

公告本

申請日期	90 年 8 月 23 日
案 號	90120751
類 別	C22C 38/02, 38/04

A4
C4

538128

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、發明 名稱	中 文	用於具有優異機械特性之機器結構之易切削鋼
	英 文	Free machining steel for use in machine structure of excellent mechanical characteristics
二、發明 創作人	姓 名	(1) 家口浩 Yaguchi, Hiroshi (2) 新堂陽介 Shindo, Yosuke (3) 土田武廣 Tsuchida, Takehiro
	國 籍	(1) 日本 (2) 日本 (3) 日本
	住、居所	(1) 日本國兵庫縣神戶市西區高塚台一丁目五番五號 神戶製鋼所(股)神戶總合技術研究所內 c/o Kobe Corporate Research Laboratories in Kobe Steel, Ltd. 5-5 Takatsukadai 1- chome, Nishi-ku, Kobe-shi, Hyogo 651-2271 Japan (2) 日本國兵庫縣神戶市西區高塚台一丁目五番五號 神戶製鋼所(股)神戶總合技術研究所內 c/o Kobe Corporate Research Laboratories in Kobe Steel, Ltd. 5-5 Takatsukadai 1- chome, Nishi-ku, Kobe-shi, Hyogo 651-2271 Japan (3) 日本國兵庫縣神戶市西區高塚台一丁目五番五號 神戶製鋼所(股)神戶總合技術研究所內 c/o Kobe Corporate Research Laboratories in Kobe Steel, Ltd. 5-5 Takatsukadai 1- chome, Nishi-ku, Kobe-shi, Hyogo 651-2271 Japan
	姓 名 (名稱)	(1) 神戶製鋼所股份有限公司 株式会社神戶製鋼所
三、申請人	國 籍	(1) 日本
	住、居所 (事務所)	(1) 日本國神戶市中央區脇浜町一丁目三番一八號
	代 表 人 姓 名	(1) 水越浩士

裝

訂

線

A4
C4

(以上各欄由本局填註)

裝

訂

線

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大 類：
I P C 分類：

A6
B6

本案已向：

國 (地區) 申請專利，申請日期： 案號： ， ☐有 ☐無主張優先權

日本 2000 年 8 月 31 日 2000-263998 ☒有主張優先權

有關微生物已寄存於： ，寄存日期： ，寄存號碼：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝
訂
線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明(1)

發明背景

本發明涉及一種用於機器結構之易切削鋼，其中的機器結構用來加工成工業機械、汽車和電器製品的元件，更詳言之，本發明旨在所謂的無鉛（Pb）鋼中提供一種用於具有切削性能和機械特性極佳的機器結構之易切削鋼，其中所謂的無鉛鋼基本上不含有作為切削性能改善成份的鉛。

相關先前技術說明

由於工業機械、汽車和電器製品的元件是藉由切削材料製成的，因此用於這些元件的材料需要有良好的切削性能。考慮到上述因素，這些材料通常使用用於機器結構之易切削鋼，並在此類易切削鋼中經常加入Pb或S作為切削性能改善成份，詳言之，加入少量的Pb就可以提供優異的切削性能乃是已知技術。

如上所述及技術，例如日本專利文獻

J P - A - 2 0 5 4 5 3 / 1 9 8 4 中公開了一種用於易切削低碳硫鋼，其中組合加入了Te，Pb和Bi，具有大於預定尺寸的大直徑和小直徑並具有5或更小比率（大直徑／小直徑）的各種MnS型夾雜物在整個MnS夾雜物中占50%或更多，及Al₂O₃成份在氧化物夾雜物中占15%或更少。

另外，日本專利文獻J P - A - 2 3 9 7 0 /

1 9 8 7 中公開了一項藉由連續鑄造方法改善含鉛的易切

五、發明說明 (2)

削低碳硫鋼之切削性能的技術，其中 C、Mn、P、S、Pb、O、Si 和 Al 每種成份都是確定的，並且 MnS 型夾雜物的平均尺寸和不與氧化物結合的硫化物型夾雜物的比率都是確定的，藉此改善切削性能。

上述每項技術都涉及具有組合的 Pb 和 S 添加劑的易切削鋼。由於 Pb 引起的環境污染問題已非常受矚目，因此 Pb 在鋼鐵材料中的應用也日趨受到限制，並且有關在所謂無鉛狀態下改善切削性能的技術研究也已經獲得正面的進展。

考慮到上述情況，在易切削硫鋼中藉由控制硫化物型夾雜物（例如 MnS）的形式（例如尺寸或形狀）來改善切削性能的研究非常重要，但是尚無法得到切削性能與易切削鉛鋼相當的易切削鋼。另外，在藉由控制硫化物型夾雜物的形式改善切削性能的研究中，所指出的問題是在軋製或鍛造鋼材料時，硫化物夾雜物（例如 MnS）會隨基底金屬的塑性變形而縱向變形，其會引起機械特性的各向異性和一定方向上的衝擊阻力。

順便說明的是，切削性能係藉由下列項目進行評估的，如（1）切削力，（2）刀具壽命，（3）完成表面的粗糙度，及（4）切屑處理性能。在這些項目中，刀具壽命和完成表面的粗糙度已經被認為非常重要，但是考慮到操作效率和安全以及隨著近來的自動化或無人的加工操作之趨勢，切屑處理性能也成為一個不可忽視的項目。也就是說，切屑處理性能是用於評估加工中切屑斷開成為更短

五、發明說明 (3)

片段之未連續性的特性。若該特性惡化，切屑就會螺旋延伸從而造成纏繞刀具之困擾，由此妨礙了加工的安全操作。從切屑處理性能來看，現有的加鉛鋼能夠提供相對較好的切削性能，但是在無鉛鋼材料中尚無法得到良好的特性。

發明概述

鑒於上述情況，本發明已經完成並旨在提供一種用於機器結構之易切削鋼，其能夠在無鉛的狀態下提供優異的與現有加鉛鋼相當的切削性能（尤其是切屑處理性能和刀具壽命）和機械特性（橫向的韌性）。

根據用於實現上述目的之本發明，其提供一種用於具有硫化物型夾雜物的機器結構之易切削鋼，其中含有 0.0005 至 0.02 質量%的 Mg，並且硫化物型夾雜物的分佈狀態受到控制，而藉此改善機械特性。詳言之，本發明提供一種用於具有硫化物型夾雜物的機器結構之易切削鋼，其中含有 0.0005 至 0.02%（此處和下文的“%”都是指“質量%”）的 Mg，及由下列方程式（1）所定義的硫化物型夾雜物顆粒之分佈指數 F₁ 為 0.4 至 0.65：

$$F_1 = X_1 / (A / n)^{1/2} \dots \dots \dots (1)$$

其中，

X₁：表示藉由精確測量在觀測視野內的每個硫化物型夾雜物顆粒與在觀測視野內的所有顆粒中離其最近的其它

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明 (4)

顆粒之間的距離而得到的平均值 (μm) , 其係在五個視野內測量該距離並求得它們的平均值, 其中,

A : 表示觀測面積 (mm^2) , 及

n : 表示在觀測面積 (數量) 內觀察到的硫化物型夾雜物顆粒的數量。

另外, 本發明的上述目的亦可以藉由一種用於機器結構之易切削鋼實現, 其中 Mg 的含量為 0 . 0 0 0 5 至 0 . 0 2 % , 及由下列方程式 (2) 所定義的硫化物型夾雜物顆粒的分佈指數 F_2 為 1 至 2 . 5 :

$$F_2 = \sigma / X_2 \quad \dots \dots \dots (2)$$

其中,

σ : 表示每單位面積之硫化物型夾雜物顆粒數量的標準偏差, 及

X_2 : 表示每單位面積之夾雜物顆粒數量的平均值。

在每種用於機器結構之易切削鋼中, 最好的是滿足下列條件, 即硫化物型夾雜物的大直徑 L_1 與小直徑 L_2 之間的比率 (L_1 / L_2) 為 1 . 5 至 5 , 及其能夠進一步改善機械特性 (橫向韌性) 和切削性能 (尤其是切屑處理性能和刀具壽命) 。

從保證用於機器結構之易切削鋼所需的物理特性方面考慮, 根據本發明之用於機器結構之易切削鋼的化學成份, 除了 Mg 之外, 最好為分別包括 0 . 0 1 至 0 . 7 % 的 C , 0 . 0 1 至 2 . 5 % 的 Si , 0 . 1 至 3 % 的 Mn , 0 . 0 1 至 0 . 2 % 的 S , 0 . 0 5 % 或更少 (包括 0 %

五、發明說明 (5)

的 P , 0 . 1 % 或更少 (包括 0 %) 的 A l , 以及 0 . 0 0 2 至 0 . 0 2 % 的 N 。選擇加入選自下列群組中的至少一組元素也是非常有用的, 這些群組包括 (a) 0 . 0 0 2 至 0 . 2 % 的 T i , 0 . 0 0 0 5 至 0 . 0 2 % 的 C a , 和總共 0 . 0 0 0 2 至 0 . 2 % 的稀土元素, 及 (b) 0 . 3 % 或更少 (不包括 0 %) 的 B i 。

爲了實現上述目的, 本發明者從各種不同的觀點特別研究了切屑處理性能和易切削鋼內的硫化物夾雜物之間的關係。結果發現, 不但硫化物型夾雜物 (如 M n S) 的尺寸和形狀與切屑處理性能有密切的關係, 而且硫化物型夾雜物的分佈狀態也與切屑處理性能有密切的關係。進一步研究還發現, 藉由控制硫化物型夾雜物的分佈狀態及加入 0 . 0 0 0 5 至 0 . 0 2 % 的 M g , 能夠在無鉛狀態下提供用於具有優異機械特性 (橫向韌性) 及切屑處理性能、及刀具壽命亦極佳的機器結構之易切削鋼, 並且已經完成了本發明。以下將對本發明的功能和功效進行說明。

如上所述, 根據本發明之用於優異機械特性的機器結構之易切削鋼, 其特徵在於加入了 0 . 0 0 0 5 至 0 . 0 2 % 的 M g 及控制硫化物型夾雜物的分佈狀態。

M g : 0 . 0 0 0 5 至 0 . 0 2 %

當將 M g 加入易切削鋼內時, 含 M g 的氧化物構成了硫化物型夾雜物的核子以控制夾雜物的形式, 並減少大的硫化物型夾雜物, 藉此能夠得到用於機械特性 (橫向韌性

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (6)

和切屑處理性能都優異的機器結構之易切削鋼。另外，當加入 Mg 時，通常呈現為硬氧化鋁型氧化物的氧化物成份轉變成含 Mg 的氧化物，以降低硬氧化鋁型氧化物的硬度。由硬含 Mg 氧化物造成的缺點可以藉由下列的作用得到減輕，即含 Mg 氧化物由硫化物包圍而由此改善刀具壽命。然而，如果 Mg 的含量少於 0.0005%，則 Mg 在硫化物內的固體溶解量不足並且不能有效控制硫化物型夾雜物的形式。另外，如果 Mg 的含量超過 0.02%，則硫化物就過度堅硬而由此降低了切削性能（切屑處理性能）。

如上所述，作為評估自動加工中切削性能的一個項目，切屑需要斷開成為小的片段。本發明者已經證實切屑能夠藉由斷裂分開，這種斷裂是由於鋼內夾雜物附近的應力集中引起的。另外，當提供的夾雜物在鋼內縱向延伸時，加工中沿一定方向能夠得到良好的切屑處理性能，但是當加工方向改變時，切屑處理性能突然降低。另一方面，在球形夾雜物的情況下，儘管沒有切削性能隨著加工方向改變之各向異性，但是切屑處理性能總是無法令人滿意。

如上所述，在加工期間，當本發明者根據分析對用於評估硫化物型夾雜物顆粒的分佈狀態的方法進行許多研究後，發現當加入 0.0005 至 0.02% 的 Mg 及由上述方程式 (1) 或 (2) 所定義的硫化物型夾雜物顆粒的分佈指數 F1 或 F2 在預定範圍內時能夠實現本發明目的。以下，將對硫化物型夾雜物顆粒的分佈指數 F1 和 F2

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (7)

進行說明。

首先，硫化物型夾雜物顆粒的分佈指數 F_1 是指比率 $[X_1 / (A / n)^{1/2}]$ 的值，其中 X_1 表示藉由精確測量觀測視野內的硫化物型夾雜物顆粒與觀測視野內所有顆粒中與其最近的其它顆粒之間的距離而得到的平均值，其係測量五個視野內的距離並求它們的平均值，及

$(A / n)^{1/2}$ 是指全部觀測到的顆粒在陣點上均勻排列起來時的內部顆粒距離（其中 A 表示觀測面積（ mm^2 ），及 n 表示在觀測面積（ N ）內觀測到的硫化物型夾雜物顆粒的數量）。

例如，參考圖 1，對觀測視野內具有 12 個硫化物型夾雜物顆粒的情況進行說明。在實際的觀測視野內，硫化物型夾雜物顆粒的分佈如圖 1 A 所示，假設每個硫化物型夾雜物上的最近距離為 $x_1 - x_{12}$ ，平均值 X_1 表示為：

$$X_1 = (x_1 + x_2 + \dots + x_{12}) / 12$$

假設硫化物型夾雜物顆粒如圖 1 B 所示均勻地分佈，則每個硫化物型夾雜物顆粒上的最近距離表示為：

$$X_1 = X_2 = \dots = X_{12}$$

假設觀測的面積為 A ，則最近的距離 X_2 就可以表示為：

$$X_2 = (x_1 + x_2 + \dots + x_{12}) / 12 = (A/12)^{1/2}$$

X_1 與 X_2 的比率定義為硫化物型夾雜物顆粒的分佈指

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明 (8)

數 F_1 。

當硫化物分佈完全均勻但偏離 1 時，如上所述之硫化物型夾雜物顆粒的分佈指數 F_1 取值大約為 1，而當分佈不均勻時，其取值小於 1。根據本發明者的研究，在本發明之含有 0.0005 至 0.02% Mg 的易切削鋼中，當 F_1 值在 0.4 至 0.65 的範圍內時，硫化物型夾雜物顆粒分佈狀態的形式和平衡可獲得改善，並且切屑處理性能和橫向韌性也都良好。另一方面，當 F_1 值超過 0.65 時，儘管硫化物型夾雜物顆粒均勻，但是切屑處理性能不能說是良好的。另外，如果 F_1 值小於 0.4 時，則在軋製或鍛造期間硫化物型夾雜物顆粒就會結塊並且縱向延伸，從而無法得到切屑處理性能和橫向韌性都優異的易切削鋼。

另一方面，硫化物型夾雜物顆粒的分佈指數 F_2 是指藉由將一定面積的視野分成格子，並藉由每單位面積內硫化物型夾雜物顆粒數量的平均值 X_2 ，將每個單位格子內的硫化物型夾雜物數量的標準偏差 σ 規格化而得到的值。在該例中，當硫化物型夾雜物的分佈完全均勻時， F_2 值接近 0。在根據本發明之含有 0.0005 至 0.02% Mg 的易切削鋼中發現，當 F_2 值在 1 至 2.5 的範圍內時，硫化物型夾雜物顆粒的分佈狀態和形式良好，並且切屑處理性能和橫向韌性都令人滿意。另一方面，如果它小於 1 時，則硫化物型夾雜物顆粒均勻分佈從而降低了切屑處理性能。另外，當 F_2 值超過 2.5 時，硫化物型夾雜

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (9)

物顆粒就會藉由軋製或鍛造縱向延伸或結塊，從而無法得到滿意的橫向韌性。

另外，在根據本發明用於機器結構之易切削鋼中，硫化物型夾雜物的大直徑 L_1 與小直徑 L_2 的比率 (L_1 / L_2 ，縱橫比) 最好控制在 1.5 至 5，這樣其能夠提供更佳的切屑處理性能和橫向韌性。亦即，硫化物型夾雜物藉由軋製或鍛造變形到一定程度。當平行切削樣品並且觀測到硫化物型夾雜物的縱橫比小於 1.5 時，切屑處理性能會降低。另一方面，如果該值太大及超過 5 時，則橫向韌性會降低。

對於鋼材料的種類沒有特別的限制，但是從滿足用於機器結構之易切削鋼所需的特性來看，除了 Mg 之外，最好分別加入 0.01 至 0.7% 的 C，0.01 至 2.5% 的 Si，0.1 至 3% 的 Mn，0.01 至 0.2% 的 S，0.05% 或更少（包括 0%）的 P，0.1% 或更少（包括 0%）的 Al 和 0.002 至 0.02% 的 N。當對組成的化學成份如上所述進行控制時，在保持用於機器結構之易切削鋼所需抗拉強度的同時還能得到良好的特性，且硫化物型夾雜物的分佈和形狀也得到改善，從而使切削性能和機械性能更佳。上述每種成份的作用如下所示。

C : 0.01 至 0.7%

從上述觀點來看，C 是保證成品強度的重要元素並且

五、發明說明 (10)

C 的含量較佳為 0 . 0 1 % 或更多。然而，如果 C 的含量過多，由於韌性會下降並對切削性能（如刀具壽命）產生不希望的影響，因此其較佳為 0 . 7 % 或更少。另外，C 的含量之更佳的下限為 0 . 0 5 %，及更佳的上限為 0 . 5 %。

S i : 0 . 0 1 至 2 . 5 %

S i 作為一種還原元素非常有用，另外還能藉由固體溶液強化改善機器結構的強度。為了得到這樣的效果，其含量較佳為 0 . 0 1 % 或更多，或更佳為 0 . 1 % 或更多。然而，由於過多含量會對切削性能產生不希望的影響，因此其較佳為 2 . 5 % 或更少，並且更佳為 2 % 或更少。

M n : 0 . 1 至 3 %

M n 是一種不但能改善鋼的硬化性能從而提高強度的元素，而且是一種有助於硫化物型夾雜物的形成從而改善切屑處理性能的元素。為了有效實現上述效果，其含量較佳為 0 . 1 % 或更多。然而，由於過多含量會降低切削性能，因此其較佳為 3 % 或更少，及更佳為 2 % 或更少。

S : 0 . 0 1 至 0 . 2 %

S 是一種對硫化物型夾雜物的形成非常有用從而改善切削性能的元素。為了得到上述效果，其含量較佳為 0 . 0 1 % 或更多，及更佳為 0 . 0 3 % 或更多。然而，

五、發明說明 (11)

由於過量的 S 會引起從硫化物 (如 MnS) 開始破裂，因此其含量較佳為 0 . 2 % 或更少，及更佳為 0 . 1 2 % 或更少。

P : 0 . 0 5 % 或更少 (包括 0 %)

由於 P 會引起晶界偏析從而降低衝擊強度，因此其應保持為 0 . 0 5 % 或更少，及更佳為 0 . 0 2 % 或更少。

A 1 : 0 . 1 % 或更少 (包括 0 %)

A 1 作為一種還原元素在藉由冶煉生產鋼材料時非常重要，另外，對於形成奧氏體晶粒精煉的氮化物也非常有效。然而，由於過多含量會使晶粒粗糙從而對韌性產生不希望的影響，因此其含量較佳為 0 . 1 % 或更少，及更佳為 0 . 0 5 % 或更少。

N : 0 . 0 0 2 至 0 . 0 2 %

N 與 A 1 或 T i 一起構成精細的氮化物，從而有助於精煉的改善並提高了組織強度。為了達到上述效果，其含量較佳為 0 . 0 0 2 % 或更多。然而，由於過多含量可能會造成大的氮化物，因此應保持在 0 . 0 2 % 或更少。

上述對根據本發明用於機器結構之易切削鋼中的較佳的組成化學成份進行了描述，其餘的成份基本上包括鐵和不可避免的雜質。如上所述，由於本發明具有定義的技術特徵，即對含有 0 . 0 0 0 5 至 0 . 0 2 % M g 的易切削

五、發明說明 (12)

鋼內的硫化物型夾雜物的分佈狀態進行限定，因此除了 M g，其它的化學成份不會限制本發明，但是根據用於機器結構之易切削鋼的應用和所需的特性，該成份可能會與上述較佳的化學成份有一定程度的偏差。另外，除了這些元素，下列元素可以選擇性有效地加入。

從由下列元素構成的群組中選擇一組或多組元素：

0 . 0 0 2 至 0 . 2 % 的 T i，0 . 0 0 0 5 至 0 . 0 2 % 的 C a，和總共 0 . 0 0 0 2 至 0 . 2 % 的稀土元素。

當藉由冶煉生產鋼材料時，硫化物型夾雜物顆粒的分佈狀態藉由添加 T i、C a 或稀土元素改變，並且與沒有添加它們顆粒相比能夠得到更優異的特性。然而，如果 T i 的含量少於 0 . 0 0 2 %，則添加的效果就不夠充分。另一方面，如果添加量超過 0 . 2 % 或更多，抗衝擊力就會顯著降低。在添加 C a 的情況下，如果添加量小於 0 . 0 0 0 5 %，則添加效果就不夠充分，如果添加量超過 0 . 0 2 % 或更多，就會像添加 T i 一樣造成抗衝擊力的降低。另外，在添加例如 C e、L a、P r 或 N d 等稀土元素的情況下，如果總量小於 0 . 0 0 2 %，則添加效果就不夠充分。反之如果含量超過 0 . 2 %，則衝擊強度就會像加入 T i 或 C a 一樣降低。類如 T i、C a 或稀土元素中可以單獨加入、或兩種一起加入、或多種同時加入。由於總量如果超過 0 . 2 2 %，則橫向韌性就會降低，因此其上限限定為 0 . 2 2 %。

五、發明說明 (13)

B i : 0 . 3 % 或更少 (不包括 0 %)

B i 是一種能有效改善切削性能的元素，但是過多含量不但會使其效果飽和而且會損害熱鍛性從而降低機械特性，因此其含量應為 0 . 3 % 或更少。

另外，除了上述 T i 、 C a 和稀土元素以外，還可以加入 N i 、 C r 、 M o 、 C u 、 V 、 N b 、 Z r 或 B ，以得到能滿足本發明條件的用於機器結構之易切削鋼。

當把冶煉方法用作為生產本發明用於機器結構之易切削鋼的方法時，選擇用於添加 M g 的 M g 合金種類，並且以很好的平衡方式控制添加 M g 合金時的氧溶解量，從加入 M g 合金到開始澆鑄的時間以及控制從澆鑄開始到凝固的平均凝固速度（冷卻速度）是非常重要的。藉由以良好的平衡控制它們，可以加入 0 . 0 0 5 至 0 . 0 2 % 的 M g ，並且將方程式（ 1 ）或（ 2 ）定義的硫化物型夾雜物顆粒的分佈指數 F 1 和 F 2 控制在本發明的範圍內。尤其是，添加 M g 合金時氧的溶解量對於提高 M g 的效果非常重要，在下列描述的實施例中，氧的溶解量藉由在添加 M g 合金之前選擇地控制 A l 的添加量進行調節。另外，作為本發明的目的對於硫化物型夾雜物的種類沒有限制，它們可以為 M n 、 C a 、 Z r 、 T i 、 M g 和其它元素的硫化物，複合硫化物，硫化碳或酸性硫化物，只要夾雜物的分佈狀態能夠滿足方程式（ 1 ）或（ 2 ）所限定的條件就可以。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明 (14)

較佳實施例詳細說明

以下藉由實施例對本發明進行更詳細的描述，但是下列實施例並不是為了限制本發明，任何根據上述和下述目的進行的設計修改都將包含在本發明的技術範圍內。

〔實施例〕

藉由下述的冶煉方法生產出多種鋼材料用於硫化物型夾雜物顆粒分佈狀態的比較研究，同時在易切削鋼中改變它們。

利用高頻感應電爐，首先在熔融的鋼內加入 C，接下來加入 Fe - Mn 合金和 Fe - Si 合金，及進一步加入 Fe - Cr 合金和 Fe - S 合金，隨後加入 Al 和 Mg。對於 Mg 的添加，使用的是多塊狀的 Ni - Mg 合金、

Si - Mg 合金及 Ni - Mg - Ca 合金中的一種。根據 Mg 合金的添加熔融鋼內的溶解氧，藉由在添加 Mg 合金之前控制 Al 的添加進行調節。另外，在改變從添加 Mg 合金到澆鑄的時間以及澆鑄後的平均凝結速度的同時鑄成 140 mm ϕ 的鋼錠。表 1 示出了每種樣品的化學成份，及表 2 示出了溶解氧量、添加合金的種類、澆鑄時間以及平均的凝固速度。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (15)

表1

序 號	化學成份組成(質量百分比)											
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Al	N	Mg	Bi	O	其它
1	0.30	0.013	0.85	0.01	0.060	0.13	0.020	0.006	0.0023	—	0.0011	
2	0.29	0.014	0.85	0.01	0.060	0.13	0.022	0.005	0.0022	—	0.0008	
3	0.31	0.014	0.86	0.01	0.056	0.13	0.021	0.006	0.0025	—	0.0022	
4	0.30	0.014	0.87	0.01	0.058	0.13	0.022	0.006	0.0004	—	0.0011	
5	0.30	0.013	0.88	0.02	0.059	0.13	0.023	0.006	0.0023	—	0.0010	
6	0.29	0.012	0.86	0.02	0.095	0.12	0.025	0.005	0.0026	—	0.0013	
7	0.31	0.015	0.84	0.01	0.095	0.13	0.028	0.005	0.0058	—	0.0014	
8	0.30	0.014	0.85	0.01	0.096	0.13	0.024	0.006	0.0004	—	0.0018	
9	0.45	0.022	1.01	0.02	0.055	0.12	0.025	0.005	0.0025	—	0.0012	
10	0.30	0.012	0.84	0.02	0.057	0.12	0.025	0.005	0.0032	—	0.0013	Ca:0.0017
11	0.31	0.017	0.85	0.02	0.060	0.13	0.022	0.004	0.0025	—	0.0014	Ti:0.015
12	0.29	0.018	0.86	0.02	0.055	0.14	0.024	0.006	0.0026	—	0.0015	REM:0.008
13	0.30	0.014	0.86	0.02	0.056	0.13	0.028	0.006	0.0022	0.02	0.0017	
14	0.30	0.0008	0.79	0.02	0.055	0.12	0.001	0.005	—	—	0.0042	

REM(稀土元素)總量 %Ce+%La+%Pr+%Nb

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (16)

表 2

序號	溶解氧量(ppm)	添加合金的種類	澆鑄時間 (分鐘)	平均凝固速度 (°C /分鐘)
1	8.0	Ni-Mg	6.5	32
2	4.9	Ni-Mg	6.5	32
3	18.2	Ni-Mg	7	32
4	8.2	Si-Mg	7	32
5	8.0	Ni-Mg	6.5	10
6	7.9	Ni-Mg	7.5	32
7	7.8	Ni-Mg	7	32
8	8.5	Ni-Mg	15	32
9	8.5	Ni-Mg	7	32
10	9.1	Ni-Mg-Ca	6.5	32
11	7.7	Ni-Mg	6.5	32
12	10.2	Ni-Mg	6	32
13	7.9	Ni-Mg	7.5	32
14	-	-	-	32

將藉由上述澆鑄得到的鑄錠加熱到大約 1 2 0 0 °C，熱鍛到 8 0 m m ϕ，切割成合適的尺寸並進行淬火，回火以便將維氏硬度均勻地調節為 2 7 0 ± 1 0。然後進行機械切削試驗、刀具壽命測量和衝擊試驗，並且測量硫化物型夾雜物顆粒的形式。

對於機械切削試驗，在垂直於鍛造的壓延方向上切割

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (17)

出試件，以便在平行於鍛造的壓延方向上加工試樣。鑽頭使用的是由高速鋼製成的直鑽（直徑為10 mm），並計算兩個鑽孔的切屑數量。另外，在速度為20 m/min，進給速度為0.2 mm/rev，及孔深為10 mm的加工條件下進行乾式加工。在刀具壽命的計算中，除了將速度增加到50 m/min，其它條件與機械切削試驗中的條件相同。

另外，使用沿垂直於鍛造的壓延方向切割出的試件，並進行卻貝氏（Charpy）衝擊試驗以確定橫向韌性。

另一方面，為了測量硫化物的形式，使用沿平行於鍛造的壓延方向切割出的試件。利用放大倍數為100的光學顯微鏡在100個視野內進行測量，每個視野的面積為0.5 mm × 0.5 mm，對硫化物型夾雜物的形狀和分佈狀態進行下述圖像分析。

（硫化物型夾雜物的形狀）

對於硫化物型夾雜物顆粒的形狀，對全部觀測的100個視野內每個1.0 μm²或更大的面積內的硫化物型夾雜物的大直徑、小直徑、面積和數量進行測量。在夾雜物顆粒延伸在兩個觀測視野上的情況下，跨越視野四個邊中的兩個邊與相鄰圖像接觸的夾雜物顆粒不計算在內，以便不計算重疊顆粒的數量。即，如圖2A所示，與右邊和底邊接觸的夾雜物顆粒不計算在內，但是它們計算為鄰接觀測視野內的夾雜物。尤其是，如圖2B所示，硫化物

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明 (18)

型夾雜物顆粒的數量在視野內計算。

(硫化物型夾雜物的分佈狀態)

硫化物型夾雜物顆粒的分佈狀態藉由下述的硫化物型夾雜物顆粒分佈指數 F_1 和 F_2 評估。

[F_1]

對於每個面積為 $0.5\text{ mm} \times 0.5\text{ mm}$ 的視野，面積為 $1.0\text{ }\mu\text{m}^2$ 或更大的硫化物型夾雜物顆粒的重心是確定的，對於每個硫化物型夾雜物顆粒，相對於其它硫化物型夾雜物顆粒測量它們重心之間的距離，並且到最近顆粒的距離是確定的。然後，取 X_1 與 $(A/n)^{1/2}$ 的比率，即比率 $[X_1 / (A/n)^{1/2}]$ ，並定義為硫化物型夾雜物顆粒的分佈指數 F_1 ，其中 X_1 為每個視野內最近顆粒之間距離的精確測量值的平均值， $(A/n)^{1/2}$ 為最近顆粒之間的距離，其中相同數量的硫化物型夾雜物顆粒均勻地分散在格子圖案中的相同面積內。在五個視野內測量指數並且確定平均值。因為藉由控制小尺寸的硫化物不能得到實質的效果，將目標硫化物的面積限定為 $1.0\text{ }\mu\text{m}^2$ 或更大。

[F_2]

將面積為 $0.5\text{ mm} \times 0.5\text{ mm}$ 的每個視野分成 25 個 $0.1\text{ mm} \times 0.1\text{ mm}$ 的格子（在每個縱向和橫

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (19)

向上均勻地分成 5 個) , 測量其重心包含在每個格子內的顆粒的數量 , 計算 2 5 個格子中每個之間的數量偏差作為標準偏差 σ , 藉由數量的平均值 X_2 (每單位面積內硫化物顆粒的數量平均值) 將標準偏差 σ 規格化得到的值 (σ / X_2) 定義為硫化物型夾雜物顆粒的分佈指數 F_2 。在五個視野內測量指數並確定平均值。表 3 所示為分佈指數和硫化物型夾雜物顆粒的形式 (縱橫比) , 以及機械切削試驗、刀具壽命測量和衝擊試驗的結果。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

A7
B7

五、發明說明 (20)

序號	硫化物顆粒分佈指數		縱橫比	切屑數量 (N/g)	刀具壽命 (cm)	橫向韌性 (J/cm ²)	備註
	F1	F2					
1	0.55	1.23	2.5	26	45	26.5	加工例
2	0.39	2.71	3.8	36	28	17.7	比較例
3	0.38	2.65	3.7	33	28	18.6	
4	0.35	2.74	3.9	36	29	16.7	
5	0.38	2.58	4.0	35	28	16.7	
6	0.48	1.57	2.8	32	56	24.5	加工例
7	0.54	1.26	2.6	30	62	24.5	
8	0.37	2.65	3.5	35	29	17.7	比較例
9	0.54	1.25	2.6	28	34	21.6	
10	0.62	1.19	2.2	25	72	28.4	加工例
11	0.43	2.03	3.2	33	40	24.5	
12	0.45	1.89	2.9	34	39	24.5	
13	0.54	1.24	2.6	42	113	26.5	
14	0.67	0.95	1.4	16	22	27.5	比較例

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (21)

在圖 3 中，相對於硫化物型夾雜物顆粒的分佈指數 F 1 分別繪出了切屑的數量（圖 3 A）、刀具壽命（圖 3 B）和橫向韌性（圖 3 C）。在圖 4 中，相對於硫化物型夾雜物顆粒的分佈指數 F 2 分別繪出了切屑的數量（圖 4 A）、刀具壽命（圖 4 B）和橫向韌性（圖 4 C）。滿足 F 1 或 F 2 的本發明實例表示為“●”而比較例表示為“○”。

從這些結果可以得出以下結論。序號 1、6、7 和 9 至 13 本發明實例，它們為具有良好均衡製造條件的易切削鋼，並能滿足 F 1 和 F 2 及縱橫比，同時切屑處理性能和機械特性（橫向韌性）良好。從圖 1 B 或圖 2 B 可看出，本發明實例用於機器結構之易切削鋼的刀具壽命特別佳。

另一方面，序號 2、5 和 8 為比較例，其中易切削鋼的製造條件不均衡，儘管它們能滿足縱橫比，但是它們都不滿足 F 1 和 F 2。即它們為具有良好切屑處理性能的易切削鋼，但是機械特性（橫向韌性）和刀具壽命不佳。尤其是，在序號 8 比較例中，Mg 的含量還超出了本發明的條件。

另外，序號 14 也是一個比較例，其根本不含有 Mg。序號 14 比較例不滿足本發明有關 F 1，F 2 和縱橫比的條件，而且其顯示了這樣的結果，即機械特性與本發明儘管基本上相等，但是切屑處理性能和刀具壽命極差。

本發明具有上述構成，其能夠提供一種含 Mg 的易切

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線

五、發明說明 (22)

削鋼，即使在無鉛狀態下，這種易切削鋼也具有可與現有加鉛鋼相比的機械特性（橫向韌性）和切屑處理性能，另外，還能夠穩定和可靠地提供優異的刀具壽命。

圖式簡要說明

圖 1 A 和 1 B 為用於說明硫化物夾雜物分佈指數 F 1 計算方法的視圖；

圖 2 A 和 2 B 為用於說明觀測視野內硫化物型夾雜物數量計算方法的視圖；

圖 3 A，3 B 和 3 C 分別為藉由切屑、刀具壽命和橫向韌性相對於 F 1 值繪製的圖形；

圖 4 A，4 B 和 4 C 分別為藉由切屑、刀具壽命和橫向韌性相對於 F 2 值繪製的圖形。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

終

四、中文發明摘要 (發明之名稱: 用於具有優異機械特性之機器結構之易切削鋼)

一種用於機器結構之易切削鋼，其能夠在無鉛的狀態下穩定和可靠地提供優異的可與現有加鉛鋼相當的切削性能（切屑處理性能和刀具壽命）和機械特性（橫向韌性），該切削鋼是這樣製成的，及含有 0 . 0 0 0 5 至 0 . 2 質量 % 的 M g ，並提供由下列方程式（ 1 ）所定義的硫化物顆粒之分佈指數 F 1 值為 0 . 4 至 0 . 6 5 ，或由下列方程式（ 2 ）所定義的硫化物顆粒之分佈指數 F 2 值為 1 至 2 . 5 ：

$$F\ 1 = X\ 1 \ / \ (A \ / \ n) \ ^{1 \ / \ 2} \ \dots \dots \dots \ (\ 1 \) \ , \ \text{或}$$
$$F\ 2 = \sigma \ / \ X\ 2 \ \dots \dots \dots \ (\ 2 \) \ .$$

英文發明摘要 (發明之名稱: FREE MACHINING STEEL FOR USE IN MACHINE STRUCTURE OF EXCELLENT MECHANICAL CHARACTERISTICS)

Free machining steel for use in machine structures capable of stably and reliably providing excellent machinability (chip disposability and tool life) and mechanical characteristics (transverse direction toughness) comparable, in a Pb free state, with existent Pb-added steels the machining steel being manufactured so as to contain 0.0005 to 0.02 mass% of Mg and provide a distribution index F1 for the sulfide particles defined by the following equation (1) of 0.4 to 0.65 or a distribution index for the sulfide particles defined by the following equation (2) of 1 to 2.5:

$$F1 = X_1 / (A/n)^{1/2} \dots \dots \dots (1), \text{ or}$$
$$F2 = \sigma / X_2 \dots \dots \dots (2)$$

as described in the specification.

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

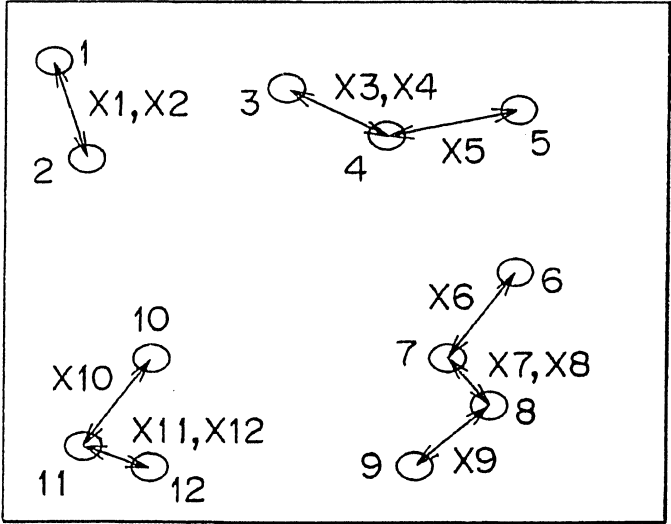
訂

線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

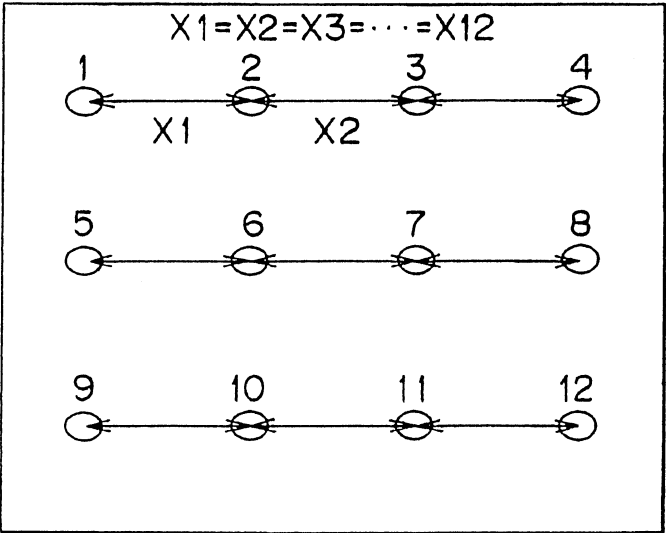
第 1A 圖

實際觀測的結構

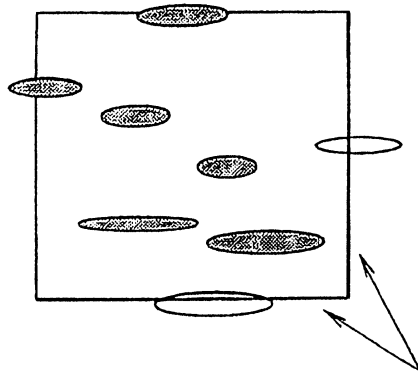


第 1B 圖

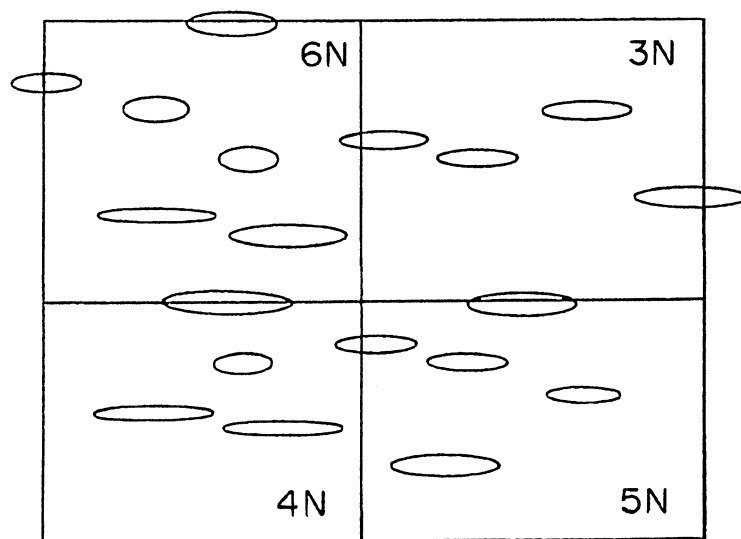
假設均勻的結構



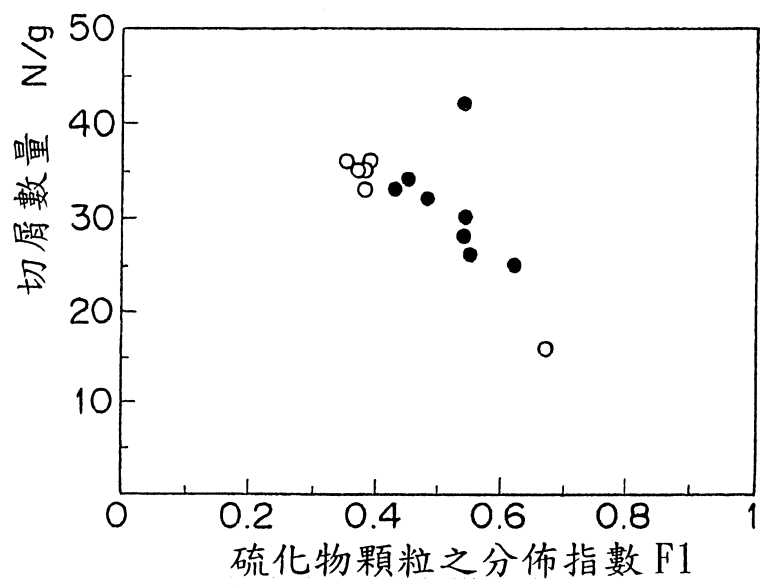
第 2A 圖



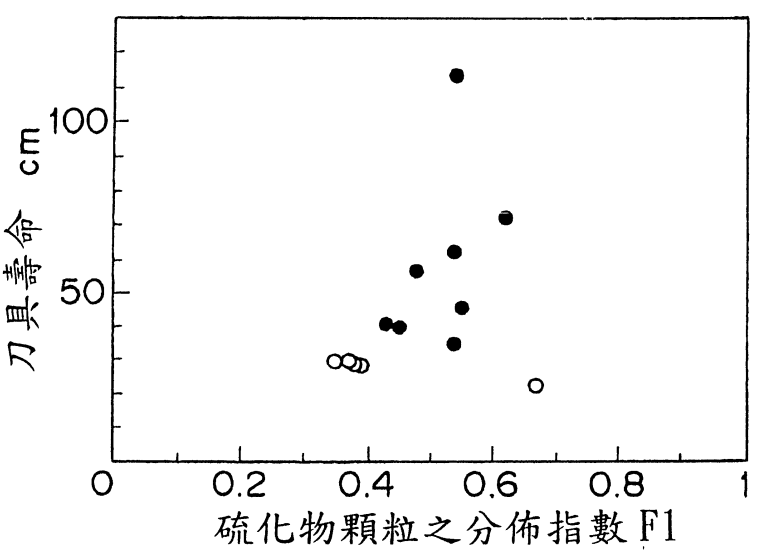
第 2B 圖



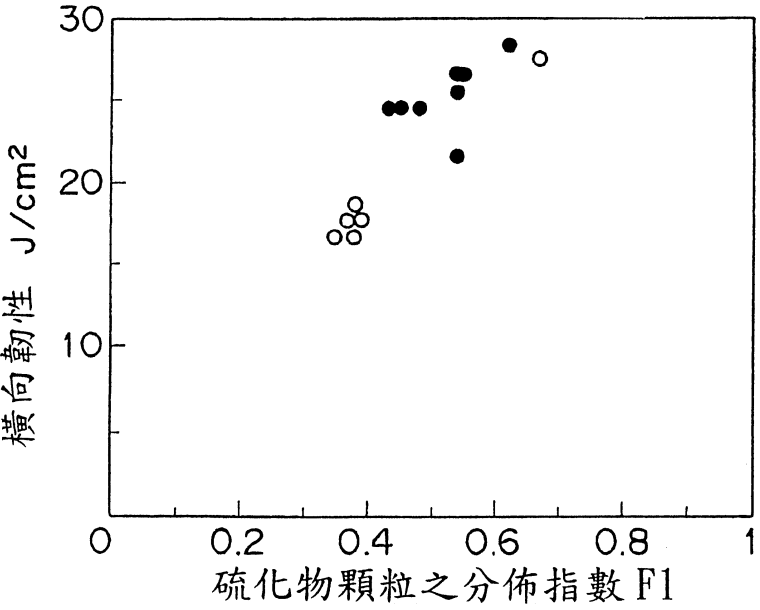
第 3A 圖



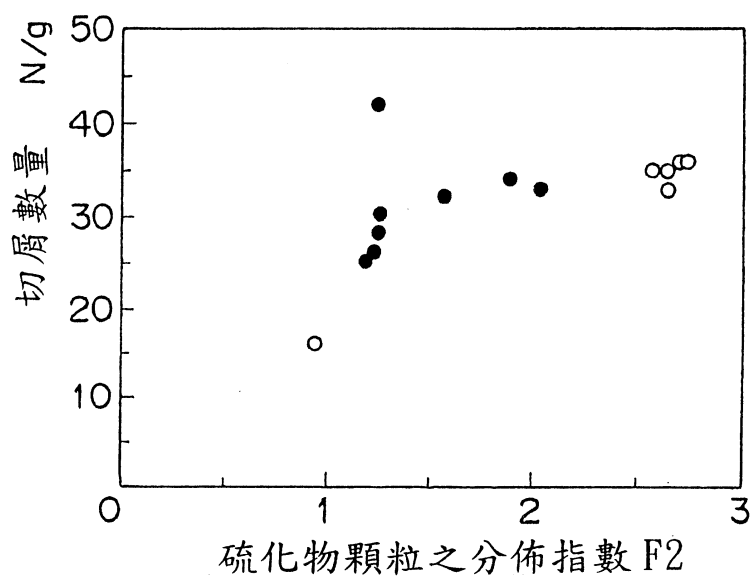
第 3B 圖



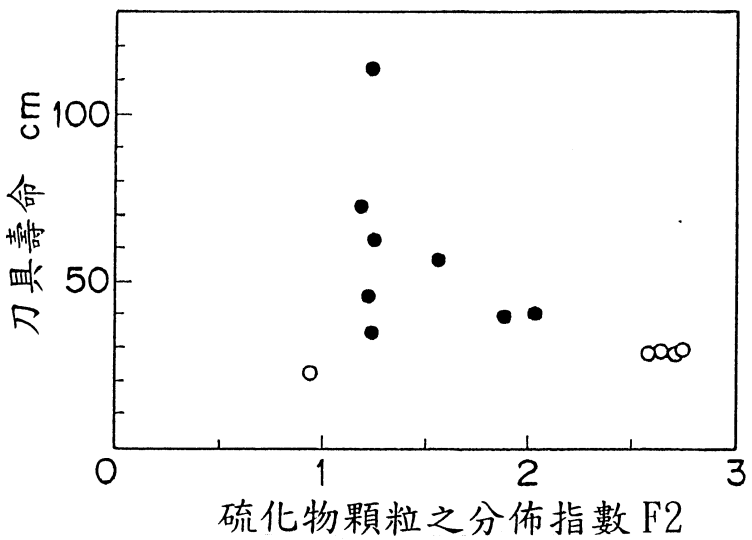
第 3C 圖



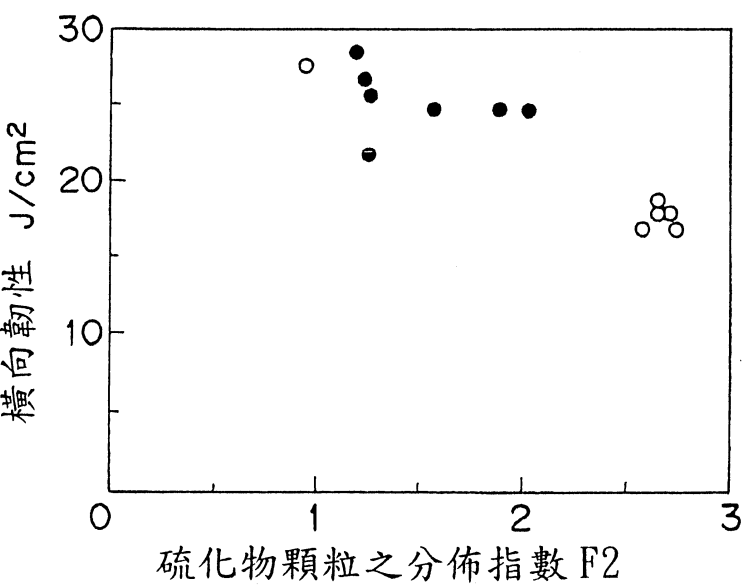
第 4A 圖



第 4B 圖



第 4C 圖



公告本

A8
B8
C8
D8修正
91年12月4日
補充

六、申請專利範圍

附件 1.

第 90120751 號 專利 申請 案

中文 申請 專利 範圍 修正 本

民國 91 年 12 月 4 日 修正

1. 一種具有硫化物型夾雜物之用於機器結構的易切削鋼，其中含有 0.0005 至 0.02 質量 % 的 Mg，且硫化物型夾雜物的分佈狀態受到以下控制以改善機械特性：

即其中由下列方程式 (1) 定義的硫化物型夾雜物顆粒的分佈指數 F1 值為 0.4 至 0.65：

$$F1 = X_1 / (A / n)^{1/2} \dots \dots \dots (1)$$

其中，

X₁：表示藉由精確測量觀測視野內的每個硫化物型夾雜物顆粒與觀測視野內的所有顆粒中離其最近的其它顆粒之間的距離而得到的平均值 (μm)，其係在五個視野內測量該距離並求它們的平均值，其中，

A：表示觀測面積 (mm²)，及

n：表示在觀測面積 (數量) 內觀察到的硫化物型夾雜物顆粒的數量；

其中該易切削鋼，以質量 % 為基礎，分別包括，

C：0.01 至 0.7 %，

Si：0.01 至 2.5 %，

Mn：0.1 至 3 %，

S：0.01 至 0.2 %，

P：0.05 % 或更少 (包括 0 %)，

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

六、申請專利範圍

A 1 : 0 . 1 % 或更少 (包括 0 %)

N : 0 . 0 0 2 至 0 . 0 2 % 。

2 . 一種具有硫化物型夾雜物之用於機器結構的易切削鋼，其中含有 0 . 0 0 0 5 至 0 . 0 2 質量 % 的 M g ，且硫化物型夾雜物的分佈狀態受到以下控制以改善機械特性：

即其中下述的方程式 (2) 定義的硫化物型夾雜物顆粒的分佈指數 F 2 值為 1 至 2 . 5 ：

$$F 2 = \sigma / X_2 \dots \dots \dots (2)$$

其中，

σ : 表示每單位面積內硫化物型夾雜物顆粒數量的偏差，及

X_2 : 表示每單位面積內夾雜物顆粒數量的平均值；

其中該易切削鋼，以質量 % 為基礎，分別包括，

C : 0 . 0 1 至 0 . 7 % ，

S i : 0 . 0 1 至 2 . 5 % ，

M n : 0 . 1 至 3 % ，

S : 0 . 0 1 至 0 . 2 % ，

P : 0 . 0 5 % 或更少 (包括 0 %) ，

A 1 : 0 . 1 % 或更少 (包括 0 %)

N : 0 . 0 0 2 至 0 . 0 2 % 。

3 . 如申請專利範圍第 1 項之用於機器結構的易切削鋼，其中硫化物型夾雜物的大直徑 L 1 與小直徑 L 2 之間的比率 (L 1 / L 2) 為 1 . 5 至 5 。

六、申請專利範圍

4 . 如申請專利範圍第2項之用於機器結構之易切削鋼，其中硫化物型夾雜物的大直徑 L_1 與小直徑 L_2 之間的比率 (L_1 / L_2) 為 1.5 至 5。

5 . 如申請專利範圍第1項之用於機器結構之易切削鋼，以質量%為基礎，其另包括從下列元素群組中選擇的至少一種元素：

Ti : 0.002 至 0.2 %，

Ca : 0.0005 至 0.02 % 及

稀土元素：總共 0.0002 至 0.2 %。

6 . 如申請專利範圍第2項之用於機器結構之易切削鋼，以質量%為基礎，其另包括從下列元素群組中選擇的至少一種元素：

Ti : 0.002 至 0.2 %，

Ca : 0.0005 至 0.02 % 及

稀土元素：總共 0.0002 至 0.2 %。

7 . 如申請專利範圍第1項之用於機器結構易切削鋼，以質量%為基礎，其另包括 0.3 % 或更少（包括 0 %）的 Bi。

8 . 如申請專利範圍第2項之用於機器結構易切削鋼，以質量%為基礎，其另包括 0.3 % 或更少（包括 0 %）的 Bi。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝

訂

線