



(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 I887866 B

(45)公告日：中華民國 114 (2025) 年 06 月 21 日

(21)申請案號：112145530

(22)申請日：中華民國 112 (2023) 年 11 月 24 日

(51)Int. Cl. : B21B1/095 (2006.01)

C21D8/10 (2006.01)

C22C38/58 (2006.01)

(30)優先權：2023/02/09 日本

2023-018073

(71)申請人：日商 J F E 鋼鐵股份有限公司 (日本) JFE STEEL CORPORATION (JP)

日本

(72)發明人：松本晃英 MATSUMOTO, AKIHIDE (JP)；岩田直道 IWATA, NAOMICHI (JP)；井手信介 IDE, SHINSUKE (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

JP 2008-208417A

JP 2018-506642A

US 10597742B2

WO 2021/085036A1

審查人員：林桂忠

申請專利範圍項數：6 項 圖式數：4 共 59 頁

(54)名稱

熱軋鋼板以及電焊鋼管

(57)摘要

本發明之目的是提供：耐壓扁性優異的電焊鋼管以及作為該鋼管的素材之熱軋鋼板。

本發明的熱軋鋼板，於特定的 C 形壓扁試驗中，在彎折加工後之試驗片的內側面彼此接觸成密切接觸狀態之前，不會發生長度為 0.50mm 以上的裂隙，並且在依據下列數式(2)所求得的規格化變位為 0.20 ~ 0.30 的範圍中，依據下列數式(1)所求得的規格化荷重/前述規格化變位的數值為 100MPa 以上；

$$(\text{規格化荷重(MPa)}) = (P/L) \times (r/t^2) \times (1 - ((x_0 - x)/2r)^2)^{1/2} \quad \text{數式(1)}$$
$$(\text{規格化變位}) = (x_0 - x)/2r \quad \text{數式(2)}$$

在這兩個數式中，

P：荷重(N)、

L：壓扁試驗片的初期長度(mm)、

r：壓扁試驗片之彎曲外表面的初期曲率半徑(mm)、

t：壓扁試驗片的初期板厚度(mm)、

x_0 ：兩片平板間的初期距離(mm)、

x：兩片平板間的距離(mm)。



I887866

【發明摘要】

【中文發明名稱】

熱軋鋼板以及電焊鋼管

【中文】

本發明之目的是提供：耐壓扁性優異的電焊鋼管以及作為該鋼管的素材之熱軋鋼板。

本發明的熱軋鋼板，於特定的C形壓扁試驗中，在彎折加工後之試驗片的內側面彼此接觸成密切接觸狀態之前，不會發生長度為0.50mm以上的裂隙，並且在依據下列數式(2)所求得的規格化變位為0.20～0.30的範圍中，依據下列數式(1)所求得的規格化荷重/前述規格化變位的數值為100MPa以上；

$$(\text{規格化荷重(MPa)})=(P/L)\times(r/t^2)\times(1-((x_0-x)/2r)^2)^{1/2} \dots \text{數式(1)}$$

$$(\text{規格化變位})=(x_0-x)/2r \dots \text{數式(2)}$$

在這兩個數式中，

P：荷重(N)、

L：壓扁試驗片的初期長度(mm)、

r：壓扁試驗片之彎曲外表面的初期曲率半徑(mm)、

t：壓扁試驗片的初期板厚度(mm)、

x_0 ：兩片平板間的初期距離(mm)、

x：兩片平板間的距離(mm)。

【指定代表圖】無

【代表圖之符號簡單說明】無

【特徵化學式】無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

熱軋鋼板以及電焊鋼管

【技術領域】

【0001】本發明是關於：適用於建築結構物及/或管線鋼管(linepipe)之電焊鋼管以及作為該鋼管的素材之熱軋鋼板。

【先前技術】

【0002】使用於建築構造物及/或管線鋼管的電焊鋼管，如果在承受到地震力等之外力時發生挫曲的話，將會導致降伏強度的急遽降低及/或產生斷裂。因此，對於這些電焊鋼管最好是能夠抑制挫曲的發生。想要抑制電焊鋼管的挫曲之有效作法，就是抑制挫曲的前兆現象也就是鋼管截面的壓扁(扁平化)。

【0003】針對於這種要求進行了檢討的例子並不多，例如：專利文獻1所揭示的鋼管，係先將作為母管的電焊鋼管進行加熱，再藉由實施縮徑熱軋加工，來將管長度方向的 r 值(塑性應變比)提高至1.0以上，以抑制彎折加工時的挫曲。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

【0004】

專利文獻 1：日本特許第 6954504 號公報

[非專利文獻]

【0005】

非專利文獻 1：輕金屬期刊第 39 期 (1989)p.8；發表人：小林秀敏、大久保浩、臺丸谷政志。

【發明內容】

[發明所欲解決的問題]

【0006】以專利文獻 1 所揭示的方式，藉由提高鋼管之管軸方向的 r 值 (塑性應變比) 來促進管之圓周方向的變形，以減少管厚度的變化，係可以抑制鋼管截面的壓扁 (扁平化)。但是，鋼管截面縮徑將會產生縮小部而減少截面積，所以會有降低作為構造物的降伏強度之問題。

【0007】本發明係有鑑於上述的情事而進行開發完成的，其目的是要提供：耐壓扁性優異的電焊鋼管、以及作為該電焊鋼管的素材使用之熱軋鋼板。

【0008】此外，本發明中所稱的「耐壓扁性優異」係指：於壓扁試驗中，從電焊鋼管採取出來的壓扁試驗片的內側面彼此接觸成密切接觸狀態之前，不會發生長度為 0.50mm 以上的裂隙，而且在依據數式 (2) 所求得的規格化變位為 0.20~0.30 的範圍中，依據下列數式 (1) 所求得的 (規格化荷重/規格化變位) 的數值為 100MPa 以上。前述的「從電焊鋼管採取出來的壓扁試驗片的內面彼此接觸」，係指：例如將從電焊鋼管採取出來的壓扁試驗片由上下方向

施加負荷來進行壓扁試驗時，從電焊鋼管採取出來的壓扁試驗片之上側部分的內面與下側部分的內面互相接觸。

$$(\text{規格化荷重(MPa)})=(P/L)\times(r/t^2)\times(1-((x_0-x)/2r)^2)^{1/2}\dots\text{數式(1)}$$

$$(\text{規格化變位})=(x_0-x)/2r\dots\text{數式(2)}$$

在這兩個數式中，

P：荷重(N)

L：壓扁試驗片之管軸方向的初期長度(mm)

r：壓扁試驗片之彎曲外表面的初期曲率半徑(mm)

t：壓扁試驗片的初期板厚度(mm)

x_0 ：兩片平板間的初期距離(mm)

x：兩片平板間的距離(mm)

[解決問題之技術手段]

【0009】本發明人等不斷努力檢討之結果，找到了一種創見，就是：藉由提高電焊鋼管的細微組織(微觀結構)中之細微粒子的比率，可以提高韌性而能夠在壓扁試驗時抑制裂隙的發生。另外，也又找到了一種創見，就是：如果細微粒子的比率太高的話，延性將會降低，而在壓扁試驗中尚未密切接觸之前就很容易發生裂隙。

【0010】此外，找到了一種創見，就是：藉由提高細微粒子的連結度，來將壓扁試驗中之荷重對於變位(推送量)的增加量加大，可以加大對抗壓扁的阻力。另外，也又找到了一種創見，就是：如果細微粒子的連結度太高的

話，延性將會降低，而在壓扁試驗中尚未密切接觸之前就發生裂隙。

【0011】此外，也又找到了一種創見，就是：採用在C形壓扁試驗中之對抗壓扁的阻力較大的熱軋鋼板作為素材所製造出來的電焊鋼管，係具有優異的耐壓扁性。

【0012】本發明就是依據以上的創見而進行開發完成的，係提供以下[1]~[6]的發明。

[1]一種熱軋鋼板，其係在將由一片鋼板彎折加工成U字型的試驗片夾置在兩片平板間來實施的C形壓扁試驗中，前述彎折加工後的試驗片之內側面彼此接觸成密切接觸狀態之前，不會發生長度為0.50mm以上的裂隙，並且在依據下列數式(2)所求得的規格化變位為0.20~0.30的範圍中，依據下列數式(1)所求得的規格化荷重/前述規格化變位的數值為100MPa以上；

$$(\text{規格化荷重(MPa)}) = (P/L) \times (r/t^2) \times (1 - ((x_0 - x)/2r)^2)^{1/2} \dots \text{數式(1)}$$

$$(\text{規格化變位}) = (x_0 - x)/2r \dots \text{數式(2)}$$

在這兩個數式中，

P：荷重(N)

L：壓扁試驗片的初期長度(mm)

r：壓扁試驗片之彎曲外表面的初期曲率半徑(mm)

t：壓扁試驗片的初期板厚度(mm)

x_0 ：兩片平板間的初期距離(mm)

x：兩片平板間的距離(mm)。

[2]一種如[1]所述之熱軋鋼板，其組成分以質量%計，含有

C：0.020%以上且0.200%以下、

Si：0.50%以下、

Mn：0.30%以上且2.00%以下、

P：0.050%以下、

S：0.0200%以下、

Al：0.005%以上且0.100%以下、

N：0.0100%以下、

或者還含有從

Nb：0.080%以下、

V：0.080%以下、

Ti：0.080%以下、

Cu：0.50%以下、

Ni：0.50%以下、

Cr：0.50%以下、

Mo：0.50%以下、

Ca：0.0050%以下、

B：0.0050%以下、

Mg：0.020%以下、

Zr：0.020%以下、

REM：0.020%以下、以及

Sn：0.100%以下之中選出的1種或2種以上、

其餘部分是Fe及不可避免的雜質。

[3]一種如[1]或[2]所述之熱軋鋼板，其在板厚度中央處的鋼組織，被大角粒邊界所圍繞的領域也就是結晶粒的平均結晶粒徑係為 $15.0\mu\text{m}$ 以下，

粒徑小於等於前述平均結晶粒徑之結晶粒相對於總結晶粒，以面積率計，係為10%以上且50%以下，

依據下列數式(3)所求得之細微粒子連結度，係為0.05以上且0.50以下，而且，

變韌鐵以體積率計，係為10%以上，

肥粒鐵與變韌鐵的合計量，以體積率計，係為80%以上，

其餘部分係從波來鐵、麻田散鐵及沃斯田鐵之中選出的1種或2種以上，其合計量以體積率計，係為20%以下；

(細微粒子連結度)=(粒徑小於平均結晶粒徑的結晶粒之大角粒邊界的總長度)/(大角粒邊界的總長度)...數式(3)

然而，在數式(3)的右邊的分子，並不包含：粒徑小於平均結晶粒徑的結晶粒與粒徑大於等於平均結晶粒徑的結晶粒之間的大角粒邊界的長度。

[4]一種電焊鋼管，其係具有：母材部與電阻焊接部的電焊鋼管，

在將從該電焊鋼管所採取出來的壓扁試驗片夾置在兩片平板間來實施的壓扁試驗中，

前述壓扁試驗片之內側面彼此接觸成密切接觸狀態之前，不會發生長度為 0.50mm 以上的裂隙，並且

在依據下列數式(2)所求得的規格化變位為0.20~0.30的範圍中，依據下列數式(1)所求得的規格化荷重/前述規格化變位的數值為100MPa以上；

$$(\text{規格化荷重(MPa)})=(P/L)\times(r/t^2)\times(1-((x_0-x)/2r)^2)^{1/2} \dots \text{數式(1)}$$

$$(\text{規格化變位})=(x_0-x)/2r \dots \text{數式(2)}$$

在這兩個數式中，

P：荷重(N)

L：壓扁試驗片之管軸方向的初期長度(mm)

r：壓扁試驗片之彎曲外表面的初期曲率半徑(mm)

t：壓扁試驗片的初期板厚度(mm)

x_0 ：兩片平板間的初期距離(mm)

x：兩片平板間的距離(mm)。

[5]一種如[4]所述之電焊鋼管，其在前述母材部的組成成分，以質量%計，含有

C：0.020%以上且0.200%以下、

Si：0.50%以下、

Mn：0.30%以上且2.00%以下、

P：0.050%以下、

S：0.0200%以下、

Al：0.005%以上且0.100%以下、

N：0.0100%以下、

或者還含有從

Nb：0.080%以下、

V：0.080%以下、

Ti：0.080%以下、

Cu：0.50%以下、

Ni：0.50%以下、

Cr：0.50%以下、

Mo：0.50%以下、

Ca：0.0050%以下、

B：0.0050%以下、

Mg：0.020%以下、

Zr：0.020%以下、

REM：0.020%以下、以及

Sn：0.100%以下之中選出的1種或2種以上、

其餘部分是Fe及不可避免的雜質。

[6]一種如[4]或[5]所述之電焊鋼管，其在前述母材部之厚度中央處的鋼組織，被大角粒邊界所圍繞的領域也就是結晶粒的平均結晶粒徑係為 $15.0\mu\text{m}$ 以下，

粒徑小於等於前述平均結晶粒徑之結晶粒相對於總結晶粒，以面積率計，係為10%以上且50%以下，

依據下列數式(3)所求得之細微粒子連結度，係為0.05以上且0.50以下，而且變韌鐵以體積率計，係為10%以上，

肥粒鐵與變韌鐵的合計量，以體積率計，係為80%以上，

其餘部分係從波來鐵、麻田散鐵及沃斯田鐵之中選出

的1種或2種以上，其合計量以體積率計，係為20%以下；

(細微粒子連結度)=(粒徑小於平均結晶粒徑的結晶粒之大角粒邊界的總長度)/(大角粒邊界的總長度)...數式(3)

然而，在數式(3)的右邊的分子，並不包含：粒徑小於平均結晶粒徑的結晶粒與粒徑大於等於平均結晶粒徑的結晶粒之間的大角粒邊界的長度。

[發明之效果]

【0013】根據本發明，係可以提供：耐壓扁性優異的電焊鋼管、以及作為該鋼管的素材之熱軋鋼板。

【圖式簡單說明】

【0014】

[圖1]係表示壓扁試驗時之規格化荷重與規格化變位的關係之示意圖。

[圖2(a)]係從側方觀察熱軋鋼板之C形壓扁試驗片的採取方向時的樣態圖。

[圖2(b)]係從側方觀察熱軋鋼板之C形壓扁試驗片的壓扁試驗時的樣態圖。

[圖3]係從側方觀察電焊鋼管的壓扁試驗時的樣態圖。

[圖4]係電焊鋼管之電阻焊接部的管周截面之示意圖。

【實施方式】

【0015】以下，將針對本發明的熱軋鋼板及電焊鋼管以及這兩者的製造方法進行說明。

【0016】首先，說明必須限定本發明的熱軋鋼板及電焊鋼管之機械特性的理由。

【0017】本發明之熱軋鋼板的特徵為：在C形壓扁試驗中，彎折加工後的試驗片之內側面彼此接觸成密切接觸狀態之前，不會發生長度為0.50mm以上的裂隙，並且在規格化變位為0.20~0.30的範圍中之規格化荷重/規格化變位的數值為100MPa以上。

又，本發明之電焊鋼管的特徵為：在壓扁試驗中，從電焊鋼管採取出來之壓扁試驗片的內側面彼此接觸成密切接觸狀態之前，不會發生裂隙，並且在規格化變位為0.20~0.30的範圍中之規格化荷重/規格化變位的數值為100MPa以上。

而前述的規格化荷重以及規格化變位，係分別依據下列數式(1)以及數式(2)求得的。

$$(\text{規格化荷重(MPa)}) = (P/L) \times (r/t^2) \times (1 - ((x_0 - x)/2r)^2)^{1/2} \dots \text{數式(1)}$$

$$(\text{規格化變位}) = (x_0 - x)/2r \dots \text{數式(2)}$$

在這兩個數式中，

P：荷重(N)

L：壓扁試驗片的初期長度(mm)

r ：壓扁試驗片之彎曲外表面的初期曲率半徑(mm)

t ：壓扁試驗片的初期板厚度(mm)

x_0 ：兩片平板間的初期距離(mm)

x ：兩片平板間的距離(mm)。

此外，在規格化變位為0.20~0.30的範圍中之規格化荷重/規格化變位的數值是依據((規格化變位為0.30時之規格化荷重)-(規格化變位為0.20時之規格化荷重))/(0.30-0.20)所求得。

【0018】此外，所謂的「在壓扁試驗中之密切接觸狀態之前，不會發生裂隙」，係指：從電焊鋼管採取出來的壓扁試驗片的內側面彼此接觸之前，沒有發生裂隙。前述之從電焊鋼管採取出來的壓扁試驗片的內側面彼此接觸，係指：例如從上下方向對於從電焊鋼管採取出來的壓扁試驗片施加負荷來進行壓扁試驗時，從電焊鋼管採取出來的壓扁試驗片之上側部分的內側面與下側部分的內側面進行接觸。此外，上述的裂隙，係指：可用目視來確認之大小的裂隙。可用目視來確認之大小，係指：長度為0.50mm以上的大小。裂隙之長度的上限並未特別地限定，但因為裂隙是呈直線狀，因此，最好是以試驗片之管軸方向的長度以下的裂隙作為對象。又，所稱的長度，係指：裂隙之長邊的大小。

【0019】在C形壓扁試驗以及壓扁試驗中，相對於兩片平板間的距離(推送量)之荷重的增加量愈大的話，就可以視為：對抗壓扁的阻力愈大。然而，即使是同一種素

材，也會因為試驗片的尺寸及/或形狀的差異而導致前述荷重及變位發生變化，因此，乃依據非專利文獻1所揭示的這種數式(1)及數式(2)，來將荷重及變位分別加以規格化。

【0020】在C形壓扁試驗以及壓扁試驗中，在規格化變位到達一定的數值之前，試驗片是進行彈性變形，到達一定的數值之後，試驗片將會降伏而且也會產生塑性變形。圖1係顯示壓扁試驗時之規格化荷重與規格化變位的關係之示意圖。在圖1之顯示隨著規格化變位而產生變化之規格化荷重的曲線1中，係如圖1所示般地，在試驗片尚未降伏的彈性域2中，規格化荷重與規格化變位係處於正比的關係。然後，試驗片降伏而進入塑性域3的話，曲線的斜度(規格化荷重/規格化變位)就會變小，並且保持著一定的斜度繼續進行試驗。然後，曲線的斜度(規格化荷重/規格化變位)一邊變成比前述斜度(進入塑性域3之後的斜度)更高的數值，一邊繼續進行試驗，然後，是在彎折的外表面發生了裂隙，或者是在試驗片的內側面彼此接觸(上部的內側面與下部的內側面互相接觸)成為密切接觸狀態下，結束試驗。在以下的說明中，將試驗結束時之試驗片的狀態，也稱為裂隙或密切接觸狀態4。

【0021】如果在達到密切接觸狀態之前就發生了裂隙的話，荷重將會急遽地下降。因此，在本發明中，基於要確保作為結構物的安全性之觀點考量，在達到密切接觸狀態之前，不要使其發生裂隙是很重要的。

【0022】在本發明中，作為耐壓扁性的指標，係採用：塑性域3中的(規格化荷重/規格化變位)的數值。換言之，(規格化荷重/規格化變位)的數值愈大，對抗壓扁的阻力愈大，耐壓扁性愈高。在本發明中，尤其是將塑性域3中之相當於前半部分之規格化變位為0.20~0.30的範圍中的(規格化荷重/規格化變位)的數值設定在100MPa以上。更好是將前述(規格化荷重/規格化變位)的數值設定在120MPa以上。更優是將前述(規格化荷重/規格化變位)的數值設定在140MPa以上。最優是將前述(規格化荷重/規格化變位)的數值設定在150MPa以上。然而，如果前述(規格化荷重/規格化變位)的數值超過600MPa的話，延性將會降低，因而在到達密切接觸狀態之前就很容易發生裂隙。因此，係將前述(規格化荷重/規格化變位)的數值設定在600MPa以下為宜。更好是將前述(規格化荷重/規格化變位)的數值設定在550MPa以下。更優是將前述(規格化荷重/規格化變位)的數值設定在500MPa以下。最優是將前述(規格化荷重/規格化變位)的數值設定在450MPa以下。

【0023】此外，將規格化變位的範圍設定在0.20~0.30的理由，是基於因為在塑性域中，(規格化荷重/規格化變位)的數值是大致保持一定且穩定的考量。

【0024】所謂的「C形壓扁試驗」，係指：將由一片鋼板彎折加工成U字型而做成的試驗片予以夾置在兩片平板之間來實施的壓扁試驗。

【0025】C形壓扁試驗，係從熱軋鋼板採取出來寬度

為 $50\text{mm} \times t$ (t ：板厚度)、長度為 100mm 的板材作為試驗片，並且是以試驗片的長邊方向落在熱軋鋼板的板寬度方向的方式來採取出試驗片，然後，根據日本工業規格 JIS Z 2248(2006)所規定的彎折方法，將這個試驗片予以彎折成 C 形試驗片之後，再根據日本工業規格 JIS G 3441(2021)所規定的方法來實施 C 形壓扁試驗。圖 2(a)係顯示從側方來觀察熱軋鋼板之 C 形壓扁試驗片的採取方向的樣態以及做成 C 形壓扁試驗片之後的樣態的圖。在做成 C 形壓扁試驗片之前的試驗片是編為符號 5A，做成 C 形壓扁試驗片之後的 C 形壓扁試驗片是編為符號 5。在做成 C 形壓扁試驗片的前後，初期長度、初期厚度並沒有變化。所謂的 C 形壓扁試驗片(壓扁試驗片)5 的初期長度 100，係指：上述的長度 50mm ，C 形壓扁試驗片 5 的長度方向，就是熱軋鋼板的軋軋方向 102。C 形壓扁試驗片(壓扁試驗片)5 的初期厚度是編為符號 101。圖 2(b)係顯示從側方來觀察熱軋鋼板的 C 形壓扁試驗片之壓扁試驗的樣態之圖。所謂的 C 形壓扁試驗，係指：將以圖 2(a)、圖 2(b)所示的方式裁切出來的一片試驗片 5A 進行彎折加工成 U 字形來做成 C 形壓扁試驗片 5，再將 C 形壓扁試驗片 5 夾置在兩片平板 6 之間，一邊將荷重施加在與平板 6 保持垂直的壓縮方向 7，一邊進行試驗直到變成上述的狀態為止的試驗方法。將試驗片 5A 進行彎折加工成 C 形壓扁試驗片 5 時，彎折用模具的前端部的內側半徑是設定為 $9 \times t(\text{mm})$ 。C 形壓扁試驗片之彎曲外表面的初期曲率半徑 $r(\text{mm})$ ，是如數式(4)所示般地，係藉由在前述彎

折加工時的彎折用模具的前端部的內側半徑再加入板厚度 $t(\text{mm})$ 而求得的。

$$r=10 \times t \dots \text{數式(4)}$$

壓扁試驗，係先沿著具有電阻焊接部之電焊鋼管的管軸方向來裁切出管軸方向的長度為 100mm 的管狀試驗片，然後，根據日本工業規格 JIS G 3441(2021)所規定的方法來實施壓扁試驗。並且如圖 3 所示般地，係以將電阻焊接部 9 和電焊鋼管的中心 10 的連結線朝向與壓縮方向 12 平行的方向之方式來設置壓扁試驗片 8。壓扁試驗片 8 之彎曲外表面的初期曲率半徑 r 是電焊鋼管外徑的 $1/2$ 。

【0026】此外，本發明之熱軋鋼板以及電焊鋼管之母材部的組成分，優選為：以質量 % 計，含有

C：0.020% 以上且 0.200% 以下、

Si：0.50% 以下、

Mn：0.30% 以上且 2.00% 以下、

P：0.050% 以下、

S：0.0200% 以下、

Al：0.005% 以上且 0.100% 以下、

N：0.0100% 以下、

或者還含有從

Nb：0.080% 以下、

V：0.080% 以下、

Ti：0.080% 以下、

Cu：0.50%以下、

Ni：0.50%以下、

Cr：0.50%以下、

Mo：0.50%以下、

Ca：0.0050%以下、

B：0.0050%以下、

Mg：0.020%以下、

Zr：0.020%以下、

REM：0.020%以下、以及

Sn：0.100%以下之中選出的1種或2種以上，

其餘部分是Fe及不可避免的雜質。

【0027】在本說明書中，如果沒有特別聲明的話，用來表示鋼組成分的「%」都是「質量%」。

【0028】

C：0.020%以上且0.200%以下

C係可藉由固溶強化作用來提升鋼的強度之元素。又，C係可藉由提升鋼的淬火硬化性來提高細微粒子的比率以提高韌性，而有助於在壓扁試驗時抑制裂隙的發生，並且藉由提高細微粒子的連結度，也有助於提高對抗壓扁的阻力之元素。想要獲得這種效果，C含量必須在0.020%以上。更好的C含量是在0.025%以上，更優的C含量是在0.030%以上。最優的C含量是在0.035%以上。但是，如果C含量超過0.200%的話，將會過度地生成硬質的波來鐵、麻田散鐵、沃斯田鐵而導致延性降低，在進行C形壓扁試

驗及/或壓扁試驗時，很容易在尚未成為密切接觸狀態之前就發生裂隙。因此，C含量必須在0.200%以下。更好的C含量是在0.180%以下。更優的C含量是在0.170%以下。最優的C含量是在0.165%以下。

【0029】

Si：0.50%以下

Si係可藉由固溶強化作用來提升鋼的強度之元素。想要獲得這種效果，Si含量必須在0.02%以上。更好的Si含量是在0.05%以上，更優的Si含量是在0.08%以上。最優的Si含量是在0.10%以上。但是，如果Si含量超過0.50%的話，延性將會降低，在進行壓扁試驗時，很容易在尚未成為密切接觸狀態之前就發生裂隙。因此，Si含量必須在0.50%以下。更好的Si含量是在0.40%以下。更優的Si含量是在0.30%以下。最優的Si含量是在0.28%以下。

【0030】

Mn：0.30%以上且2.00%以下

Mn係可藉由固溶強化作用來提升鋼的強度之元素。又，Mn係可藉由提升鋼的淬火硬化性來提高細微粒子的比率以提高韌性，而有助於在壓扁試驗時抑制裂隙的發生，並且藉由提高細微粒子的連結度，也有助於提高對抗壓扁的阻力之元素。想要獲得這種效果，Mn含量必須在0.30%以上。更好的Mn含量是在0.40%以上，更優的Mn含量是在0.50%以上。最優的Mn含量是在0.60%以上。但是，如果Mn含量超過2.00%的話，將會過度地生成硬質的

波來鐵、麻田散鐵、沃斯田鐵而導致延性降低，在進行壓扁試驗時，很容易在尚未成為密切接觸狀態之前就發生裂隙。因此，Mn含量必須在2.00%以下。更好的Mn含量是在1.90%以下。更優的Mn含量是在1.80%以下。最優的Mn含量是在1.75%以下。

【0031】

P：0.050%以下

P是會偏析在結晶粒界而導致韌性降低，是必須儘量地減少之不可避免的雜質，P含量必須是在0.050%以下的範圍內。更好的P含量是在0.040%以下，更優的P含量是在0.030%以下。最優的P含量是在0.020%以下。此外，雖然並未特別地規定P含量的下限，但是過度的減少，將會導致煉製成本的高漲，因此，P含量必須是在0.001%以上。

【0032】

S：0.0200%以下

S在鋼中，通常是以MnS的狀態存在，MnS在熱軋工序中將會被延伸變得很薄，而對於延性及韌性造成不良影響。因此，在本發明中，必須儘量地減少S含量，更好的S含量是在0.0200%以下。更優的S含量是在0.0100%以下，更加優的S含量是在0.0050%以下。最優的S含量是在0.0030%以下。此外，雖然並未特別地規定S含量的下限，但是過度的減少，將會導致煉製成本的高漲，因此，S含量必須是在0.0001%以上。

【0033】

Al：0.005%以上且0.100%以下

Al係可作為強力的脫氧劑來發揮作用的元素。想要獲得這種效果，Al含量必須在0.005%以上。更好的Al含量是在0.010%以上，更優的Al含量是在0.015%以上。最優的Al含量是在0.020%以上。但是，如果Al含量超過0.100%的話，焊接性將會惡化，並且氧化鋁系夾雜物會變多，因此導致表面性狀惡化。因此，Al含量必須在0.100%以下。更好的Al含量是在0.080%以下。更優的Al含量是在0.070%以下。最優的Al含量是在0.065%以下。

【0034】

N：0.0100%以下

N是不可避免的雜質，並且是可將差排的運動予以牢牢地固定住，而具有降低延性及韌性的作用之元素。在本發明中，雖然N是被視為雜質而必須儘量地減少，但N含量的容許值為0.0100%。因此，N含量必須在0.0100%以下。更好的N含量是在0.0080%以下。更優的N含量是在0.0070%以下。更加優的N含量是在0.0065%以下。最優的N含量是在0.0060%以下。雖然N含量的下限並未為特別地限定，但是過度的減少，將會導致煉製成本的高漲，因此，N含量必須是在0.0010%以上。

【0035】 本發明的電焊鋼管以及熱軋鋼板，除了上述的組成分之外，還可以含有：**Nb**、**V**、**Ti**、**Cu**、**Ni**、**Cr**、**Mo**、**Ca**、**B**、**Mg**、**Zr**、**REM**、**Sn**之中的1種或2種以上。

【0036】

Nb：0.080%以下

Nb在鋼中，會形成細小的碳化物、氮化物而有助於提高鋼的強度，而且可抑制在熱軋時之沃斯田鐵的粗大化，因此，也是有助於組織的細微化的元素，可因應需求來含有Nb。為了要獲得上述效果而含有Nb的話，Nb含量必須在0.002%以上。更好的Nb含量是在0.005%以上，更優的Nb含量是在0.010%以上。最優的Nb含量是在0.012%以上。但是，如果Nb含量超過0.080%的話，延性和韌性將會降低。因此，如果要含有Nb的話，Nb含量必須在0.080%以下。更好的Nb含量是在0.070%以下。更優的Nb含量是在0.065%以下。最優的Nb含量是在0.060%以下。

【0037】

V：0.080%以下

V在鋼中，會形成細小的碳化物、氮化物而是有助於提高鋼的強度之元素，可因應需求來含有V。為了要獲得上述效果而含有V的話，V含量必須在0.002%以上。更好的V含量是在0.005%以上，更優的V含量是在0.010%以上。最優的V含量是在0.015%以上。但是，如果V含量超過0.080%的話，延性和韌性將會降低。因此，如果要含有V的話，V含量必須在0.080%以下。更好的V含量是在0.070%以下。更優的V含量是在0.065%以下。最優的V含量是在0.060%以下。

【0038】

Ti：0.080%以下

Ti在鋼中，會形成細小的碳化物、氮化物而是有助於提高鋼的強度之元素，又，因為Ti與N的親和性很高，所以也是有助於減少鋼中的固溶N之元素，可因應需求來含有Ti。為了要獲得上述效果而含有Ti的話，Ti含量必須在0.002%以上。更好的Ti含量是在0.005%以上，更優的Ti含量是在0.010%以上。最優的Ti含量是在0.012%以上。但是，如果Ti含量超過0.080%的話，延性和韌性將會降低。因此，如果要含有Ti的話，Ti含量必須在0.080%以下。更好的Ti含量是在0.070%以下。更優的Ti含量是在0.065%以下。最優的Ti含量是在0.060%以下。

【0039】

Cu：0.50%以下、Ni：0.50%以下

Cu、Ni係可藉由固溶強化作用來提升鋼的強度之元素，並且也是可提高鋼的淬火硬化性而有助於組織的細微化之元素，可因應需求來含有。為了要獲得上述效果而含有Cu的話，Cu含量必須在0.01%以上。更好的Cu含量是在0.05%以上。更優的Cu含量是在0.10%以上。為了要獲得上述效果而含有Ni的話，Ni含量必須在0.01%以上。更好的Ni含量是在0.05%以上。更優的Ni含量是在0.10%以上。另一方面，如果過度含有的話，則會有導致延性和韌性降低之虞慮。又，也會有導致硬質的波來鐵、麻田散鐵、沃斯田鐵過度地生成之虞慮。因此，如果想要含有Cu的話，Cu含量必須在0.50%以下。更好的Cu含量是在0.40%以下。更優的Cu含量是在0.30%以下。又，如果想要含有Ni

的話，Ni含量必須在0.50%以下。更好的Ni含量是在0.40%以下。更優的Ni含量是在0.30%以下。

【0040】

Cr：0.50%以下、Mo：0.50%以下

Cr、Mo是可提高鋼的淬火硬化性，而有助於組織的細微化之元素，可因應需求來含有。為了要獲得上述效果而含有Cr的話，Cr含量必須在0.01%以上。更好的Cr含量是在0.05%以上。更優的Cr含量是在0.10%以上。又，為了要獲得上述效果而含有Mo的話，Mo含量必須在0.01%以上。更好的Mo含量是在0.05%以上。更優的Mo含量是在0.10%以上。另一方面，如果過度的含有的話，會有導致硬質的波來鐵、麻田散鐵、沃斯田鐵過度地生成之虞慮。因此，如果想要含有Cr的話，Cr含量必須在0.50%以下。更好的Cr含量是在0.40%以下。更優的Cr含量是在0.30%以下。又，如果想要含有Mo的話，Mo含量必須在0.50%以下。更好的Mo含量是在0.40%以下。更優的Mo含量是在0.30%以下。

【0041】

Ca：0.0050%以下

Ca係可將在熱軋工序中被延伸成很薄的MnS之類的硫化物予以球狀化，是有助於提高鋼的韌性之元素，可因應需求來含有Ca。為了要獲得上述效果而含有Ca的話，Ca含量必須在0.0005%以上。更好的Ca含量是在0.0008%以上，更優的Ca含量是在0.0010%以上。最優的Ca含量是在

0.0015%以上。但是，如果Ca含量超過0.0050%的話，將會在鋼中形成Ca氧化物的聚集因而導致韌性惡化。因此，如果想要含有Ca的話，Ca含量必須在0.0050%以下。更好的Ca含量是在0.0040%以下。更優的Ca含量是在0.0035%以下。最優的Ca含量是在0.0030%以下。

【 0042】

B：0.0050%以下

B是可藉由降低變態開始溫度而有助於組織的細微化之元素，可因應需求來含有B。為了要獲得上述效果而含有B的話，B含量必須在0.0002%以上。更好的B含量是在0.0005%以上，更優的B含量是在0.0008%以上。最優的B含量是在0.0010%以上。但是，如果B含量超過0.0050%的話，延性和韌性將會惡化。因此，如果想要含有B的話，B含量必須在0.0050%以下。更好的B含量是在0.0040%以下。更優的B含量是在0.0030%以下。最優的B含量是在0.0025%以下。

【 0043】

Mg：0.020%以下、Zr：0.020%以下、REM：0.020%以下

Mg、Zr以及REM(也就是稀土金屬)都是可藉由使結晶粒細微化來提高鋼的強度之元素，可因應需求來含有。雖然Mg含量也可以是0%，但如果想要含有Mg的話，Mg含量之合宜的下限是在0.0005%以上。更好的Mg含量是在0.0008%以上。雖然Zr含量也可以是0%，但如果想要含有Zr的話，Zr含量之合宜的下限是在0.0005%以上。更好的

Zr含量是在0.0008%以上。雖然REM含量也可以是0%，但如果想要含有REM的話，REM含量之合宜的下限是在0.0005%以上。更好的REM含量是在0.0008%以上。另一方面，如果過度含有的話，則會有導致降伏比的上昇、以及導致相當於塑性應變分布之對數標準偏差的增加之虞慮。因此，如果想要含有Mg的話，Mg含量必須在0.020%以下。更好的Mg含量是在0.010%以下。如果想要含有Zr的話，Zr含量必須在0.020%以下。更好的Zr含量是在0.010%以下。如果想要含有REM的話，REM含量必須在0.020%以下。更好的REM含量是在0.010%以下。此外，這裡所稱的REM(稀土金屬)係指：Sc、Y以及鑷系元素之合計17種元素的總稱。可以在鋼的組成成分中含有這17種元素之其中的1種以上，REM含量係指：這些元素的合計含量。

【0044】

Sn：0.100%以下

Sn係可抑制因為鋼板表面的氮化或氧化所產生的脫碳現象，進而可抑制強度降低的元素。為了要獲得上述的效果，Sn含量必須在0.001%以上。更好的Sn含量是在0.002%以上，更優的Sn含量是在0.005%以上。如果過度含有的話，鋼的延性和韌性將會降低。因此，Sn含量必須在0.100%以下。更好的Sn含量是在0.070%以下。更優的Sn含量是在0.040%以下。

【0045】其餘部分是Fe及不可避免的雜質。所謂「不可避免的雜質」係指：從原料、製造過程或製造設備等之

中不可避免地混入的雜質，在不阻礙到本發明之目的之範圍內，可以容許微量含有。其餘部分中之不可避免的雜質，係可以舉出例如：As、Sb、Bi、Co、Pb、Zn、O、Ta、W、Te、Hf、Ge、Sr、Cs。鋼板的原料，係可以舉出：鐵礦石、還原鐵或回收廢棄鐵材等。

【0046】本發明之熱軋鋼板的板厚度中央處以及電焊鋼管之母材部的厚度中央處的鋼組織，被大角粒邊界所圍繞的領域也就是結晶粒的平均結晶粒徑為 $15.0\mu\text{m}$ 以下，粒徑小於等於平均結晶粒徑之結晶粒相對於總結晶粒，以面積率計，係為10%以上且50%以下，依據下列數式(3)所求得的細微粒子連結度，係為0.05以上且0.50以下，而且變韌鐵，以體積率計，係為10%以上，肥粒鐵和變韌鐵的合計，以體積率計，係為80%以上，其餘部分是從波來鐵、麻田散鐵和沃斯田鐵之中選出的1種或2種以上，其合計量，以體積率計，係為20%以下為宜。

【0047】

(細微粒子連結度)=(粒徑小於平均結晶粒徑之結晶粒之大角粒邊界的總長度)/(大角粒邊界的總長度)...數式(3)

然而，在數式(3)之右邊的分子，並不包含粒徑小於平均結晶粒徑之結晶粒與平均結晶粒徑以上的結晶粒之間的大角粒邊界的長度。

【0048】平均結晶粒徑、粒徑小於等於平均結晶粒徑以下之結晶粒的面積率、以及細微粒子連結度，係採用掃

描型電子顯微鏡/背向散射電子繞射法(SEM/EBSD法)來進行測定。測定領域為 $500\mu\text{m}\times 500\mu\text{m}$ 、測定節距為 $0.5\mu\text{m}$ ，並且將5個觀察視野以上的測定值加以平均。針對於所求得之EBSD數據，使用商標名稱為：OIM Anlysis的結晶方位解析軟體將方位差 15° 以上的邊界視為結晶粒界(大角粒邊界)，來求出粒界以及粒徑的分布。平均結晶粒徑，係將所測定到的總面積除以結晶粒數而得到的數值，再予以換算成相等面積之圓的直徑(當量圓直徑)而求得的。又，細微粒子連結度，係先分別計算出：粒徑大於等於平均結晶粒徑的結晶粒以外的領域(換言之，只有粒徑小於平均結晶粒徑的結晶粒而已)之大角粒邊界的總長度、以及所有的大角粒邊界的總長度之後，再以這兩者的比值作為細微粒子連結度。但是，粒徑大於等於平均結晶粒徑的結晶粒以外的領域之大角粒邊界，並不包含：粒徑小於平均結晶的結晶粒和平均結晶粒徑以上的結晶粒之間的大角粒邊界。此外，在計算平均結晶粒徑、粒徑小於等於平均結晶粒徑之結晶粒的面積率、以及細微粒子連結度的時候，係將結晶粒徑為 $1.0\mu\text{m}$ 以下的結晶粒視為測定雜訊而予以除外。

【0049】平均結晶粒徑變大的話，韌性將會降低，在壓扁試驗中很容易發生裂隙。而且，有時候也會導致(規格化荷重/規格化變位)的數值降低。因此，平均結晶粒徑是在 $15.0\mu\text{m}$ 以下為宜。更好的平均結晶粒徑是在 $12.0\mu\text{m}$ 以下，更優的平均結晶粒徑是在 $10.0\mu\text{m}$ 以下。最優的平均結

晶粒徑是在 $9.0\mu\text{m}$ 以下。此外，平均結晶粒徑變小的話，延性將會降低，在壓扁試驗中很容易發生裂隙，因此平均結晶粒徑是在 $2.0\mu\text{m}$ 以上為宜。更好的平均結晶粒徑是在 $3.0\mu\text{m}$ 以上。更優的平均結晶粒徑是在 $3.5\mu\text{m}$ 以上。

【0050】粒徑小於等於平均結晶粒徑之結晶粒的面積率變低的話，粒徑小於等於平均結晶粒徑之細微粒子的連結度將會變低，對抗壓扁的阻力將會變小。此外，韌性將會降低，在壓扁試驗中很容易發生裂隙。因此，上述面積率是在10%以上為宜。上述面積率更好是在12%以上。更優是在15%以上。如果上述面積率超過50%的話，細微粒子的連結度變高，延性降低，而在壓扁試驗中很容易發生裂隙。因此，上述面積率是在50%以下為宜。上述面積率更好是在45%以下。更優是在40%以下。上述面積率最好是在35%以下。

【0051】細微粒子連結度變低的話，粗大粒子彼此的連結度將會變高，粗大粒子中的變形(應變)很容易彼此互相連結在一起。因為粗大粒是軟質，在粒子內會發生較大的變形，如果這些變形連結在一起的話，將會發生應力集中的現象，因而對抗壓扁的阻力將會變小。因此，細微粒子連結度是在0.05以上為宜。更好是在0.10以上。細微粒子連結度更優是在0.11以上。細微粒子連結度最優是在0.12以上。細微粒子連結度太高的話，硬質的細微粒子將會當成母相來發揮作用，因此，延性將會降低，在壓扁試驗中很容易發生裂隙。因此，細微粒子連結度是在0.50以

下為宜。細微粒子連結度更好是在0.47以下。更優是在0.40以下。細微粒子連結度最優是在0.35以下。

【0052】肥粒鐵是軟質的組織。又，變韌鐵是較肥粒鐵更為硬質，且是較波來鐵、麻田散鐵及沃斯田鐵更為軟質的組織，基於確保強度、延性、韌性之觀點考量，對於變韌鐵的組織進行控制是很重要。

【0053】變韌鐵的體積率太小的話，軟質的肥粒鐵的比率太高，強度將會降低。有時候也會導致(規格化荷重/規格化變位)的數值降低。因此，變韌鐵以體積率計，是在10%以上為宜。變韌鐵以體積率計，是在12%以上更好。更優是在20%以上。變韌鐵以體積率計，是在25%以上最優。上限雖然並未特別地限定，但是基於延性將會降低的理由考量，乃將其設定在75%以下為宜。

【0054】肥粒鐵與變韌鐵的合計量以體積率計，如果太小的話，硬質的波來鐵、麻田散鐵以及沃斯田鐵的比率將會變得太高，延性及韌性將會降低。因此，肥粒鐵與變韌鐵的合計量以體積率計，是在80%以上為宜。更好是在85%以上。肥粒鐵與變韌鐵的合計量以體積率計，更優是在88%以上。又，基於上述的理由考量，硬質的波來鐵、麻田散鐵以及沃斯田鐵的合計量，以體積率計，是在20%以下為宜。另一方面，如果硬質的波來鐵、麻田散鐵以及沃斯田鐵的合計量低於1%的話，延性將會降低，因此，肥粒鐵與變韌鐵的合計量，以體積率計，是在99%以下為宜。更好是在98%以下。更優是在97%以下。

【0055】 沃斯田鐵以外的上述的各種組織，是以沃斯田鐵粒界或者沃斯田鐵粒內的變形帶作為成核位點(nucleation site)。在進行熱軋時，藉由增加在不易生成沃斯田鐵的再結晶之低溫下的軋軋量，來將大量的差排導入沃斯田鐵內，以將沃斯田鐵予以細微化，並且可以將大量的變形帶導入到粒子內。如此一來，成核位點的面積將會增加而成核頻率將會變高，可以將鋼組織細微化。

【0056】 在本發明中，對於鋼組織的觀察，係可以採用以下記載的方法。

首先，從熱軋鋼板採取出來的組織觀察用的試驗片，是從試驗片的觀察面與熱軋鋼板的軋軋方向及板厚度方向都保持平行的截面且是從板厚度中央處採取出來的。從電焊鋼管採取出來的組織觀察用的試驗片，是從試驗片的觀察面與管軸方向及管厚度方向都保持平行的截面且是從厚度中央部採取出來的。經過研磨之後，以硝酸腐蝕液進行腐蝕而製作成組織觀察用的試驗片。組織觀察係使用光學顯微鏡(倍率為1000倍)或者掃描型電子顯微鏡(SEM；倍率為1000倍)，觀察位於板厚度(或厚度)中央部的組織且進行拍攝。然後，從所拍攝之光學顯微鏡影像以及掃描型電子顯微鏡影像，求出變韌鐵以及其餘部分(肥粒鐵、波來鐵、麻田散鐵、沃斯田鐵)的面積率。各組織的面積率，係先進行觀察5個視野以上之後，計算出各視野所取得的數值的平均值。此外，在本發明中，係將組織觀察所取得的面積率，視為各組織的體積率。對於判斷各組織的方

法，則是根據下列的內容來進行判斷。

【0057】肥粒鐵是擴散變態所致的生成物，差排密度很低，係呈現出近乎恢復後的組織。多邊形肥粒鐵以及擬多邊形肥粒鐵也被包含在肥粒鐵。以光學顯微鏡或掃描型電子顯微鏡觀察時，係將觀察不到雪明碳鐵，且觀察不到下部組織也就是網狀構造的領域予以判斷為肥粒鐵。

【0058】變韌鐵是差排密度很高之網狀的肥粒鐵與雪明碳鐵的複相組織。以光學顯微鏡或掃描型電子顯微鏡觀察時，係將有觀察到分散的雪明碳鐵，或者有觀察到下部組織也就是網狀構造的領域予以判斷為變韌鐵。

【0059】波來鐵是鐵和鐵碳化物的共析組織(肥粒鐵+雪明碳鐵)，係呈現：線狀的肥粒鐵與雪明碳鐵交替地排列之層狀的組織。以掃描型電子顯微鏡觀察時，係將有觀察到上述的層狀組織的領域予以判斷為波來鐵。

【0060】麻田散鐵是差排密度非常高之網狀的低溫變態組織。在掃描型電子顯微鏡影像中，與肥粒鐵及/或變韌鐵進行比較時，係顯示出明亮的對比。

【0061】此外，在光學顯微鏡影像以及掃描型電子顯微鏡影像中，很難區別麻田散鐵與沃斯田鐵，因此，先從所拍攝的掃描型電子顯微鏡影像中測定被視為麻田散鐵或沃斯田鐵之組織的面積率，再將從該面積率的測定值減去根據後述的方法所測定之沃斯田鐵的體積率之後的數值，視為麻田散鐵的體積率。

【0062】沃斯田鐵是fcc相，進行測定沃斯田鐵的體

積率時，係使用與測定差排密度所用的試驗片同樣的方法來製作的試驗片，利用X射線繞射法來進行測定。再從所測得的fcc鐵之(200)、(220)、(311)面與bcc鐵之(200)、(211)面的積分強度來求出沃斯田鐵的體積率。

【0063】其次，說明本發明的其中一種實施方式中的熱軋鋼板以及電焊鋼管的製造方法。

【0064】本發明的熱軋鋼板並未將製造條件特別地限定在下列的製造條件。但可藉由以下的製造條件來製造出來。例如：先將具有上述的組成分之鋼素材，進行加熱至1100℃以上且1300℃以下的加熱溫度之後；實施了：在900℃以上且1100℃以下的溫度範圍內的平均冷卻速度為0.5℃/秒以上且3.0℃/秒以下，精軋結束溫度為750℃以上且850℃以下，並且精軋時的合計軋縮率為45%以上且75%以下之熱軋處理；接下來，實施了：從精軋結束溫度起迄冷卻停止溫度為止之板厚度中心的平均冷卻速度為5℃/秒以上且40℃/秒以下，從精軋結束起迄冷卻停止為止之最低冷卻速度為2℃/秒以上，冷卻停止溫度為400℃以上且650℃以下，從精軋結束起迄冷卻停止為止的連續空冷時間為15秒以下，合計空冷時間為50秒以下之冷卻處理；然後，予以捲取成鋼帶捲狀。

【0065】又，本發明的電焊鋼管，係可藉由：先將前述熱軋鋼板利用常溫輥壓成形加工予以做成圓筒狀，再施予電阻焊接而製造出來。

【0066】再者，在以下之製造方法的說明中，關於溫

度「℃」的標示，如果沒有做特別聲明的話，都是指：鋼素材及/或鋼板(熱軋板)的表面溫度。這些的表面溫度係可利用輻射熱溫度計等來進行測定。又，鋼板厚度中心的溫度，係可先利用解析導熱的方法來計算出鋼板截面內的溫度分布，再將其結果依據鋼板的表面溫度來進行補正而求得。又，「熱軋鋼板」也包含：熱軋板、熱軋鋼帶。

【0067】在本發明中，鋼素材(鋼胚料)的熔製方法並未特別限定，也可採用：轉爐、電爐、真空熔解爐等之公知的熔製方法的任何一種。鑄造方法也並未特別限定，可採用連續鑄造法等之公知的鑄造方法，進行鑄造成所期望的尺寸。此外，採用造塊-分塊軋軋法來取代連續鑄造法也沒有問題。也可以對於熔鋼實施盛鋼桶精煉等之二次精煉。

【0068】接下來，針對於所製得的鋼素材(鋼胚料)進行加熱，緊接著實施熱軋，其次，實施冷卻，然後捲取成鋼帶捲狀而成為熱軋鋼板。

【0069】加熱溫度太低的話，被軋軋材的變形阻力太大而難以進行軋軋。因此，加熱溫度必須是在1100℃以上。更好是在1120℃以上。更優是在1130℃以上。最優是在1150℃以上。另一方面，加熱溫度太高的話，沃斯田鐵粒將會變得粗大化，在後續的軋軋(粗軋、精軋)中無法獲得細小的沃斯田鐵粒，最終製品的平均結晶粒徑將會變得太大。因此，熱軋工序中的加熱溫度是在1300℃以下為宜。更好是在1280℃以下。更優是在1270℃以下。最優是

在 1250°C 以下。

【0070】此外，在本發明中，除了在製造成鋼胚料(胚料)之後，暫時先冷卻至室溫，然後再度進行加熱的傳統製法之外，也可以採用：在製造成鋼胚料(胚料)之後，不必冷卻至室溫，維持熱胚料的狀態就直接裝入加熱爐內，或者進行稍微的保熱之後，隨即進行軋軋之所謂的直送軋軋的省能源製程。

【0071】在 900°C 以上且 1100°C 以下的溫度範圍內的平均冷卻速度太小的話，沃斯田鐵將會變得粗大化，最終製品的平均結晶粒徑將會變的太大。因此，在 900°C 以上且 1100°C 以下的溫度範圍內的平均冷卻速度是設定在 $0.5^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上為宜。更好是在 $0.8^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上。更優是在 $0.9^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上。最優是在 $1.0^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上。另一方面，前述平均冷卻速度太大的話，沃斯田鐵的再結晶不夠充分，粗大的沃斯田鐵將會殘留下來，而變成在最終製品中混入有粗大的結晶粒之鋼組織。其結果，粒徑小於等於平均結晶粒徑之結晶粒的面積率將會降低。因此，在 900°C 以上且 1100°C 以下的溫度範圍內的平均冷卻速度是設定在 $3.0^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以下為宜。更好是在 $2.5^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以下。更優是在 $2.4^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以下。最優是在 $2.2^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以下。

【0072】精軋結束溫度太低的話，在精軋中，鋼板表面溫度變成低於等於肥粒鐵變態開始溫度，而產生了大量的加工肥粒鐵，導致延性降低。因此，精軋結束溫度是設定在 750°C 以上為宜。更好是在 770°C 以上。更優是在 780

℃以上。另一方面，精軋結束溫度太高的話，將會無法獲得細小的沃斯田鐵粒，平均結晶粒徑將會變得太大。因此，精軋結束溫度是設定在850℃以下為宜。更好是在830℃以下。更優是在820℃以下。

【0073】精軋時的合計軋縮率太低的話，在熱軋工序中無法導入充分的加工變形，因而最終製品的平均結晶粒徑變得太大。因此，係將精軋時的合計軋縮率設定在45%以上為宜。精軋時的合計軋縮率，更好是在50%以上。精軋時的合計軋縮率，更優是在52%以上。精軋時的合計軋縮率，最優是在54%以上。另一方面，精軋時的合計軋縮率太高的話，平均結晶粒徑將會變得太小。又，粒徑小於等於平均結晶粒徑之結晶粒的面積率變得太高。因此，精軋時的合計軋縮率是設定在75%以下為宜。更好是在70%以下。精軋時的合計軋縮率，更優是在68%以下。精軋時的合計軋縮率，最優是在66%以下。

【0074】上述之精軋時的合計軋縮率，係指：精軋時之各軋軋道次(pass)之軋縮率的合計。

【0075】基於確保所需的軋縮率及/或鋼板的溫度管理之觀點考量，係將精軋板厚度設定在5mm以上為宜。精軋板厚度，更好是在6mm以上。更優是在7mm以上。又，精軋板厚度是在40mm以下為宜。精軋板厚度，更好是在35mm以下。更優是在30mm以下。

【0076】熱軋後，對於熱軋板施予冷卻處理。

【0077】精軋結束溫度至冷卻停止溫度為止之板厚度

中心的平均冷卻速度太低的话，組織將變得粗大化，最終製品的平均結晶粒徑變得太大。而且，變韌鐵的占比太低。因此，平均冷卻速度是設定在 $5^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上為宜。更好是在 $10^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上。更優是在 $12^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上。最優是在 $15^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上。另一方面，板厚度中心的平均冷卻速度太高的话，麻田散鐵的占比太高，延性將會降低。因此，平均冷卻速度是設在 $40^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以下為宜。更好是在 $35^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以下。更優是在 $33^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以下。最優是在 $30^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以下。

【0078】精軋結束至冷卻停止為止之板厚度中心的最低冷卻速度太低的话，組織將會變粗大化，平均結晶粒徑變得太大。又，粒徑小於等於平均結晶粒徑之結晶粒的面積率變得太低。而且，變韌鐵的占比變得太低。因此，最低冷卻速度是設定在 $2^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上為宜。更好是在 $3^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上。更優是在 $4^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上。最優是在 $5^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上。雖然上限並未特別限定，但是，最低冷卻速度是設定在 $15^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以下為宜。更好是在 $12^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以下。更優是在 $10^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以下。最優是在 $8^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以下。此外，求出最低冷卻速度的方法，係先將精軋結束至冷卻停止為止的時間予以分割成每3秒鐘一個區間，再就每一個區間計算出平均冷卻速度，然後再以這些的平均冷卻速度中的最小值來作為最低冷卻速度。

【0079】精軋結束至冷卻停止為止的連續空冷時間太長的话，肥粒鐵及變韌鐵的粒子將會過度成長，組織變粗大化，最終製品的平均結晶粒徑將會變得太大。又，粒徑

小於等於平均結晶粒徑之結晶粒的面積率變得太低。有時候，變韌鐵的占比也會變得太低。因此，前述的連續空冷時間是設定在15秒以下為宜。更好是在14秒以下。更優是在12秒以下。最優是在11秒以下。雖然前述的連續空冷時間是愈短愈好，但是，如果低於6秒的話，相對於連續空冷時間的縮短所獲得之細微化的效果變小，只會增大設備的負荷而已，因此，前述的連續空冷時間是設定在6秒以上為宜。更好是在7秒以上。更優是在8秒以上。精軋結束至冷卻停止為止的期間，是使用空冷和水冷來進行冷卻處理。

【0080】精軋結束至冷卻停止為止的合計空冷時間太長的話，肥粒鐵及變韌鐵的粒子將會過度成長，組織變粗大化，最終製品的平均結晶粒徑將會變得太太。又，粒徑小於等於平均結晶粒徑之結晶粒的面積率變得太低。有時候，變韌鐵的占比也會變得太低。因此，前述的合計空冷時間是設定在50秒以下為宜。更好是在45秒以下。更優是在40秒以下。最優是在38秒以下。雖然前述的連續空冷時間是愈短愈好，但如果低於10秒的話，相對於合計空冷時間的縮短所獲得之細微化的效果變小，只會增大設備的負荷而已，因此，前述的合計空冷時間是設定在10秒以上為宜。更好是在12秒以上。更優是在15秒以上。

【0081】冷卻停止溫度太低的話，麻田散鐵的占比變得太高，延性將會降低。因此，冷卻停止溫度是設定在400℃以上為宜。更好是在420℃以上。更優是在450℃以

上。最優是在 470°C 以上。另一方面，冷卻停止溫度太高的話，變韌鐵的占比變得太低。因此，冷卻停止溫度是設定在 650°C 以下為宜。更好是在 620°C 以下。更優是在 600°C 以下。最優是在 580°C 以下。

【0082】此外，本發明的電焊鋼管，為了要降低焊接部中的夾雜物的密度，係將焊接部(電阻焊接部)之熔融凝固部在管周方向上的寬度予以設定成：在整個管厚度中都是 $1\mu\text{m}$ 以上為宜。又，係將焊接部(電阻焊接部)之熔融凝固部在管周方向上的寬度予以設定成：在整個管厚度中都是 $1000\mu\text{m}$ 以下為宜。

【0083】又，電焊鋼管的外徑是設定在 80mm 以上為宜。又，前述外徑是設定在 800mm 以下為宜。電焊鋼管的厚度是設定在 3mm 以上為宜。又，前述厚度是設定在 40mm 以下為宜。

【0084】在製作試驗片時所使用的腐蝕液，只要配合鋼的組成分、鋼管的種類來選用適合的腐蝕液即可。圖4係顯示電焊鋼管之電阻焊接部的管周截面之示意圖。熔融凝固部15，腐蝕後的前述截面係如圖4的示意圖所示般地，在圖4中係可以目視觀察出：其係具有與母材部13及熱影響部14不同的組織形態及/或對比之領域。例如：碳鋼及低合金鋼之電焊鋼管的熔融凝固部15，在利用硝酸腐蝕液腐蝕之後的前述截面中，以光學顯微鏡觀察時，看起來是白色的領域而可以界定出是熔融凝固部15。又，碳鋼及低合金鋼的UOE鋼管的熔融凝固部15，在利用硝酸腐蝕

液腐蝕之後的前述截面中，以光學顯微鏡觀察時，看起來是具有晶格狀或樹枝晶狀的凝固組織之領域而可以界定出是熔融凝固部 15。

[實施例]

【0085】茲佐以實施例，更詳細說明本發明如下。但本發明並不限定在以下的實施例。

【0086】首先，熔製出具有表 1 所示的組成分的溶鋼，且做成胚料(鋼素材)。對於所做成的胚料實施表 2 所示的條件之熱軋工序和冷卻工序以及捲取工序，而做成表 2 所示的精軋板厚度(mm)的熱軋鋼板。

【0087】捲取工序之後，對於熱軋鋼板實施輥壓成形加工而形成圓筒狀的圓型鋼管，再將其對接部分進行電阻焊接。然後，利用配置在圓型鋼管的上下左右之軋輥來對於圓型鋼管進行縮徑加工而做成表 4 所示的外徑(mm)和厚度(mm)的電焊鋼管。

【0088】從表 3、4 所示的熱軋鋼板和電焊鋼管分別採取出試驗片，並且實施了以下所示的 C 形壓扁試驗、壓扁試驗、平均結晶粒徑測定、粒徑小於等於平均結晶粒徑之結晶粒的面積率測定、細微粒子連結度測定、組織觀察。熱軋鋼板的試驗片，是從熱軋鋼板之寬度方向中央之板厚度中央處採取的。電焊鋼管的試驗片，是從電焊鋼管中之與電阻焊接部在管周方向相距 90°之母材部的板厚度中央處採取的。

【 0089】**[C形壓扁試驗]**

C形壓扁試驗，係從熱軋鋼板採取出：全厚度且寬度為 $50 \times t$ (t ：板厚度)、長度為100mm的板材作為試驗片，並且是以試驗片的長邊方向落在熱軋鋼板的板寬度方向的方式來採取出試驗片，接下來，根據日本工業規格 JIS Z 2248(2006)所規定的彎折方法，將這個試驗片予以彎折成C形試驗片之後，再根據日本工業規格 JIS G 3441(2021)所規定的方法來實施C形壓扁試驗。將試驗片進行彎折加工成C形壓扁試驗片時，彎折用模具的前端部的內側半徑是設定為 $9 \times t$ (mm)。C形壓扁試驗片之彎曲外表面的初期曲率半徑 r ，是如數式(4)所示般地，係藉由在彎折加工時的彎折用模具的前端部的內側半徑再加入板厚度而求得的。

$$r=10 \times t \dots \text{數式(4)}$$

在密切接觸狀態下，如果在彎曲外表面有發生了長度為0.50mm以上之龜裂的話，就視為：有裂隙；如果在彎曲外表面沒有發生龜裂的話，就視為：無裂隙。

【 0090】**[壓扁試驗]**

壓扁試驗，係先沿著具有電阻焊接部之電焊鋼管的管軸方向來裁切出管軸方向的長度為100mm的管狀試驗片，然後，根據日本工業規格 JIS G 3441(2021)所規定的方法來實施壓扁試驗。並且如圖3所示般地，係以將焊接部朝

向壓縮方向方式來設置試驗片。壓扁試驗片之彎曲外表面的初期曲率半徑 r 是電焊鋼管外徑的 $1/2$ 。在密切接觸狀態下，如果管的外表面發生了長度為 0.50mm 以上之龜裂的話，就視為：有裂隙；如果管的外表面沒有發生龜裂的話，就視為：無裂隙。

【0091】

[平均結晶粒徑測定]

平均結晶粒徑，是採用掃描型電子顯微鏡/背向散射電子繞射法(SEM/EBSD法)來進行測定。測定用的試驗片，是分別從熱軋鋼板和電焊鋼管採取出來的，前者是從試驗片的測定面與熱軋鋼板的軋軋方向及板厚度方向都保持平行的截面採取出來的，後者是試驗片的測定面與管軸方向及管厚度方向都保持平行的截面採取出來的，且分別都實施鏡面研磨之後才進行測定。結晶粒徑的測定方法，是先求出相鄰的結晶粒之間的方位差，將方位差為 15° 以上的邊界視為結晶粒界，而將被方位差為 15° 以上的結晶粒界所圍繞的領域視為1個結晶粒來進行測定。再從所求得的結晶粒界計算出粒徑的算術平均值，將其視為平均結晶粒徑。將測定時的加速電壓設定在 15kV 、測定領域設定在 $500\mu\text{m}\times 500\mu\text{m}$ 、測定節距設定在 $0.5\mu\text{m}$ ，將5個觀察視野以上的測定值加以平均。針對於所測得之背向散射電子繞射的數據，使用商標名稱為：OIM Analysis的結晶方位解析軟體將方位差 15° 以上的邊界視為結晶粒界(大角粒邊界)，來求出粒界以及粒徑的分布。粒徑以及平均結晶粒

徑，係將所測定到的總面積除以結晶粒數而得到的數值，再予以換算成相等面積之圓的直徑(當量圓直徑)而求得的。此外，在計算平均結晶粒徑時，係將結晶粒徑為 $1.0\mu\text{m}$ 以下的結晶粒視為測定雜訊而予以除外。

【0092】

[測定粒徑小於等於平均結晶粒徑之結晶粒的面積率]

是從前述所計算出來之平均結晶粒徑以及粒徑分布來求出面積率。針對於平均結晶粒徑以下的各結晶粒，是從其當量圓直徑計算出面積，而計算出平均結晶粒徑以下之結晶粒面積的合計值，將該合計值除以測定領域的面積而求出面積率。此外，在計算平均結晶粒徑以下之結晶粒的面積率時，係將結晶粒徑為 $1.0\mu\text{m}$ 以下之結晶粒視為測定雜訊而予以除外。

【0093】

[細微粒子連結度]

細微粒子連結度，係分別計算出：粒徑大於等於平均結晶粒徑之結晶粒以外之領域中的大角粒邊界的總長度、以及總結晶粒之大角粒邊界的總長度，再從這兩個總長度的比值求出細微粒子連結度。然而，記載在上述的數式(3)之右邊的分子之粒徑小於平均結晶粒徑的結晶粒之大角粒邊界的總長度，並不包含：粒徑小於平均結晶粒徑的結晶粒與平均結晶粒徑以上的結晶粒之間的大角粒邊界的長度。此外，在計算細微粒子連結度時，係將結晶粒徑為 $1.0\mu\text{m}$ 以下之結晶粒視為測定雜訊而予以除外。

【 0094】**[組織觀察]**

從熱軋鋼板採取出來的組織觀察用的試驗片，是從試驗片的觀察面與熱軋鋼板的軋軋方向及板厚度方向都保持平行的截面採取出來的。從電焊鋼管採取出來的組織觀察用的試驗片，是從試驗片的觀察面與管軸方向及管厚度方向都保持平行的截面採取出來的。經過鏡面研磨之後，以硝酸腐蝕液進行腐蝕而製作成組織觀察用的試驗片。組織觀察係使用光學顯微鏡(倍率為1000倍)或者掃描型電子顯微鏡(SEM；倍率為1000倍)，觀察位於熱軋鋼板的板厚度中央部以及位於電焊鋼管的厚度中央位置的組織且進行拍攝。以掃描型電子顯微鏡進行觀察時，是施加了15kV的加速電壓的狀態下實施的。然後，從所拍攝之光學顯微鏡影像以及掃描型電子顯微鏡影像，求出變韌鐵以及其餘部分(肥粒鐵、波來鐵、麻田散鐵、沃斯田鐵)的面積率。各組織的面積率，係先進行觀察5個視野以上之後，計算出各視野所取得的數值的平均值。此外，在本發明中，係將組織觀察所取得的面積率，視為各組織的體積率。

【 0095】從上述的影像中判斷出肥粒鐵、波來鐵、麻田散鐵的方法，是採用實施方式所記載的方法來實施的。

【 0096】沃斯田鐵之體積率的測定方法，是採用X射線繞射法。熱軋鋼板之板厚度中央處的測定用試驗片以及電焊鋼管之厚度中央處的測定用試驗片，是以X射線繞射面剛好落在熱軋鋼板之板厚度中央處以及電焊鋼管的厚度

中央處的方式，來分別進行切削和研磨之後，又進行化學性研磨來除去表面加工層之後，製作成測定用試驗片。測定時採用 Mo 的 $K\alpha$ 射線，從 fcc 鐵的 (200)、(220)、(311) 面和 bcc 鐵的 (200)、(211) 面的積分強度求出沃斯田鐵的體積率。

【0097】將所求得的结果標示在表3及表4中。

【0098】

[表1]

組成分 (質量%)																				
No	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Nb	V	Ti	Cu	Ni	Cr	Mo	Ca	B	Mg	Zr	REM	Sn
1	0.048	0.11	0.92	0.007	0.0012	0.027	0.0035	0.054	0.022	0.035	-	-	-	-	0.0034	-	-	-	0.011	-
2	0.048	0.11	0.92	0.007	0.0012	0.027	0.0035	0.054	0.022	0.035	-	-	-	-	0.0034	-	-	-	0.011	-
3	0.048	0.11	0.92	0.007	0.0012	0.027	0.0035	0.054	0.022	0.035	-	-	-	-	0.0034	-	-	-	0.011	-
4	0.073	0.26	1.95	0.021	0.0060	0.042	0.0029	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	0.073	0.26	1.95	0.021	0.0060	0.042	0.0029	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	0.189	0.03	1.73	0.015	0.0085	0.049	0.0040	-	-	-	0.34	0.28	-	-	-	-	-	-	-	0.031
7	0.189	0.03	1.73	0.015	0.0085	0.049	0.0040	-	-	-	0.34	0.28	-	-	-	-	-	-	-	0.031
8	0.142	0.21	1.48	0.004	0.0006	0.035	0.0044	0.039	-	0.023	-	-	0.15	0.23	-	-	-	0.009	-	-
9	0.023	0.46	1.97	0.013	0.0024	0.022	0.0026	-	-	0.019	-	-	-	-	-	0.0023	0.015	-	-	-
10	0.023	0.46	1.97	0.013	0.0024	0.022	0.0026	-	-	0.019	-	-	-	-	-	0.0023	0.015	-	-	-
11	0.154	0.20	1.35	0.015	0.0034	0.026	0.0017	-	-	0.072	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	0.065	0.35	1.81	0.024	0.0046	0.025	0.0040	-	0.076	0.012	-	-	0.41	-	-	-	-	-	-	-
13	0.041	0.16	1.48	0.021	0.0008	0.035	0.0036	-	-	0.011	-	-	-	0.43	-	-	-	-	-	-
14	0.044	0.22	1.55	0.013	0.0042	0.034	0.0030	-	-	0.025	-	-	-	-	0.0019	0.0046	-	-	-	-
15	0.053	0.27	1.79	0.021	0.0030	0.037	0.0026	0.025	-	0.027	-	-	0.23	-	0.0025	-	-	-	-	-
16	0.114	0.09	1.47	0.005	0.0008	0.019	0.0034	0.043	0.020	0.013	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.052
17	0.080	0.22	1.39	0.004	0.0018	0.037	0.0040	0.017	0.031	0.009	0.15	0.18	0.09	0.03	0.0023	0.0011	0.005	0.004	0.010	0.025
18	0.025	0.27	1.42	0.043	0.0038	0.037	0.0048	0.078	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	0.133	0.17	1.28	0.039	0.0036	0.043	0.0040	-	0.076	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	0.149	0.12	0.76	0.021	0.0065	0.049	0.0026	-	-	-	0.49	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21	0.067	0.12	1.83	0.041	0.0078	0.033	0.0023	-	-	-	-	0.47	-	-	-	-	-	-	-	-
22	0.024	0.16	1.65	0.019	0.0017	0.024	0.0038	-	-	-	-	-	0.46	-	-	-	-	-	-	-
23	0.080	0.09	1.72	0.004	0.0065	0.039	0.0029	-	-	-	-	-	-	0.46	-	-	-	-	-	-
24	0.162	0.17	0.37	0.012	0.0016	0.025	0.0036	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.098

上述組成分以外的其餘部分是Fe及不可避免的雜質。

【 0099】

[表2]

No	加熱工序		熱軋工序			冷卻工序					精軋板 厚度 (mm)
	加熱溫度 (°C)	在900°C以上且1100°C以下的溫度範圍中的平均冷卻速度 (°C/秒)	精軋 結束溫度 (°C)	精軋的合計 軋縮率 (%)	平均冷卻 速度 (°C/秒)	最低 冷卻速度 (°C/秒)	連續 空冷時間 (秒)	合計 空冷時間 (秒)	冷卻停止 溫度 (°C)		
1	1180	1.8	760	61	16	4	6	19	540	20	
2	1180	2.7	830	57	22	3	16	43	620	16	
3	1180	0.7	790	63	8	1	11	32	530	9	
4	1200	0.9	810	56	9	6	8	21	510	28	
5	1200	1.3	770	68	14	4	13	53	640	17	
6	1230	1.0	770	49	23	4	7	16	470	25	
7	1150	1.5	830	60	38	3	9	38	380	12	
8	1180	1.1	820	73	37	5	6	25	600	6	
9	1200	2.4	800	58	18	4	7	30	570	22	
10	1150	1.2	840	77	16	2	12	15	450	16	
11	1200	1.9	790	55	16	4	11	33	550	16	
12	1200	2.2	780	50	24	3	8	22	560	16	
13	1320	2.9	820	62	22	5	13	15	630	25	
14	1200	1.5	780	66	44	5	5	24	380	12	
15	1160	1.1	840	48	30	1	19	37	560	16	
16	1250	2.9	800	79	35	5	14	45	410	12	
17	1200	1.5	810	49	24	6	7	18	530	16	
18	1180	2.9	820	73	9	5	11	45	480	22	
19	1280	0.6	780	55	13	9	9	32	550	25	
20	1200	1.7	770	59	37	7	13	40	500	16	
21	1190	2.3	820	72	32	7	7	21	550	19	
22	1210	2.0	810	50	27	5	5	20	490	25	
23	1220	0.9	810	58	11	9	14	18	620	28	
24	1170	2.0	820	58	19	5	7	39	610	22	

【 0100 】

[表3]

鋼板 No.	熱軋鋼板的鋼組織						熱軋鋼板之C形壓扁試驗的結果		備考
	平均結晶 粒徑 (μm)	粒徑小於等於平均結晶 粒徑之結晶粒的面積率 (%)	細微粒子 連度	F占比 (%)	B占比 (%)	F+B占比 (%)	其餘 組織	在成為密切接 觸狀態之前有 無發生裂隙	規格化荷重 /規格化變位 (MPa)
1	6.0	17	0.28	23	74	97	M	無	243
2	8.9	22	0.15	83	8	91	P	無	81
3	15.2	18	0.29	65	23	88	P	有	96
4	11.9	46	0.08	78	12	90	P,M	無	244
5	8.8	19	0.35	61	23	84	P	無	11
6	5.4	12	0.47	17	64	81	P,M	無	346
7	4.9	33	0.30	15	63	78	M,A	有	291
8	8.1	35	0.11	82	3	85	P	無	118
9	5.8	23	0.45	48	44	92	M,A	無	169
10	6.3	53	0.53	45	50	95	M	有	225
11	5.8	26	0.16	43	48	91	P	無	188
12	5.5	18	0.11	34	61	95	P,M	無	194
13	15.4	32	0.23	85	13	98	M	無	112
14	4.2	43	0.30	6	69	75	M	無	105
15	6.1	7	0.24	48	36	84	M	無	154
16	5.1	44	0.52	46	41	87	M	無	129
17	5.3	17	0.18	36	54	90	M	無	286
18	4.8	30	0.16	82	15	97	M	無	172
19	5.4	18	0.37	70	19	89	P,M	無	181
20	5.7	25	0.40	35	58	93	P,M	無	128
21	6.9	41	0.22	41	49	90	M	無	201
22	5.7	32	0.16	44	39	83	M	無	182
23	7.8	40	0.31	44	51	95	P,M	無	281
24	4.9	32	0.27	70	25	95	P,M	無	271

·F占比是肥粒鐵的體積率，B占比是變韌鐵的體積率，F+B占比是肥粒鐵和變韌鐵的體積率的合計。

·其餘組織中的P是波來鐵，M是麻田散鐵，A是沃斯田鐵。

·有標下線者是表示落在本發明的範圍外。

【 0101】

[表4]

鋼管 No.	電焊鋼管的尺寸		電焊鋼管之母材部的鋼組織						電焊鋼管之壓扁試驗的結果			備考
	外徑 (mm)	厚度 (mm)	平均結晶 粒徑 (μm)	粒徑小於等於平均 結晶粒徑之結晶粒 的面積率 (%)	細微粒子 連接度	F占比 (%)	B占比 (%)	F+B占比 (%)	其餘 組織	在成為密切接 觸狀態之前有 無發生裂隙	規格化荷重 /規格化變位 (MPa)	
1	610	20	5.9	20	0.29	21	73	94	M	無	166	本發明例
2	500	16	8.7	16	0.11	81	9	90	P	無	94	比較例
3	250	9	15.4	25	0.36	68	20	88	P	有	91	比較例
4	600	28	12.0	44	0.07	79	14	93	P,M	無	335	本發明例
5	500	17	8.7	8	0.33	60	25	85	P	無	80	比較例
6	550	25	5.5	13	0.48	19	64	83	P,M	無	269	本發明例
7	500	12	5.0	37	0.31	16	61	77	M,A	有	297	比較例
8	150	6	8.2	38	0.15	77	4	81	P	無	241	本發明例
9	400	22	6.0	22	0.42	41	49	90	M,A	無	158	本發明例
10	500	16	6.0	51	0.54	52	45	97	M	有	202	比較例
11	500	16	5.7	27	0.22	44	48	92	P	無	303	本發明例
12	550	16	5.4	13	0.15	32	64	96	P,M	無	208	本發明例
13	600	25	15.3	34	0.21	86	12	98	M	無	120	本發明例
14	400	12	4.2	40	0.30	9	67	76	M	無	123	本發明例
15	500	16	6.0	8	0.25	48	40	88	M	無	124	本發明例
16	500	12	5.2	44	0.51	44	44	88	M	無	142	本發明例
17	500	16	5.3	20	0.16	42	50	92	M	無	292	本發明例
18	610	22	5.0	31	0.16	86	13	99	M	無	249	本發明例
19	610	25	5.4	20	0.39	76	15	91	P,M	無	291	本發明例
20	550	16	5.6	20	0.38	41	55	96	P,M	無	214	本發明例
21	600	19	7.0	44	0.24	42	46	88	M	無	207	本發明例
22	600	25	5.8	35	0.14	42	39	81	M	無	203	本發明例
23	610	28	7.4	37	0.33	44	52	96	P,M	無	241	本發明例
24	550	22	5.2	32	0.25	72	27	99	P,M	無	255	本發明例

·F占比是肥粒鐵的體積率，B占比是變韌鐵的體積率，F+B占比是肥粒鐵和變韌鐵的體積率的合計。
·其餘組織中的P是波來鐵，M是麻田散鐵，A是沃斯田鐵。
·有標下線者是表示落在本發明的範圍外。

【0102】表3及表4中，No.1、4、6、8、9、11~24的熱軋鋼板及電焊鋼管是本發明例，No.2、3、5、7、10的熱軋鋼板及電焊鋼管是比較例。

【0103】本發明例的熱軋鋼板在C形壓扁試驗中，都是在密切接觸狀態之前沒有發生長度為0.50mm以上的裂隙，並且在規格化變位為0.20~0.30的範圍的(規格化荷重/規格化變位)的數值為100MPa以上。

【0104】本發明例的電焊鋼管在壓扁試驗中，都是在密切接觸狀態之前沒有發生長度為0.50mm以上的裂隙，並且在規格化變位為0.20~0.30的範圍的(規格化荷重/規格化變位)的數值為100MPa以上。

【符號說明】

【0105】

- 1:表示規格化荷重的變化與規格化變位的關係之曲線
- 2:彈性域
- 3:塑性域
- 4:裂隙或密切接觸狀態
- 5A:試驗片
- 5:C形壓扁試驗片(壓扁試驗片)
- 6:平板
- 7:壓縮方向
- 8:壓扁試驗片
- 9:電阻焊接部

10:電焊鋼管的中心

11:平板

12:壓縮方向

13:母材部

14:熱影響部

15:熔融凝固部

100:試驗片的初期長度L

101:試驗片的初期板厚度t

102:熱軋鋼板的軋軋方向

【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種熱軋鋼板，其係在將由一片鋼板彎折加工成U字型的試驗片夾置在兩片平板間來實施的C形壓扁試驗中，

前述彎折加工後的試驗片之內側面彼此接觸成密切接觸狀態之前，不會發生長度為0.50mm以上的裂隙，並且

在依據下列數式(2)所求得的規格化變位為0.20~0.30的範圍中，依據下列數式(1)所求得的規格化荷重/前述規格化變位的數值為100MPa以上；

在板厚度中央處的鋼組織，被大角粒邊界所圍繞的領域也就是結晶粒的平均結晶粒徑，係為15.0μm以下2.0μm以上；

$$(\text{規格化荷重(MPa)})=(P/L)\times(r/t^2)\times(1-((x_0-x)/2r)^2)^{1/2} \dots \text{數式(1)}$$

$$(\text{規格化變位})=(x_0-x)/2r \dots \text{數式(2)}$$

在這兩個數式中，

P：荷重(N)

L：壓扁試驗片的初期長度(mm)

r：壓扁試驗片之彎曲外表面的初期曲率半徑(mm)

t：壓扁試驗片的初期板厚度(mm)

x₀：兩片平板間的初期距離(mm)

x：兩片平板間的距離(mm)。

【請求項2】如請求項1所述之熱軋鋼板，其組成分以質量%計，含有

C：0.020%以上且0.200%以下、

Si：0.50%以下、

Mn：0.30%以上且2.00%以下、

P：0.050%以下、

S：0.0200%以下、

Al：0.005%以上且0.100%以下、

N：0.0100%以下、

或者還含有從

Nb：0.080%以下、

V：0.080%以下、

Ti：0.080%以下、

Cu：0.50%以下、

Ni：0.50%以下、

Cr：0.50%以下、

Mo：0.50%以下、

Ca：0.0050%以下、

B：0.0050%以下、

Mg：0.020%以下、

Zr：0.020%以下、

REM：0.020%以下、以及

Sn：0.100%以下之中選出的1種或2種以上、

其餘部分是Fe及不可避免的雜質。

【請求項3】如請求項1或請求項2所述之熱軋鋼板，
其在板厚度中央處的鋼組織，

粒徑小於等於前述平均結晶粒徑之結晶粒相對於總結晶粒，以面積率計，係為10%以上且50%以下，

依據下列數式(3)所求得之細微粒子連結度，係為0.05以上且0.50以下，而且，

變韌鐵以體積率計，係為10%以上，

肥粒鐵與變韌鐵的合計量，以體積率計，係為80%以上，

其餘部分係從波來鐵、麻田散鐵及沃斯田鐵之中選出的1種或2種以上，其合計量以體積率計，係為20%以下；

(細微粒子連結度)=(粒徑小於平均結晶粒徑的結晶粒之大角粒邊界的總長度)/(大角粒邊界的總長度)...數式(3)

然而，在數式(3)的右邊的分子，並不包含：粒徑小於平均結晶粒徑的結晶粒與粒徑大於等於平均結晶粒徑的結晶粒之間的大角粒邊界的長度。

【請求項4】一種電焊鋼管，其係具有：母材部與電阻焊接部的電焊鋼管，

在將從該電焊鋼管所採取出來的壓扁試驗片夾置在兩片平板間來實施的壓扁試驗中，

前述壓扁試驗片之內側面彼此接觸成密切接觸狀態之前，不會發生長度為0.50mm以上的裂隙，並且

在依據下列數式(2)所求得的規格化變位為0.20~0.30的範圍中，依據下列數式(1)所求得的規格化荷重/前述規格化變位的數值為100MPa以上；

在前述母材部之厚度中央處的鋼組織，被大角粒邊界所圍繞的領域也就是結晶粒的平均結晶粒徑，係為 $15.0\mu\text{m}$ 以下 $2.0\mu\text{m}$ 以上；

$$(\text{規格化荷重}(\text{MPa}))=(P/L)\times(r/t^2)\times(1-((x_0-x)/2r)^2)^{1/2} \dots \text{數式(1)}$$

$$(\text{規格化變位})=(x_0-x)/2r \dots \text{數式(2)}$$

在這兩個數式中，

P：荷重(N)

L：壓扁試驗片之管軸方向的初期長度(mm)

r：壓扁試驗片之彎曲外表面的初期曲率半徑(mm)

t：壓扁試驗片的初期板厚度(mm)

x_0 ：兩片平板間的初期距離(mm)

x：兩片平板間的距離(mm)。

【請求項5】如請求項4所述之電焊鋼管，其在前述母材部的組成分，以質量%計，含有

C：0.020%以上且0.200%以下、

Si：0.50%以下、

Mn：0.30%以上且2.00%以下、

P：0.050%以下、

S：0.0200%以下、

Al：0.005%以上且0.100%以下、

N：0.0100%以下、

或者還含有從

Nb：0.080%以下、

V：0.080%以下、

Ti：0.080%以下、

Cu：0.50%以下、

Ni：0.50%以下、

Cr：0.50%以下、

Mo：0.50%以下、

Ca：0.0050%以下、

B：0.0050%以下、

Mg：0.020%以下、

Zr：0.020%以下、

REM：0.020%以下、以及

Sn：0.100%以下之中選出的1種或2種以上，

其餘部分是Fe及不可避免的雜質。

【請求項6】如請求項4或請求項5所述之電焊鋼管，
其在前述母材部之厚度中央處的鋼組織，

粒徑小於等於前述平均結晶粒徑之結晶粒相對於總結
晶粒，以面積率計，係為10%以上且50%以下，

依據下列數式(3)所求得之細微粒子連結度，係為0.05
以上且0.50以下，而且，變韌鐵以體積率計，係為10%以
上，

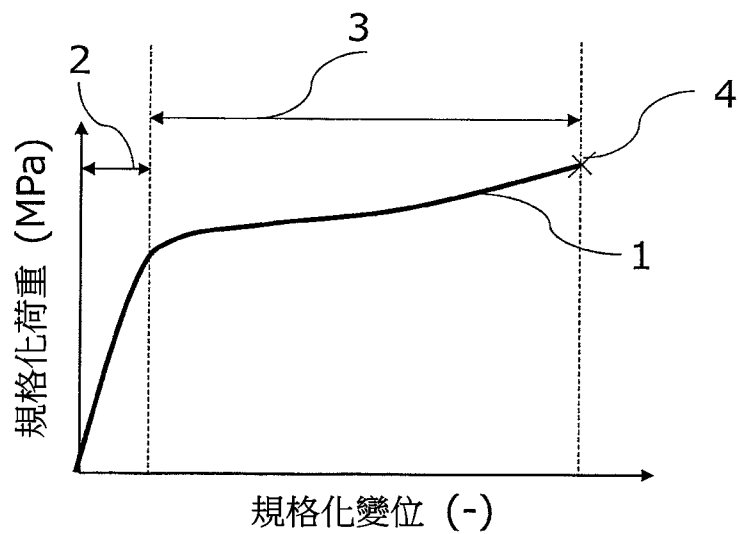
肥粒鐵與變韌鐵的合計量，以體積率計，係為80%以
上，

其餘部分係從波來鐵、麻田散鐵及沃斯田鐵之中選出
的1種或2種以上，其合計量以體積率計，係為20%以下；

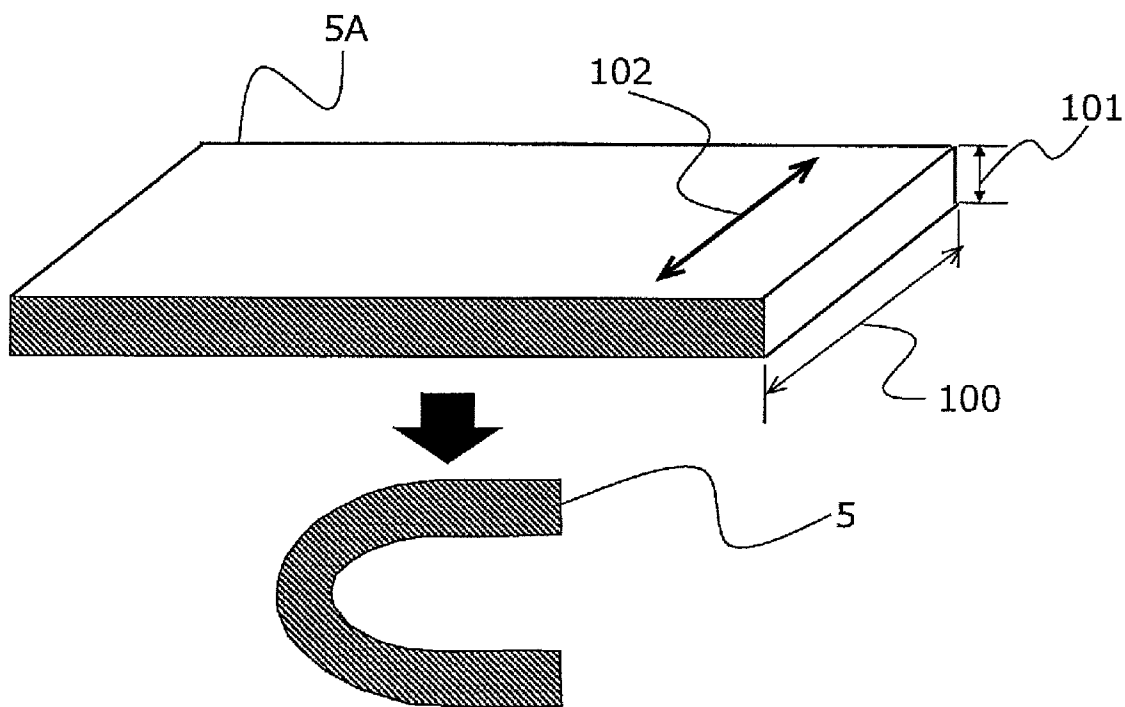
(細微粒子連結度)=(粒徑小於平均結晶粒徑的結晶粒之大角粒邊界的總長度)/(大角粒邊界的總長度)...數式(3)

然而，在數式(3)的右邊的分子，並不包含：粒徑小於平均結晶粒徑的結晶粒與粒徑大於等於平均結晶粒徑的結晶粒之間的大角粒邊界的長度。

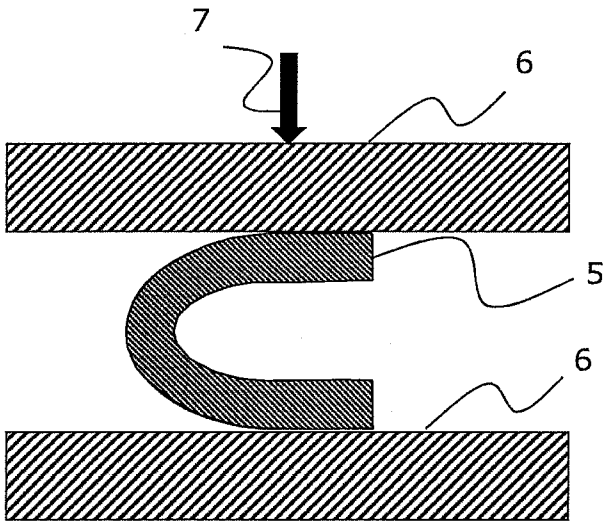
【發明圖式】



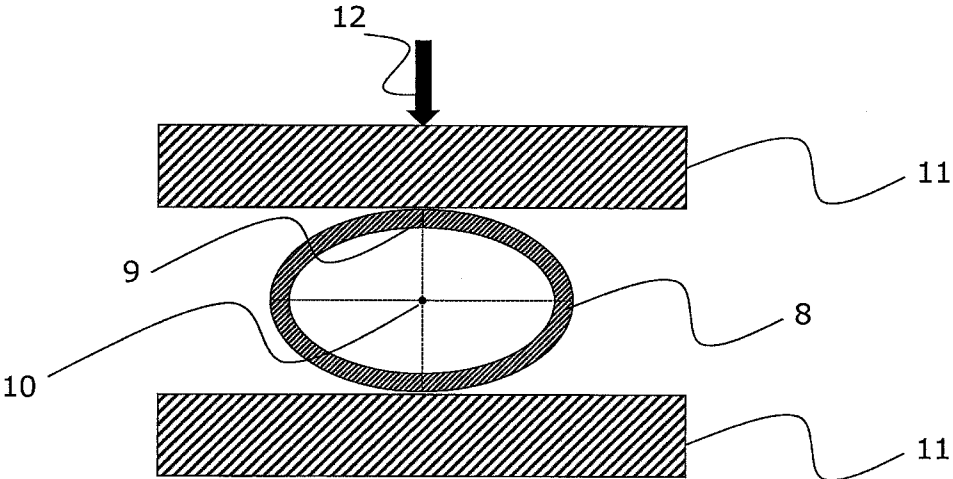
【圖 1】



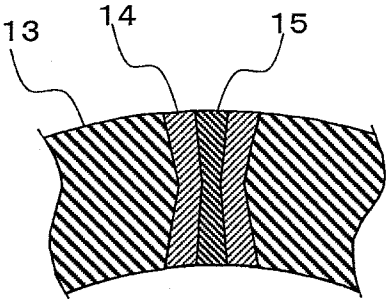
【圖 2(a)】



【圖 2(b)】



【圖 3】



【圖 4】