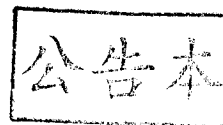


I307720

(此處由本局於收
文時黏貼條碼)

761843

發明專利說明書



(本申請書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：95119013

※申請日期：95年05月29日

※IPC分類：C21C 5/52

C22C 38/04

一、發明名稱：

(中) 低碳含硫快削鋼

(英)

二、申請人：(共 1 人)

1. 姓名：(中) 住友金屬工業股份有限公司

(英) SUMITOMO METAL INDUSTRIES, LTD.

代表人：(中) 1. 友野宏

(英) 1. TOMONO, HIROSHI

地址：(中) 日本國大阪府大阪市中心區北濱四丁目五番三三號

(英) 5-33, Kitahama 4-chome, Chuo-ku, Osaka-shi, Osaka 541-0041

Japan

國籍：(中英) 日本

JAPAN

三、發明人：(共 4 人)

1. 姓名：(中) 松井直樹

(英) MATSUI, NAOKI

國籍：(中) 日本

(英) JAPAN

2. 姓名：(中) 西隆之

(英) NISHI, TAKAYUKI

國籍：(中) 日本

(英) JAPAN

3. 姓名：(中) 加藤徹

(英) KATO, TORU

國籍：(中) 日本

(英) JAPAN

4. 姓名：(中) 長谷川達也

(英) HASEGAWA, TATSUYA

國 籍：(中) 日本
(英) JAPAN

四、聲明事項：

◎本案申請前已向下列國家（地區）申請專利 ☐ 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家（地區）；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 日本 ; 2005/05/30 ; 2005-156586 ☒ 有主張優先權

國 籍：(中) 日本
(英) JAPAN

四、聲明事項：

◎本案申請前已向下列國家（地區）申請專利 ☐ 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家（地區）；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 日本 ; 2005/05/30 ; 2005-156586 ☒ 有主張優先權

(1)

九、發明說明

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於低碳含硫快削鋼，更詳細地說，係關於：即使不含 Pb 的情況下，亦具有與以往的含鉛快削鋼(以下，稱「含 Pb 快削鋼」)以及複合添加了 Pb 與 S、P 之類的其他快削元素之複合快削鋼(以下，稱「含 Pb 複合快削鋼」)同等或更良好的被切削性之低碳含硫快削鋼。更具體地說，係關於：在使用高速鋼工具來進行切削時，具有良好的被切削性，並且具有優異的滲碳性，而且因為具有優異的連續鑄造性，所以可低價地大量生產之不含 Pb 的低碳含硫快削鋼。

【先前技術】

以往之軟質的小零件例如：汽車用的煞車零件、電腦周邊機器零件以及電氣機器零件之類的軟質的小零件的素材，為了提昇生產性，係採用具有優異的被切削性的鋼，也就是所謂的「快削鋼」。

這種軟質小零件的切削加工，在工業上，主要都是在 100m/分鐘以下的較低速領域來進行的，而且進行切削加工時的工具，大多採用並未實施鍍覆處理的高速鋼工具(以下，稱「HSS 工具」)。而在這種切削加工條件的情況下，針對於：素材鋼的「被切削性」，基於考慮到要確保較長的工具壽命，提昇加工精度的觀點，必須要求經過切削加工後的鋼材表面的拋光面粗糙度要很小，此外，也很

(2)

重視：切削屑是否具備優異的可斷裂成細屑的性質(以下，稱「切削屑處理性」)。特別是良好的切削屑處理性乃是加工生產線的自動化所不可或缺的，係用來提昇生產性所必須具備的特性。

習知的快削鋼，係有：大量添加入 S 以利用 MnS 來改善被切削性之含硫快削鋼(以下，稱「含 S 快削鋼」)、添加了 Pb 之含 Pb 快削鋼以及含 Pb 複合快削鋼等。

上述的快削鋼之中，特別是含 Pb 快削鋼以及含 Pb 複合快削鋼，係具備：優異的切削屑處理性，可延長工具壽命，加工後的鋼材表面的拋光面粗糙度優異等的特性。

因此，這些的含 Pb 快削鋼係可利用切削加工而被加工成前述的汽車用的煞車零件、電腦周邊機器零件以及電氣機器零件之類的軟質的各種小零件的形狀，當成最終製品來使用。此外，有時候係基於要確保：切削加工後的各種小零件的強度之目的，必須實施讓表面硬化的滲碳處理，使其增加表面硬度之後，才當作最終製品來使用。

然而，近年來因為對於地球環境問題的高度關心，所以對於降低含 Pb 量的快削鋼、或者完全不含 Pb 的快削鋼的需求變得極大，例如：在歐洲係發布了：RoHS 指令(On the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment;歐盟電子電機設備中危害物質禁用指令)、ELV 指令(End of Life Vehicle;歐盟廢車回收指令)，嚴格限制鋼材中所含的 Pb 含量，以質量%換算時，必須是 0.35%以下，因此急需能夠儘可能地

(3)

減少 Pb 的含量。

此外，Pb 係融點很低，且幾乎不會固熔在鋼中，所以含有大量的 Pb 的鋼，在軋軋時很容易產生裂隙。因此，即使是基於要穩定的製造鋼的觀點而言，對於：減少 Pb 含量的快削鋼、完全不含 Pb 的快削鋼的需求也是很大。

爲了因應這種需求，專利文獻 1~10 係提出可取代：含 Pb 快削鋼以及含 Pb 複合快削鋼的各種快削鋼的方案。

最爲人知的是如專利文獻 1~4 所示的，藉由增加 S 量來取代添加 Pb，以改善被切削性的低碳含硫快削鋼。

又，如專利文獻 5~10 所示般地，也有許多解決方案，係基於改善被切削性之目的，藉由在含 S 快削鋼內加入 B、Ti 等，來控制鋼中的中介物的形態之快削鋼。

具體而言，專利文獻 1 係揭示出：藉由含 S 超過 0.4%而使 MnS 之不含 Pb 的「低碳含硫快削鋼」。

專利文獻 2 係揭示出：藉由含 S 超過 0.50%而使 MnS 增量，藉此而謀求改善被切削性的「快削鋼」。

專利文獻 3 係揭示出：藉由含 S：0.4%以上，並且加入 Sn，以謀求改善被切削性改善的「低碳含硫快削鋼」。

專利文獻 4 係揭示出：藉由調整硫化物的平均寬度，以及線材的降伏比，以改善被切削性之「低碳含硫快削鋼及其製造方法」。

專利文獻 5 係揭示出：藉由加入適量的 Ti、Al 以及

(4)

Zr，使得硫化物系中介物細微化，以改善被切削性之「高含硫快削鋼」。

專利文獻 6 係揭示出：實質上不添加作為脫氧劑的 Al，藉由以硫化物系中介物當作環氧硫化物，來改善被切削性之「含硫有削鋼、該快削鋼之製造方法、以及快削鋼的機械加工方法」。

專利文獻 7～9 係揭示出：藉由調整鋼的成分組成和細微組織，或者使得細微的 MnS 分散化，以謀求改善被切削性之「具有優異的被切削性的鋼及其製造方法」或「具有優異的被切削性的鋼」。

專利文獻 10 係揭示出：由本發明人等所提出的方案的「低碳快削鋼」，其特徵為：含有特定量的 C、Mn、S、Ti、Si、P、Al、O 及 N；Ti 與 S 的含量符合下列(i)式，且 Mn 和 S 的原子比符合下列(ii)式，且含內包著 Ti 硫化物或/及 Ti 碳硫化物的 MnS。

$Ti(\text{質量}\%)/S(\text{質量}\%) < 1 \cdots (i) \text{式} ;$

$Mn/S \geq 1 \cdots (ii) \text{式}。$

〔專利文獻 1〕日本特開 2000-319753 號公報

〔專利文獻 2〕日本特開 2000-160284 號公報

〔專利文獻 3〕日本特開 2002-249848 號公報

〔專利文獻 4〕日本特開 2003-253390 號公報

〔專利文獻 5〕日本特開 2004-269912 號公報

〔專利文獻 6〕日本特開 2002-363691 號公報

〔專利文獻 7〕日本特開 2004-169051 號公報

(5)

〔專利文獻 8〕日本特開 2004-169052 號公報

〔專利文獻 9〕日本特開 2004-169054 號公報

〔專利文獻 10〕日本特開 2003-226933 號公報

【發明內容】

〔發明所欲解決之課題〕

前述專利文獻 1 所揭示的「低碳含硫快削鋼」，並未充分地考慮到 Mn、S、O 以及 N 等的成分組成，單純只是增加了 S 含量而已。因此，並無法獲得較合適的中介物，可在於以 100m/分鐘以下之較低速領域中使用 HSS 工具來進行切削時，用來同時改善拋光面粗糙度與切削屑處理性，因此，仍然無法確保所期望的良好的被切削性。

專利文獻 2 所揭示的「快削鋼」，確實可獲得：使用 HSS 工具時的被切削性的改善效果。然而，單純只是增大 S 含量而已，並未考慮到硫化物的形態，因此，拋光面粗糙度變大，有時候無法獲得所期望的較小的拋光面粗糙度。

專利文獻 3 所揭示的「低碳含硫快削鋼」中，提高含 O 量的做法會影響到 MnS 的形態，因而可獲得改善被切削性的效果。的確在於具有高含量 S 的鋼中，爲了將 MnS 的形態予以最佳化，提高含 O 量的做法是很重要的。然而，單純只是提高含 O 量的話，將會生成許多粗大的硫化物，因此切削屑處理性會惡化。此外，這個專利文獻 3 所揭示的技術，並不是連同氧化物的組成成分也都予以最佳化

(6)

。因此，在 100m/分鐘以下的較低速領域中使用 HSS 工具進行切削時，無法確保所期望的良好的被切削性。

專利文獻 4 所揭示的「低碳含硫快削鋼」，只是針對於直徑為 d 的鋼線材，控制由外周面下方 0.1mm 起至 $d/8$ 為止的區域內的硫化物的形態，較之該區域更深的區域內的硫化物形態，例如：鋼線材中心部的硫化物形態，則並未考慮。因此，當使用 HSS 鑽頭進行加工的這種對於表面部分以外的部分進行切削加工的情況下，就無法兼具：優異的切削屑處理性和確保工具的長使用壽命。

專利文獻 5 所揭示的「高含硫快削鋼」，則會生成：對於使用 HSS 工具進行切削而言，不佳形態的硫化物、氧化物。因此，在 100m/分鐘以下的較低速領域內，使用 HSS 工具進行切削時，無法獲得所期望的小拋光面粗糙度。

專利文獻 6 所揭示的「硫黃含有快削鋼」，雖然可藉由環氧硫化物的存在，來謀求改善被切削性，但是並未精緻地考慮到鋼的成分組成。因此，無法獲得對於：在 100m/分鐘以下的較低速領域內使用 HSS 工具進行切削而言，具有較適合的形態之硫化物以及氧化物，無法確保所期望的良好的被切削性。

專利文獻 7~9 所揭示的「具有優異的被切削性的鋼」，並未充分地考慮到成分組成，係被設定為：亦可添加入對於 MnS 的形態有很大影響的 Al、Ti 以及 Zr 等的成分元素。這種情況下，並無法獲得：對於使用 HSS 工具來進

(7)

行切削而言，具有較適合的形態的硫化物以及氧化物，切削屑處理性以及拋光面粗糙度會惡化，無法確保所期望的良好被切削性。

專利文獻 10 所揭示的「低炭素快削鋼」，的確在使用超硬工具進行高速切削時的工具壽命較之含 Pb 快削鋼更優異，且可獲得優異的切削屑處理性。但是，在 100m/分鐘以下的較低速領域內使用 HSS 工具進行切削的情況下，硫化物形態並不是對於改善被切削性具有幫助的形態，所以有時候拋光面粗糙度會變大，而無法所期望的小拋光面粗糙度。

如上所述，以往被提議的快削鋼，針對於作為：汽車用的煞車零件、電腦周邊機器零件以及電氣機器零件之類的軟質的小零件的素材，所需具備的被切削性的各種特性，亦即，在 100m/分鐘以下的較低速領域內使用 HSS 工具進行切削時的工具壽命、切削屑處理性以及拋光面粗糙度之中的至少任何一種特性而言，都較之含 Pb 快削鋼以及含 Pb 複合快削鋼更差。也就是說，以往被提議的任何一種快削鋼，在 100m/分鐘以下的較低速領域內使用 HSS 工具進行切削時的被切削性，無法說是：可與含大量的 Pb 之含 Pb 快削鋼以及含 Pb 複合快削鋼完全同等。

而且，前述之以往所提議的快削鋼也無法說是具備了：為了可以低價地大量生產而在製造階段所需要的良好的連續鑄造性、以及製品所需的熱處理特性。亦即，基於確保切削加工後的各種小零件的強度之目的，又實施滲碳處

(8)

理以使其增加表面硬度之後，才作為最終製品來使用的情況下，需要求具備良好的「滲碳性」。但是，前述的以往所提議的快削鋼，未必具有優異的「滲碳性」。而且在於：為了可以低價地大量生產，而在製造階段所要求的「連續鑄造性」的方面也並不優異。

因此本發明之目的係在於提供：低碳含硫快削鋼，這種低碳含硫快削鋼即使在未添加 Pb 的情況下，其在 100m/分鐘以下的較低速領域內使用 HSS 工具進行切削時的被切削性，係與以往的含 Pb 快削鋼以及含 Pb 複合快削鋼同等或更好，且具備優異的滲碳性，並且適合利用連續鑄造來大量生產。

〔用以解決課題之手段〕

本發明人等，首先使用不含 Pb 的含 S 快削鋼，針對於：在 100m/分鐘以下的較低速領域內，使用 HSS 工具進行切削時的被切削性，加以調查。

其結果，獲得了下列(a)的創見。此外，在以下的說明中的「Mn 系硫化物」，如果沒有特別的註明的話，係包含：MnS、Mn(S、Te)、Mn(S、Se)、Mn(S、O)以及 Mn(S、Se、O)等，將 X 當作可與 Mn 結合之 S 以外的元素，也就是 Te、Se 以及 O 的話，則包含以 Mn(S、X)的化學式來表示的 Mn 的複合化合物。

(a)含 S 快削鋼的情況下，係被認為：是藉由提高鋼中的含 O(氧)量，來生成粗大的 Mn 系硫化物因而提昇被切

(9)

削性。然而，在前述的切削速度領域內使用 HSS 工具進行切削時，如果單純只是增加含 O 量的話，只會使得 Mn 系硫化物粗大化而已，難以提昇被切削性，尤其是難以提昇切削屑處理性。

因此，接下來，針對於：在所述切削速度領域內的使用 HSS 工具進行切削時，Mn 系硫化物的形態與被切削性之間的關連性進行詳細的檢討。其結果，係發現了：對於拋光面粗糙度以及切削屑處理性的影響，不僅是依靠 Mn 系硫化物的大小而已，其分散的形態也會帶來很大的影響，因而獲得了下列 (b)~(d) 的創見。

(b) 在藉由提高鋼中的含 O 量以使得 Mn 系硫化物粗大地晶析出來的情況下，雖然可使拋光面粗糙度變小而獲得改善，但是，切削屑處理性卻變差。亦即，粗大的 Mn 系硫化物，在進行切削過程中，被當作切削屑來承受塑性變形的時候，會成為應力集中點，而產生以 Mn 系硫化物為起點的龜裂，如此一來，可抑制車刀刀口積屑緣部 (built-up edge) 的成長，因而可使得拋光面粗糙度變小而可獲得改善，且在切削屑剪斷領域內的阻力被削弱，因而切削阻力會降低，所以工具壽命得以延長。另外，Mn 系硫化物粗大化的情況下，龜裂在切削屑內部並不會有效地傳播，所以不至於讓切削屑斷裂，因此，切削屑處理性會變差。

(c) 在 Mn 系硫化物以細微的形態晶析出來的情況下，雖然可改善切削屑處理性，但是拋光面粗糙度會變大而變差。亦即，在凝固時因共晶反應而晶析出來的許多的細微

(10)

的 Mn 系硫化物，因為變形能力很高，所以在利用鍛造、輥軋而伸長的狀態下，或者，已經伸長者又受到輥軋而被斷裂而細微的狀態下，都可以觀察到。這些細微晶析出來的 Mn 系硫化物，在切削過程中，作為切削屑承受到塑性變形時，很容易變形，所以在切削屑變形時又被加諸了剪斷應力的情況下，也會變形。然後，以這個變形的 Mn 系硫化物當作起點，切削屑會脆化斷裂，而可使得切削屑處理性獲得改善。另一方面，在車刀刀口積屑緣部(built-up edge)周邊的 2 次剪斷域會受到更強的加工，所以上述的 Mn 系硫化物更加地被分斷而更細微化，因此無法產生對於讓車刀刀口積屑緣部(built-up edge)與切削屑分裂斷開很有幫助的裂隙，而使得該更細微化的 Mn 系硫化物被包進到車刀刀口積屑緣部的內部。其結果，就無法抑制車刀刀口積屑緣部的成長，因此，拋光面粗糙度會變大而變差。

(d)由上述(b)以及(c)的創見得知：如果想要改善拋光面粗糙度使其變得更小，必須是具有：可產生足以令車刀刀口積屑緣部與切削屑斷開之充分夠大的裂隙作用之 Mn 系硫化物，也就是說，即使在 2 次剪斷域內受到強力加工也不會分裂斷開之這種在切削前的狀態下，必須散佈著大寬度的 Mn 系硫化物。而且如果既要改善拋光面粗糙度，又要改善切削屑處理性的話，則必須讓以 Mn 系硫化物為起點所產生的裂隙有效率地傳播開，因此必須增大可產生較粗大的裂隙的大寬度的 Mn 系硫化物之分布密度。

(11)

因此，更進一步地針對於：藉由增加大寬度的 Mn 系硫化物的分布密度，以資提高拋光面粗糙度與切削屑處理性的兩種特性的條件，進行詳細檢討。其結果，獲得下列 (e)～(i) 的創見，而且針對於工具壽命則是獲得下列 (j) 的創見。

(e)爲了要增加大寬度的 Mn 系硫化物的分布密度，必須增大 Mn 系硫化物的絕對量，因此，必須以超過 0.4% 的範圍來含有 S。

(f)針對於大寬度的 Mn 系硫化物，在於與最靠近的 Mn 系硫化物之間的平均距離也就是「最短平均粒子間距離」很小的情況下，可有效率地讓裂隙傳播出去而助長了切削屑的分斷開，即使在不含 Pb 的情況下，亦可獲得與含 Pb 快削鋼以及含 Pb 複合快削鋼同等的切削屑處理性。

(g)爲了要增加大寬度的 Mn 系硫化物的分布密度，必須因應含 S 量，來使大多數之在凝固階段可作為 Mn 系硫化物的生成核心的 Mn 系氧化物分散開，爲了獲得這個結果，不僅要增大含 S 量、含 O 量，也必須將鋼的成分組成，特別是 Mn、S 以及 O 的含量平衡點以及 Al、Si 的含量與雜質中的 Ca、Mg、Ti、Zr 以及 REM 的含量予以適量化。此外，Mn 系氧化物的生成頻度係與 Mn 和 O 的濃度積，也就是「 $Mn \times O$ 」相關連。

(h)先令在凝固的早期階段所生成的 Mn 系氧化物以充分的密度分布，以這個 Mn 系氧化物當作生成核，利用偏晶反應而生成 Mn 系硫化物，可使得寬度大且最短平均粒

(12)

子間距離很小的 Mn 系硫化物，以較大的分布密度存在。

(i)N 並不會影響到較適合用來改善被切削性之 Mn 系硫化物的形態以及氧化物組成，係固熔在肥粒鐵中來提高切削屑處理性，所以最好是含有充分的量。

(j)如果在肥粒鐵粒內大量地分散著細微的 Mn 系氧化物的話，即可改善工具壽命而使其延長。

本發明係依據上述的創見而開發完成的，其要旨係在於下列(1)~(4)所示的低碳含硫快削鋼。

(1)一種低碳含硫快削鋼，其特徵為：以質量%換算，係包含 C：0.05%以上且未滿 0.20%、Si：未滿 0.02%、Mn：0.7~2.2%、P：0.005~0.25%、S：超過 0.40%且 0.60%以下、Al：未滿 0.003%、O：0.0090~0.0280%、N：0.0030~0.0250%，其餘部分係由 Fe 以及雜質所組成，雜質中的 Ca、Mg、Ti、Zr 以及 REM 係 Ca：未滿 0.001%、Mg：未滿 0.001%、Ti：未滿 0.002%、Zr：未滿 0.002%以及 REM：未滿 0.001%，並且符合下列(1)式以及(2)式，

$$\text{Mn} \times \text{O} > 0.018 \cdots (1) \text{式};$$

$$2.5 < \text{Mn} / (\text{S} + \text{O}) < 3.5 \cdots (2) \text{式},$$

在(1)式以及(2)式中的元素符號係代表：以該元素的質量%之在於鋼中的含量。

(2)如上述(1)所述的低碳含硫快削鋼，其中的 N 含量，以質量%換算，係 N：0.0060~0.0250%。

(3)如上述(1)或(2)所述的低碳含硫快削鋼，其中係含 Te：0.0005~0.03%、Sn：0.001%以上且未滿 0.50%以及

(13)

Se：0.0005%以上且未滿 0.30%之中的 1 種以上，來取代 Fe 的一部分。

(4)如上述(1)至(3)之中的任何一種所述的低碳含硫快削鋼，其中係含 Cu：0.01～1.0%、Ni：0.01～1.0%、Cr：0.01～1.0%以及 Mo：0.01～0.5%之中的 1 種以上，來取代 Fe 的一部分。

以下，係將上述 (1)～(4)的低碳含硫快削鋼的發明，分別稱為「本發明(1)」～「本發明(4)」，而且有時候也總稱為「本發明」。

此外，本發明所稱的「REM」係為 Sc、Y 以及類鑷元素之合計 17 種元素的總稱，REM 的含量係指：上述元素的合計含量。

〔發明效果〕

本發明的鋼，雖然是未添加 Pb 的「可善待地球環境的快削鋼」，但在 100m/分鐘以下的較低速領域內使用 HSS 工具進行切削時，係具有與以往的含 Pb 快削鋼、及複合添加了 Pb 和 S、P 等其他的快削元素之含 Pb 複合快削鋼同等級以上的良好的被切削性，也就是說，工具壽命長、良好的切削屑處理性以及具有小拋光面粗糙度，且滲碳性優異，並且連續鑄造性極優，所以可低價地大量生產。因此，可作為汽車用的煞車零件、電腦周邊機器零件以及電氣機器零件之類的軟質小零件的素材來加以利用。

(14)

【實施方式】

〔實施本發明之最佳形態〕

首先，說明本發明的低碳含硫快削鋼的化學組成以及限定其含量的理由。此外，在以下的說明中，各元素的含量的「%」標示，係意指「質量%」。

C：0.05%以上且未滿0.20%

C係對於被切削性有很大影響的重要元素。在重視被切削性的用途的鋼的情況下，如果含C為0.20%以上的話，鋼的強度會變高而使得被切削性變差。然而，若C的含量未滿0.05%的話，鋼會太過於軟質，在進行切削中會產生拉扯現象，反而會促進工具磨損，而且拋光面粗糙度也會變大而變差。因此，C的含量選定為0.05%以上且未滿0.20%。此外，為了獲得更良好的被切削性，C的含量選定為0.06～0.18%為宜。

Si：未滿0.02%

Si係與O(氧)的親和性很強之強力的脫氧元素，在含有0.02%以上的情況下，無法獲得對於改善被切削性較為適合的Mn系硫化物的形態以及氧化物組成，所以在100m/分鐘以下的較低速領域內之利用HSS工具進行切削時的被切削性會變差。因此，Si的含量選定為未滿0.02%。此外，Si對於Mn系硫化物的形態以及氧化物組成有很大的影響，所以不僅不要添加，在進行精煉鋼時，必須儘可能地予以去除。如果想要獲得更優異的被切削性，Si的含量係選定為未滿0.01%為宜。

(15)

Mn : 0.7 ~ 2.2 %

Mn 係與 S 一起形成 Mn 系硫化物而對於被切削性有很大影響的重要元素。如果其含量未滿 0.7% 的話，Mn 系硫化物的絕對量會不足，無法獲得所期望的良好的被切削性，而且熱間加工性也會變差。Mn 也具有可提高滲碳性的作用，所以如果想要獲得良好的滲碳性的情況下，只要提高 Mn 的含量即可，但是因為 Mn 除了是 Mn 系硫化物形成元素之外，又對於脫氧也具有助益，所以如果只是基於改善滲碳性之目的，單純地提高 Mn 的含量的話，也無法獲得所期望的中介物形態。如果想要獲得所期望的中介物形態，必須先充分地考慮到與 S、O(氧)的質量平衡度之後，才來添加 Mn。然而，即使是在這種情況下，Mn 的含量若超過 2.2% 的話，還是無法獲得所期望的中介物形態，被切削性會變差。因此，Mn 的含量選定為 0.7 ~ 2.2 %。此外，為了要兼具所期望的良好的被切削性和良好的滲碳性，Mn 的含量係選定在 1.2 ~ 1.8 % 為宜。

此外，上述的「Mn 系硫化物」係指：MnS 以及如 Mn(S、Te)、Mn(S、Se)、Mn(S、O)及 Mn(S、Se、O)等所表示般的，X 代表 S 以外之可與 Mn 結合的元素也就是 Te、Se 以及 O，以 Mn(S、X)的化學式來表示的 Mn 的複合化合物。

P : 0.005 ~ 0.25 %

P 係具有降低粒界的強度，提高被切削性的作用。若想要獲得前述的效果，必須將 P 的含量選定為 0.005 % 以

(16)

上。另一方面，如果 P 的含量過度的話，鋼的強度會變高，反而會導致被切削性的降低，特別是若 P 的含量超過 0.25% 的話，強度變得太高，被切削性的降低會很顯著。此外，P 的含量超過 0.25% 的情況下，因為會助長鋼塊的偏晶析出，所以也會造成熱間加工性的降低。因此，P 的含量選定為 0.005 ~ 0.25%。為了要穩定地獲得更優異的被切削性，P 的含量係選定為 0.03 ~ 0.15% 為宜。

S：超過 0.40% 且 0.60% 以下

S 係與 Mn 一起形成 Mn 系硫化物以資提高被切削性所必須的元素。利用 Mn 系硫化物來提高被切削性的效果，不僅係依據其生成量，也會隨著形態以及分散狀態而改變。因此，S 的含量、以及 Mn 和 O(氧)的含量的平衡度是很重要的，但是如果 S 的含量是 0.40% 以下的話，縱使將 Mn 以及 O(氧)的含量的平衡度適量化，也無法獲得充分量的 Mn 系硫化物，無法獲得可用以得到所期望的良好的被切削性之 Mn 系硫化物的分散形態。此外，在一般的情況下，S 的含量若超過 0.35% 的話，熱間加工性會降低，所以會成為在鑄片內部形成所謂的「內部斷裂」的主因，但是藉由將 Mn 以及 O(氧)的含量的平衡度予以適量化，S 的含量即使是超過 0.35% 的情況下，也不會引起內部斷裂的現象，可提高被切削性。然而，S 的含量若超過 0.60% 的情況下，則必須大量含有 Mn，以使得熱間延性不會產生惡化，但是 Mn 係當作脫氧元素來作用，所以無法確保充分的氧量，因此有損 Mn 系硫化物的形態，實質上是難以

(17)

獲得所期望的 Mn 系硫化物的形態以及分散狀態。此外，含量若超過 0.60%之過量添加 S 的話，將會因為良品率的惡化導致製造成本上昇。因此，S 的含量選定為超過 0.40%且 0.60%以下。此外，若想要更穩定地確保優異的被切削性，並且不會讓製造性惡化地獲得所期望的 Mn 系硫化物的形態的話，S 含量係選定為 0.45～0.55%為宜。

Al：未滿 0.003%

Al 是與 O(氧)的親和性很強之強力的脫氧元素，在含有 0.003%以上的情況下，無法獲得適合改善被切削性的 Mn 系硫化物的形態以及氧化物組成，所以在 100m/分鐘以下的較低速領域下利用 HSS 工具進行切削時的被切削性會惡化。因此，乃將 Al 的含量設定在未滿 0.003%。此外，Al 會對於 Mn 系硫化物的形態以及氧化物組成帶來很大的影響，所以不僅是不要添加，而且在進行精煉時也必須儘可能地予以除去。為了獲得更優異的被切削性，Al 的含量是設定在未滿 0.002%為宜。

O：0.0090～0.0280%

除了將 Mn 以及 S 的含量的平衡予以適量化之外，藉由提高 O(氧)的含量，可改變 Mn 系硫化物的形態，進而可改善被切削性。然而，O 的含量若未滿 0.0090%的話，無法得到用以獲得所期望的良好的被切削性的中介物形態，無法確保充分的被切削性。另一方面，若 O 的含量超過 0.0280%的話，不僅無法獲得所期望的中介物形態，也會產生粗大的氧化物，導致在進行軋軋時發生龜裂。因此，

(18)

乃將 O 的含量設定在 0.0090~0.0280%。此外，O 的含量，爲了要穩定地確保所期望的中介物形態、分散狀態，係以設定在 0.0100~0.0200%的範圍爲宜。

N：0.0030~0.0250%

即使提高 N 的含量，也不會影響適合改善被切削性的 Mn 系硫化物的形態以及氧化物組成，而且在實質上並不含 Al、Ti 的本發明中，幾乎不會形成硬質的 Al、Ti 的氮化物，所以 N 係以固熔在肥粒鐵中的狀態存在。固熔在上述肥粒鐵中的 N 係具有提高切削屑處理性的作用。然而，若在 N 的含量未滿 0.0030%的情況下，無法獲得充分地提高切削屑處理性的效果。另一方面，如果 N 的含量超過 0.0250%的話，不僅前述的效果趨於飽和，也會導致製造成本的上昇。因此，係將 N 的含量設定在 0.0030~0.0250%。此外，若想獲得良好的被切削性的情況下，含 N 量係 0.0060%以上爲宜，若想更有效果地獲得良好的被切削性的情況下，含 N 量係 0.0080%以上爲宜。

本發明的低碳含硫快削鋼中，雜質中的 Ca、Mg、Ti、Zr 以及 REM 的含量係限制在下列的範圍。

Ca：未滿 0.001%、Mg：未滿 0.001%、Ti：未滿 0.002%、Zr：未滿 0.002%以及 REM：未滿 0.001%

在一般的快削鋼中，Ca、Mg、Ti、Zr 以及 REM 都是被添加作爲用來改善被切削性的元素。然而，從上述的 Ca 至 REM 的各元素，都會對於 Mn 系硫化物的形態、氧化物組成以及這些中介物的分散狀態帶來不良影響，在

(19)

100m/分鐘以下的較低速領域下，利用 HSS 工具進行切削時的被切削性會降低。尤其是雜質中的上述的 Ca、Mg、Ti、Zr 以及 REM，如果 Ca、Mg 以及 REM 的其中一種的含量是 0.001%以上，Ti 以及 Zr 的其中一種的含量是 0.002%以上的情況下，在前述的切削速度領域下使用 HSS 工具進行切削時的被切削性的降低會趨於明顯。因此，Ca、Mg、Ti、Zr 以及 REM 的雜質中的含量必須限定為 Ca：未滿 0.001%、Mg：未滿 0.001%、Ti：未滿 0.002%、Zr：未滿 0.002%以及 REM：未滿 0.001%。雜質中的上述 Ca、Mg、Ti、Zr 以及 REM 的任何一種均為 0.0005%以下為宜。

此外，如前所述，「REM」是 Sc、Y 以及類釧元素的合計 17 元素的總稱，REM 的含量係指上述元素的合計含量。

Mn 與 O 的濃度積 ($Mn \times O$)：超過 0.018

含有上述範圍的 C 至 N 的元素，其餘部分係由 Fe 以及雜質所組成，雜質中的 Ca、Mg、Ti、Zr 以及 REM 係 Ca：未滿 0.001%、Mg：未滿 0.001%、Ti：未滿 0.002%、Zr：未滿 0.002%以及 REM：未滿 0.001%的鋼，其中的 Mn 與 O 的濃度積的值，也就是說，「 $Mn \times O$ 」的值若超過 0.018 的情況下，即可確保在 100m/分鐘以下的較低速領域下利用 HSS 工具進行切削時之所期望的優異的被切削性。

因此，Mn 與 O 的濃度積也就是 $Mn \times O$ 的值必須超過

(20)

0.018，換言之，必須符合前述(1)式。此外，上述(1)式「 $Mn \times O$ 」中的元素符號，係以該元素的質量%來表示在鋼中的含量， $Mn \times O$ 的值的上限係0.030為宜。 $Mn \times O$ 的值若超過0.030的情況下，寬度較大的Mn系硫化物的分布密度不會太高，有時候會難以獲得良好的拋光面粗糙度與切削屑處理性。

$Mn/(S+O)$ ：超過2.5但未滿3.5

含有上述範圍的C至N的元素，其餘部分係由Fe以及雜質所組成，雜質中的Ca、Mg、Ti、Zr以及REM係Ca：未滿0.001%、Mg：未滿0.001%、Ti：未滿0.002%、Zr：未滿0.002%以及REM：未滿0.001%的鋼，其中的 $Mn/(S+O)$ 的值係超過2.5的情況下，在凝固階段時可使得作為Mn系硫化物的生成核的Mn系氧化物大量地分散，而可增加寬度大的Mn系硫化物的分布密度，所以可獲得所期望之良好的被切削性。此外， $Mn/(S+O)$ 的值為2.5以下的情況下，利用連續鑄造進行製造的話，鑄片內部會產生裂隙等現象而導致熱間加工性的降低，但是 $Mn/(S+O)$ 的值若超過2.5的話，不僅使合工業性規模的大量生產，亦可確保充分的熱間加工性。

另一方面， $Mn/(S+O)$ 的值為3.5以上的情況下，相對於所含有的S、O的量，Mn的含量會過剩，導致固熔在組織中的Mn量變成過剩，因而被切削性，特別是工具壽命會惡化。此外，在實質上並未含Al、Si、Ca、Mg、Ti、Zr以及REM的本發明中，為了Mn發揮作為脫氧元素的

(21)

作用，如果 Mn 含量過剩的話，就無法獲得：爲了得到可改善被切削性的 Mn 系硫化物的形態之充分的 O 量，所以切削屑處理性會降低，並且拋光面粗糙度會變大。

因此， $Mn/(S+O)$ 的值需要超過 2.5 且未滿 3.5，換言之，必須符合前述 (2) 式。此外，上述的 (2) 式「 $Mn/(S+O)$ 」中的元素符號是以該元素的質量%來表示在鋼中的含量。

基於上述的理由，本發明 (1) 的低碳含硫快削鋼的化學組成係界定成含有：上述範圍的 C 至 N 的元素，其餘部分係由 Fe 以及雜質所組成，雜質中的 Ca、Mg、Ti、Zr 以及 REM 係 Ca：未滿 0.001%、Mg：未滿 0.001%、Ti：未滿 0.002%、Zr：未滿 0.002% 以及 REM：未滿 0.001%，且符合前述的 (1) 式以及 (2) 式。

又，本發明 (2) 的低碳含硫快削鋼的化學組成，係針對本發明 (1) 的低碳含硫快削鋼，將其中的 N 含量界定在 N：0.0060～0.0250%。

本發明的低碳含硫快削鋼，亦可因應必要，以從後述的第 1 群所選出的種以上的元素以及從第 2 群所選出的 1 種以上的元素之其中一方或雙方，當作可隨意添加的元素來添加含有，以取代 Fe 的一部分。

以下，將說明上述第 1 群以及第 2 群的可隨意添加的元素。

第 1 群：Te：0.0005～0.03%、Sn：0.001% 以上且未滿 0.50% 以及 Se：0.0005% 以上且未滿 0.30%

(22)

Te、Sn 以及 Se 均不會損及可改善被切削性的中介物的較佳形態，而具有提高被切削性的作用。因此，在 100m/分鐘以下的較低速領域內使用 HSS 工具的時候，如果想要獲得更優異的被切削性的話，亦可在以下的範圍內來予以含有。

Te：0.0005～0.03%

Te 係可與 Mn 一起產生 Mn(S、Te)，這個 Mn(S、Te) 在切削過程中係可發揮擬似性的潤滑效果的功能。而且即使添加了 Te，也只是增加了大粒度的 Mn 系硫化物的比例而已，對於氧化物的形態並無影響，所以可提高在前述的切削速度領域內使用 HSS 工具進行切削時的被切削性。但是，如果其含量未滿 0.0005% 的話，即使添加了該元素，效果也不明顯。另一方面，如果含 Te 超過了 0.03%，其效果趨於飽和只會增加成本並無特別助益，而且熱間加工性也會惡化。因此，如果想要添加的話，係將 Te 的含量界定在 0.0005～0.03%。此外，為了更穩定地兼具有良好的熱間加工性與良好的被切削性，Te 的含量係設定在 0.003～0.02% 為宜，更好是設定在 0.003～0.01%。

Sn：0.001% 以上且未滿 0.50%

Sn 係具有可改善鋼的被切削性的作用。這是因為被認為 Sn 具有將基底金屬脆化的效果。但是，如果其含量未滿 0.001% 的話，添加的效果並不明顯。另一方面，如果含 Sn 量是 0.50% 以的話，其效果將會飽和，而且熱間加工性也會惡化。因此，如果想要添加的話，係將 Sn 的

(23)

含量設定在 0.001%以上且未滿 0.50%。此外，爲了要兼具有良好的熱間加工性與良好的被切削性，Sn 的含量是設定在 0.03%以上 0.30%以下爲宜。

Se：0.0005%以上且未滿 0.30%

Se 係可與 Mn 一起產生 Mn(S、Se)，這種 Mn(S、Se) 在進行切削過程中係可發揮擬似性的潤滑效果的功能。而且即使添加了 Se，也只是增加了大粒度的 Mn 系硫化物的比例而已，對於氧化物的形態並無影響，所以可提高在前述的切削速度領域下使用 HSS 工具進行切削時的被切削性。但是，如果其含量未滿 0.0005%的話，添加的效果並不明顯。另一方面，即使含 Se 量是 0.30%以上，其效果將會趨於飽和而只是增加成本而且，而且熱間加工性也會惡化。因此，如果想要添加的話，係將 Se 的含量設定爲 0.0005%以上且未滿 0.30%。此外，爲了要更穩定地兼具有良好的熱間加工性與良好的被切削性，係將 Se 的含量設定在 0.005%以上且 0.15%以下爲宜。

上述的 Te、Sn 以及 Se 均可只添加其中任何 1 種而已，或者也可以將其中 2 種以上複合添加在一起。

第 2 群：Cu：0.01～1.0%、Ni：0.01～1.0%、Cr：0.01～1.0%以及 Mo：0.01～0.5%

Cu、Ni、Cr 以及 Mo 均具有提高鋼的強度的作用。因此，如果想要提高製品強度的話，可在於以下的範圍內予以含有。

Cu：0.01～1.0%

(24)

Cu 係可因為晶析強化效果而具有提高鋼的強度的作用。然而，其含量如果未滿 0.01% 的話，其添加的效果並不明顯。另一方面，如果 Cu 的含量超過 1.0% 的話，將導致熱間加工性的惡化，而且 Cu 的晶析物會粗大化，所以不僅前述的效果趨於飽和，也會導致被切削性的降低。因此，如果想要添加的話，係將 Cu 的含量設定為 0.01 ~ 1.0%。此外，為了要穩定地兼具有良好的強度與良好的熱間加工性，係將 Cu 的含量設定為 0.03 ~ 0.50% 為宜，為了穩定地兼具有更為良好的強度與良好的熱間加工性，係將 Cu 的含量設定在 0.05 ~ 0.50% 更佳。

Ni : 0.01 ~ 1.0%

Ni 係可利用固溶強化效果而具有提高鋼的強度之作用。但是，如果其含量未滿 0.01% 的話，其添加的效果並不明顯。另一方面，如果 Ni 的含量超過 1.0% 的話，不僅會導致被切削性的惡化，也會使得熱間加工性惡化。因此，如果想要添加的話，係將 Ni 的含量設定為 0.01 ~ 1.0%。此外，為了要穩定地兼具有良好的強度、被切削性以及熱間加工性，係將 Ni 的含量設定在 0.03 ~ 0.50% 為宜。

Cr : 0.01 ~ 1.0%

Cr 係具有提高鋼的強度之作用。Cr 也具有提高鋼的淬火性進而改善滲碳性的作用。但是，如果其含量未滿 0.01% 的話，其添加的效果並不明顯。另一方面，即使含有 Cr 超過 1.0%，前述的效果將會趨於飽和而不僅會增加成本，還會降低被切削性。因此，如果想要添加的話，係

(25)

將 Cr 的含量設定為 0.01~1.0%。此外，爲了要穩定地兼具有良好的強度、淬火性以及被切削性，係將 Cr 的含量設定在 0.02~0.5%爲宜，爲了要穩定地具備更加良好的強度、淬火性以及被切削性，係將 Cr 的含量設定在 0.03~0.5%更佳。

Mo：0.01~0.5%

Mo 係具有提高鋼的強度之作用。Mo 也具有可提高鋼的淬火性進而改善滲碳性的作用以及將組織細微化以提高韌性的作用。然而，其含量如果未滿 0.01%的話，其添加的效果並不明顯。另一方面，即使含有 Mo 超過了 0.5%，前述的效果將趨於飽和，不僅將使得成本增加，也會降低被切削性。因此，如果想要添加的話，係將 Mo 的含量設定為 0.01~0.5%。此外，爲了要使其穩定地具備良好的強度、淬火性、韌性以及被切削性，Mo 的含量係設定在 0.05~0.5%爲宜。又，爲了要既可壓低製造成本，又具備有良好的強度、淬火性、韌性以及被切削性，係將 Mo 的含量設定在 0.02~0.3%爲宜。

上述的 Cu、Ni、Cr 以及 Mo 均可只添加其中任何 1 種而已，或者也可以將其中 2 種以上複合添加在一起。

基於上述的理由，本發明(3)的低碳含硫快削鋼的化學組成，係針對於本發明(1)或本發明(2)的低碳含硫快削鋼，係界定成含 Te：0.0005~0.03%、Sn：0.001%以上且未滿 0.50%以及 Se：0.0005%以上且未滿 0.30%之中的 1 種以上，來取代 Fe 的一部分。

又，本發明(4)的低碳含硫快削鋼的化學組成，係針對於本發明(1)至本發明(3)的任何一種低碳含硫快削鋼，係界定成含 Cu：0.01～1.0%、Ni：0.01～1.0%、Cr：0.01～1.0%以及 Mo：0.01～0.5%之中的1種以上，來取代Fe的一部分。

此外，Mn系硫化物的分散形態、氧化物組成，有時候係受到凝固速度、製造條件的左右。因此，本發明的低碳含硫快削鋼，例如：係可採用下列的製法來進行工業規模的大量生產。

首先，利用連續鑄造法來製造本發明的低碳含硫快削鋼的情況下，必須先調整從轉爐之類的煉鋼爐倒至澆桶時的出鋼階段以及在澆桶時的爐渣精煉階段時的狀態。

具體而言，在澆桶精煉開始時，先將熔鋼中所含有的Mn量調整為未滿1.5%，較好是未滿1.2%。在這個階段，即使令熔鋼中含有1.5%以上的Mn，最終還是可以調整成前述的範圍內，但是為了要獲得適切的氧化物以及Mn系硫化物的形態，最好是在精煉開始時的Mn的含量預先調整成上述的含量。在進行這種Mn含量的調整之同時，就將精煉開始時的爐渣中的MnO的含量調整到適切的範圍，具體而言，調整到25～40%的範圍更佳。然後，從精煉的後半到末期，只要藉由添加入合金鐵來調整成預定的Mn含量即可。

其次，為了要獲得適切的Mn系硫化物的形態，而調整鑄造時的冷卻速度。

(27)

亦即，鑄片的冷卻速度，在於表皮以及中心部係有很大的差，所以爲了要讓粒度大且最短平均粒子間距離很小的 Mn 系硫化物以較大的分布密度穩定地存在，乃將中心部的冷卻速度設定爲至少 $1^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 以上，更好是設定爲 $2^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 以上來進行冷卻。

此外，在利用造塊法來製造鋼塊的時候，在鑄造小型鋼錠的這種冷卻速度很快的情況下，只要將鑄模設計成可讓鋼塊中心部的冷卻速度達到 $20^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 以下的程度即可。相反地，在鑄造巨大的鋼錠的這種冷卻速度很慢的情況下，只要將鑄模設計成可使得中心部的冷卻速度達到 $1^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 以上的程度即可。

以下將利用實施例更加詳細說明本發明。

〔實施例〕

使用高周波電磁感應爐，將具有表 1~3 所示的化學組成的鋼 1~57 加以熔製，以製作成直徑約 220mm 的 150~180kg 的鋼塊。

表 1 中的鋼 1~23 係化學組成分爲本發明所界定的範圍內的鋼(以下，稱爲「本發明例的鋼」)。另一方面，表 2 中的鋼 24~41 以及表 3 中的鋼 42~57 係化學組成分脫離本發明所界定的比較例的鋼。此外，比較例的鋼之中的鋼 55~57 係相當於以往的含 Pb 快削鋼的鋼。

上述的各種鋼之中，本發明例的鋼也就是鋼 1~23 及比較例的鋼之中的鋼 29、鋼 30、鋼 34、鋼 36 以及鋼 50

～57，都是控制了其在熔製階段時的溶氧量以及凝固速度而製作成鋼塊。換言之，原料鐵熔融之後，在添加過副原料的階段，係在熔鋼內添加入以鐵箔包裹的狀態來販售的 MnO 粉末，然後，實施成分的調整，以 1600°C 前後的溫度出鋼倒入鑄模。此外，爲了調節鋼的凝固速度，先出鋼導入到以砂子圍繞起來的陶瓷製的坩鍋以將凝固速度調整成適切的速度。

另一方面，比較例的鋼之中的鋼 24～28、鋼 31～33、鋼 35 以及鋼 37～49，則並未講究上述這種特別的手段就進行熔製。換言之，添加過副原料後，並未加入 MnO 粉體，或者並未採用以砂子圍繞起來的陶瓷製的坩鍋，直接鑄造到一般的鑄模。

表 1

鋼	化 學 組 成 分 (質 量 %)										其 餘 部 分 : F e 以 及 雜 質				Mn _x O 的 值	Mn/(S+O) 的 值
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	O	Ca	Mg	Ti	Zr	REM	其 他		
1	0.08	0.005	1.45	0.067	0.50	0.001	0.0090	0.0188	0.0004	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	-	0.027	2.79
2	0.10	0.004	1.38	0.095	0.48	0.001	0.0105	0.0168	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0005	-	0.023	2.78
3	0.09	0.007	1.66	0.087	0.55	0.002	0.0085	0.0152	0.0003	0.0001	0.0003	0.0001	0.0004	-	0.025	2.94
4	0.12	0.006	1.89	0.092	0.58	0.001	0.0095	0.0109	0.0003	0.0003	0.0012	0.0003	0.0003	-	0.021	3.20
5	0.18	0.009	1.49	0.065	0.50	0.002	0.0130	0.0125	0.0001	0.0003	0.0011	0.0004	0.0003	-	0.019	2.91
6	0.06	0.012	1.52	0.072	0.46	0.002	0.0082	0.0135	0.0003	0.0003	0.0003	0.0012	0.0004	-	0.021	3.21
7	0.07	0.010	1.15	0.120	0.42	0.001	0.0070	0.0200	0.0003	0.0002	0.0002	0.0003	0.0004	-	0.023	2.61
8	0.08	0.004	1.35	0.072	0.46	0.001	0.0102	0.0172	0.0002	0.0002	0.0004	0.0003	0.0004	Cr:0.30	0.023	2.83
9	0.07	0.010	1.49	0.081	0.41	0.002	0.0120	0.0137	0.0004	0.0001	0.0004	0.0003	0.0001	Mo:0.15	0.020	3.36
10	0.10	0.009	1.44	0.075	0.56	0.001	0.0102	0.0145	0.0002	0.0003	0.0001	0.0004	0.0001	Cu:0.26	0.021	2.51
11	0.09	0.007	1.49	0.093	0.41	0.002	0.0111	0.0190	0.0002	0.0002	0.0003	0.0002	0.0003	Ni:0.20	0.029	3.47
12	0.07	0.005	1.64	0.074	0.46	0.002	0.0098	0.0160	0.0002	0.0004	0.0005	0.0004	0.0003	Te:0.008	0.029	3.45
13	0.09	0.006	1.70	0.078	0.51	0.002	0.0094	0.0168	0.0002	0.0002	0.0003	0.0001	0.0004	Te:0.015	0.029	3.23
14	0.10	0.011	1.49	0.085	0.43	0.001	0.0084	0.0134	0.0006	0.0003	0.0004	0.0002	0.0001	Sn:0.25	0.020	3.36
15	0.08	0.005	1.54	0.077	0.45	0.002	0.0095	0.0195	0.0002	0.0003	0.0007	0.0003	0.0004	Se:0.042	0.030	3.28
16	0.10	0.007	1.42	0.054	0.46	0.002	0.0139	0.0142	0.0005	0.0004	0.0003	0.0003	0.0002	Te:0.005, Cr:0.09	0.020	2.99
17	0.12	0.003	1.51	0.139	0.46	0.001	0.0197	0.0139	0.0004	0.0002	0.0001	0.0007	0.0004	Te:0.010, Mo:0.05	0.021	3.18
18	0.09	0.001	1.71	0.083	0.54	0.001	0.0115	0.0131	0.0002	0.0006	0.0006	0.0006	0.0002	Te:0.015, Cu:0.29	0.022	3.08
19	0.08	0.009	1.51	0.034	0.54	0.001	0.0176	0.0147	0.0002	0.0002	0.0006	0.0002	0.0002	Se:0.055, Ni:0.15	0.022	2.70
20	0.08	0.007	1.36	0.053	0.47	0.001	0.0100	0.0147	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003	0.0004	Te:0.007, Sn:0.25	0.020	2.80
21	0.08	0.004	1.51	0.070	0.54	0.001	0.0126	0.0167	0.0001	0.0003	0.0002	0.0003	0.0002	Cu:0.20, Ni:0.15	0.025	2.71
22	0.09	0.006	1.44	0.062	0.51	0.001	0.0115	0.0154	0.0002	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	Cr:0.25, Cu:0.20, Te:0.0008	0.022	2.74
23	0.08	0.008	1.41	0.079	0.49	0.001	0.0036	0.0141	0.0002	0.0001	0.0002	0.0004	0.0005	-	0.020	2.80

表 2

鋼	化學組成分 (質量%)										其餘部分：Fe 以及雜質				MnXO	Mn/(S+O)
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	O	Ca	Mg	Ti	Zr	REM	其他	的值	的值
24	0.09	0.004	1.03	0.032	*0.29	0.001	0.0070	*0.0080	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	-	*0.008	3.46
25	0.07	0.015	0.99	0.026	*0.24	0.001	0.0061	*0.0048	0.0001	0.0004	0.0002	0.0003	0.0004	-	*0.005	* 4.04
26	0.08	0.008	1.23	0.061	*0.34	0.002	0.0065	0.0168	0.0003	0.0002	0.0001	0.0004	0.0003	-	0.021	3.45
27	0.09	0.007	1.27	0.058	*0.35	0.001	0.0086	0.0188	0.0003	0.0001	0.0007	0.0005	0.0004	-	0.024	3.44
28	0.09	0.008	1.90	0.049	*0.72	0.002	0.0110	0.0148	0.0004	0.0001	0.0007	0.0002	0.0004	-	0.028	2.59
29	*0.04	0.004	1.58	0.072	0.51	0.002	0.0110	0.0134	0.0003	0.0005	0.0002	0.0002	0.0003	-	0.021	3.02
30	*0.23	0.004	1.68	0.075	0.50	0.002	0.0127	0.0120	0.0001	0.0005	0.0002	0.0003	0.0003	-	0.020	3.30
31	0.10	*0.250	1.35	0.096	0.52	0.002	0.0085	*0.0042	0.0003	0.0001	0.0001	0.0005	0.0004	-	*0.006	2.56
32	0.09	0.009	*2.55	0.087	0.52	0.002	0.0079	0.0101	0.0003	0.0004	0.0003	0.0001	0.0004	-	0.026	* 4.81
33	0.06	0.004	*0.55	0.041	0.51	0.002	0.0085	0.0182	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	-	*0.010	* 1.04
34	0.08	0.004	1.53	*0.320	0.49	0.002	0.0133	0.0160	0.0005	0.0002	0.0004	0.0002	0.0005	-	0.024	3.02
35	0.07	0.007	1.80	0.129	0.52	*0.015	0.0098	*0.0034	0.0005	0.0003	0.0004	0.0004	0.0002	-	*0.006	3.44
36	0.09	0.003	1.23	0.064	0.46	0.002	*0.0020	0.0187	0.0002	0.0005	0.0004	0.0004	0.0003	-	0.023	2.57
37	0.08	0.006	1.34	0.027	0.42	0.001	0.0061	0.0099	0.0002	0.0003	0.0005	0.0004	0.0005	-	*0.013	3.12
38	0.12	0.004	1.07	0.032	0.41	0.001	0.0064	0.0134	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002	0.0005	-	*0.014	2.53
39	0.08	0.005	1.51	0.070	0.50	0.001	0.0070	0.0108	0.0003	0.0004	0.0004	0.0003	0.0005	-	*0.016	2.96
40	0.10	0.009	0.95	0.068	0.41	0.002	0.0115	*0.0295	0.0002	0.0004	0.0005	0.0002	0.0001	-	0.028	* 2.16
41	0.09	0.009	1.17	0.095	0.53	0.001	0.0104	0.0162	0.0005	0.0002	0.0002	0.0005	0.0003	-	0.019	* 2.14

* 記號表示脫離本發明所界定的條件。

表 3

鋼	化學組成分 (質量%)											其餘部分：Fe 以及雜質				MnxO 的值	Mn/(S+O) 的值
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	O	Ca	Mg	Ti	Zr	REM	其他			
42	0.08	0.011	2.04	0.078	0.41	0.002	0.0086	0.0098	0.0002	0.0003	0.0004	0.0002	0.0002	-		0.020	* 4.86
43	0.09	0.008	0.98	0.077	0.52	0.002	0.0125	0.0127	0.0001	0.0004	0.0002	0.0002	0.0001	-		*0.012	* 1.84
44	0.09	0.004	1.38	0.033	0.45	0.001	0.0065	0.0122	0.0003	0.0002	0.0002	0.0003	0.0002	-		*0.017	2.99
45	0.07	0.005	1.65	0.075	0.47	0.002	0.0087	*0.0065	*0.0020	0.0001	0.0004	0.0003	0.0001	-		*0.011	3.43
46	0.10	0.001	1.73	0.058	0.51	0.001	0.0099	*0.0081	0.0004	*0.0015	0.0002	0.0003	0.0003	-		*0.014	3.33
47	0.09	0.018	1.47	0.034	0.47	0.001	0.0065	*0.0019	0.0003	0.0004	*0.054	0.0004	0.0004	-		*0.003	3.12
48	0.07	0.014	1.35	0.045	0.42	0.001	0.0085	*0.0024	0.0003	0.0002	0.0003	*0.046	0.0006	-		*0.003	3.20
49	0.08	0.001	1.56	0.038	0.53	0.001	0.0083	0.0107	0.0001	0.0003	0.0001	0.0002	*0.0013	-		*0.017	2.91
50	0.09	0.005	1.68	0.060	0.47	0.002	0.0090	0.0113	0.0004	0.0003	0.0002	0.0006	0.0005	*Cr:1.30		0.020	3.49
51	0.07	0.006	1.51	0.049	0.49	0.001	0.0102	0.0163	0.0002	0.0004	0.0005	0.0004	0.0004	*Mo:0.70		0.025	2.98
52	0.07	0.003	1.49	0.055	0.42	0.002	0.0104	0.0136	0.0002	0.0002	0.0003	0.0004	0.0001	*Te:0.058		0.020	3.44
53	0.08	0.007	1.47	0.061	0.50	0.002	0.0127	0.0154	0.0002	0.0002	0.0001	0.0003	0.0003	*Sn:0.65		0.023	2.85
54	0.09	0.002	1.56	0.078	0.48	0.001	0.0084	0.0133	0.0004	0.0005	0.0004	0.0002	0.0002	*Se:0.35		0.021	3.16
55	0.10	0.006	1.30	0.070	*0.31	0.001	*0.0057	0.0112	0.0003	0.0001	0.0003	0.0005	0.0003	*Pb:0.25		*0.015	* 4.05
56	0.10	0.007	1.14	0.072	*0.32	0.001	*0.0056	*0.0085	0.0003	0.0004	0.0004	0.0002	0.0004	*Pb:0.20		*0.011	3.47
57	0.07	0.007	1.02	0.070	*0.32	0.002	*0.0052	0.0160	0.0002	0.0004	0.0003	0.0003	0.0005	*Pb:0.31		*0.016	3.04

* 記號表示脫離本發明所界定的條件。

(32)

上述各種鋼的鋼塊，以靠近表面部之 $D_i/8$ 部（「 D_i 」是鋼塊的直徑）的位置作為中心，從鋼塊高度方向採取直徑 10mm、長度 130mm 的高溫拉伸試驗片，針對熱間加工性加以調查。亦即，使用熱間加工再現試驗裝置，在大氣壓中利用高周波加熱到達 1250℃，並且保持 5 分鐘之後，以 10℃/分的速度冷卻到 900℃，保持 10 秒鐘之後，以 10 秒⁻¹ 的變形速度在 900℃的條件下進行高溫拉伸試驗，調查其熱間加工性。此外，上述棒狀試驗片的加熱區域係長度方向的中央部約 20mm，高溫拉伸試驗後立即進行急速冷卻。上述過程中，高溫拉伸試驗的溫度被選定為 900℃的理由是因為一般而言，在低碳快削鋼的情況下，在 900℃進行高溫拉伸的縮徑值會變為極小點。

熱間加工性係以上述高溫拉伸試驗時的縮徑值(%)來進行評估。此外，熱間加工性的目標，係採用：在上述高溫拉伸試驗時，具有 40%以上的縮徑值為目標。此外，在這種情況下，即使是含有超過 0.4%的這種含有高 S 量的鋼，在進行連續鑄造時，內部也不會產生裂隙，可穩定地製造鑄片。

此外，根據以下所述的方法，針對各鋼的被切削性以及滲碳性加以調查。

亦即，將各個鋼的上述直徑約 220mm 的鋼塊的其餘部分，加熱到 1200℃並保持 2 小時以上之後，以最後精製溫度保持在 1000℃以上的狀態進行熱間鍛造，鍛造後進行空冷以製作成直徑 40mm 的圓棒。接下來，上述的各圓棒

(33)

加熱到 950℃並保持 1 小時間之後，進行空冷後，進行正常化處理。此外，鋼 33 在進行熱間鍛造時就產生了裂隙，因此並未執行以下的調查。

接下來，將上述直徑 40mm 的圓棒的一部分予以切削掉而製作成直徑 31mm 的圓棒，對於這個圓棒實施冷間抽拉加工，而精製成直徑為 28mm 的圓棒。

以這種方式所製得的直徑為 28mm 的圓棒係當作試驗材，使用並未實施鍍覆處理的 HSS 工具，具體而言，係使用 SKH4(JIS G 4403(2000))的旋削用車刀頭，根據下列的條件進行旋削，以調查其被切削性。

- 切削速度：100m/min;
- 給送量：0.05mm/rev;
- 切入深度：0.5mm;
- 潤滑：使用水溶性潤滑油的濕式潤滑。

亦即，以上述條件進行 1 分鐘連續的旋削之後，使用觸針式的粗糙度測定計，測定了最大高度的粗糙度 R_z ，以針對拋光面粗糙度進行評估。

又，切削屑處理性係採取上述 1 分鐘所排出的切削屑，從最長的切削屑起依序採取 20 個切削屑，測定其質量，依據該質量來進行評估。這個質量的值愈小的話，可以判定為切削屑處理性愈良好。此外，針對於切削屑處理性很差，因為較長的切削屑被排出的結果，而無法獲得 20 個的切削屑的試驗材，則是由其個數和質量來換算成每 20 個的質量。

(34)

此外，針對於工具磨損係以與上述相同的條件，進行 30 分鐘切削之後，測定的前端磨損量來進行評估。

上述的拋光面粗糙度、切削屑處理性以及工具磨損量，係分別以相當於以往的 Pb 快削鋼的鋼 55~57 所具有的各種特性之中最差者當作評估基準。亦即，拋光面粗糙度係以鋼 56 的 R_z 也就是 $7.8\mu\text{m}$ 當作評估的基準值；工具磨損量係以鋼 57 的 $175\mu\text{m}$ 當作評估的基準值，又，切削屑處理性係以鋼 55 的切削屑質量 2.7g 當作評估的基準值。而且拋光面粗糙度 R_z 為 $7.8\mu\text{m}$ 以下、工具磨損量為 $175\mu\text{m}$ 以下以及切削屑質量為 2.7g 以下的情況下，就將其當作具有與含 Pb 快削鋼同等以上的被切削性。

此外，從已經過正常化處理後的前述直徑 40mm 的各圓棒的其餘部分，採取出直徑為 24mm，長度為 50mm 的圓柱狀的試驗片來進行調查其滲碳性。

亦即，將上述直徑為 24mm 且長度為 50mm 的圓柱狀的試驗片，加熱到 900°C 以進行滲碳處理之後，在 850°C 的溫度進行擴散處理，然後在 80°C 的油中進行冷却以實施淬火處理。接下來，將上述試驗片加熱到 190°C 並保持 60 分鐘之後，進行空冷之後又實施回火處理。此外，上述滲碳時的碳勢能值係 0.8% 且處理時間係 75 分鐘。又，進行擴散時的碳勢能值係 0.7% 且處理時間係 20 分鐘。

從上述的滲碳淬火-回火處理後的試驗片的端部起迄 25mm 為止的位置，換言之，在試驗片的長度方向的中央位置的橫斷面，從表面起往內部，以 2.94N 的試驗力量來

(35)

測定維氏硬度分布，從表面起至維氏硬度變成 550 為止的位置當作「有效硬化層深度」，針對於滲碳性進行評估。

此外，針對於滲碳性，也是以與以往的含 Pb 快削鋼相當的鋼 55～57 的滲碳性之中最差者，當作評估基準。亦即，係以鋼 57 的有效硬化層深度 0.15mm 當作評估的基準值。而以有效硬化層深度為 0.15 ± 0.05 mm，換言之，在於有效硬化層深度為 0.10～0.20mm 的情況，當作具有與含 Pb 快削鋼同等的滲碳性。

表 4 以及表 5 係彙整顯示出上述各試驗的結果。表 4 以及表 5 中的滲碳性欄的「◎」係表示有效硬化層深度超過 0.20mm 之具有優於含 Pb 快削鋼的滲碳性；「○」係表示有效硬化層深度為 0.10～0.20mm 之具有與含 Pb 快削鋼同等的滲碳性；而「×」係表示有效硬化層深度少於 0.10mm 之具有劣於含 Pb 快削鋼的滲碳性。此外，表 5 中的鋼 33 的「-」係表示因為無法進行熱間鍛造，所以並未調查。

表 4

鋼	被 切 削 性			滲 碳 性	熱 間 加 工 性 [縮 徑 率] (%)
	精 製 面 粗 糙 度 [Rz] (μ m)	切 削 屑 質 量 (g)	工 具 前 端 磨 損 量 (μ m)		
1	5.8	1.5	112	○	52
2	5.5	1.6	104	○	55
3	5.9	1.5	83	○	59
4	6.1	1.1	74	○	69
5	7.3	0.7	100	○	66
6	6.8	1.6	88	○	70
7	5.8	1.8	113	○	57
8	5.2	1.4	105	◎	61
9	5.8	0.8	115	◎	72
10	6.4	0.9	110	○	53
11	6.1	1.8	120	○	69
12	5.5	2.1	118	○	50
13	5.1	2.4	105	○	46
14	5.6	2.3	116	○	56
15	5.8	2.5	99	○	45
16	6.1	2.6	113	◎	48
17	5.9	2.1	111	◎	46
18	5.5	2.0	103	○	44
19	5.4	1.2	109	○	42
20	5.6	2.6	105	○	43
21	6.2	1.2	112	○	61
22	5.7	1.8	113	◎	50
23	6.2	2.4	105	○	59
*24	15.0	2.8	184	○	59
*25	16.5	2.0	179	◎	72
*26	7.3	4.8	119	○	65
*27	7.4	5.0	126	○	68
*28	6.8	0.6	78	○	19
*29	9.2	2.3	193	○	69
*30	8.0	1.0	222	○	67

*記號表示脫離本發明所界定的條件。

滲碳性的欄中的「◎」、「○」、「×」係表示有效硬化層深度分別是「超過 0.20mm」、「0.10~0.20mm」、「未滿 0.10mm」。

(37)

〔表 5〕

表 5

鋼	被 切 削 性			滲 碳 性	熱 間 加 工 性 〔縮 徑 率〕 (%)
	精 製 面 粗 糙 度 〔R z〕 (μ m)	切 削 屑 質 量 (g)	工 具 前 端 磨 損 量 (μ m)		
*31	15.8	0.9	116	○	61
*32	8.4	0.8	152	◎	72
*33	-	-	-	-	5.2
*34	8.9	1.5	199	○	42
*35	15.9	0.9	237	○	59
*36	7.7	3.2	123	○	48
*37	13.3	1.1	118	○	61
*38	12.4	1.6	86	○	53
*39	12.7	0.7	68	○	57
*40	7.5	5.2	121	×	37
*41	7.6	3.0	111	×	35
*42	9.5	2.5	157	◎	75
*43	9.3	3.4	128	×	30
*44	11.3	2.1	108	○	58
*45	13.0	1.2	172	○	59
*46	12.9	1.8	195	○	64
*47	16.7	0.7	179	○	58
*48	15.4	0.7	206	○	58
*49	11.9	1.9	168	○	58
*50	8.5	1.7	275	◎	68
*51	6.9	1.6	299	◎	64
*52	4.8	2.9	107	○	11
*53	5.4	2.5	137	○	15
*54	6.7	2.3	118	○	12
*55	5.8	# 2.7	117	○	38
*56	# 7.8	1.1	165	○	39
*57	4.1	1.8	# 175	○	35

*記號表示脫離本發明所界定的條件。

被切削性的欄中的#記號表示基準值。

滲碳性的欄中的「◎」、「○」、「×

鋼 33 的「-」係表示其無法進行熱間鍛造所以未進行調查。

(38)

從表 4 以及表 5 可以明顯看出鋼 1~23 之本發明的低碳含硫快削鋼，即使並未含 Pb，依舊可獲得較長的工具壽命、良好的切削屑處理性以及較小的拋光面粗糙度，並且滲碳性亦優異。此外，其熱間加工性優於以往的含 Pb 快削鋼，以工業方式的大量生產的情況下，並不會有任何問題。

相對於此，脫離本發明所界定的條件的比較例的鋼，在工具壽命、切削屑處理性、拋光面粗糙度、滲碳性以及熱間加工性之中，至少有一個特性是較差的。

此外，針對於利用前述冷間抽拉加工而精製成直徑為 28mm 的各圓棒，從 $D_f/4$ （「 D_f 」係圓棒的直徑）的部位的縱斷面方向切取出顯微觀察用試驗片，以進行 Mn 系硫化物的調查。亦即，將前述試驗片埋入到樹脂內，進行鏡面研磨，並且使用導入了圖像解析軟體的自動圖像解析裝置，來測定被檢測面積 5.2mm^2 的視野內所存在的 Mn 系硫化物的寬度、最短平均粒子間距離以及分布密度。此外，「最短平均粒子間距離」係指：從觀察到的個 $\square$ Mn 系硫化物的中心座標起位在最近距離處的 Mn 系硫化物的中心座標間的距離，針對於各 $\square$ Mn 系硫化物來求得，並且將這些值予以平均化後的值。

其結果，鋼 1~23 之本發明的低碳含硫快削鋼的情況下，係可看出：寬度大且最短平均粒子間距離很小的 Mn 系硫化物係以較大的分布密度存在，具體而言，寬度為 $4\mu\text{m}$ 以上且最短平均粒子間距離為 $50\mu\text{m}$ 以下的 Mn 系硫

化物係以、80 個/mm² 以上的較大分布密度存在。

以上雖然是依據實施例具體地說明了本發明，但是本發明並不侷限在這些實施例。雖然並未以實施例來揭示，但是只要是符合本發明的要件的話，當然也是被本發明所包含。

〔產業上的可利用性〕

本發明的鋼雖然是未添加 Pb 的「善待地球環境的快削鋼」，但是在 100m/分鐘以下的較低速領域下使用 HSS 工具進行切削時，係具有與以往的含 Pb 快削鋼以及添加了 Pb 的複合快削鋼同等以上的良好的被切削性，換言之，具有較長的工具壽命、良好的切削屑處理性以及較小的拋光面粗糙度，並且滲碳性優異，而且連續鑄造性優異，所以可低價地大量生產。因此，當作爲汽車用煞車零件、電腦周邊機器零件以及電氣機器零件之類的軟質小零件的素材來使用。

五、中文發明摘要

發明之名稱：低碳含硫快削鋼

本發明的低碳含硫快削鋼，係含有：C：0.05～未滿0.20%、Si<0.02%、Mn：0.7～2.2%、P：0.005～0.25%、S：超過0.40～0.60%、Al<0.003%、O：0.0090～0.0280%、N：0.0030～0.0250%，其餘部分係由Fe與雜質所組成，雜質中的Ca、Mg、Ti、Zr以及REM係：Ca<0.001%、Mg<0.001%、Ti<0.002%、Zr<0.002%、REM<0.001%，且符合 $Mn \times O > 0.018$ 以及 $2.5 < Mn / (S + O) < 3.5$ 的關係，這種低碳含硫快削鋼，在使用HSS工具進行較低速的切削時，係具有與含Pb快削鋼以及含Pb複合快削鋼同等或者更佳的可切削性，而且具有優異的滲碳性。這種鋼因為具有優異的連續鑄造性，所以可廉價地大量生產，可作為：汽車用的煞車零件、電腦周邊機器零件以及電氣機器零件之類的軟質小零件的素材使用。此外，亦可包含下列的(1)與(2)的其中任何一種或者同時包含兩者。(1)特定量的Te、Sn以及Se之中的1種以上。(2)特定量的Cu、Ni、Cr以及Mo之中的1種以上。

六、英文發明摘要

發明之名稱：

(1)

十、申請專利範圍

1. 一種低碳含硫快削鋼，其特徵為：以質量%換算，係包含 C：0.05%以上且未滿 0.20%、Si：未滿 0.02%、Mn：0.7~2.2%、P：0.005~0.25%、S：超過 0.40%且 0.60%以下、Al：未滿 0.003%、O：0.0090~0.0280%、N：0.0030~0.0250%，其餘部分係由 Fe 以及雜質所組成，雜質中的 Ca、Mg、Ti、Zr 以及 REM 係 Ca：未滿 0.001%、Mg：未滿 0.001%、Ti：未滿 0.002%、Zr：未滿 0.002%以及 REM：未滿 0.001%，並且符合下列(1)式以及(2)式，

$$Mn \times O > 0.018 \cdots (1) \text{式};$$

$$2.5 < Mn / (S + O) < 3.5 \cdots (2) \text{式},$$

在(1)式以及(2)式中的元素符號係代表：以該元素的質量%之在於鋼中的含量。

2. 如申請專利範圍第 1 項之低碳含硫快削鋼，其中的 N 含量，以質量%換算，係 N：0.0060~0.0250%。

3. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之低碳含硫快削鋼，其中係含 Te：0.0005~0.03%、Sn：0.001%以上且未滿 0.50%以及 Se：0.0005%以上且未滿 0.30%之中的 1 種以上，來取代 Fe 的一部分。

4. 如申請專利範圍第 1 至 3 項之任何一項所述之低碳含硫快削鋼，其中係含 Cu：0.01~1.0%、Ni：0.01~1.0%、Cr：0.01~1.0%以及 Mo：0.01~0.5%之中的 1 種以上，來取代 Fe 的一部分。

七、指定代表圖：

(一)、本案指定代表圖為：無

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：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