

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：96149870

※ 申請日期：96/12/25

※IPC 分類：C21D 8/02 (2006.01)

C21D 1/26 (2006.01)

C22C 38/00 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

高碳熱軋鋼板及其製造方法

HIGH-CARBON HOT-ROLLED STEEL SHEET AND PROCESS FOR PRODUCING THE SAME

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

杰富意鋼鐵股份有限公司

JFE STEEL CORPORATION (JFE スチール株式会社)

代表人：(中文/英文)

馬田一 / Hajime BADA

住居所或營業所地址：(中文/英文)

日本國東京都千代田區內幸町二丁目 2 番 3 號

2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-0011 Japan

國 籍：(中文/英文)

日本 / Japan

三、發明人：(共 3 人)

姓 名：(中文/英文)

(1) 仮屋房亮 / Nobusuke KARIYA

(2) 瀬戸一洋 / Kazuhiro SETO (瀬戸一洋)

(3) 中村展之 / Nobuyuki NAKAMURA

國 籍：(中文/英文)

(1)-(3) 日本 / Japan

四、聲明事項：

主張專利法第二十二條第二項 第一款或 第二款規定之事實，其事實
發生日期為： 年 月 日。

申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 日本；2006/12/25；2006-347539

2.

3.

4.

5.

無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

主張專利法第三十條生物材料：

須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於高碳熱軋鋼板，尤其是加工後之彎曲特性優異的高碳熱軋鋼板及其製造方法。

【先前技術】

工具或汽車零件(齒輪、緩衝器)等所使用之高碳鋼板，由於被加工為各種複雜的形狀，因此被使用者要求優異的加工性。另一方面，近年來，零件製造成本降低的要求越來越強烈，進行了加工步驟之省略或加工方法之改變。例如，如非專利文獻 1 所記載，作為使用高碳鋼板之汽車驅動系統零件的加工技術，開發了可進行增厚成形而可實現大幅的步驟縮短之複動加工技術，且已部分實用化。伴隨於此，對於高碳鋼板要求即便組合多個拉伸、扭轉、擴開、彎曲、鑿洞等之加工樣式亦不會發生問題而可加工。尤其，若於施行拉伸加工後再施行彎曲加工，則於彎曲部發生破裂等之情況多，因此期待優異的拉伸加工後之彎曲特性。

截至目前為止，為了提升高碳鋼板之加工性，已檢討了數種技術。例如，專利文獻 1 中提出一種製造軟質且組織均勻性與加工性優異之高碳鋼帶之方法，其係將既定化學成分之高碳鋼予以熱軋製，進行去鏽後，於 95 容量%以上之氫環境中以依化學成分所規定之加熱速度或均熱時間予以退火後，以 $100^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ 以下之冷卻速度冷卻。又，專利文獻 2 中提出一種製造加工性良好之高碳薄鋼板之方

法，其係將以（ A_{c1} 變態點 $+30^{\circ}\text{C}$ ）以上之精軋溫度軋製過的鋼板，以 $10\sim 100^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 之冷卻速度冷卻至 $20\sim 500^{\circ}\text{C}$ ，保持 $1\sim 10$ 秒後，於 $500\sim (A_{c1}\text{ 變態點}+30^{\circ}\text{C})$ 之溫度區域再加熱並捲取，視需要以 $650\sim (A_{c1}\text{ 變態點}+30^{\circ}\text{C})$ 均熱 1 小時以上。此外，專利文獻 3 中提出一種製造伸長凸緣性優異的高碳熱軋鋼板之方法，其係將含有 $0.2\sim 0.7$ 質量%之 C 的鋼以精軋溫度（ A_{r3} 變態點 -20°C ）以上進行熱軋製後，以冷卻速度超過 $120^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 且冷卻停止溫度 650°C 以下進行冷卻，接著以捲取溫度 600°C 以下進行捲取，並以退火溫度 640°C 以上且 A_{c1} 變態點以下進行退火。

非專利文獻 1：Journal of th JSTP, 44, 2003, p. 409-413

專利文獻 1：日本專利特開平 9-157758 號公報

專利文獻 2：日本專利特開平 5-9588 號公報

專利文獻 3：日本專利特開 2003-13145 號公報

【發明內容】

然而，該等習知技術中記載之高碳熱軋鋼板於以拉伸或鑿洞等單一加工樣式時之特性雖優異，但於拉伸加工後施以彎曲加工等之組合多個加工樣式之情況，會有發生破裂等之問題。

本發明之目的在於提供拉伸加工後之彎曲特性優異的高碳熱軋鋼板及其製造方法。

本發明人等針對高碳熱軋鋼板之拉伸加工後的彎曲特性進行深入研究，結果發現，適當控制鋼之 Sol.Al 量、

熱軋製後之冷卻條件、捲取溫度以及退火溫度係重要的因素。另外發現，藉由將後述測定法所求出之肥粒鐵粒徑控制為 $5.0\ \mu\text{m}$ 以下，並將縱橫比為 4.0 以上之肥粒鐵之面積率控制為 15% 以下，可得到優異的拉伸加工後之彎曲特性。

本發明係根據上述發現而完成者，提供一種高碳熱軋鋼板之製造方法，其特徵為具備以下之步驟：將以質量%計為含有 C: 0.2~0.7%、Si: 2% 以下、Mn: 2% 以下、P: 0.03% 以下、S: 0.03% 以下、Sol. Al: 0.01% 以下、N: 0.01% 以下之組成的鋼，以 (A_{r3} 變態點 -20°C) 以上之精軋溫度進行熱軋製，以製成熱軋鋼板之步驟；將上述熱軋鋼板以 $60^\circ\text{C}/\text{秒}$ 以上且未滿 $120^\circ\text{C}/\text{秒}$ 之冷卻速度，冷卻至 650°C 以下之溫度為止之步驟；將上述冷卻後之熱軋鋼板以 600°C 以下之捲取溫度進行捲取之步驟；以及將上述捲取後之熱軋鋼板以 640°C 以上且 A_{c1} 變態點以下之退火溫度進行退火之步驟。

本發明之方法中，於上述冷卻之步驟中，較佳係將熱軋鋼板以 $80^\circ\text{C}/\text{秒}$ 以上且未滿 $120^\circ\text{C}/\text{秒}$ 之冷卻速度，冷卻至 600°C 以下之溫度為止；且，於上述捲取步驟中，係以 550°C 以下之溫度進行捲取。

本發明亦提供一種高碳熱軋鋼板，係熱軋球狀化退火材，其特徵為，具有以質量%計為含有 C: 0.2~0.7%、Si: 2% 以下、Mn: 2% 以下、P: 0.03% 以下、S: 0.03% 以下、Sol. Al: 0.01% 以下、N: 0.01% 以下之組成；肥粒鐵粒徑為 $5.0\ \mu\text{m}$

以下，且縱橫比為 4.0 以上之肥粒鐵的面積率為 15%以下。

在此，肥粒鐵粒徑係利用影像解析將肥粒鐵粒近似為圓所求出之粒徑之平均值，又，縱橫比係利用影像解析將肥粒鐵粒近似為橢圓而求出之（橢圓之長軸）/（橢圓之短軸）之平均值。具體而言，係於鋼板之軋製方向研磨平行的板厚斷面，將板厚之 1/4 位置以硝太蝕液（nital，硝酸+乙醇）腐蝕後，利用掃瞄式電子顯微鏡以倍率 1500 倍進行微組織之觀察，使用 Media Cybernetics 公司製之影像解析軟體「Image Pro Plus ver. 4.0」(TM)，利用影像解析求出肥粒鐵粒徑、肥粒鐵之縱橫比。此外，求出相對於各肥粒鐵粒縱橫比為 4.0 以上之面積率，將其除以視野之總面積，求出每個視野的面積率，將 50 個視野的平均值作為縱橫比為 4.0 以上之肥粒鐵粒之面積率。

上述縱橫比為 4.0 以上之肥粒鐵粒的面積率較佳係 10% 以下。另外。本發明中，除了上述鋼之組成以外，亦可進一步含有自下述含量範圍之 B、Cr、Ni、Mo、Cu、Ti、Nb、W、V、Zr 中選出之至少 1 種；

B：0.005 質量%以下；Cr：3.5 質量%以下；Ni：3.5 質量%以下；Mo：0.7 質量%以下；Cu：0.1 質量%以下；Ti：0.1 質量%以下；Nb：0.1 質量%以下；W、V、Zr：合計 0.1 質量%以下。

藉由本發明，可製造即便施行拉伸加工等之加工後，彎曲特性仍優異之高碳熱軋鋼板。

【實施方式】

以下，針對本發明之高碳熱軋鋼板及其製造方法進行詳細說明。另外，成分含量之單位「%」只要無特別限定，均代表「質量%」之意義。

[鋼之組成]

C 量：C 係形成碳化物而賦予淬火後之硬度的重要元素。C 量若未滿 0.2%，則淬火後無法獲得作為機械構造用零件之充分強度。另一方面，若 C 量超過 0.7%，則即便肥粒鐵粒徑在 $5.0\ \mu\text{m}$ 以下且縱橫比在 4.0 以上之肥粒鐵粒的面積率為 15% 以下，仍無法獲得充分的拉伸加工後之彎曲特性。又，熱軋製後的硬度顯著提高，鋼板變脆，因此變得不易操作，且淬火後作為機械構造用零件之強度亦飽和。因此將 C 量規定為 0.2~0.7%。另外，在較為重視淬火後之硬度的情況，C 量較佳係超過 0.5%，而在較為重視加工性之情況，C 量較佳係 0.5% 以下。

Si 量：Si 係有使碳化物石墨化而阻礙淬火性之傾向，因此其量係規定為 2% 以下，較佳為 0.5% 以下。

Mn 量：若含有過量 Mn 則有引起延展性降低的傾向，因此其量係規定為 2% 以下，較佳為 1% 以下。

P 量：若過量含有 P 則伸長凸緣性等之延展性降低，且容易發生破裂，因此其含量係規定為 0.03% 以下，較佳為 0.02% 以下。

S 量：若過量含有 S，則與 P 相同，伸長凸緣性等之延展性會降低且容易發生破裂，因此其含量係規定為 0.03% 以下，較佳為 0.007% 以下。

Sol. Al 量：Sol. Al 係本發明中最重要之元素。亦即，發明人等發現，Sol. Al 量若超過 0.01%，則使用較為低價且經常用作非氧化性環境之氮，在氮環境中將熱軋鋼板退火時，於鋼板表層會形成 AlN，鋼板表層硬化而使拉伸加工後之彎曲特性顯著降低。因此，Sol. Al 量係規定為 0.01% 以下。

N 量：若過量含有 N，則延展性降低，因此其量係規定為 0.01% 以下，較佳為 0.005% 以下。

在此，若將以上各元素降低至既定量以下（例如未滿 0.0001%），則會招致成本增加，因此較佳係含有 0.0001% 以上左右。

殘餘部分係 Fe 及不可避免之雜質，但例如以進一步提升淬火性或提升退火軟化抵抗為目的，在一般添加之範圍內添加 B、Cr、Ni、Mo、Cu、Ti、Nb、W、V、Zr 等之至少一個元素，亦不會損及本發明之效果。具體而言，該等元素係可以 B：0.005% 以下；Cr：3.5% 以下；Ni：3.5% 以下；Mo：0.7% 以下；Cu：0.1% 以下；Ti：0.1% 以下；Nb：0.1% 以下；W、V、Zr：合計 0.1% 以下之量含有。另外，因上述目的而以含有 B：0.0005% 以上；Cr：0.05% 以上；Ni：0.05% 以上；Mo：0.05% 以上；Cu：0.01% 以上；Ti：0.01% 以上；Nb：0.01% 以上；W、V、Zr：合計 0.01% 以上。又，即使在製造過程中 Sn、Pb 等之元素作為雜質而混入，亦不會影響本發明之效果。

[製造條件]

熱軋製之精軋溫度：精軋溫度若未滿 (Ar_3 變態點 $-20^{\circ}C$)，則係部分地以肥粒鐵區域被軋製，由於退火後之肥粒鐵粒徑超過 $5.0\ \mu m$ ，故拉伸加工後之彎曲特性劣化。因此，熱軋製之精軋溫度係定為 (Ar_3 變態點 $-20^{\circ}C$) 以上。另外， Ar_3 變態點可由下述式 (1) 計算，但亦可使用實際測定之溫度。

$$Ar_3 \text{ 變態點} = 910 - 203 \times [C]^{1/2} + 44.7 \times [Si] - 30 \times [Mn] \dots (1)$$

在此， $[M]$ 表示元素 M 之含量 (%)。另外，亦可對應於含有元素而導入補正項，例如在含有 Cr、Mo、Ni 之情況，亦可於式 (1) 之右邊加上 $-11 \times [Cr]$ 、 $+31.5 \times [Mo]$ 、 $-15.2 \times [Ni]$ 之補正項。

熱軋製後之冷卻條件：本發明中，Sol.Al 量低，不易發生因 AlN 之針扎 (pinning) 所造成之粒成長阻礙，仍可達成肥粒鐵粒之細粒化。此現象可推測為由於熱軋製後急速冷卻，容易使軋製中賦予至沃斯田鐵粒之應變被累積，於其後之退火中，被累積的應變成為肥粒鐵粒之核生成基點 (site)。若熱軋製後之冷卻速度未滿 $60^{\circ}C/秒$ ，則於軋製中賦予於沃斯田鐵粒之應變不易累積，因此之後的退火中，肥粒鐵粒之核生成基點減少，肥粒鐵粒容易成長。其結果，肥粒鐵粒徑超過 $5.0\ \mu m$ ，拉伸加工後之彎曲特性劣化。另一方面，冷卻速度為 $120^{\circ}C/秒$ 以上之情況，退火後之肥粒鐵粒徑雖為 $5.0\ \mu m$ 以下，但縱橫比 4.0 以上的肥粒鐵粒之面積率超過 15%，因此與上述相同，拉伸加工後之彎曲特性劣化。此現象可推測為，若冷卻速度

在 $120^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上，於軋製中賦予給沃斯田鐵粒之應變於軋製後仍過量存在，故在之後的退火中，等軸的肥粒鐵粒難以成長。由以上情事，熱軋製後之冷卻速度定為 $60^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上且未滿 $120^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 。冷卻速度之上限以 $115^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 為佳。

利用此種冷卻速度而冷卻之熱軋鋼板的終點溫度（亦即冷卻停止溫度）若高於 650°C ，則在至捲取熱軋鋼板為止之冷卻中，沃斯田鐵中所累積之應變被解放。其結果，退火後之肥粒鐵粒徑超過 $5.0\ \mu\text{m}$ ，拉伸加工後之彎曲特性劣化。因此，冷卻停止溫度係為 650°C 以下，較佳為 600°C 以下。另外，由於溫度之測定精度上之問題，冷卻停止溫度較佳係定為 500°C 以上。

到達冷卻停止溫度後之冷卻，不需特別規定，可為自然冷卻，亦可減弱冷卻力而繼續強制冷卻。由鋼板之均一性等觀點而言，較佳係強制冷卻至可抑制復熱之程度。

捲取溫度：冷卻後之熱軋鋼板係被捲取，此時，捲取溫度若超過 600°C ，則熱軋製時累積於沃斯田鐵之應變被解放，因此其後之退火後的肥粒鐵粒徑超過 $5.0\ \mu\text{m}$ ，拉伸加工後之彎曲特性劣化。因此，捲取溫度定為 600°C 以下。另外，為了充分獲得上述急冷之效果，捲取溫度較佳係低於上述冷卻停止溫度。另外，由於熱軋鋼板之形狀會劣化，故捲取溫度較佳係定為 200°C 以上，更佳為 350°C 以上。

若使縱橫比在 4.0 以上之肥粒鐵粒之面積率為 10% 以

下，則可進一步提升彎曲特性，而此效果必須將冷卻速度定為 $80^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上且未滿 $120^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ ，將冷卻停止溫度定為 600°C 以下，且將捲取溫度定為 550°C 以下。

除鏽：捲取後之熱軋鋼板通常係於進行其後之熱軋鋼板退火之前進行除鏽。除鏽手段並無特別限制，較佳係以一般之方法進行酸洗。

熱軋鋼板之退火溫度：藉由酸洗等而除鏽後之熱軋鋼板，為了碳化物之球狀化，係施行退火而作為球狀化退火。此時，若退火溫度未滿 640°C ，則肥粒鐵粒成長不充分，縱橫比為 4.0 以上之肥粒鐵粒之面積率超過 15%，拉伸變形後之彎曲特性劣化。另一方面，若退火溫度超過 A_{c1} 變態點，則沃斯田鐵化係部分地進行，於冷卻中會生成波來鐵，故拉伸加工後之彎曲特性劣化。因此，熱軋鋼板之退火溫度係定為 640°C 以上且 A_{c1} 變態點以下。為了獲得更優異的伸長凸緣性，較佳係將熱軋鋼板之退火溫度定為 680°C 以上。另外， A_{c1} 變態點可由下述式 (2) 計算，但亦可使用實際測定之溫度。

A_{c1} 變態點

$$=754.83-32.25\times[C]+23.32\times[Si]-17.76\times[Mn]\cdots (2)$$

在此， $[M]$ 表示元素 M 之含量 (質量%)。另外，亦可對應於含有元素而導入補正項，例如在含有 Cr 或 Mo、V 之情況，亦可於式 (2) 之右邊加上 $+17.3\times[Cr]$ 、 $+4.51\times[Mo]$ 、 $+15.62\times[V]$ 之補正項。

熱軋鋼板之退火時間較佳為 8~80 小時左右。所得之鋼

板中的碳化物可球狀化，平均之縱橫比為約 5.0 以下（於板厚之約 1/4 位置所測定之值）。

於熔製本發明之高碳鋼時，使用轉爐或電爐均可。又，如此熔製之高碳鋼係藉由造塊-分塊軋製或連續鑄造而作成鋼胚（slab）。鋼胚通常係於加熱後再進行熱軋製。另外，以連續鑄造所製造之鋼胚，可直接或以抑制溫度降低為目的而進行保熱後，應用進行軋製之直接軋製（direct rolling）。又，在將鋼胚加熱而進行熱軋製之情況，為了避免因生鏽所造成之表面狀態的劣化，較佳係將鋼胚加熱溫度定為 1280°C 以下。熱軋製亦可省略粗軋製而僅進行精軋。另外，為了確保精軋溫度，亦可在熱軋製中利用薄片棒狀加熱器等加熱手段而進行被軋製材之加熱。又，為了促進球狀化或降低硬度，亦可在捲取後以徐冷蓋等手段將鋼捲予以保溫。關於熱軋鋼板之板厚，只要可維持本發明之製造條件，並於特別限制，1.0~10.0mm 之熱軋鋼板在作業上係特別適合。

熱軋鋼板之退火使用箱型退火或連續退火均可。退火後，係視需要進行調質軋製。該調質軋製並不會影響淬火性，因此對其條件並無特別限制。

以上述本發明之方法所製造之熱軋鋼板，係經施行熱軋球狀化退火之熱軋鋼板，其係如上所述，為平均縱橫比為約 5.0 以下且具有經球狀化之碳化物的熱軋鋼板。

又，本案之熱軋鋼板之肥粒鐵粒徑為 5.0 μm 以下。肥粒鐵粒徑會影響拉伸加工後之彎曲特性，若肥粒鐵粒徑超

過 $5.0\ \mu\text{m}$ ，則肥粒鐵粒內會大量析出細微的碳化物，拉伸加工中產生於碳化物與母相（肥粒鐵）之界面的細微空隙，於彎曲加工中會連結而產生破裂。藉由使肥粒鐵粒徑為 $5.0\ \mu\text{m}$ 以下，肥粒鐵粒內之細微碳化物變少，拉伸加工中所產生之細微空隙於拉伸加工後之彎曲中不易連結，因此可抑制破裂之發生。

此外，本案之熱軋鋼板中，縱橫比在 4.0 以上之肥粒鐵粒的面積率為 15% 以下。肥粒鐵粒之形狀係與肥粒鐵粒徑一樣，會影響拉伸加工後之彎曲特性，若該肥粒鐵粒之縱橫比為 4.0 以上，則於縱橫比在 4.0 以上之肥粒鐵粒與未滿 4.0 之等軸狀肥粒鐵粒之粒界，於拉伸加工中容易發生細微的破裂。若此種縱橫比在 4.0 以上之肥粒鐵粒的面積率超過 15%，則會以拉伸加工中之細微破裂為起點，於彎曲加工中發生破裂。藉由此種縱橫比在 4.0 以上之肥粒鐵粒的面積率為 15% 以下，可抑制在拉伸加工後之彎曲中產生破裂。較佳係使縱橫比在 4.0 以上之肥粒鐵粒之面積率為 10% 以下。

（實施例 1）

將具有表 1 所示化學成分之鋼 A~E 及 Z 之連續鑄造鋼胚加熱至 1250°C ，以表 2 所示條件進行熱軋製，酸洗後，同樣以表 2 所示條件進行熱軋鋼板之退火，製造板厚 5.0mm 之鋼板 No. 1~20。另外，退火係在氮化性環境（ N_2 環境）中進行。

在此，鋼板 No. 1~10 為本發明例，鋼板 No. 11~20 為

比較例。另外，肥粒鐵粒徑、肥粒鐵粒之縱橫比與面積率係以下述方法測定。又，拉伸加工後之彎曲特性係以下述方法評估。

肥粒鐵粒徑、肥粒鐵粒之縱橫比與面積率：在此，肥粒鐵粒徑係利用影像解析將肥粒鐵粒近似為圓所求出之粒徑的平均值，又，縱橫比係利用影像解析將肥粒鐵粒近似為橢圓所求出之（橢圓之長軸）/（橢圓之短軸）的平均值。具體而言，係在鋼板之軋製方向上研磨平行的板厚斷面，將板厚之 1/4 的位置以硝太蝕液（nital，硝酸+乙醇）腐蝕後，利用掃描式電子顯微鏡以倍率 1500 倍進行微組織之觀察，使用 Media Cybernetics 公司製之影像解析軟體「Image Pro Plus ver. 4.0」(TM)，利用影像解析求出肥粒鐵粒徑、肥粒鐵之縱橫比。此外，求出相對於各肥粒鐵粒縱橫比為 4.0 以上之面積率，將其除以視野之總面積，求出每個視野的面積率，將 50 個視野的平均值作為縱橫比為 4.0 以上之肥粒鐵粒之面積率。

又，在鋼板之軋製方向上研磨平行的板厚斷面，將板厚之 1/4 的位置以苦酸醇液（picral，苦酸；乙醇）腐蝕後，利用掃描式電子顯微鏡以倍率 3000 倍進行微組織之觀察，以上述影像解析軟體求出碳化物之縱橫比（最長徑/最短徑）。然後，將對於各碳化物所求出之縱橫比予以平均（個數平均），求出平均之縱橫比，確認其被球狀化退火。

拉伸加工後之彎曲特性：使用由相對於軋製方向為直角

的方向所採樣之平行部寬度為 30mm 之 JIS 5 號試驗片，利用以 JIS Z 2241 為基準之方法進行拉伸試驗，賦予 15% 之預應變後，利用以 JIS Z 2248 為基準之按壓彎曲法進行彎曲試驗。彎曲試驗中之衝孔徑 D 為 1mm，進行 3 次試驗，將三次均無發生破裂者表示為 \bigcirc ，發生 1 次破裂及 2 次破裂者表示為 \triangle ，3 次均破裂者表示為 \times 。另外， \bigcirc 之情況為發明例。

結果示於表 3。本發明例之鋼板 No.1~10 均為肥粒鐵粒徑 $5.0\ \mu\text{m}$ 以下，且縱橫比在 4.0 以上之肥粒鐵粒之面積率為 15% 以下，拉伸加工後之彎曲特性優異。另外，本發明例中，碳化物之平均縱橫比均為 5.0 以下，確認經球狀化退火而碳化物已被球狀化。

圖 1 中顯示肥粒鐵粒徑為 $5.0\ \mu\text{m}$ 以下之情況中，縱橫比在 4.0 以上之肥粒鐵粒的面積率與拉伸加工後之彎曲特性的關係。由其可知，若如本發明例之鋼板 No.1~10 般，使肥粒鐵粒徑在 $5.0\ \mu\text{m}$ 以下，且縱橫比在 4.0 以上之肥粒鐵粒之面積率為 15% 以下，則可獲得優異之拉伸加工後之彎曲特性。

(表 1)

(質量%)

鋼	C	Si	Mn	P	S	Sol. Al	N	由式(1) 求出之 Ar ₃ 變態點 (°C)	由式(2) 求出之 Ac ₁ 變態點 (°C)
A	0.26	0.22	0.83	0.010	0.0025	0.007	0.0031	791	737
B	0.34	0.20	0.74	0.015	0.0018	0.005	0.0033	778	735
C	0.35	0.02	0.15	0.009	0.0030	0.006	0.0036	786	741
D	0.49	0.19	0.76	0.011	0.0027	0.010	0.0032	754	730
E	0.66	0.21	0.75	0.014	0.0045	0.003	0.0030	732	725
Z	0.36	0.21	0.73	0.013	0.0022	<u>0.032</u>	0.0032	776	735

(表 2)

鋼板 No.	鋼	熱軋條件				熱軋鋼板之退火	備註
		精軋溫度 (°C)	冷卻速度 (°C/秒)	冷卻停止溫 度(°C)	捲取溫度 (°C)		
1	A	801	110	620	550	700°C×40hr	本發明例
2	A	811	95	560	510	720°C×40hr	本發明例
3	B	788	115	610	540	680°C×40hr	本發明例
4	B	808	85	570	520	710°C×40hr	本發明例
5	C	801	75	610	590	670°C×40hr	本發明例
6	C	806	105	580	490	720°C×40hr	本發明例
7	D	774	90	620	580	710°C×40hr	本發明例
8	D	784	100	550	500	720°C×40hr	本發明例
9	E	752	65	600	570	700°C×40hr	本發明例
10	E	772	100	540	490	720°C×40hr	本發明例
11	A	801	80	<u>680</u>	580	700°C×40hr	比較例
12	A	<u>751</u>	100	610	570	700°C×40hr	比較例
13	B	798	110	620	560	<u>600°C×40hr</u>	比較例
14	B	793	90	600	<u>630</u>	690°C×40hr	比較例
15	C	816	<u>150</u>	580	520	720°C×40hr	比較例
16	C	806	<u>55</u>	630	550	710°C×40hr	比較例
17	D	794	115	<u>670</u>	590	720°C×40hr	比較例
18	D	<u>719</u>	95	610	580	680°C×40hr	比較例
19	E	752	<u>130</u>	590	550	710°C×40hr	比較例
20	Z	805	100	580	530	720°C×40hr	比較例

(表 3)

鋼板 No.	肥粒鐵粒徑 (μm)	縱橫比在 4.0 以上之肥 粒鐵粒之面積率 (%)	拉伸加工後 之彎曲特性	備註
1	3.5	13.1	○	本發明例
2	3.2	8.8	○	本發明例
3	2.8	12.4	○	本發明例
4	2.6	9.2	○	本發明例
5	4.4	11.6	○	本發明例
6	3.3	7.5	○	本發明例
7	4.1	13.9	○	本發明例
8	3.7	8.7	○	本發明例
9	4.5	14.6	○	本發明例
10	3.1	9.2	○	本發明例
11	<u>6.4</u>	13.3	△	比較例
12	<u>6.2</u>	14.4	△	比較例
13	4.4	<u>15.8</u>	×	比較例
14	<u>5.6</u>	14.1	△	比較例
15	4.7	<u>18.4</u>	×	比較例
16	<u>5.9</u>	14.6	△	比較例
17	<u>5.4</u>	13.9	△	比較例
18	<u>5.5</u>	14.2	△	比較例
19	4.1	<u>22.4</u>	×	比較例
20	4.0	13.5	×	比較例

(實施例 2)

將下述以及表 1 所示之 E 鋼連續鑄造作成鋼胚後，加熱至 1230°C，以表 4 所示之條件進行熱軋製及熱軋鋼板之退火，製造板厚 4.5mm 之鋼板 No. 21~37。另外，退火係於氮化性環境（N₂ 環境）下進行。對於所得之熱軋鋼板以與實施例 1 同樣之方法，測定肥粒鐵粒徑、肥粒鐵粒之縱橫比與面積率，評估拉伸加工後之彎曲特性。又，與實施例 1 同樣地確認碳化物之球狀化狀態。

F 鋼 (C : 0.31% ; Si : 0.18% ; Mn : 0.68% ; P : 0.012% ;

S : 0.0033% ; Sol. Al : 0.005% ; N : 0.0040% ; Ar₃ 變態點 : 785°C ; Ac₁ 變態點 : 737°C) ;

G 鋼 (C : 0.23% ; Si : 0.18% ; Mn : 0.76% ; P : 0.016% ; S : 0.0040% ; Sol. Al : 0.008% ; N : 0.0028% ; Cr : 1.2% ; Ar₃ 變態點 : 785°C ; Ac₁ 變態點 : 759°C) ;

H 鋼 (C : 0.32% ; Si : 1.2% ; Mn : 1.5% ; P : 0.025% ; S : 0.010% ; Sol. Al : 0.006% ; N : 0.0070% ; Ar₃ 變態點 : 804°C ; Ac₁ 變態點 : 746°C) ;

I 鋼 (C : 0.35% ; Si : 0.20% ; Mn : 0.68% ; P : 0.012% ; S : 0.0038% ; Sol. Al : 0.005% ; N : 0.0033% ; Mo : 0.17% ; Cr : 0.98% ; Ar₃ 變態點 : 773°C ; Ac₁ 變態點 : 754°C) 。

另外，F 鋼～I 鋼之 Ar₃ 變態點、Ac₁ 變態點係由上述式 (1) 或式 (2) 所求出者，含有 Cr 或 Mo 之 G 鋼、I 鋼係使用上述補正項而求出。

結果示於表 5。可知除了冷卻速度以外之條件均為一定之鋼板 No. 21～27 中，冷卻速度在本發明範圍內之 No. 22～26 之拉伸加工後的彎曲特性明顯優異。可知鋼板 No. 23～26 可使縱橫比在 4.0 以上之肥粒鐵粒之面積率為 10% 以下。又，使冷卻速度為一定而觀察之鋼板 No. 28～33 中，可知冷卻停止溫度、捲取溫度均在本發明之範圍內的鋼板 No. 30～33 之拉伸加工後的彎曲特性係特別優異。冷卻停止溫度在 600°C 以下且捲取溫度在 550°C 以下之鋼板 No. 33，縱橫比為 4.0 以上之肥粒鐵粒之面積率可在 10% 以下。另外本發明例中，碳化物之平均縱橫比均在 5.0 以

下，確認經球狀化退火而使碳化物球狀化。

鋼組成在本發明範圍內之 E~I 鋼（包含添加基本成分以外之合金元素的 G 鋼及 I 鋼），均顯示優異之拉伸加工後的彎曲特性。

（表 4）

鋼板 No.	鋼	熱軋條件				熱軋鋼板之退火	備註
		精軋溫度 (°C)	冷卻速度 (°C/秒)	冷卻停止溫度 (°C)	捲取溫度 (°C)		
21	F	820	<u>50</u>	560	530	700°C×30hr	比較例
22	F	820	70	560	530	700°C×30hr	本發明例
23	F	820	85	560	530	700°C×30hr	本發明例
24	F	820	95	560	530	700°C×30hr	本發明例
25	F	820	105	560	530	700°C×30hr	本發明例
26	F	820	115	560	530	700°C×30hr	本發明例
27	F	820	<u>140</u>	560	530	700°C×30hr	比較例
28	F	820	105	<u>660</u>	530	700°C×30hr	比較例
29	F	820	105	630	<u>610</u>	700°C×30hr	比較例
30	F	820	105	630	560	700°C×30hr	本發明例
31	F	820	105	630	530	700°C×30hr	本發明例
32	F	820	105	580	560	700°C×30hr	本發明例
33	F	820	105	580	530	700°C×30hr	本發明例
34	E	790	105	560	530	715°C×60hr	本發明例
35	G	800	105	560	530	720°C×50hr	本發明例
36	H	810	105	560	530	700°C×30hr	本發明例
37	I	820	105	560	530	700°C×30hr	本發明例

(表 5)

鋼板 No.	肥粒鐵粒徑 (μm)	縱橫比在 4.0 以上之肥 粒鐵粒之面積率 (%)	拉伸加工後 之彎曲特性	備註
21	5.4	13.2	△	比較例
22	4.7	11.3	○	本發明例
23	3.6	8.8	○	本發明例
24	3.1	7.9	○	本發明例
25	2.9	8.5	○	本發明例
26	3.2	7.6	○	本發明例
27	4.5	21.9	×	比較例
28	6.4	14.2	△	比較例
29	5.8	14.6	△	比較例
30	4.3	12.1	○	本發明例
31	4.0	13.3	○	本發明例
32	4.5	10.7	○	本發明例
33	3.9	8.4	○	本發明例
34	3.8	9.5	○	本發明例
35	3.7	8.7	○	本發明例
36	4.8	9.6	○	本發明例
37	3.5	8.8	○	本發明例

【圖式簡單說明】

圖 1 係顯示縱橫比為 4.0 以上之肥粒鐵粒的面積率與拉伸加工後之彎曲特性之關係的圖。

五、中文發明摘要：

本發明提供拉伸加工後之彎曲特性優異的高碳熱軋鋼板及其製造方法。本發明之高碳熱軋鋼板之製造方法係包括下述步驟，即，將以質量%計為含有 C: 0.2~0.7%、Si: 2%以下、Mn: 2%以下、P: 0.03%以下、S: 0.03%以下、Sol. Al: 0.01%以下、N: 0.01%以下之組成的鋼，以 (A_{r3} 變態點-20 $^{\circ}$ C) 以上之精軋溫度進行熱軋製，以製成熱軋鋼板之步驟；將上述熱軋鋼板以 60 $^{\circ}$ C/秒以上且未滿 120 $^{\circ}$ C/秒之冷卻速度，冷卻至 650 $^{\circ}$ C 以下之溫度為止之步驟；將上述冷卻後之熱軋鋼板以 600 $^{\circ}$ C 以下之捲取溫度進行捲取之步驟；以及將上述捲取後之熱軋鋼板以 640 $^{\circ}$ C 以上且 A_{c1} 變態點以下之退火溫度進行退火之步驟。

六、英文發明摘要：

The present invention provides a high-carbon hot-rolled steel sheet having excellent bending properties after stretching and a method of producing the same. A method of producing a high-carbon hot-rolled steel sheet includes a step of hot-rolling steel having a composition containing, in % by mass, 0.2 to 0.7% of C, 2% or less of Si, 2% or less of Mn, 0.03% or less of P, 0.03% or less of S, 0.01% or less of Sol. Al, and 0.01% or less of N at a finishing temperature of (A_{r3} transformation point-20°C) or more to form a hot-rolled steel sheet, a step of cooling the hot-rolled steel sheet to a temperature of 650°C or less at a cooling rate of 60°C/sec to less than 120°C/sec, a step of coiling the hot-rolled steel sheet at a coiling temperature of 600°C or less after cooling, and a step of annealing the hot-rolled steel sheet at an annealing temperature of 640°C to A_{c1} transformation point.

十、申請專利範圍：

1. 一種高碳熱軋鋼板之製造方法，其特徵為具備以下之步驟：

將以質量%計為含有 C：0.2~0.7%、Si：2%以下、Mn：2%以下、P：0.03%以下、S：0.03%以下、Sol.Al：0.01%以下、N：0.01%以下之組成的鋼，以（ A_{r3} 變態點 -20°C ）以上之精軋溫度進行熱軋製，以製成熱軋鋼板之步驟；

將上述熱軋鋼板以 $60^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上且未滿 $120^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 之冷卻速度，冷卻至 650°C 以下之溫度為止之步驟；

將上述冷卻後之熱軋鋼板以 600°C 以下之捲取溫度進行捲取之步驟；以及

將上述捲取後之熱軋鋼板以 640°C 以上且 A_{c1} 變態點以下之退火溫度進行退火之步驟。

2. 如申請專利範圍第 1 項之高碳熱軋鋼板之製造方法，其中，上述冷卻步驟中，係將熱軋鋼板以 $80^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上且未滿 $120^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 之冷卻速度，冷卻至 600°C 以下之溫度為止；且，上述捲取步驟中，係以 550°C 以下之溫度進行捲取。

3. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之高碳熱軋鋼板之製造方法，其中，鋼之組成係除了上述組成外，進一步含有自下述含量範圍之 B、Cr、Ni、Mo、Cu、Ti、Nb、W、V、Zr 中選出之至少 1 種；

以質量%計為 B：0.005% 以下；Cr：3.5% 以下；Ni：

3.5% 以下；Mo：0.7% 以下；Cu：0.1% 以下；Ti：0.1% 以下；Nb：0.1% 以下；W、V、Zr：合計 0.1% 以下。

4. 一種高碳熱軋鋼板，係熱軋球狀化退火材，其特徵為，具有以質量% 計為含有 C：0.2~0.7%、Si：2% 以下、Mn：2% 以下、P：0.03% 以下、S：0.03% 以下、Sol. Al：0.01% 以下、N：0.01% 以下之組成；

肥粒鐵粒徑為 $5.0\ \mu\text{m}$ 以下，且縱橫比為 4.0 以上之肥粒鐵的面積率為 15% 以下；

在此，肥粒鐵粒徑係利用影像解析將肥粒鐵粒近似為圓所求出之粒徑之平均值，又，縱橫比係利用影像解析將肥粒鐵粒近似為橢圓而求出之（橢圓之長軸）/（橢圓之短軸）之平均值。

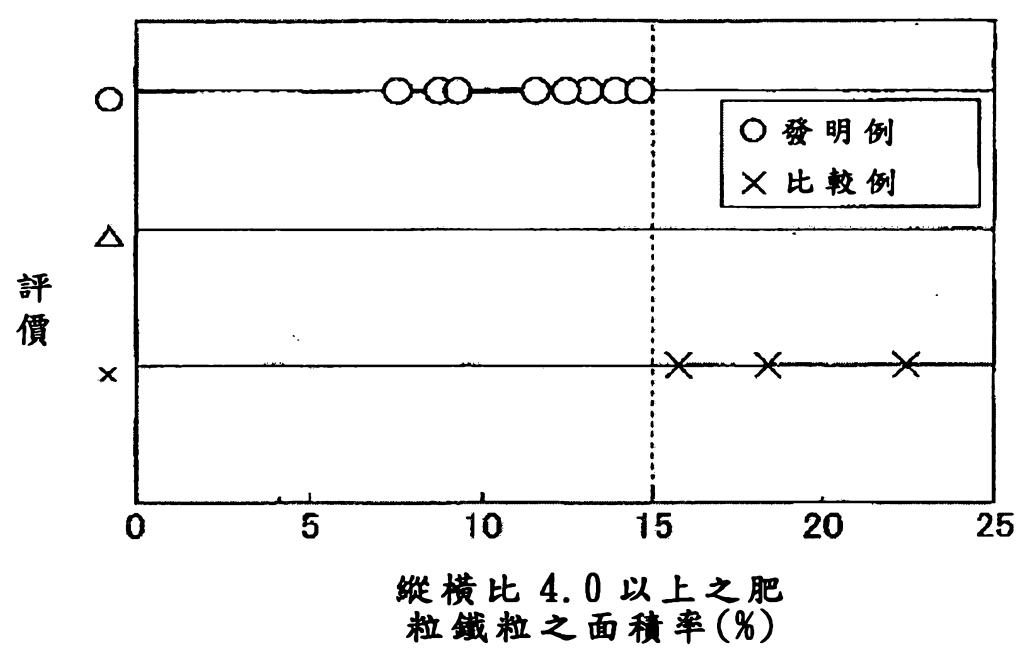
5. 如申請專利範圍第 4 項之高碳熱軋鋼板，其中，縱橫比為 4.0 以上之肥粒鐵粒的面積率為 10% 以下。

6. 如申請專利範圍第 4 或 5 項之高碳熱軋鋼板，其中，鋼之組成係除了上述組成外，進一步含有自下述含量範圍之 B、Cr、Ni、Mo、Cu、Ti、Nb、W、V、Zr 中選出之至少 1 種；

以質量% 計為 B：0.005% 以下；Cr：3.5% 以下；Ni：3.5% 以下；Mo：0.7% 以下；Cu：0.1% 以下；Ti：0.1% 以下；Nb：0.1% 以下；W、V、Zr：合計 0.1% 以下。

十一、圖式：

圖 1



七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (1) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

無

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無