 發明例 |
| L-5 | HR | 87 | 13 | | | 3.5 | 8.0 | 3.7 | 1.5 | 1101 | 1230 | 9 | 813 | -50 | 發明例 |
| L-6 | HR | 91 | 9 | | | 3.0 | 9.5 | 5.8 | 1.1 | 1094 | 1210 | 9 | 746 | -60 | 發明例 |
| L-7 | GI | 75 | 19 | 6 | 上變韌鐵 | 2.7 | 5.4 | 5.1 | 1.9 | 1058 | 1179 | 9 | 627 | -50 | 發明例 |
| M-1 | GA | 90 | 10 | | | 2.8 | 7.6 | 5.6 | 1.4 | 1024 | 1183 | 10 | 706 | -50 | 發明例 |
| M-2 | HR | 91 | 9 | | | 3.4 | 7.5 | 4.5 | 1.6 | 1039 | 1200 | 10 | 769 | -70 | 發明例 |
| N-1 | HR | 87 | 13 | | | 3.3 | 7.3 | 4.4 | 1.4 | 1042 | 1207 | 9 | 776 | -50 | 發明例 |
| N-2 | HR | 92 | 8 | | | 2.7 | 7.8 | 6.6 | 1.4 | 1022 | 1172 | 9 | 573 | -50 | 比較例 |
| O-1 | HR | 89 | 11 | | | 4.2 | 8.2 | 5.3 | 1.5 | 1204 | 1437 | 8 | 782 | -50 | 發明例 |
| O-2 | HR | 85 | 15 | | | 4.6 | 7.5 | 6.2 | 1.3 | 1189 | 1379 | 8 | 590 | -50 | 比較例 |
| O-3 | HR | 90 | 10 | | | 5.0 | 7.4 | 6.1 | 1.7 | 1201 | 1426 | 8 | 591 | -40 | 比較例 |
| P-1 | HR | 87 | 13 | | | 4.9 | 8.0 | 5.6 | 1.5 | 1183 | 1355 | 8 | 764 | -50 | 發明例 |
| a-1 | HR | 0 | 0 | 100 | 肥粒鐵 | - | 9.3 | 5.8 | 1.1 | 403 | 628 | 24 | 302 | -90 | 比較例 |
| b-1 | HR | 92 | 8 | | | 10.5 | 6.5 | 5.1 | 1.4 | 1503 | 1683 | 5 | 701 | 30 | 比較例 |
| c-1 | HR | 63 | 14 | 23 | 肥粒鐵 | 3.2 | 8.2 | 5.4 | 1.6 | 713 | 864 | 15 | 551 | 40 | 比較例 |
| d-1 | GI | 96 | 4 | | | 0.8 | 8.6 | 5.6 | 1.7 | 926 | 1035 | 12 | 652 | -10 | 比較例 |
| e-1 | HR | 91 | 9 | | | 3.6 | 8.0 | 5.3 | 1.4 | 936 | 1054 | 11 | 657 | 20 | 比較例 |
| f-1 | HR | 92 | 8 | | | 3.1 | 9.0 | 5.8 | 1.2 | 904 | 1018 | 11 | 625 | 30 | 比較例 |
| g-1 | GA | 76 | 12 | 12 | 肥粒鐵 | 2.8 | 8.5 | 5.1 | 1.6 | 813 | 927 | 15 | 561 | 30 | 比較例 |
| h-1 | HR | 93 | 7 | | | 3.6 | 8.7 | 5.4 | 1.3 | 926 | 1034 | 10 | 532 | -50 | 比較例 |
| i-1 | HR | 90 | 10 | | | 2.7 | 11.1 | 6.0 | 1.6 | 904 | 1017 | 9 | 603 | 40 | 比較例 |
| j-1 | HR | 87 | 13 | | | 3.6 | 7.6 | 5.2 | 3.0 | 906 | 1035 | 10 | 625 | -20 | 比較例 |

產業上之可利用性

[0088]本發明係對於抗拉最大強度980MPa以上且疲勞強度與低溫韌性優異之熱軋鋼板及其製造方法有效的技術。依據本發明，可提供一種疲勞強度與低溫韌性優異，抗拉最大強度爲980MPa以上之熱軋鋼板。該熱軋鋼板係加工容易，且可於極寒冷地區使用，故於產業上之貢獻係極爲顯著。

## 【符號說明】

無

# 申請專利範圍

1. 一種熱軋鋼板，其特徵在於具有下述組成：

以質量%計，含有：

C：0.01~0.2%、

Si：2.5%以下(不包含0)、

Mn：4.0%以下(不包含0)、

P：0.10%以下、

S：0.03%以下、

Al：0.001~2.0%、

N：0.01%以下(不包含0)、

O：0.01%以下(不包含0)，

Cu：0~2.0%、

Ni：0~2.0%、

Mo：0~1.0%、

V：0~0.3%、

Cr：0~2.0%。

Mg：0~0.01%、

Ca：0~0.01%、

REM：0~0.1%、及

B：0~0.01%，

並含有Ti與Nb之任一者或兩者合計爲0.01~0.30%，且剩餘部份係鐵及不純物；且

具有回火麻田散鐵與下變韌鐵之體積分率合計爲

90%以上之組織；

自表面至板厚1/4範圍之部分的平均有效結晶粒徑係10μm以下，自表面至50μm範圍之部分的平均有效結晶粒徑係6μm以下。

2. 如請求項1之熱軋鋼板，其存在於前述回火麻田散鐵及下變韌鐵中之鐵系碳化物係$1\times10^6$(個/$mm^2$)以上，前述回火麻田散鐵及下變韌鐵之有效結晶粒的平均長寬比係2以下。

3. 如請求項1之熱軋鋼板，其以質量%計，更含有選自於由Cu：0.01~2.0%、Ni：0.01~2.0%、Mo：0.01~1.0%、V：0.01~0.3%、及Cr：0.01~2.0%所構成群組中之1種或2種以上；

存在於前述回火麻田散鐵及下變韌鐵中之鐵系碳化物係$1\times10^6$(個/$mm^2$)以上，前述回火麻田散鐵及下變韌鐵之有效結晶粒的平均長寬比係2以下。

4. 如請求項1之熱軋鋼板，其以質量%計，更含有選自於由Cu：0.01~2.0%、Ni：0.01~2.0%、Mo：0.01~1.0%、V：0.01~0.3%、Cr：0.01~2.0%、Mg：0.0005~0.01%、Ca：0.0005~0.01%、及REM：0.0005~0.1%所構成群組中之1種或2種以上；

存在於前述回火麻田散鐵及下變韌鐵中之鐵系碳化物係$1\times10^6$(個/$mm^2$)以上，前述回火麻田散鐵及下變韌鐵之有效結晶粒的平均長寬比係2以下。

5. 如請求項1之熱軋鋼板，其以質量%計，更含有選自於

由Cu：0.01~2.0%、Ni：0.01~2.0%、Mo：0.01~1.0%、V：0.01~0.3%、Cr：0.01~2.0%、Mg：0.0005~0.01%、Ca：0.0005~0.01%、REM：0.0005~0.1%、及B：0.0002~0.01%所構成群組中之1種或2種以上；

存在於前述回火麻田散鐵及下變韌鐵中之鐵系碳化物係$1\times10^6$(個/$mm^2$)以上，前述回火麻田散鐵及下變韌鐵之有效結晶粒的平均長寬比係2以下。

6. 如請求項1之熱軋鋼板，其於鋼板表面具有鍍鋅層或合金化鍍鋅層。

7. 一種熱軋鋼板之製造方法，其特徵在於具有以下步驟：

於熔製成含有下述組成後，將鑄造扁鋼胚直接或暫時冷卻後加熱至1200℃以上之步驟，該組成以質量%計，含有：

C：0.01~0.2%、

Si：2.5%以下(不包含0)、

Mn：4.0%以下(不包含0)、

P：0.10%以下、

S：0.03%以下、

Al：0.001~2.0%、

N：0.01%以下(不包含0)、

O：0.01%以下(不包含0)、

Cu：0~2.0%、

Ni：0~2.0%、

Mo：0~1.0%、

V：0~0.3%、

Cr：0~2.0%、

Mg：0~0.01%、

Ca：0~0.01%、

REM：0~0.1%、及

B：0~0.01%，

並含有Ti與Nb之任一者或兩者合計爲0.01~0.30%，且剩餘部份係鐵及不純物；

於最後軋延之最終階段中，令軋輥直徑爲R/mm、軋縮率爲r%時滿足R/(100-r)≧8，並以900℃以上作爲熱軋延之結束溫度，進行熱軋延之步驟；及

自最後軋延溫度至700℃間以平均冷卻速度60℃/秒以上之冷卻速度冷卻，自700℃至400℃間以平均冷卻速度50℃/秒以上之冷卻速度冷卻，且自400℃至室溫之間以平均冷卻速度小於50℃/秒之冷卻速度冷卻後，以小於400℃之溫度捲取的步驟。

8. 如請求項7之熱軋鋼板之製造方法，其中前述鑄造扁鋼胚以質量%計，更含有選自於由Cu：0.01~2.0%、Ni：0.01~2.0%、Mo：0.01~1.0%、V：0.01~0.3%、及Cr：0.01~2.0%所構成群組中之1種或2種以上。

9. 如請求項7之熱軋鋼板之製造方法，其中前述鑄造扁鋼胚以質量%計，更含有選自於由Cu：0.01~2.0%、Ni：0.01~2.0%、Mo：0.01~1.0%、V：0.01~0.3%、Cr：0.01~2.0%、Mg：0.0005~0.01%、Ca：0.0005~0.01%、及REM：

0.0005~0.1%所構成群組中之1種或2種以上。

10. 如請求項7之熱軋鋼板之製造方法，其中前述鑄造扁鋼胚以質量%計，更含有Cu：0.01~2.0%、Ni：0.01~2.0%、Mo：0.01~1.0%、V：0.01~0.3%、Cr：0.01~2.0%、Mg：0.0005~0.01%、Ca：0.0005~0.01%、REM：0.0005~0.1%、及B：0.0002~0.01%。

11. 如請求項7之熱軋鋼板之製造方法，其更具有於捲取後進行鍍鋅處理或合金化鍍鋅處理之步驟。