



(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 I747777 B

(45)公告日：中華民國 110 (2021) 年 11 月 21 日

(21)申請案號：110112007

(22)申請日：中華民國 110 (2021) 年 03 月 31 日

(51)Int. Cl. : C22C38/60 (2006.01)

(30)優先權：2020/03/31 日本

2020-063748

(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：笠井正之 KASAI, MASAYUKI (JP)；福岡和明 FUKUOKA, KAZUAKI (JP)；西村
公宏 NISHIMURA, KIMIHIRO (JP)

(74)代理人：鮑亞嵐；卓孟儀

(56)參考文獻：

CN 101215665A

JP 2004-183037A

JP 2004-269912A

JP 2005-232508A

WO 2009/001667A1

審查人員：林春佳

申請專利範圍項數：項 圖式數： 共頁

(54)名稱

易切削鋼及其製造方法

(57)摘要

本發明提供一種雖然未添加 Pb，但具有與低碳硫鉛複合易切削鋼同等以上的切削性的易切削鋼。具有以質量%計含有 C：0.08%以下、Mn：0.50%~1.50%、P：0.10%以下、S：0.250%~0.500%、N：0.005%~0.015%、O：超過 0.0100%~0.0500%、Cr：0.50%~1.50%及 Si、Al 及 Ti 的一種或兩種以上合計為 0.050%~0.500%，剩餘部分包含 Fe 及不可避免的雜質，且由下述式(1)規定的 A 值滿足 0.40~2.00，由下述式(2)規定的 B 值滿足 $1.10 \times 10^{-3} \sim 1.50 \times 10^{-2}$ 的成分組成；以及圓當量直徑 5 μm 以下的硫化物分佈有 3000 個/ mm^2 以上而成的鋼組織。

A 值= $[\text{Mn}]/[\text{Cr}] \cdots (1)$ B 值= $(2[\text{Si}]+2[\text{Al}]+[\text{Ti}]) \times [\text{O}] \cdots (2)$

其中，[M]為[]內的元素 M 的含量(質量%)



公告本

I747777

【發明摘要】

【中文發明名稱】易切削鋼及其製造方法

【中文】

本發明提供一種雖然未添加 Pb，但具有與低碳硫鉛複合易切削鋼同等以上的切削性的易切削鋼。具有以質量%計含有 C：0.08% 以下、Mn：0.50%～1.50%、P：0.10%以下、S：0.250%～0.500%、N：0.005%～0.015%、O：超過 0.0100%～0.0500%、Cr：0.50%～1.50%及 Si、Al 及 Ti 的一種或兩種以上合計為 0.050%～0.500%，剩餘部分包含 Fe 及不可避免的雜質，且由下述式（1）規定的 A 值滿足 0.40～2.00，由下述式（2）規定的 B 值滿足 $1.10 \times 10^{-3} \sim 1.50 \times 10^{-2}$ 的成分組成；以及圓當量直徑 5 μm 以下的硫化物分佈有 3000 個/ mm^2 以上而成的鋼組織。

$$A \text{ 值} = [\text{Mn}]/[\text{Cr}] \cdots (1)$$

$$B \text{ 值} = (2[\text{Si}] + 2[\text{Al}] + [\text{Ti}]) \times [\text{O}] \cdots (2)$$

其中，[M]為[]內的元素 M 的含量（質量%）

【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】 易切削鋼及其製造方法

【技術領域】

【0001】 本發明是有關於一種易切削鋼、尤其是作為含有切削性提高元素即硫及微量的鉛的易切削鋼的替代品的鋼，是有關於一種具有與低碳硫鉛複合易切削鋼同等以上的切削性的易切削鋼及其製造方法。

【先前技術】

【0002】 以 JIS（日本工業標準（Japanese Industrial Standards））標準 SUM24L 為代表的低碳硫鉛易切削鋼藉由添加大量的鉛 Pb 及硫 S 作為易切削元素，而確保了其優異的切削性。

【0003】 於鋼鐵材料中，鉛對於切削加工中的工具的磨損的減少或切屑處理性的改善有用。因此，鉛作為大大改善材料的切削性的元素而被重用，用於藉由多種切削加工製造而成的鋼製品。然而，隨著近年來環境意識的提高，廢除或限制環境負荷物質的使用的動向於世界範圍內擴展。鉛亦列為其中之一，而要求限制使用。

【0004】 因此，例如於專利文獻 1 中揭示了一種 Pb 未添加型的易切削非調質鋼。另外，同樣地於專利文獻 2 中亦揭示了一種 Pb 未添加型的易切削鋼。進而，於專利文獻 3 中揭示了藉由添加相較於 Mn 而容易與 S 形成化合物的 Cr，存在 Mn-Cr-S 系夾雜物，

且確保了切削性的易切削鋼。

[現有技術文獻]

[專利文獻]

【0005】 專利文獻 1：日本專利特開平 9-25539 號公報

專利文獻 2：日本專利特開 2000-160284 號公報

專利文獻 3：日本專利特公平 2-6824 號公報

【發明內容】

[發明所欲解決之課題]

【0006】 於專利文獻 1 中記載的技術中，由於作為對象的鋼種是含有 C：0.2%以上的非調質鋼，因此為硬質，由於使用了特殊元素 Nd，因此存在製造成本高的問題。另外，專利文獻 2 中記載的技術由於大量添加了 S，因此熱延展性低，於連續鑄造或熱軋時產生裂紋，就表面性狀的觀點而言存在問題。另一方面，於專利文獻 3 中記載的技術中，設為減少 Mn 添加量而添加 Cr 及 S 的成分，但 Cr 的添加量高達 3.5%以上，不僅難以低成本化，而且生成大量的 CrS，因此具有煉鋼步驟的材料熔煉處理困難這一製造上的問題。

【0007】 本發明是為了解決所述問題點而完成，其目的在於提供一種雖然未添加 Pb，但具有與低碳硫鉛複合易切削鋼同等以上的切削性，且不需要如所述專利文獻 1～專利文獻 3 般添加 Nd、或添加大量的 S 或 Cr 的易切削鋼、以及其製造方法。

[解決課題之手段]

【0008】發明者等為了解決所述課題反覆進行了銳意研究，結果獲得以下所述的見解。

(i)藉由 Mn、Cr 及 S 的適量添加以及[Mn]/[Cr]比的合理化，對於適量的硫化物，可將其組成設為 Mn-Cr-S 的複合系。該複合系組成的硫化物可於熱加工時進行微細化，提高切削性。

【0009】(ii)所述硫化物越微細，潤滑作用越大，可防止附著於被稱為構成刀尖的工具表面的硬質相的生成，包括切屑處理性、表面粗糙度在內的切削性顯著提高。

【0010】(iii)先前已知隨著鋼中的 S 量的上升，切削性亦提高。另一方面，由於熱加工性或機械性質的各向異性的問題，存在鋼中可添加的 S 量的上限值。本發明的硫化物微細，因此包括切屑處理性、表面粗糙度在內的切削性顯著提高。於鋼中存在的硫化物微細時，包括切屑處理性、表面粗糙度在內的切削性顯著提高。因此，若使硫化物於鋼中微細地分佈，則就所述熱加工性或機械性質的各向異性的觀點而言，即使不超過 S 量的上限值，亦可確保良好的切削性。

【0011】本發明是基於所述見解而成者，其主旨為如下所述。

1.一種易切削鋼，具有以質量%計含有

C：0.08%以下、

Mn：0.50%～1.50%、

P：0.100%以下、

S：0.250%～0.500%、

N：0.0050%～0.0150%、

O：超過 0.0100%且為 0.0500%以下、

Cr：0.50%～1.50%及

Si、Al 及 Ti 的一種或兩種以上合計為 0.050%～0.500%，剩餘部分包含 Fe 及不可避免的雜質，且由下述式（1）規定的 A 值滿足 0.40～2.00，由下述式（2）規定的 B 值滿足 $1.10 \times 10^{-3} \sim 1.50 \times 10^{-2}$ 的成分組成，且

具有圓當量直徑 5 μm 以下的硫化物分佈有 3000 個/ mm^2 以上而成的鋼組織；

$$A \text{ 值} = [\text{Mn}] / [\text{Cr}] \cdots (1)$$

$$B \text{ 值} = (2[\text{Si}] + 2[\text{Al}] + [\text{Ti}]) \times [\text{O}] \cdots (2)$$

其中，[M]為[]內的元素 M 的含量（質量%）。

【0012】 2.如所述 1 所述的易切削鋼，其中所述成分組成進而以質量%計含有

Ca：0.0010%以下、

Se：0.30%以下、

Te：0.15%以下、

Bi：0.20%以下、

Sn：0.020%以下、

Sb：0.025%以下、

B：0.010%以下、

Cu：0.50%以下、

Ni：0.50%以下、

V：0.20%以下、

Zr：0.050%以下、

Nb：0.100%以下及

Mg：0.0050%以下

中的至少一種。

【0013】 3.一種易切削鋼的製造方法，將如下矩形的鑄坯以加熱溫度 1120℃ 以上、斷面收縮率 60%以上進行軋製而製成坯料，將所述坯料以加熱溫度：1050℃ 以上、斷面收縮率 95%以上進行熱加工，其中所述矩形的鑄坯具有以質量%計含有

C：0.08%以下、

Mn：0.50%～1.50%、

P：0.100%以下、

S：0.250%～0.500%、

N：0.0050%～0.0150%、

O：超過 0.0100%且為 0.0500%以下、

Cr：0.50%～1.50%及

Si、Al 及 Ti 的一種或兩種以上合計為 0.050%～0.500%，剩餘部分包含 Fe 及不可避免的雜質，且由下述式（1）規定的 A 值

滿足 $0.40 \sim 2.00$ ，由下述式（2）規定的 B 值滿足 $1.10 \times 10^{-3} \sim 1.50 \times 10^{-2}$ 的成分組成，且與長邊方向垂直的剖面的一邊的長度為 250 mm 以上；

$$A \text{ 值} = [\text{Mn}] / [\text{Cr}] \cdots (1)$$

$$B \text{ 值} = (2[\text{Si}] + 2[\text{Al}] + [\text{Ti}]) \times [\text{O}] \cdots (2)$$

其中，[M]為[]內的元素 M 的含量（質量%）。

【0014】 4.如所述 3 所述的易切削鋼的製造方法，其中所述成分組成進而以質量%計含有

Ca：0.0010%以下、

Se：0.30%以下、

Te：0.15%以下、

Bi：0.20%以下、

Sn：0.020%以下、

Sb：0.025%以下、

B：0.010%以下、

Cu：0.50%以下、

Ni：0.50%以下、

V：0.20%以下、

Zr：0.050%以下、

Nb：0.100%以下及

Mg：0.0050%以下

中的至少一種。

[發明的效果]

【0015】 根據本發明，即使不添加鉛，亦可獲得切削性優異的易切削鋼。

【圖式簡單說明】

無

【實施方式】

【0016】 其次，對本發明的易切削鋼進行詳細說明。首先，自易切削鋼的成分組成中的各成分含量的限定理由起進行說明。再者，只要無特別說明，則關於成分的%表示是指質量%。

【0017】 C：0.08%以下

C 是對鋼的強度及切削性產生大的影響的重要元素。但是，若其含量超過 0.08%，則碳化物析出且硬質化，因此切削性劣化。因此，C 含量設為 0.08%以下。較佳為設為 0.07%以下的範圍內。再者，就確保強度的觀點而言，較佳為將 C 含量設為 0.01%以上。進而更佳為設為 0.03%以上。

【0018】 Mn：0.50%～1.50%

Mn 是對切削性的提高重要的硫化物形成元素。但是，若其含量未滿 0.50%，則硫化物量少，因此無法獲得充分的切削性，因而將下限設為 0.50%。較佳為設為 0.60%以上。另一方面，若其含量

超過 1.50%，則硫化物除了粗大化以外，亦會較長地伸長而切削性降低。另外，由於機械性質會降低，因此 Mn 含量的上限值設為 1.50%。較佳為設為未滿 1.40%。

【0019】 P：0.100%以下

P 是藉由於切削加工時抑制構成刀尖的生成而對減少加工面粗糙度有效的元素。就該觀點而言，P 較佳為含有 0.010%以上。其中，若其含量超過 0.100%，則材質硬質化，因此會降低切削性，且顯著降低熱加工性及延展性。因此，P 含量設為 0.100%以下。較佳為設為 0.080%以下。

【0020】 S：0.250%～0.500%

S 是對切削性的提高有效的硫化物形成元素。但是，若其含量未滿 0.250%，則微細的硫化物少，因此切削性不會提高。另一方面，若其含量超過 0.500%，則硫化物過於粗大化，微細的硫化物的個數減少，因此切削性降低。另外，熱加工性以及作為重要的機械特性的延展性降低。因此，S 含量設為 0.250%～0.500%的範圍內。較佳為 0.300%以上。較佳為 0.450%以下。

【0021】 N：0.0050%～0.0150%

N 與 Cr 等形成氮化物，藉由利用切削加工中的溫度上升使氮化物分解，而於工具表面形成保護膜。該膜具有保護工具表面的作用，就提高工具壽命而言，含有 0.0050%以上。較佳為 0.0060%以上。另一方面，若添加超過 0.0150%，則除了薄層的效果飽和以外，材質硬質化，因此工具壽命縮短。因此，N 的含量設為 0.0050%

~0.0150%。較佳為 0.0120%以下。

【0022】 O：超過 0.0100%且為 0.0500%以下

O 除了形成氧化物，成為硫化物的析出核以外，亦是對抑制軋製等熱加工時的硫化物的伸長有效的元素，可藉由該作用來提高切削性。另外，本發明中是有助於被稱為薄層（belag）的工具表面的氧化被膜的生成的重要元素。但是，若其含量為 0.0100%以下，則硫化物的伸長的抑制效果不充分，殘存有伸長後的硫化物而無法期待本來的效果。因此，O 的含量設為超過 0.0100%。另一方面，即便添加超過 0.0500%，硫化物的伸長抑制效果亦飽和，除此以外硬質的氧化物系夾雜物的量變多，因此切削性降低。進而，由於過剩量的添加於經濟上不利，因此將上限設為 0.0500%。

【0023】 Cr：0.50%~1.50%

Cr 具有形成硫化物，藉由切削時的潤滑作用而提高切削性的作用。另外，由於會抑制軋製等熱加工時的硫化物的伸長，因此可提高切削性。但是，若其含量未滿 0.50%，則硫化物的生成不充分，容易殘存伸長後的硫化物，因此無法充分期待本來的效果。另一方面，若添加超過 1.50%，則除了硬質化以外，硫化物變粗大，且抑制伸長的效果飽和，切削性反而降低。另外，過剩量的合金成本的添加於經濟上不利。因此，Cr 含量設為 0.50%~1.50%。較佳為 0.70%以上。較佳為 1.30%以下。

【0024】 Si、Al 及 Ti 的一種或兩種以上合計為 0.050%~0.500%

Si、Al 及 Ti 是脫氧元素，且藉由於切削過程中與氧結合而於

工具表面形成被稱為薄層的氧化被膜。薄層減輕工具與被切削材料之間的摩擦，因此可抑制工具磨損。若各自的添加量的合計未滿 0.050%，則薄層的生成量少，因此設為添加合計 0.050%以上。較佳為 0.070%以上。另一方面，合計超過 0.500%的添加不僅其效果飽和，氧化物的量增多，磨料磨損明顯，工具壽命顯著降低。因此，該些元素的合計添加量的上限設為 0.500%。較佳為 0.450%以下。

【0025】 包含以上成分，剩餘部分包含 Fe 及不可避免的雜質、或者進而包含後述的任意含有成分。此處，較佳為包含以上成分、或者進而後述的任意含有成分、以及剩餘部分的 Fe 及不可避免的雜質。

此處，重要的是於以上的成分組成中，由下式（1）定義的 A 值為 0.40～2.00。

$$A \text{ 值} = [\text{Mn}] / [\text{Cr}] \cdots (1)$$

其中，[M]為[]內的元素 M 的含量（質量%）

即，A 值是左右軋製等熱加工時的 Mn-Cr-S 系硫化物的微細化的重要指標，藉由限定該 A 值，可獲得微細的硫化物，可提高切削性。但是，若該 A 值未滿 0.40，則硫化物中的 Cr 量減少，容易生成 Mn-S 單獨系的硫化物，因此硫化物容易變得粗大，切削性劣化。另一方面，若 A 值超過 2.00，則微細硫化物的個數本身減

少。因此，A 值設為 0.40～2.00。較佳為 0.50 以上。較佳為 1.80 以下。

【0026】 進而，於以上的成分組成中，由下式（2）定義的 B 值必須滿足 $1.10 \times 10^{-3} \sim 1.50 \times 10^{-2}$ 。

$$B \text{ 值} = (2[\text{Si}] + 2[\text{Al}] + [\text{Ti}]) \times [\text{O}] \cdots (2)$$

其中，[M]為[]內的元素 M 的含量（質量%）

即，B 值是左右切削加工時的氧化被膜的生成的重要指標，藉由將 B 值設為特定的範圍內，可獲得被稱為穩定的薄層的氧化被膜，可提高切削性。即，若 B 值未滿 1.10×10^{-3} ，則難以形成氧化被膜，切削性的提高效果變小。另一方面，若 B 值超過 1.50×10^{-2} ，則氧化被膜的形成作用飽和，且鋼中結晶出大量的硬質的氧化物，因此由於磨料磨損而工具磨損變大。因此，B 值設為 $1.10 \times 10^{-3} \sim 1.50 \times 10^{-2}$ 。較佳為 1.20×10^{-3} 以上。較佳為 1.30×10^{-2} 以下。

【0027】 其次，對任意含有成分進行說明。本發明中，除了以上的基本成分以外，亦可視需要含有以下的成分。

Ca：0.0010%以下、

Se：0.30%以下、

Te：0.15%以下、

Bi：0.20%以下、

Sn：0.020%以下、

Sb：0.025%以下、

B：0.010%以下、

Cu：0.50%以下、

Ni：0.50%以下、

V：0.20%以下、

Zr：0.050%以下、

Nb：0.100%以下及

Mg：0.0050%以下

中的至少一種

Ca、Se、Te、Bi、Sn、Sb、B、Cu、Ni、V、Zr、Nb、Mg 均具有提高切削性的作用，因此亦可於重視切削性的情況下添加。於以提高切削性為目的含有該些元素的情況下，若其添加量為Ca：未滿 0.0001%、Se：未滿 0.02%、Te：未滿 0.10%、Bi：未滿 0.02%、Sn：未滿 0.003%、Sb：未滿 0.003%、B：未滿 0.003%、Cu：未滿 0.05%、Ni：未滿 0.05%、V：未滿 0.005%、Zr：未滿 0.005%、Nb：未滿 0.005%、Mg：未滿 0.0005%，則無法獲得充分的效果，因此較佳為分別設為Ca：0.0001%以上、Se：0.02%以上、Te：0.10%以上、Bi：0.02%以上、Sn：0.003%以上、Sb：0.003%以上、B：0.003%以上、Cu：0.05%以上、Ni：0.05%以上、V：0.005%以上、Zr：0.005%以上、Nb：0.005%以上、Mg：0.0005%以上。

【0028】 另一方面，若為Ca：超過 0.0010%、Se：超過 0.30%、Te：超過 0.15%、Bi：超過 0.20%、Sn：超過 0.020%、Sb：超過

0.025%、B：超過 0.010%、Cu：超過 0.50%、Ni：超過 0.50%、V：超過 0.20%、Zr：超過 0.050%、Nb：超過 0.100%、Mg：超過 0.0050% 的添加量，則其效果飽和，另外於經濟上亦不利。因此，該些元素的含量分別設為 Ca：0.0010%以下、Se：0.30%以下、Te：0.15%以下、Bi：0.20%以下、Sn：0.020%以下、Sb：0.025%以下、B：0.010%以下、Cu：0.50%以下、Ni：0.50%以下、V：0.20%以下、Zr：0.050%以下、Nb：0.100%以下、Mg：0.0050%以下。

【0029】 （鋼組織）

圓當量直徑 5 μm 以下的硫化物分佈有 3000 個/ mm^2 以上

關於切削性，硫化物適度地微細分散有利於切削加工時的工具與被切削材料之間的潤滑作用。因此，必須分散一定量以上的圓當量直徑 5 μm 以下的硫化物。圓當量直徑 5 μm 以下的硫化物不僅對工具與被切削材料之間的潤滑有效，對切屑的分斷性亦有效，大大提高切削性。因此，圓當量直徑 5 μm 以下的硫化物的個數設為 3000 個/ mm^2 以上。

【0030】 以下，對用於製造本發明的易切削鋼的條件進行敘述。

即，具有所述成分組成，將與長邊方向垂直的斷面的一邊的長度為 250 mm 以上的矩形的鑄坯以加熱溫度 1120°C 以上、斷面收縮率 60%以上進行軋製而製成坯料，將該坯料以加熱溫度：1050°C 以上、斷面收縮率 95%以上進行熱加工。

【0031】 （鑄坯）

與長邊方向垂直的斷面的一邊的長度為 250 mm 以上的矩形

斷面

首先，對調整為所述成分組成的熔鋼進行鑄造並製成鑄坯，作為鑄坯，使用與長邊方向垂直的斷面的一邊的長度為 250 mm 以上的矩形鑄坯。

該鑄坯是藉由連續鑄造法或鑄塊法製造為矩形斷面的鑄坯。此時，若矩形斷面的一邊的長邊小於 250 mm，則於鑄坯凝固時硫化物粒的尺寸變大。因此，繼續藉由鋼坯軋製製成坯料後亦會殘存粗大的硫化物，因此不利於最終的熱加工後的硫化物的微細化。因此，將鑄坯的斷面中的一邊的長度設為 250 mm 以上。更佳為設為 300 mm 以上。再者，關於鑄坯的斷面的一邊的長度，上限無需特別限制，但就緊接著鑄造的熱軋的實現性的觀點而言，所述長度較佳為設為 600 mm 以下。

【0032】（自鑄坯向坯料的熱軋）

鑄坯的加熱溫度：1120℃ 以上

鑄坯經過熱軋而製成坯料，但該熱軋時的加熱溫度需要設為 1120℃ 以上。若加熱溫度未滿 1120℃，則於鑄造階段冷卻-凝固時結晶出的粗大硫化物不固溶，成為坯料後亦會殘存粗大的硫化物。其結果，於緊接著的熱加工後硫化物亦粗大的狀態下，無法獲得所期望的微細的硫化物的分佈狀態。因此，將鑄坯熱軋成坯料時的加熱溫度設為 1120℃ 以上，較佳為設為 1150℃ 以上。再者，關於鑄坯的加熱溫度，上限無需特別限制，但就抑制氧化皮損耗（Scale loss）的觀點而言，加熱溫度較佳為設為 1300℃ 以下，更

佳為設為 1250℃ 以下。

【0033】 自鑄坯向坯料的熱軋的斷面收縮率：60%以上

於凝固時結晶出的硫化物粒的尺寸大，因此需要於鋼坯軋製中在某種程度上縮小尺寸。若熱軋中的斷面收縮率少，則硫化物粒保持大的狀態而成為坯料。因此，於繼續將坯料熱加工成棒鋼或線材時的加熱時-軋製時，難以使硫化物粒微細化。因此，自鑄坯向坯料以 60% 以上的斷面收縮率進行熱軋。

【0034】 此處，關於熱軋的斷面收縮率（%），將熱軋前的鑄坯的與熱軋方向垂直的斷面的斷面積設為 S_0 ，將與藉由熱軋製造的坯料的熱軋方向垂直的斷面的斷面積設為 S_1 ，可藉由下式

$$100 \times (S_0 - S_1) / S_0$$

求出。

【0035】 （坯料的熱軋）

加熱溫度：1050℃ 以上

將坯料熱軋成棒鋼或線材時的加熱溫度是重要的因素。若加熱溫度未滿 1050℃，則硫化物不會微細分散，因此切削加工時的潤滑作用變少。其結果，工具磨損變大，因此工具壽命亦變短。因此，坯料的加熱溫度設為 1050℃ 以上。更佳為 1080℃ 以上。再者，上限無需特別限制，但就抑制氧化皮損耗所引起的良率降低的觀點而言，較佳為設為 1250℃ 以下。

【0036】 熱加工的斷面收縮率：95%以上

將坯料熱加工成棒鋼或線材時的斷面收縮率亦為實現硫化物

的微細化的重要因素。若該斷面收縮率未滿 95%，則硫化物的微細化不充分，因此將斷面收縮率的下限設為 95%。此處，關於熱加工的斷面收縮率，將熱軋前的坯料的與熱加工方向垂直的斷面的斷面積設為 S1，將藉由熱加工製造的棒鋼或線材的與熱加工方向（拉伸方向）垂直的斷面的斷面積設為 S2，可藉由下式

$$100 \times (S1 - S2) / S1$$

求出。

【0037】 藉由將所述鋼坯的尺寸與加熱溫度、此外坯料尺寸與加熱溫度、斷面收縮率設為適當的範圍內，可使硫化物微細化，提高切削性。

[實施例]

【0038】 其次，按照實施例對本發明進行詳細說明。

藉由連續鑄造機將表 1 所示的化學組成的鋼製成與長邊方向垂直的斷面為表 2-1 及表 2-2 所示的尺寸的矩形形狀的鑄坯。將所獲得的鑄坯於表 2-1 及表 2-2 所示的製造條件下軋製成棒鋼。將本發明鋼及比較鋼供於以下的試驗。即，以表 2-1 及表 2-2 所示的加熱溫度、斷面收縮率對鑄坯進行熱軋，製成長邊尺寸及短邊尺寸如表 2-1 及表 2-2 所示的方坯。將所獲得的坯料於表 2-1 及表 2-2 所示的加熱溫度下加熱，進行熱軋，製成表 2-1 及表 2-2 所示的直徑的棒鋼。將所獲得的棒鋼（本發明鋼及比較鋼）供於以下所示的試驗。

【0039】 [表 1]

表 1

No.	C	Si	Mn	P	S	Cr	Al	Ti	N	O	其他	Si、Al、Ti 含量 ※[Si]+[Al]+[Ti]	A 值※※	B 值※※※	區分
1	0.07	0.050	0.71	0.086	0.368	1.02	0.065	0.102	0.0096	0.0275	-	0.217	0.70	9.13×10 ⁻³	適合例
2	0.06	0.005	1.23	0.062	0.432	0.63	0.005	0.150	0.0125	0.0222	-	0.160	1.95	3.77×10 ⁻³	適合例
3	0.02	0.032	0.75	0.045	0.345	1.35	0.015	0.005	0.0088	0.0195	-	0.052	0.56	1.93×10 ⁻³	適合例
4	0.04	0.090	1.25	0.051	0.255	0.85	0.008	0.050	0.0105	0.0163	-	0.148	1.47	4.01×10 ⁻³	適合例
5	0.05	0.285	0.53	0.044	0.426	1.23	0.014	0.157	0.0075	0.0144	-	0.456	0.43	1.09×10 ⁻²	適合例
6	0.08	0.120	1.11	0.076	0.388	1.03	0.013	0.085	0.0111	0.0245	Ca：0.0010	0.218	1.08	8.60×10 ⁻³	適合例
7	0.05	0.108	0.68	0.066	0.315	1.45	0.005	0.010	0.0068	0.0265	Se：0.06、Te：0.11	0.123	0.47	6.25×10 ⁻³	適合例
8	0.06	0.050	1.38	0.088	0.522	1.42	0.120	0.150	0.0099	0.0213	Bi：0.15、Sn：0.012	0.320	0.97	1.04×10 ⁻²	適合例
9	0.04	0.485	0.92	0.081	0.543	1.15	0.006	0.005	0.0062	0.0148	Sb：0.015	0.496	0.80	1.46×10 ⁻²	適合例
10	0.07	0.123	1.15	0.065	0.368	1.15	0.002	0.003	0.0063	0.0316	B：0.0025	0.128	1.00	7.99×10 ⁻³	適合例
11	0.05	0.006	1.21	0.077	0.333	0.99	0.050	0.005	0.0099	0.0284	Cu：0.15、Ni：0.15	0.061	1.22	3.32×10 ⁻³	適合例
12	0.07	0.029	1.46	0.075	0.366	0.82	0.324	0.050	0.0076	0.0198	V：0.052、Nb：0.080	0.403	1.78	1.50×10 ⁻²	適合例
13	0.05	0.080	0.76	0.068	0.370	0.54	0.030	0.120	0.0089	0.0233	Zr：0.048	0.230	1.41	7.92×10 ⁻³	適合例
14	0.04	0.120	1.23	0.066	0.345	1.25	0.091	0.180	0.0123	0.0234	Mg：0.0022	0.391	0.98	1.41×10 ⁻²	適合例
15	<u>0.09</u>	0.010	0.85	0.055	0.403	0.95	0.003	0.050	0.0088	0.0198	-	0.063	0.89	1.50×10 ⁻³	比較例
16	0.07	0.018	<u>0.42</u>	0.045	0.285	0.78	0.007	0.002	0.0067	0.0201	-	0.027	<u>0.54</u>	1.05×10 ⁻³	比較例
17	0.05	0.010	<u>1.55</u>	0.060	0.301	0.82	0.003	0.050	0.0076	0.0156	-	0.063	1.89	1.19×10 ⁻³	比較例
18	0.08	0.132	0.75	<u>0.108</u>	0.324	1.08	0.091	0.086	0.0080	0.0213	-	0.309	0.69	1.13×10 ⁻²	比較例

19	0.04	0.015	0.69	0.065	<u>0.240</u>	0.79	0.005	0.065	0.0111	0.0198	-	0.085	0.87	2.08×10^{-3}	比較例
20	0.08	0.025	0.48	0.099	<u>0.510</u>	1.12	0.016	0.055	0.0098	0.0211	-	0.096	0.43	2.89×10^{-3}	比較例
21	0.06	0.001	0.84	0.012	0.321	<u>0.46</u>	0.034	0.029	0.0043	0.0199	-	0.064	1.83	1.97×10^{-3}	比較例
22	0.07	0.020	0.94	0.065	0.463	<u>1.58</u>	0.001	0.080	0.0123	0.0246	-	0.101	0.59	3.00×10^{-3}	比較例
23	0.05	0.010	0.78	0.008	0.399	0.99	0.003	0.100	<u>0.0020</u>	0.0132	-	0.113	0.79	1.66×10^{-3}	比較例
24	0.06	0.030	1.34	0.065	0.391	1.25	0.003	0.080	<u>0.0160</u>	0.0122	-	0.113	1.07	1.78×10^{-3}	比較例
25	0.05	0.020	0.63	0.023	0.406	0.95	0.001	0.084	0.0123	<u>0.0095</u>	-	0.105	0.66	1.20×10^{-3}	比較例
26	0.07	0.030	1.36	0.098	0.369	0.95	0.003	0.100	0.0076	<u>0.0513</u>	-	0.133	1.43	8.52×10^{-3}	比較例
27	0.07	0.017	0.77	0.067	0.357	1.23	0.013	0.014	0.0045	0.0233		<u>0.044</u>	0.63	1.72×10^{-3}	比較例
28	0.05	0.324	1.15	0.016	0.435	0.88	0.112	0.080	0.0123	0.0152	-	<u>0.516</u>	1.31	1.45×10^{-2}	比較例
29	0.06	0.300	0.54	0.067	0.343	1.45	0.002	0.080	0.0116	0.0165	-	0.382	<u>0.37</u>	1.13×10^{-2}	比較例
30	0.07	0.025	1.36	0.054	0.324	0.55	0.002	0.080	0.0076	0.0231	-	0.107	<u>2.47</u>	3.10×10^{-3}	比較例
31	0.08	0.003	0.68	0.023	0.431	0.57	0.001	0.056	0.0098	0.0165	-	0.060	1.19	1.06×10^{-3}	比較例
32	0.08	0.142	1.25	0.089	0.312	1.08	0.067	0.123	0.0084	0.0289	-	0.332	1.16	<u>1.56×10^{-2}</u>	比較例

※) Si、Al、Ti 含量 [Si]+[Al]+[Ti]：適合範圍 (0.050~0.500)

※※) A 值=Mn/Cr 比：適合範圍 (0.40~2.00)

※※※) B 值= (2Si+2Al+Ti) ×O：適合範圍 (1.10×10⁻³~1.50×10⁻²)

【0040】 自與所獲得的棒鋼的軋製方向平行的斷面採集試驗片，對自該斷面的周面起徑向上的 1/4 位置利用掃描式電子顯微鏡 SEM（Scanning Electron Microscope，SEM）進行觀察，調查鋼中的硫化物的圓當量直徑與數密度。此處，關於藉由能量分散型 X 射線分析（Energy dispersive X-ray spectrometry，EDX）進行析出物的組成分析且利用 EDX 確認了為硫化物的析出物，對所獲得的 SEM 像進行圖像解析並進行二值化，求出圓當量直徑與數密度。

【0041】 切削性是藉由外周車削試驗來進行評價。作為切削機械使用西鐵城精機（Citizen Machinery）製造的 BNC-34C5，車削刀片使用日立工具（hitachi tool）製造的超硬 EX35 機用刀具（bite）TNGG160404R-N，刀柄（holder）使用京瓷（KYOCERA）製造的 DTG NR2020。另外，潤滑劑使用了尤希路化學（YUSHIRO CHEMICAL）製造的尤希路肯（yushiroken）FGE1010 的 15 倍稀釋乳液。切削條件以切削速度 150 m/min、進給速度 0.10 mm/rev、切入量 2.0 mm、加工長度 10 m 來進行。

【0042】 切削性的評價是藉由 10 m 長度的切削試驗結束後的工具の後刀面磨損 V_b 來進行。切削試驗結束後的後刀面磨損 V_b 為 200 μm 以下的情況設為良好「○」，後刀面磨損超過 200 μm 的情況設為差「×」。

【0043】 將發明鋼與比較鋼的試驗結果示於表 2-1 及表 2-2 中。根據表 2-1 及表 2-2 明確般，本發明鋼相對於比較鋼而言具有良好的切削性。

【0044】 [表 2-1]

表2-1

No.	鋼 No.	鋼坯軋製（將鑄坯軋製成坯料）				線棒軋製（將坯料軋製成棒鋼）				棒鋼的特性（夾雜物分佈、 切削性試驗結果）			備考
		鑄坯的斷面 尺寸長邊 （mm）	鑄坯的斷面尺 寸短邊（mm）	加熱溫度 （℃）	鋼坯軋製中 的斷面收縮 率（%）	坯料的斷面 尺寸長邊 （mm）	坯料的斷面尺 寸短邊（mm）	加熱溫 度（℃）	棒鋼直徑 （mm）	線棒軋製中 的斷面收縮 率（%）	圓當量直徑 5 μm 以下的硫化 物的數密度（個 /mm ² ）	工具壽 命（切 削性）	
1	1	350	350	1170	78	165	165	1100	20	99	3369	○	發明例
2	2	350	350	1170	78	165	165	1100	20	99	3581	○	發明例
3	3	350	350	1170	78	165	165	1100	20	99	3962	○	發明例
4	4	350	350	1170	78	165	165	1100	20	99	3695	○	發明例
5	5	350	350	1170	78	165	165	1100	20	99	4240	○	發明例
6	6	350	350	1170	78	165	165	1100	20	99	4095	○	發明例
7	7	350	350	1170	78	165	165	1100	20	99	3754	○	發明例
8	8	350	350	1170	78	165	165	1100	20	99	7333	○	發明例
9	9	350	350	1170	78	165	165	1100	20	99	5821	○	發明例
10	10	350	350	1170	78	165	165	1100	20	99	4227	○	發明例
11	11	350	350	1170	78	165	165	1100	20	99	3536	○	發明例
12	12	350	350	1170	78	165	165	1100	20	99	3777	○	發明例
13	13	350	350	1170	78	165	165	1100	20	99	3438	○	發明例
14	14	350	350	1170	78	165	165	1100	20	99	4284	○	發明例
15	1	400	400	1170	83	165	165	1100	20	99	5546	○	發明例
16	1	350	350	1250	78	165	165	1100	20	99	6247	○	發明例
17	1	350	350	1170	84	140	140	1100	20	98	5147	○	發明例
18	1	350	350	1170	78	165	165	1140	20	99	4563	○	發明例
19	1	350	350	1170	78	165	165	1100	14	99	3895	○	發明例
20	1	250	250	1120	60	158	158	1050	38	95	3211	○	發明例

*1 下劃線表示適用範圍外

*2 圓當量直徑 5 μm 以下的硫化物的數密度：適合範圍（3000 個/mm² 以上）

*3 工具壽命（切削性）○：工具磨損 200 μm 以下、×：工具磨損超過 200 μm

【0045】 [表 2-2]

表2-2

No.	鋼 No.	鋼坯軋製（將鑄坯軋製成坯料）				線棒軋製（將坯料軋製成棒鋼）					棒鋼的特性（夾雜物分佈、 切削性試驗結果）		備考
		鑄坯的斷面 尺寸長邊 (mm)	鑄坯的斷面 尺寸短邊 (mm)	加熱溫度 (℃)	鋼坯軋製中 的斷面收縮 率(%)	坯料的斷面 尺寸長邊 (mm)	坯料的斷面 尺寸短邊 (mm)	加熱溫 度(℃)	棒鋼直徑 (mm)	線棒軋製中 的斷面收縮 率(%)	圓當量直徑 5 μm 以下的硫化物的 數密度(個/mm ²)	工具壽 命(切削 性)	
21	1	245	245	1170	60	155	155	1100	20	99	2768	×	比較例
22	1	350	350	1080	78	165	165	1100	20	99	2214	×	比較例
23	1	250	250	1170	56	165	165	1100	20	99	2369	×	比較例
24	1	350	350	1170	78	165	165	1025	20	99	1496	×	比較例
25	1	350	350	1170	78	165	165	1100	50	93	1965	×	比較例
26	15	350	350	1180	79	160	160	1100	20	99	3689	×	比較例
27	16	350	350	1180	79	160	160	1100	20	99	2465	×	比較例
28	17	350	350	1180	79	160	160	1100	20	99	2146	×	比較例
29	18	350	350	1180	79	160	160	1100	20	99	3139	×	比較例
30	19	350	350	1180	79	160	160	1100	20	99	1814	×	比較例
31	20	350	350	1180	79	160	160	1100	20	99	2618	×	比較例
32	21	350	350	1180	79	160	160	1100	20	99	1881	×	比較例
33	22	350	350	1180	79	160	160	1100	20	99	4687	×	比較例
34	23	350	350	1180	79	160	160	1100	20	99	3666	×	比較例
35	24	350	350	1180	79	160	160	1100	20	99	4998	×	比較例
36	25	350	350	1180	79	160	160	1100	20	99	3420	×	比較例
37	26	350	350	1180	79	160	160	1100	20	99	4005	×	比較例
38	27	350	350	1180	79	160	160	1100	20	99	3839	×	比較例
39	28	350	350	1180	79	160	160	1100	20	99	4214	×	比較例
40	29	350	350	1180	79	160	160	1100	20	99	2597	×	比較例
41	30	350	350	1180	79	160	160	1100	20	99	1916	×	比較例
42	31	350	350	1180	79	160	160	1100	20	99	3123	×	比較例
43	32	350	350	1180	79	160	160	1100	20	99	3542	×	比較例

*1 下劃線表示適用範圍外
*2 圓當量直徑 5 μm 以下的硫化物的數密度：適合範圍（3000 個/mm² 以上）
*3 工具壽命（切削性）○：工具磨損 200 μm 以下、×：工具磨損超過 200 μm

【符號說明】

【0046】

無

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種易切削鋼，具有以質量%計含有

C：0.08%以下、

Mn：0.50%～1.50%、

P：0.100%以下、

S：0.250%～0.500%、

N：0.0050%～0.0150%、

O：超過 0.0100%且為 0.0500%以下、

Cr：0.50%～1.50%及

Si、Al 及 Ti 的一種或兩種以上合計為 0.050%～0.500%，剩餘部分包含 Fe 及不可避免的雜質，且由下述式（1）規定的 A 值滿足 0.40～2.00，由下述式（2）規定的 B 值滿足 $1.10 \times 10^{-3} \sim 1.50 \times 10^{-2}$ 的成分組成，且

具有圓當量直徑 5 μm 以下的硫化物分佈有 3000 個/ mm^2 以上而成的鋼組織；

$$A \text{ 值} = [\text{Mn}] / [\text{Cr}] \cdots (1)$$

$$B \text{ 值} = (2[\text{Si}] + 2[\text{Al}] + [\text{Ti}]) \times [\text{O}] \cdots (2)$$

其中，[M]為[]內的元素 M 的含量（質量%）。

【請求項2】 如請求項 1 所述的易切削鋼，其中所述成分組成進

而以質量%計含有

Ca：0.0010%以下、

Se：0.30%以下、

Te：0.15%以下、

Bi：0.20%以下、

Sn：0.020%以下、

Sb：0.025%以下、

B：0.010%以下、

Cu：0.50%以下、

Ni：0.50%以下、

V：0.20%以下、

Zr：0.050%以下、

Nb：0.100%以下及

Mg：0.0050%以下

中的至少一種。

【請求項3】 一種易切削鋼的製造方法，將如下矩形的鑄坯以加熱溫度 1120℃ 以上、斷面收縮率 60%以上進行軋製而製成坯料，將所述坯料以加熱溫度：1050℃ 以上、斷面收縮率 95%以上進行熱加工，其中所述矩形的鑄坯具有以質量%計含有

C：0.08%以下、

Mn：0.50%～1.50%、

P：0.100%以下、

S：0.250%～0.500%、

N：0.0050%～0.0150%、

O：超過 0.0100%且為 0.0500%以下、

Cr：0.50%～1.50%及

Si、Al 及 Ti 的一種或兩種以上合計為 0.050%～0.500%，剩餘部分包含 Fe 及不可避免的雜質，且由下述式（1）規定的 A 值滿足 0.40～2.00，由下述式（2）規定的 B 值滿足 $1.10 \times 10^{-3} \sim 1.50 \times 10^{-2}$ 的成分組成，且與長邊方向垂直的剖面的一邊的長度為 250 mm 以上；

$$A \text{ 值} = [\text{Mn}] / [\text{Cr}] \cdots (1)$$

$$B \text{ 值} = (2[\text{Si}] + 2[\text{Al}] + [\text{Ti}]) \times [\text{O}] \cdots (2)$$

其中，[M]為[]內的元素 M 的含量（質量%）。

【請求項4】 如請求項 3 所述的易切削鋼的製造方法，其中所述成分組成進而以質量%計含有

Ca：0.0010%以下、

Se：0.30%以下、

Te：0.15%以下、

Bi：0.20%以下、

Sn：0.020%以下、

Sb：0.025%以下、

B：0.010%以下、

Cu：0.50%以下、

Ni：0.50%以下、

V：0.20%以下、

Zr：0.050%以下、

Nb：0.100%以下及

Mg：0.0050%以下

中的至少一種。