



(21)申請案號：113106047

(22)申請日：中華民國 113 (2024) 年 02 月 21 日

(51)Int. Cl. : C22C38/22 (2006.01)

C21D9/00 (2006.01)

(30)優先權：2023/03/30 日本

2023-056176

(71)申請人：日商杰富意鋼鐵股份有限公司(日本) JFE STEEL CORPORATION (JP)
日本

(72)發明人：井原直哉 IHARA, NAOYA (JP)；中島孝一 NAKASHIMA, KOICHI (JP)

(74)代理人：卓俊傑；鮑亞嵐；卓孟儀

(56)參考文獻：

JP H3-36232A

審查人員：張涵歲

申請專利範圍項數：2 項 圖式數：4 共 29 頁

(54)名稱

螺栓及螺栓製造方法

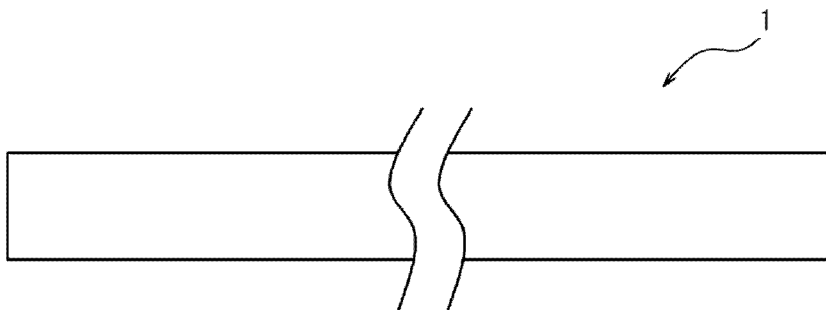
(57)摘要

本發明提供一種適合作為大直徑、高強度且高韌性的螺栓的材料的鋼棒、大直徑、高強度且高韌性的螺栓及該螺栓的製造方法。鋼棒 1 中，化學組成以質量%計為 C：0.35%以上且 0.45%以下、Si：0.10%以上且 0.50%以下、Mn：0.50%以上且 2.00%以下、P：0.030%以下、S：0.030%以下、Ni：1.00%以上且 3.00%以下、Cr：0.50%以上且 2.00%以下及 Mo：0.10%以上且 0.50%以下，且剩餘部分為 Fe 及雜質，DI 值為 420 以上，直徑為 65 mm 以上。

指定代表圖：

符號簡單說明：

1:鋼棒



【圖1】

I886802

【發明摘要】**【中文發明名稱】** 螺栓及螺栓製造方法**【中文】**

本發明提供一種適合作為大直徑、高強度且高韌性的螺栓的材料的鋼棒、大直徑、高強度且高韌性的螺栓及該螺栓的製造方法。鋼棒 1 中，化學組成以質量%計為 C：0.35%以上且 0.45%以下、Si：0.10%以上且 0.50%以下、Mn：0.50%以上且 2.00%以下、P：0.030%以下、S：0.030%以下、Ni：1.00%以上且 3.00%以下、Cr：0.50%以上且 2.00%以下及 Mo：0.10%以上且 0.50%以下，且剩餘部分為 Fe 及雜質，DI 值為 420 以上，直徑為 65 mm 以上。

【指定代表圖】 圖 1。**【代表圖之符號簡單說明】**

1:鋼棒

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 螺栓及螺栓製造方法

【技術領域】

【0001】 本發明是有關於一種鋼棒、螺栓及螺栓製造方法。

【先前技術】

【0002】 在專利文獻 1 中揭示了粗徑螺栓的製造方法。在該製造方法中，由如下鋼線材、即以重量%計包含 C：0.28%~0.38%、Si：0.10%以下、Mn：0.60%~1.20%、Cr：0.20%~0.60%，且藉由規定式計算的值滿足 30~45 的包含剩餘部分鐵及雜質的鋼線材，藉由冷鍛而成型 M25~M40 的螺栓，繼而進行加熱，並進行水淬火、回火。在該製造方法中，在製造 M25~M40 的螺栓的情況下，不需要軟化退火便能夠直接進行冷鍛，另外，具有充分的淬火性，在螺栓加工時不會產生裂紋的情況下可廉價地製造淬火、回火後的拉伸強度為 75 kgf/mm² 以上的螺栓。

[現有技術文獻]

[專利文獻]

【0003】 專利文獻 1：日本專利特開平 02-166231 號公報

【發明內容】

【0004】 [發明所欲解決之課題]

如專利文獻 1 所揭示般，螺栓為了獲得所期望的強度，在其製造時實施淬火處理、回火處理。但是，在螺栓大型化的同時在

螺栓內部難以獲得淬火組織。在專利文獻 1 中記載的螺栓中，如上所述，其直徑最大為 40 mm (M40)。另外，對螺栓亦要求高韌性。因此，期望適合作為大直徑、高強度且高韌性的螺栓的材料的鋼棒、大直徑、高強度且高韌性的螺栓及該螺栓的製造方法。

【0005】 本發明是鑒於所述實際情況而成，其目的在於提供一種適合作為大直徑、高強度且高韌性的螺栓的材料的鋼棒、大直徑、高強度且高韌性的螺栓及該螺栓的製造方法。

[解決課題之手段]

【0006】 為了達成所述目的，本發明的鋼棒、螺栓及螺栓製造方法如以下所述。

【0007】 1. 一種鋼棒，其中，化學組成以質量%計為

C：0.35%以上且 0.45%以下、

Si：0.10%以上且 0.50%以下、

Mn：0.50%以上且 2.00%以下、

P：0.030%以下、

S：0.030%以下、

Ni：1.00%以上且 3.00%以下、

Cr：0.50%以上且 2.00%以下及

Mo：0.10%以上且 0.50%以下，且

剩餘部分為 Fe 及雜質，

下述式 (1) 所表示的淬透性指數 (DI 值) 為 420 以上，

直徑為 65 mm 以上。

$$DI = (-23.7 \times [C]^2 + 38.3 \times [C] + 3.54) \times (1 + 3.3 \times [Mn]) \times (1 + 0.7 \times [Si]) \\ \times (1 + 2.16 \times [Cr]) \times (1 + 3 \times [Mo]) \times (1 + 0.36 \times [Ni]) \cdots (1)$$

此處，[C]、[Mn]、[Si]、[Cr]、[Mo]及[Ni]依次為以質量%表示的 C、Mn、Si、Cr、Mo 及 Ni 的含量。

【0008】 2. 一種螺栓，是使用如所述 1 所述的鋼棒的螺栓，其中，
所述螺栓具有軸部，

在所述軸部的與長度方向垂直的剖面上，舊 γ 粒徑為粒度編號 4 以上且 10 以下，

在所述剖面的金屬組織中，回火麻田散鐵的面積率為 80% 以上。

【0009】 3. 一種螺栓製造方法，藉由切斷如所述 1 所述的鋼棒，並對所述切斷後的鋼棒實施熱鍛、螺紋滾軋 (thread rolling)、淬火及回火，製造具有軸部及螺栓頭部的螺栓，所述螺栓製造方法中，

在所述熱鍛中，形成所述螺栓頭部，

在所述螺紋滾軋中，形成所述軸部的螺紋牙 (thread ridge)，

在所述淬火中，將加熱溫度設為 820°C 以上且 1150°C 以下，將 800°C 至 300°C 為止的平均冷卻速度設為 0.5°C/s 以上。

[發明的效果]

【0010】 藉由本發明，可提供一種適合作為大直徑、高強度且高

韌性的螺栓的材料的鋼棒、大直徑、高強度且高韌性的螺栓及該螺栓的製造方法。

【圖式簡單說明】

【0011】

圖 1 是表示本實施形態的鋼棒的一例的圖。

圖 2 是表示本實施形態的螺栓的一例的圖。

圖 3 是表示製造螺栓的螺栓製造步驟的一例的流程圖。

圖 4 是表示製造螺栓的螺栓製造步驟的一例的流程圖。

【實施方式】

【0012】 首先，對本實施形態的鋼棒、螺栓及螺栓製造方法的概要進行說明。

【0013】 本實施形態的鋼棒的化學組成以質量%計為

C：0.35%以上且 0.45%以下、

Si：0.10%以上且 0.50%以下、

Mn：0.50%以上且 2.00%以下、

P：0.030%以下、

S：0.030%以下、

Ni：1.00%以上且 3.00%以下、

Cr：0.50%以上且 2.00%以下及

Mo：0.10%以上且 0.50%以下，且

剩餘部分為 Fe 及雜質。

【0014】 而且，本實施形態的鋼棒的下述式（1）所表示的 DI 值

為 420 以上。再者，在下述式（1）中，[C]、[Mn]、[Si]、[Cr]、[Mo]及[Ni]依次為以質量%表示的 C、Mn、Si、Cr、Mo 及 Ni 的含量。另外，所述鋼棒的直徑為 65 mm 以上。

$$\begin{aligned} \text{【0015】 } DI = & \left(-23.7 \times [C]^2 + 38.3 \times [C] + 3.54 \right) \times \left(1 + 3.3 \times [Mn] \right) \times \\ & \left(1 + 0.7 \times [Si] \right) \times \left(1 + 2.16 \times [Cr] \right) \times \left(1 + 3 \times [Mo] \right) \times \left(1 + 0.36 \times [Ni] \right) \\ & \dots (1) \end{aligned}$$

【0016】 所述鋼棒適合作為用於製造大直徑的螺栓的材料。本實施形態的螺栓使用所述鋼棒，且具有如下軸部、即在與長度方向垂直的剖面上，舊 γ 粒徑為粒度編號 4 以上且 10 以下，在所述剖面的金屬組織中，回火麻田散鐵的面積率為 80% 以上的軸部。該螺栓的製造方法的一例為螺栓製造方法，所述製造方法中，對所述鋼棒實施形成螺栓頭部的熱鍛、形成軸部的螺紋牙的螺紋滾軋、以及淬火及回火，製成具有螺栓頭部及軸部的螺栓。另外，在所述淬火中，將加熱溫度設為 820°C 以上且 1150°C 以下，將 800°C 至 300°C 為止的平均冷卻速度設為 0.5°C/s 以上。

【0017】 在圖 1 中，作為本實施形態的鋼棒的一例，示出了鋼棒 1。在圖 2 中，作為本實施形態的螺栓的一例，示出了具有螺栓頭部 21 及形成有螺紋牙的軸部 22 的螺栓 2。螺栓 2 是在將鋼棒 1 切斷為規定的長度之後，藉由熱鍛而在其中一個端部形成螺栓頭部 21，且藉由滾軋而在另一端的軸部 22 形成螺紋牙，藉此可形成圖所示的形狀。再者，在圖 2 中，在軸部 22 的整體形成有螺紋牙，但在本實施形態中，只要螺紋牙形成於軸部的至少一部分即可。

【0018】 以下，對鋼棒進行詳述。再者，在以下的說明中，在僅記載為「%」的情況下，只要不特別說明，則為「質量%」的含義。

【0019】 本實施形態的鋼棒是棒狀的鋼。就製成適合於螺栓的材料的鋼棒的觀點而言，所述鋼棒例如可製成圓柱狀的鋼。

【0020】 就製成適合於大直徑的螺栓的材料的鋼棒的觀點而言，本發明的鋼棒將直徑設為 65 mm 以上。另一方面，所述直徑的上限並無限定，但較佳為 100 mm 以下。

【0021】 如上所述，本實施形態的鋼棒作為化學組成而包含 C(碳)、Si(矽)、Mn(錳)、P(磷)、S(硫)、Ni(鎳)、Cr(鉻)及 Mo(鉬)，且剩餘部分為 Fe(鐵)及雜質。所謂雜質，是指在對本發明的效果不造成不良影響的範圍內允許含有的元素。所述雜質中包含在工業上製造鋼棒時自作為原料的礦石、廢料、或製造環境等不可避免地混入的所謂不可避免的雜質。

【0022】 以下，對鋼棒的化學組成(鋼棒中的各元素的含量)進行詳述。

【0023】 C 的含量為 0.35%以上且 0.45%以下。C 是影響鋼棒的淬火性及拉伸強度的元素。在 C 的含量小於 0.35%的情況下，鋼棒的拉伸強度不足。因此，C 的含量為 0.35%以上，較佳為 0.38%以上。另一方面，在 C 的含量超過 0.45%的情況下，鋼棒的韌性下降。因此，C 的含量為 0.45%以下，較佳為 0.43%以下。

【0024】 Si 的含量為 0.10%以上且 0.50%以下。Si 是影響鋼棒的淬火性及回火軟化阻力的元素。在 Si 的含量小於 0.10%的情況下，

淬火性不足，鋼棒的拉伸強度下降。因此，Si 的含量為 0.10%以上，較佳為 0.15%以上。另一方面，在 Si 量超過 0.50%的情況下，回火軟化阻力上升，鋼棒的韌性下降。因此，Si 的含量為 0.50%以下，較佳為 0.35%以下。

【0025】 Mn 的含量為 0.50%以上且 2.00%以下。Mn 是影響鋼棒的淬火性及麻田散鐵相變溫度的元素。在 Mn 的含量小於 0.50%的情況下，淬火性不足，鋼棒的拉伸強度下降。因此，Mn 的含量為 0.50%以上，較佳為 0.70%以上。另一方面，在 Mn 的含量超過 2.00%的情況下，麻田散鐵相變溫度下降，容易產生殘留沃斯田鐵，鋼棒的拉伸強度不足。因此，Mn 的含量為 2.00%以下，較佳為 1.00%以下。

【0026】 P 的含量為 0.030%以下。P 是偏析於晶界，影響鋼棒的韌性的元素。在 P 的含量超過 0.030%的情況下，晶界強度下降，鋼棒的韌性下降。因此，P 的含量為 0.030%以下，較佳為 0.020%以下。另一方面，由於 P 的含有通常不可避免，因此過度的低 P 化有時會導致精煉時間的增長或精煉成本的上升。因此，P 的含量較佳為設為 0.003 質量%以上，更佳為設為 0.007 質量%以上。

【0027】 S 的含量為 0.030%以下。S 是藉由與 Mn 鍵結而形成 MnS 從而影響鋼棒的拉伸強度及韌性的元素。MnS 在鋼組織中成為破壞的起點。在 S 量超過 0.030%的情況下，鋼棒的韌性下降。因此，S 的含量為 0.030%以下，較佳為 0.015%以下。另一方面，由於 S 的含有通常不可避免，因此過度的低 S 化有時會使精煉成本上升。

因此，S 的含量較佳為設為 0.003 質量%以上，更佳為設為 0.007 質量%以上。

【0028】 Ni 的含量為 1.00%以上且 3.00%以下。Ni 是影響鋼棒的淬火性及韌性的元素。在 Ni 的含量小於 1.00%的情況下，淬火性及韌性下降。因此，Ni 的含量為 1.00%以上，較佳為 1.50%以上。另一方面，在 Ni 的含量超過 3.00%的情況下，淬火性及韌性提高效果飽和，而成本變高。因此，Ni 的含量為 3.00%以下，較佳為 2.00%以下。

【0029】 Cr 的含量為 0.50%以上且 2.00%以下。Cr 是影響鋼棒的淬火性及麻田散鐵相變溫度的元素。在 Cr 的含量小於 0.50%的情況下，淬火性不足，拉伸強度下降。因此，Cr 的含量為 0.50%以上，較佳為 0.70%以上。另一方面，在 Cr 的含量超過 2.00%的情況下，淬火性提高效果飽和，而成本變高。因此，Cr 的含量為 2.00%以下，較佳為 1.00%以下。

【0030】 Mo 的含量為 0.10%以上且 0.50%以下。Mo 是影響鋼棒的淬火性及回火軟化阻力的元素。在 Mo 量小於 0.10%的情況下，淬火性不足，拉伸強度下降。因此，Mo 的含量為 0.10%以上。另一方面，在 Mo 量超過 0.50%的情況下，淬火性提高效果飽和。因此，Mo 的含量為 0.50%以下。

【0031】 所述式（1）所表示的 DI 值成為淬火性的基準。在所述 DI 值低的情況下，淬火性不足。因此，將所述 DI 值設為 420 以上，較佳為設為 450，更佳為設為 500。另一方面，所述 DI 值的

上限並無特別限定，例如可為 8000 以下。

【0032】 以下，對本實施形態的螺栓進行詳述。

【0033】 本實施形態的螺栓使用所述鋼棒。另外，所述螺栓具有軸部。所述軸部的外徑相當於作為材料使用的鋼棒的直徑。因此，可將所述軸部的外徑設為 65 mm 以上。另外，所述軸部的外徑較佳為 100 mm 以下。

【0034】 接著，對螺栓的軸部的金屬組織進行說明。以下說明的螺栓的軸部的金屬組織是在軸部的與長度方向垂直的剖面上觀察到的組織。

【0035】 在所述金屬組織中，舊 γ 粒徑（亦稱為舊沃斯田鐵結晶粒徑）的粒度為粒度編號 4 以上且 10 以下。再者，本實施形態中的粒度編號基於日本工業標準（Japanese Industrial Standards, JIS）G 0551「鋼-結晶粒度的顯微鏡試驗方法」的規定，在自軸部的徑向中心起向外側為 $d/4$ 的距離的位置進行測定。再者， d 是指軸部的外徑。更具體而言，藉由實施例中記載的方法進行測定。

【0036】 舊 γ 粒徑影響鋼棒的韌性。在舊 γ 粒徑的粒度小於粒度編號 4 的情況下，螺栓的韌性下降。因此，舊 γ 粒徑的粒度為粒度編號 4 以上，較佳為粒度編號 6 以上。另一方面，在舊 γ 粒徑的粒度超過粒度編號 10 的情況下，拉伸強度下降。因此，舊 γ 粒徑的粒度為粒度編號 10 以下，較佳為粒度編號 9 以下。

【0037】 接著，對所述剖面的金屬組織中的回火麻田散鐵的面積率進行說明。再者，回火麻田散鐵的面積率是在軸部的徑向中心

進行測定。更具體而言，藉由實施例中記載的方法進行測定。

【0038】 回火麻田散鐵的面積率影響螺栓的拉伸強度及韌性。在回火麻田散鐵的面積率小的情況下，螺栓的拉伸強度及韌性下降。因此，回火麻田散鐵的面積率為 80%以上，較佳為 85%以上。另一方面，回火麻田散鐵的面積率的上限並無限定，可為 100%，所述金屬組織亦可包含回火麻田散鐵。再者，剩餘部分的組織並無限定，可設為選自由鐵氧體、波來鐵、變韌鐵及殘留沃斯田鐵所組成的群組中的一個或兩個以上的組織。

【0039】 藉由提高所述軸部的拉伸強度，可製成適合於使用的螺栓。因此，所述軸部的拉伸強度較佳為 1040 MPa 以上。再者，軸部的拉伸強度是基於 JIS Z 2241，在自徑向中心起向外側為 $d/4$ 的距離的位置進行測定。更具體而言，藉由實施例中記載的方法進行測定。

【0040】 藉由提高所述軸部的韌性，可製成適合於使用的螺栓。因此，所述軸部的夏比吸收能量較佳為 27 J 以上。再者，軸部的夏比吸收能量藉由 JIS Z 2242 中規定的夏比衝擊試驗，在自徑向中心起向外側為 $d/4$ 的距離的位置進行測定。更具體而言，藉由實施例中記載的方法進行測定。

【0041】 以下，對螺栓製造方法進行詳述。

【0042】 在圖 3 中，示出了製造螺栓的螺栓製造步驟的流程的一例。在螺栓製造步驟中，使用鋼材製造本實施形態的鋼棒及螺栓。

【0043】 螺栓製造步驟包含：鋼棒製造步驟 S1，使用鋼材製造作

為螺栓的材料的鋼棒；以及螺栓形成步驟 S3，將在鋼棒製造步驟 S1 中製造的鋼棒加工成螺栓。該螺栓製造步驟可包含中間步驟 S2，所述中間步驟 S2 自執行鋼棒製造步驟 S1 的作業場或事務所向執行螺栓形成步驟 S3 的作業場或事務所搬送鋼棒。

【0044】 在鋼棒製造步驟 S1 中，對具有所述化學組成及 DI 值的鋼材進行熱軋或熱鍛(軋製步驟 S11)而製成規定的直徑的鋼棒(例如直徑為 65 mm 以上的鋼棒)。作為所述鋼材，例如可使用藉由連續鑄造法鑄造的鋼坯、藉由鑄錠法鑄造的鋼錠 (steel ingot) 等。鋼棒根據需要進行規定的品質檢查。

【0045】 在中間步驟 S2 中，將鋼棒發貨 (發貨步驟 S21) 及搬送 (搬送步驟 S22) 至執行螺栓形成步驟 S3 的作業場或事務所，由執行螺栓形成步驟 S3 的作業場或事務所接收 (接收步驟 S23)。

【0046】 在螺栓形成步驟 S3 中，將接收到的鋼棒切斷為規定的尺寸 (切斷步驟 S31)。然後，對於被切斷的所述鋼棒，藉由熱鍛形成螺栓的頭部 (熱鍛步驟 S32)，藉由滾軋而形成螺紋牙 (螺紋滾軋步驟 S33) 之後，進行淬火 (淬火步驟 S34) 及回火處理 (回火步驟 S35)，獲得作為製品的螺栓。

【0047】 在圖 4 中示出了製造螺栓的步驟的流程的另一例。如圖 4 所示，在螺栓形成步驟 S3 中，亦可在淬火處理 (淬火步驟 S34) 及回火處理 (回火步驟 S35) 後進行滾軋 (螺紋滾軋步驟 S33)。

【0048】 在螺栓形成步驟 S3 後，亦可對螺栓進行油漆或鍍敷等皮膜處理。

【0049】 以下，對淬火處理（淬火步驟 S34）及回火處理（回火步驟 S35）進行詳述。關於螺栓，對用於獲得所期望的拉伸強度與韌性的步驟條件進行說明。再者，在以下步驟的說明中，形成螺栓形狀的鋼的溫度由軸部的徑向中心的溫度表示。

【0050】 淬火步驟 S34 中的淬火以 820°C 以上且 1150°C 以下的加熱溫度及 800°C 至 300°C 為止為 0.5°C /s 以上的平均冷卻速度進行。在加熱溫度小於 820°C 的情況下，無法將軸部的組織設為沃斯田鐵單相組織。因此，加熱溫度為 820°C 以上。另一方面，若使加熱溫度過度上升，則會導致結晶粒的粗大化，韌性下降，因此加熱溫度為 1150°C 以下，較佳為 900°C 以下。

【0051】 藉由將所述冷卻速度設為 800°C 至 300°C 為止為 0.5°C /s 以上的平均冷卻速度，抑制向鐵氧體或波來鐵等麻田散鐵以外的組織的相變。在平均冷卻速度慢的情況下，無法獲得所期望的組織。因此，800°C 至 300°C 為止的平均冷卻速度設為 0.5°C /s 以上。另外，藉由將所述冷卻停止溫度設為 150°C 以下，可進行麻田散鐵相變。因此，所述冷卻停止溫度較佳為 150°C 以下。

【0052】 回火步驟 S35 中的回火較佳為在加熱至 500°C 以上之後保持 30 min 以上。即，保持溫度較佳為 500°C 以上。保持時間較佳為 30 min 以上。保持後，較佳為冷卻至室溫。在進行該冷卻時，為了避免 P 的晶界偏析所引起的脆化，理想的是儘可能加快冷卻速度。

[實施例]

【0053】 以下，對實施例進行說明。在以下的實施例中，為了評價鋼棒的特性與由該鋼棒製造的螺栓的特性的關係，藉由對鋼棒不形成螺紋牙及螺栓頭部而實施淬火及回火，製成模仿螺栓的軸部的試樣，使用該試樣進行評價。

【0054】 藉由連續鑄造機鑄造表 1 所示的組成（剩餘部分為 Fe 及雜質）及 DI 值的鋼水（鋼 No.A 至鋼 No.V），製成剖面 300 mm×400 mm 的鑄片。再者，在表 1 中，各數值所示的下劃線表示該數值在本實施形態中規定的組成或 DI 值的範圍外。

【0055】 [表 1]

表 1

鋼 No.	C (wt%)	Si (wt%)	Mn (wt%)	P (wt%)	S (wt%)	Ni (wt%)	Cr (wt%)	Mo (wt%)	DI 值	備註
A	0.38	0.20	1.01	0.020	0.010	1.50	1.33	0.25	756	適合鋼
B	0.35	0.15	0.88	0.015	0.010	1.88	1.28	0.30	727	適合鋼
C	0.44	0.25	0.93	0.015	0.009	1.80	1.32	0.28	882	適合鋼
D	0.43	0.48	1.95	0.025	0.010	2.87	1.97	0.48	4047	適合鋼
E	0.35	0.11	0.87	0.007	0.008	1.05	0.54	0.48	426	適合鋼
F	0.36	0.12	0.57	0.007	0.009	1.08	1.97	0.12	442	適合鋼
G	0.35	0.49	1.49	0.008	0.008	1.05	0.51	0.11	430	適合鋼
H	0.39	0.24	0.78	0.015	0.029	1.66	0.79	0.25	470	適合鋼
I	0.41	0.26	0.75	0.028	0.007	1.77	0.84	0.31	557	適合鋼
J	0.39	0.21	0.71	0.006	0.007	1.63	0.69	0.17	340	比較鋼
K	<u>0.47</u>	0.20	1.03	0.013	0.008	1.60	0.75	0.30	642	比較鋼
L	<u>0.33</u>	0.21	1.02	0.012	0.008	1.61	0.75	0.31	544	比較鋼
M	0.38	<u>0.52</u>	1.01	0.012	0.008	1.59	0.72	0.31	672	比較鋼
N	0.36	<u>0.08</u>	1.01	0.013	0.007	1.60	0.73	0.22	440	比較鋼
O	0.37	0.20	<u>2.05</u>	0.012	0.007	1.62	0.73	0.29	977	比較鋼
P	0.38	0.21	<u>0.47</u>	0.011	0.008	1.61	0.72	0.31	334	比較鋼
Q	0.39	0.25	1.02	<u>0.031</u>	0.008	1.61	0.73	0.30	590	比較鋼
R	0.38	0.25	1.01	0.010	<u>0.032</u>	1.60	0.73	0.30	576	比較鋼
S	0.38	0.25	1.00	0.011	0.008	<u>0.95</u>	0.72	0.31	491	比較鋼
T	0.37	0.25	1.01	0.012	0.008	1.65	<u>0.48</u>	0.31	462	比較鋼
U	0.38	0.24	1.02	0.011	0.007	1.63	0.85	<u>0.09</u>	428	比較鋼
V	0.38	0.24	0.89	0.011	0.007	1.64	0.80	0.14	<u>416</u>	比較鋼

【0056】 接著，將該鑄片在 1250°C 下均熱 30 分鐘後，藉由熱軋製成一邊為 140 mm 的矩形剖面的鋼片。進而，以成為表 2 所示的直徑的方式，對各鋼片進行熱軋，製成鋼棒 No.1 至鋼棒 No.30 的鋼棒（熱軋狀態下為原材料）。此處，鋼 No.J 以外的鋼片藉由該熱軋而製成直徑 65 mm 至 100 mm 的鋼棒。鋼 No.J 的鋼片藉由該熱軋而製成直徑 40 mm 的鋼棒。鋼棒 No.1 至鋼棒 No.30 的鋼棒為圓柱狀。

【0057】 [表 2]

表 2

鋼棒 No.	鋼棒		備註
	鋼 No.	直徑 (mm)	
1	A	65	發明例
2	A	70	發明例
3	A	75	發明例
4	A	80	發明例
5	A	100	發明例
6	A	70	發明例
7	B	70	發明例
8	C	70	發明例
9	D	70	發明例
10	E	70	發明例
11	F	70	發明例
12	G	70	發明例
13	H	70	發明例
14	I	70	發明例
15	J	40	參考例
16	A	70	發明例
17	A	70	發明例
18	A	70	發明例
19	<u>K</u>	70	比較例
20	<u>L</u>	70	比較例
21	<u>M</u>	70	比較例
22	<u>N</u>	70	比較例
23	<u>Q</u>	70	比較例
24	<u>P</u>	70	比較例
25	<u>Q</u>	70	比較例
26	<u>R</u>	70	比較例
27	<u>S</u>	70	比較例
28	<u>T</u>	70	比較例
29	<u>U</u>	70	比較例
30	<u>V</u>	70	比較例

【0058】 接著，對所述熱軋狀態下的鋼棒，以表 3 所示的加熱溫度、冷卻方法及平均冷卻速度進行淬火。表 3 中，「加熱溫度」的項目是淬火中的加熱時的溫度。另外，「冷卻方法」是在用於淬火

的加熱後進行的冷卻方法，「平均冷卻速度」表示 800°C 至 300°C 為止的平均冷卻速度。再者，在表 3 中，各數值所示的下劃線表示該數值在本實施形態中規定的製造方法的條件的範圍外。

【0059】 [表 3]

表 3

製品 No.	鋼棒		淬火條件			金屬組織			評價結果		備註
	鋼棒 No.	加熱溫度 (°C)	冷卻方法	平均冷卻速度 (°C/s)	回火 麻田散鐵 組織的面積率 (%)	剩餘部分組織	舊 γ 粒徑	拉伸強度 (MPa)	吸收 能量 (J)		
1	1	845	油冷	3.1	100	-	8	1105	68	發明例	
2	2	845	油冷	2.7	100	-	8	1112	72	發明例	
3	3	845	油冷	2.6	96	變韌鐵	8	1082	76	發明例	
4	4	845	油冷	2.5	95	變韌鐵	8	1043	65	發明例	
5	5	845	油冷	1.5	81	變韌鐵	8	1041	63	發明例	
6	6	845	水冷	9.2	100	-	8	1195	70	發明例	
7	7	845	油冷	2.7	100	-	8	1073	78	發明例	
8	8	845	油冷	2.7	100	-	8	1168	60	發明例	
9	9	845	油冷	2.7	100	-	8	1201	58	發明例	
10	10	845	油冷	2.7	82	變韌鐵	8	1040	71	發明例	
11	11	845	油冷	2.7	83	變韌鐵	8	1047	73	發明例	
12	12	845	油冷	2.7	81	變韌鐵	8	1053	75	發明例	
13	13	845	油冷	2.7	90	變韌鐵	8	1073	71	發明例	
14	14	845	油冷	2.7	95	變韌鐵	8	1121	67	發明例	
15	15	845	油冷	6.7	100	-	8	1102	66	參考例	
16	16	1200	油冷	2.5	100	-	3	1045	15	比較例	
17	17	800	油冷	2.6	75	變韌鐵	11	945	23	比較例	
18	18	845	空冷	0.3	0	變韌鐵	8	912	21	比較例	
19	19	845	油冷	2.7	100	-	8	1253	24	比較例	
20	20	845	油冷	2.7	95	變韌鐵	8	1012	81	比較例	
21	21	845	油冷	2.7	100	-	8	1212	25	比較例	
22	22	845	油冷	2.7	77	變韌鐵	8	953	23	比較例	
23	23	845	油冷	2.7	78	殘留沃斯田鐵	8	920	68	比較例	
24	24	845	油冷	2.7	72	變韌鐵	8	938	27	比較例	
25	25	845	油冷	2.7	100	-	8	1097	22	比較例	
26	26	845	油冷	2.7	100	-	8	1108	25	比較例	
27	27	845	油冷	2.7	95	變韌鐵	8	1082	20	比較例	
28	28	845	油冷	2.7	78	變韌鐵	8	960	28	比較例	
29	29	845	油冷	2.7	78	變韌鐵	8	937	29	比較例	
30	30	845	油冷	2.7	77	變韌鐵	8	928	21	比較例	

【0060】 在淬火中，首先，將鋼棒的徑向中心加熱至達到表 3 所示的加熱溫度，在該溫度下保持 30 min 之後，進而以表 3 所示的冷卻方法及平均冷卻速度進行冷卻。再者，用於油冷的油是日本潤滑脂（Nippon Grease）（股）製造的快速淬火油（HIGH SPEED QUENCH OIL）。冷卻時的油溫或水溫設為室溫。除了製品 No.15 及製品 No.18 以外，冷卻時的 800℃ 至 300℃ 為止的平均冷卻速度設為 1.5℃/s~9.2℃/s。製品 No.15 及製品 No.18 是將冷卻時的 800℃ 至 300℃ 為止的平均冷卻速度分別設為 6.7℃/s、0.3℃/s。

【0061】 在所述淬火後，將鋼棒加熱至徑向中心達到 540℃，在該溫度下保持 120 min 後，進而進行水冷的回火處理。

【0062】 對於以如上方式獲得的淬火及回火後的製品 No.1 至製品 No.30 的試樣，將試樣當作螺栓的軸部，進行剖面的組織觀察、舊 γ 粒度的測定、拉伸試驗及夏比衝擊試驗。

【0063】 組織觀察是在試樣的與長度方向垂直的剖面上進行。剖面是將試樣在長度方向上交叉切斷而露出。藉由 1%硝酸浸蝕(nital)液腐蝕所述剖面，使用光學顯微鏡進行觀察。

【0064】 觀察位置設為冷卻速度最慢、難以獲得麻田散鐵組織的中心部（試樣的徑向上的中心部）4 mm×4 mm 的矩形的範圍內。以放大的倍率為 400 倍觀察隨機選擇的三個視場，藉由目視觀察，進行回火麻田散鐵與其以外的組織的判別。其後，基於該判別結果，求出回火麻田散鐵組織的面積率。面積率採用了三個視場的平均值。在表 3 中示出回火麻田散鐵的面積率。在表 3 中，對於

各試樣中的回火麻田散鐵組織的面積率並非 100%的試樣，在「剩餘部分組織」的項目中，示出了在麻田散鐵組織以外觀察到的組織。

【0065】 舊 γ 粒徑的測定與組織觀察同樣地在與長度方向垂直的剖面上進行。使用苦味酸水溶液，使所述剖面上的舊 γ 晶界出現，使用光學顯微鏡進行觀察。觀察位置設為以試樣的直徑為 d ，自試樣的中心起向外側為 $d/4$ 的距離的位置。粒度編號的判定是基於 JIS G 0551，藉由與標準圖的比較進行。在表 3 中一併示出舊 γ 粒徑的測定結果。

【0066】 拉伸試驗是基於 JIS Z 2241 進行。供於拉伸試驗的試驗片的採集位置設為所述 $d/4$ 的距離的位置。試驗片形狀設為 JIS4 號（平行部的直徑為 14 mm）。試驗是以 3 mm/min 的拉伸速度來實施。拉伸強度是將拉伸試驗中所示的最大載荷除以試驗前測定的試驗片的剖面積而求出。

【0067】 為了評價韌性，基於 JIS Z 2242 進行夏比衝擊試驗。供於夏比衝擊試驗的試驗片（具有一邊為 10 mm 的正方形剖面的長方體）的採集位置設為將所述 $d/4$ 的距離的位置作為試驗片的正方形剖面的中心位置的位置。夏比衝擊試驗片的採集是在試驗片的沿著長度方向的一面相對於試樣的徑向上的中心垂直地相向（試驗片的沿著長度方向且自與鋼的徑向上的中心相向的面延伸的垂線和試樣的中心重疊）的位置關係下進行。夏比衝擊試驗片的凹口形形狀設為 2 mmV（深度 2 mm 的 V 字形形狀，V 凹口）。凹口

是在自試樣採集時，賦予至相對於試樣的徑向上的中心垂直地相向的面上。夏比衝擊試驗是在 -40°C 下實施。將藉由該夏比衝擊試驗求出的吸收能量一併示於表 3 中。

【0068】 表 3 所示的製品 No.1 至製品 No.30 中，製品 No.1 至製品 No.14 相當於發明例。製品 No.16 至製品 No.30 不滿足本實施形態中規定的必要條件，相當於比較例。製品 No.15 為使用直徑 40 mm 的鋼棒作為材料的參考例。

【0069】 在作為螺栓的用途中，拉伸強度只要為 1040 MPa 以上即可（即合格），吸收能量只要為 27 J 以上即可（即合格）。

【0070】 如根據表 3 明確般，關於製品 No.1 至製品 No.14 的試樣，儘管直徑為 65 mm 以上的大直徑，但拉伸強度為 1040 MPa 以上，吸收能量為 27 J 以上。因此，具有作為螺栓所需要的強度及韌性。具體而言，製品 No.1 至製品 No.14 的試樣具有和製品 No.15 的試樣般的直徑 40 mm 的與現有技術相當的直徑的試樣同等的拉伸強度及吸收能量。另外，製品 No.1 至製品 No.14 的試樣與不滿足本實施形態中規定的必要條件的製品 No.15 至製品 No.30 的試樣相比，拉伸強度及吸收能量明顯高。

【0071】 即，為了製造具有高拉伸強度及韌性的螺栓，有效的是使用具有所述中說明的化學組成及 DI 值的鋼棒。另外，藉由使用所述鋼棒的螺栓滿足所述舊 γ 粒徑及回火麻田散鐵的面積率的必要條件，可達成高拉伸強度及韌性。

【0072】 再者，所述實施形態（包含其他實施形態，以下相同）

中揭示的結構只要不產生矛盾，則能夠與其他實施形態中揭示的結構組合來應用，另外，本說明書中揭示的實施形態是例示，本發明的實施形態不限定於此，能夠在不脫離本發明的目的的範圍內適宜改變。

[產業上的可利用性]

【0073】 本發明可應用於鋼棒、螺栓及螺栓製造方法。

【符號說明】

【0074】

1:鋼棒

2:螺栓

21:螺栓頭部

22:軸部

S1:鋼棒製造步驟

S11:軋製步驟

S2:中間步驟

S21:發貨步驟

S22:搬送步驟

S23:接收步驟

S3:螺栓形成步驟

S31:切斷步驟

S32:熱鍛步驟

S33:螺紋滾軋步驟

S34:淬火步驟

S35:回火步驟

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種螺栓，是使用鋼棒的螺栓，

所述鋼棒中，

化學組成以質量%計為

C：0.35%以上且 0.45%以下、

Si：0.10%以上且 0.50%以下、

Mn：0.50%以上且 2.00%以下、

P：0.030%以下、

S：0.030%以下、

Ni：1.00%以上且 3.00%以下、

Cr：0.50%以上且 2.00%以下及

Mo：0.10%以上且 0.50%以下，且

剩餘部分為 Fe 及雜質，

下述式（1）所表示的 DI 值為 420 以上，

直徑為 65 mm 以上，

所述螺栓具有軸部，

在所述軸部的與長度方向垂直的剖面上，舊 γ 粒徑為粒度編號 4 以上且 10 以下，

在所述剖面的金屬組織中，回火麻田散鐵的面積率為 80%以上，

$$DI = (-23.7 \times [C]^2 + 38.3 \times [C] + 3.54) \times (1 + 3.3 \times [Mn]) \times (1 + 0.7 \times [Si])$$

$$\times (1+2.16 \times [\text{Cr}]) \times (1+3 \times [\text{Mo}]) \times (1+0.36 \times [\text{Ni}]) \cdots (1)$$

此處，[C]、[Mn]、[Si]、[Cr]、[Mo]及[Ni]依次為以質量%表示的 C、Mn、Si、Cr、Mo 及 Ni 的含量。

【請求項2】 一種螺栓製造方法，藉由切斷鋼棒，並對切斷後的所述鋼棒實施熱鍛、螺紋滾軋、淬火及回火，製造具有軸部及螺栓頭部的螺栓，

所述鋼棒中，

化學組成以質量%計為

C：0.35%以上且 0.45%以下、

Si：0.10%以上且 0.50%以下、

Mn：0.50%以上且 2.00%以下、

P：0.030%以下、

S：0.030%以下、

Ni：1.00%以上且 3.00%以下、

Cr：0.50%以上且 2.00%以下及

Mo：0.10%以上且 0.50%以下，且

剩餘部分為 Fe 及雜質，

下述式（1）所表示的 DI 值為 420 以上，

直徑為 65 mm 以上，

所述螺栓製造方法中，

在所述熱鍛中，形成所述螺栓頭部，

在所述螺紋滾軋中，形成所述軸部的螺紋牙，

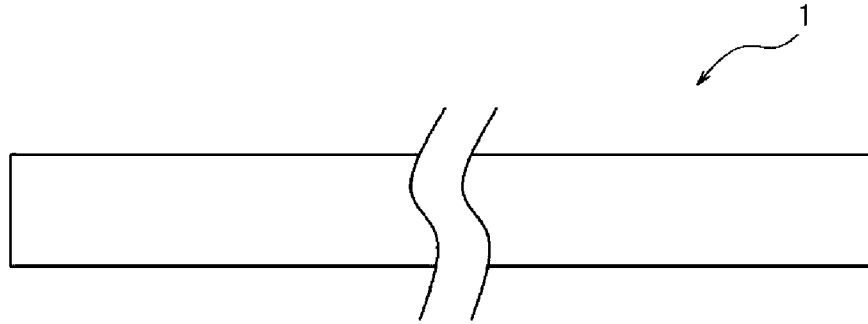
在所述淬火中，將加熱溫度設為 820°C 以上且 1150°C 以下，

並將 800°C 至 300°C 為止的平均冷卻速度設為 0.5°C/s 以上，

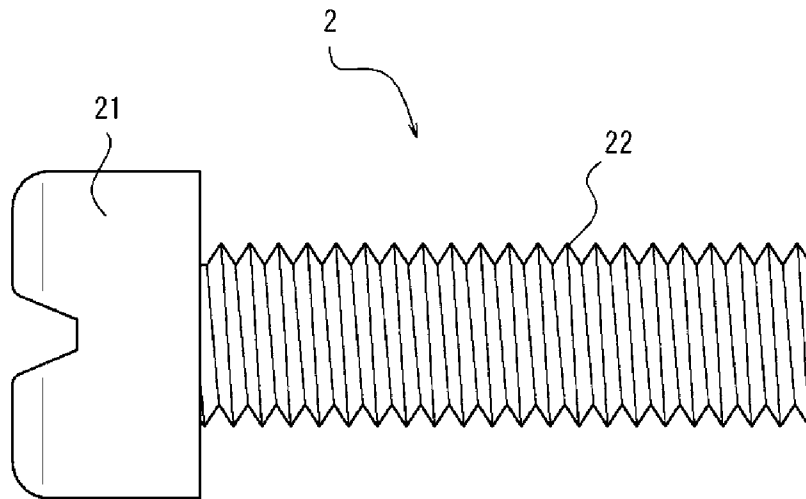
$$DI = (-23.7 \times [C]^2 + 38.3 \times [C] + 3.54) \times (1 + 3.3 \times [Mn]) \times (1 + 0.7 \times [Si]) \\ \times (1 + 2.16 \times [Cr]) \times (1 + 3 \times [Mo]) \times (1 + 0.36 \times [Ni]) \cdots (1)$$

此處，[C]、[Mn]、[Si]、[Cr]、[Mo]及[Ni]依次為以質量%表示的 C、Mn、Si、Cr、Mo 及 Ni 的含量。

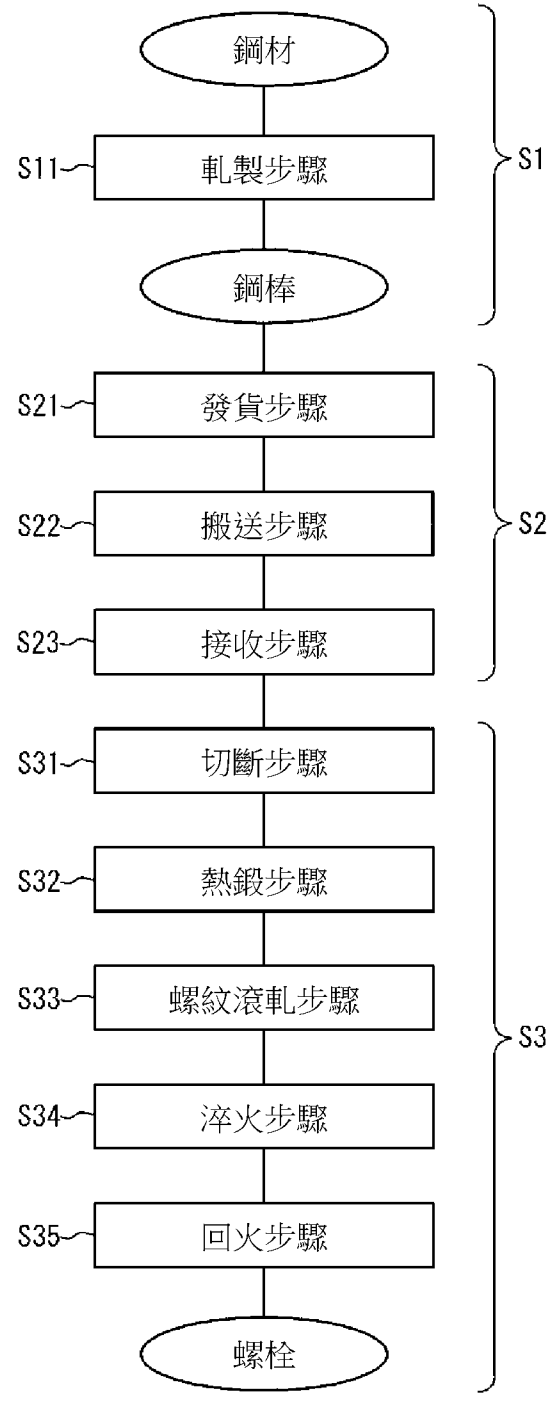
【發明圖式】



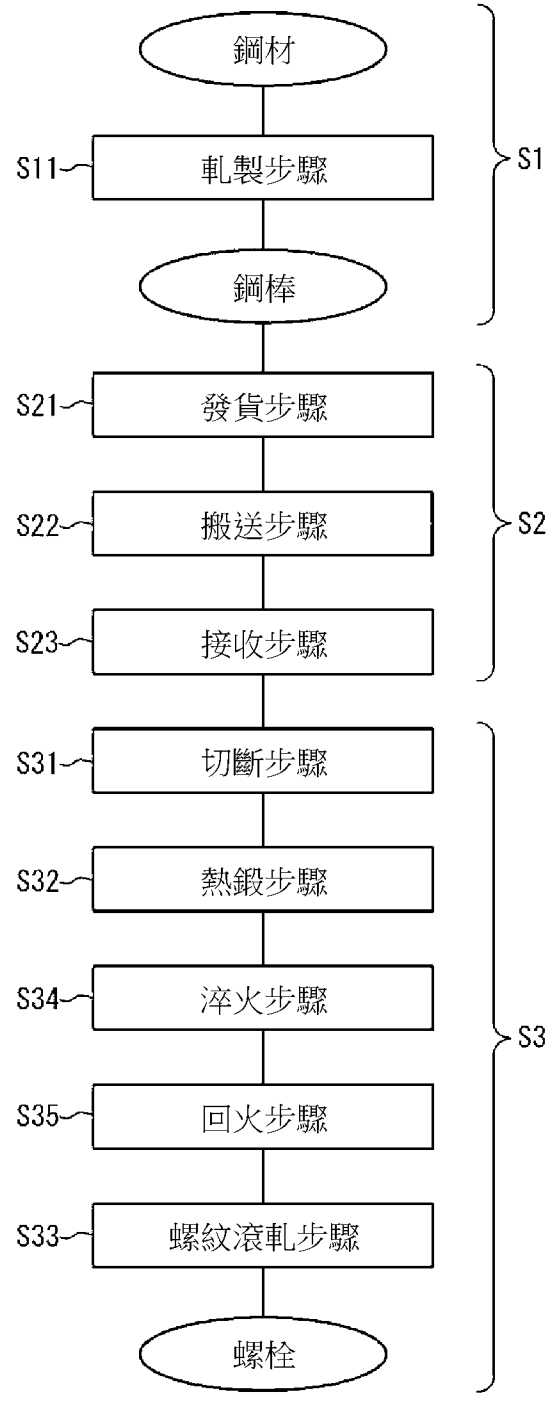
【圖1】



【圖2】



【圖3】



【圖4】