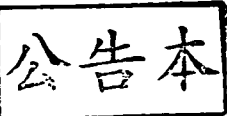


發明專利說明書



(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：97124240

※申請日期：97年06月27日

※IPC分類：C22C 38/00 (2006.01)
C21D6/00 (2006.01)
C22C 38/38 (2006.01)

一、發明名稱：

(中) 被切削性優異之機械結構用鋼及其製造方法
(英)

二、申請人：(共 1 人)

1. 姓 名：(中) 神戶製鋼所股份有限公司
(英) KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO (KOBELCO STEEL, LTD.)
代表人：(中) 1. 犬伏泰夫
(英) 1. INUBUSHI, YASUO
地 址：(中) 日本國兵庫縣神戶市中央區脇濱町二丁目一〇番二六號
(英) 10-26, Wakinohama-cho 2-chome, Chuo-ku, Kobe-shi, Hyogo
651-8585 Japan
國籍：(中英) 日本 JAPAN

三、發明人：(共 10 人)

1. 姓 名：(中) 增田智一
(英) MASUDA, TOMOKAZU
國 籍：(中) 日本
(英) JAPAN
2. 姓 名：(中) 土田武廣
(英) TSUCHIDA, TAKEHIRO
國 籍：(中) 日本
(英) JAPAN
3. 姓 名：(中) 島本正樹
(英) SHIMAMOTO, MASAKI
國 籍：(中) 日本
(英) JAPAN
4. 姓 名：(中) 堀口元宏
(英) HORIGUCHI, MOTOHIRO

國 籍：(中) 日本
(英) JAPAN

5. 姓 名：(中) 益田真輔
(英) MASUDA, SHINSUKE

國 籍：(中) 日本
(英) JAPAN

6. 姓 名：(中) 赤澤浩一
(英) AKAZAWA, KOICHI

國 籍：(中) 日本
(英) JAPAN

7. 姓 名：(中) 村上昌吾
(英) MURAKAMI, SHOGO

國 籍：(中) 日本
(英) JAPAN

8. 姓 名：(中) 永濱睦久
(英) NAGAHAMA, MUTSUHISA

國 籍：(中) 日本
(英) JAPAN

9. 姓 名：(中) 家口浩
(英) YAGUCHI, HIROSHI

國 籍：(中) 日本
(英) JAPAN

10. 姓 名：(中) 坂本浩一
(英) SAKAMOTO, KOICHI

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 | ； 2007/06/28 | ； 2007-170936 | ☒ 有主張優先權 |
| 2. 日本 | ； 2008/04/25 | ； 2008-115575 | ☒ 有主張優先權 |

五、中文發明摘要

發明之名稱：被切削性優異之機械結構用鋼及其製造方法

本發明的課題在於提供一種機械結構用鋼，其可降低 S 含量並維持強度等的機械特性，且在高速鋼工具之低速斷續切削(例如滾齒加工)時可發揮優異的被切削性(特別是工具壽命)；並提供用來製造前述機械結構用鋼之有用的方法。

本發明的機械結構用鋼，係確保鋼中的固溶 N：0.002%以上並適當調整化學成分組成，而符合下述(1)式的關係。

$$(0.1 \times [\text{Cr}] + [\text{Al}]) / [\text{O}] \geq 150 \cdots (1)$$

其中，[Cr]、[Al]、[O]分別代表 Cr、Al 及 O 的含量(質量%)。

六、英文發明摘要

發明之名稱：

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

九、發明說明

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於，爲了製造機械零件而實施切削加工的機械結構用鋼及其製造方法。詳而言之，本發明係關於一種機械結構用鋼，其在車削等的連續切削及滾齒加工等的斷續切削兩方面都具有優異的被切削性，即使在實施滲碳處理或滲碳氮化處理等的表面硬化處理後仍不會造成強度降低；並關於該機械結構用鋼之製造方法。

【先前技術】

運用於包含汽車用變速器及差動裝置等的各種齒輪傳動裝置之齒輪、軸、皮帶輪、等速接頭等，以及曲柄軸、連接桿等的機械結構用零件，一般是在實施鍛造等的加工後，再實施切削加工以精加工成最終形狀。該切削加工的成本佔製作成本的比例很大，因此要求構成上述機械結構用零件的鋼材具有良好的被切削性。

在上述機械結構用零件，在成爲最終形狀後，爲了確保既定的強度，須實施滲碳或滲碳氮化處理(包含大氣壓、低壓、真空、電漿氣氛)等的表面硬化處理，按照需要再實施淬火-回火、高頻淬火等處理，但在實施這些處理時可能會發生強度降低。特別是，在與鋼材的壓延方向垂直的方向(一般稱「橫目」)容易發生強度降低。

能以不降低機械結構用鋼的強度的方式來改善被切削性的元素，已知有鉛(Pb)，該 Pb 是能有效改善被切削性

的元素。然而，Pb 被指出對人體有害，又在熔製時會發生鉛的煙氣且其切削屑的處理有困難，因此近年來是要求，在不添加 Pb(無鉛)下能發揮良好的被切削性。

關於不須添加 Pb 而能確保良好的被切削性的技術，已知的是將 S 含量增高至 0.06%左右的鋼材。然而，在該技術中，存在著機械特性(韌性、疲勞強度)降低的問題，因此讓 S 含量增加的效果有限。其理由在於，硫化物(MnS)會朝壓延方向伸展，而造成橫目的韌性變差。特別是在要求高強度化的零件，必須儘量減低 S 含量。因此，必須確立一種技術，其不須積極地添加 Pb、S 即可提昇被切削性。

然而，在機械結構用零件之齒輪的製程，一般是將機械結構用鋼(材料)鍛造後，藉由滾齒加工進行粗切削，藉由刮齒加工進行精加工後，實施滲碳等的熱處理，然後再度進行研磨加工(搪光加工)。然而，由於在這個製程會發生很大的熱處理變形，無法單純藉由研磨加工來修復。可能造成零件的尺寸精度變差。近年來，從使用齒輪時的靜音觀點，係要求良好的尺寸精度，作為其對策，可在上述研磨加工之前，先實施磨削加工(hard finish)。

但不管是採用那個製程，都需要非常多的步驟，而造成切削和磨削的成本增加，因此期望能降低製程全體的成本。如此期望提出一種能使整體製程的成本降低的鋼材。特別是在兩個製程共通的滾齒加工中，由於其工具費用極高，期待提出一種可延長工具壽命的技術。

上述滾齒加工相當於斷續切削，該滾齒加工使用的工具，目前的主流是在高速度工具鋼被覆 AlTiN 等而構成者（以下也簡稱「高速鋼工具」）。相對於此，在超硬合金被覆 AlTiN 等而構成者（以下也簡稱「超硬工具」），由於在應用於常化處理材時容易發生「缺口」的問題，因此大多應用於車削等的「連續切削」。

上述斷續切削和連續切削，由於切削機構不同，必須選擇對應於各自的切削的工具，作為被切削材的機械結構用鋼也是，期望在各切削中都能發揮良好的被切削性。然而，使用高速鋼工具藉由滾齒加工（斷續切削）進行切齒時，比起使用超硬工具進行車削加工（連續加工）的情形，有在低溫、低速下工具更容易氧化、磨耗的問題。因此，應用於滾齒加工等的斷續切削之機械結構用鋼，在被切削性中，特別是要求工具壽命的延長。

然而，關於提昇斷續切削時的被切削性，特別是在低速切削速度下提昇被切削性的技術，目前尚無法確立。就提昇被切削性的技術而言，例如日本特開 2001-342539 號公報提出一種高速（切削速度 200m/min 以上）下的斷續切削（工具壽命）優異的鋼材，其含有 Al：0.04~0.20%、O：0.0030%以下。然而，該技術基本上是以使用超硬合金工具〔使用超硬工具 P10(JIS B4053)〕進行切削為對象，針對使用高速鋼工具進行低速切削（低溫切削）時的被切削性尚嫌不足。

又日本特開 2003-226932 號公報揭示一種車削（連續

切削)和銑切加工(斷續切削)的高速切削性良好的鋼材，其含有 S：0.001~0.040%、Al：0.04~0.20%、N：0.0080~0.0250%，且將 Al 含量〔Al〕和 N 含量〔N〕的比(〔Al〕/〔N〕)控制在 2.0~15.0。然而，在這個技術也是，和上述技術同樣的，基本上是以使用超硬合金工具(使用超硬工具 P10)進行切削為對象，針對使用高速鋼工具進行低速切削(低溫切削)時的被切削性尚嫌不足。

另一方面，日本特公平 11-229032 號公報揭示的技術，係在軟氮化用鋼中，以高 Cr(0.5~2%)、高 Al(0.01~0.3%)的方式控制化學成分組成，並將鋼中的 Ti 碳硫化物的最大直徑限定在 10 μ m 以下，以改善包括鑽頭鑽孔性的被切削性。然而，其公報中完全未揭示使用高速鋼工具進行低速的斷續切削。

【發明內容】

本發明是有鑑於前述事情而構成者，本發明的目的是提供一種機械結構用鋼，其可降低 S 含量並維持強度等的機械特性，且在高速鋼工具之低速斷續切削(例如滾齒加工)時可發揮優異的被切削性(特別是工具壽命)；並提供用來製造前述機械結構用鋼之有用的方法。

可達成上述目的之本發明的機械結構用鋼，其特徵在於：係含有：C：0.05~1.2%(質量%，以下同)、Si：0.03~2%、Mn：0.2~1.8%、P：0.03%以下(不包括 0%)、S：0.03%以下(不包括 0%)、Cr：0.1~3%、Al：

0.06~0.5%、N：0.004~0.025%以及 O：0.003%以下(不包括 0%)；並含有 Ca：0.0005~0.02%及 / 或 Mg：0.0001~0.005%，鋼中的固熔 N：0.002%以上，剩餘部為鐵及不可避免的雜質所構成，且符合下述(1)式的關係：

$$(0.1 \times [\text{Cr}] + [\text{Al}]) / [\text{O}] \geq 150 \cdots (1)$$

其中，[Cr]、[Al]、[O]分別代表Cr、Al及O的含量(質量%)。

本發明的機械結構用鋼，按照需要可進一步含有：
(a)Mo：1.0%以下(不包括 0%)，(b)Nb：0.15%以下(不包括 0%)，(c)選自Ti、Zr、Hf及Ta所構成群中的至少1種以上：合計0.02%以下(不包括 0%)，(d)選自V：0.5%以下(不包括 0%)、Cu：3.0%以下(不包括 0%)、Ni：3.0%以下(不包括 0%)以及B：0.005%以下(不包括 0%)所構成群中之至少1種。按照所含元素的種類可進一步改善鋼材的特性。

為了製造上述般的機械結構用鋼，作為N的固溶化處理，可將鋼材加熱至1150℃以上後，以900~500℃的溫度範圍用0.8~4℃/秒的冷卻速度進行冷卻。

依據本發明，藉由降低S含量而獲得優異的強度，並藉由適當調整氧化物系夾雜物的各成分而使夾雜物全體成為低熔點而容易變形。藉此可獲得，在高速鋼工具之斷續切削以及超硬工具的連續切削兩方面都能發揮優異的被切

削性(特別是工具壽命)之機械結構用鋼。

【實施方式】

本申請的發明人等，爲了提昇機械結構用鋼進行低速的斷續切削時的被切削性，從各種角度進行探討。結果發現，藉由適當地控制 Cr 及 Al 的含量及其等的含量比((1)式的關係)並適當調整化學成分組成，所構成的機械結構用鋼可提昇鋼的被切削性(特別是工具壽命)，如此完成本發明。本發明所規定的化學成分組成的範圍限定理由如下所述。

[C : 0.05~1.2%]

C 是有助於確保機械結構用鋼所製造出的零件所須的芯部硬度的元素。爲發揮此效果，C 含量必須爲 0.05%以上。然而，若 C 含量過剩，硬度變得過高，會造成被切削性和韌性變差。因此 C 含量必須爲 1.2%以下。C 含量的較佳下限爲 0.15%，較佳上限爲 0.5%。

[Si : 0.03~2%]

Si 具備脫氧元素的作用，有助於提昇鋼材的內部品質。爲了發揮其效果，Si 含量必須爲 0.03%以上，更佳爲 0.1%以上。又若含有 1%以上的多量 Si 時，雖有助於工具保護膜的生成，但若 Si 含量過剩，會發生滲碳的異常組織，或在熱處理後(淬火後)的殘留沃斯田鐵(殘留 γ)量增大而無法獲得高硬度，因此必須爲 2%以下，較佳爲 1.5%以下。

[Mn : 0.2~1.8%]

Mn 可提昇淬火性而有助於鋼材的強度提昇。爲了有效地發揮其效果，含量必須爲 0.2% 以上 (較佳爲 0.5% 以上)。然而，若 Mn 含量過剩，淬火性變得過大，即使常化處理後仍會生成過冷組織而使被切削性變差，因此必須爲 1.8% 以下 (較佳爲 1.5% 以下)。

[P : 0.03% 以下 (不包括 0%)]

P 是鋼材中不可避免的元素 (雜質)，由於在熱加工時會助長裂痕，宜儘量減少。因此 P 量定爲 0.03% 以下 (較佳爲 0.02% 以下，更佳爲 0.01% 以下)。要使 P 量成爲 0%，在工業上會有困難。

[S : 0.03% 以下 (不包括 0%)]

S 是用來提昇被切削性的元素，但含量過剩時，會使鋼材的延性、韌性變差，因此將其上限定爲 0.03%。特別是當 S 含量過剩時，會和 Mn 反應而生成 MnS 夾雜物，該夾雜物在壓延時朝壓延方向伸展，而使壓延垂直方向的韌性 (橫目的韌性) 變差。但由於 S 是鋼中不可避免的雜質，要使 S 量成爲 0，在工業上會有困難。

[Al : 0.06~0.5%]

Al 是強脫氧元素，有助於提昇鋼材的內部品質。又 Al 也是連續切削方面的重要元素，藉由確保 Al 可顯著提昇被切削性。爲了發揮其效果，Al 含量必須爲 0.06% 以上，較佳爲 0.1% 以上，更佳爲 0.2% 以上，特佳爲 0.3% 以上。然而，若 Al 含量過剩，鋼材中的夾雜物體增大，且

熱處理後(淬火後)的殘留沃斯田鐵(殘留 γ)量增大而無法獲得高硬度，因此必須為 0.5% 以下。

[Cr : 0.1~3%]

Cr 可提昇鋼材的淬火性，是有助於提昇鋼材強度的元素。又藉由與 Al 複合添加，有助於提昇鋼材的斷續切削性。為了發揮其效果，Cr 含量必須為 0.1% 以上。然而，若 Cr 含量過剩，會生成粗大碳化物或使過冷組織變發達，而使被切削性變差，因此必須為 3% 以下。又 Cr 含量的較佳下限為 0.3%，更佳為 0.7% 以上。又 Cr 含量的較佳上限為 2.0%，更佳為 1.6% 以下。

[N : 0.004~0.025%]

在斷續切削中，由於附著於工具的鋼材新生面會急速氧化而使工具的氧化磨耗變嚴重，N 可抑制該反應而發揮改善斷續切削時的工具壽命的效果。又 N 會和 Al 形成 AlN 而抑制滲碳時晶粒的異常成長，且有助於熱處理時晶粒的微細化。為了發揮這些效果，N 含量必須為 0.004% 以上，較佳為 0.006% 以上。但若 N 含量過剩，因时效硬化會使鋼材的延性、韌性變差。因此 N 含量必須為 0.025% 以下，較佳為 0.020% 以下(更佳為 0.015% 以下)。

[O : 0.003% 以下(不包括 0%)]

若 O 含量過剩，會生成粗大的氧化物系夾雜物，而對被切削性、延性、韌性、鋼的熱加工性及延性造成不良的影響。於是 O 含量的上限定為 0.003% (較佳為 0.002%)。

[Ca : 0.0005~0.02%及 /或 Mg : 0.0001~0.005%]

Ca 和 Mg，可將氧化鋁等的硬質夾雜物予以軟質化而發揮抑制工具磨耗的作用。Ca 能將 MnS 球狀化，而有助於壓延垂直方向的韌性提昇。爲了發揮這些效果，Ca 含量必須爲 0.0005%以上，Mg 含量必須爲 0.0001%以上。但若含量過剩，會使夾雜物量增大，而造成延性、韌性變差，因此 Ca 必須爲 0.02%以上，Mg 必須爲 0.005%以下。

[固熔 N : 0.002%以上]

本發明的機械結構用鋼中，確保既定量的固熔狀態的 N(固熔 N)也是重要的要件。以往，基於鋼的被切削性的觀點，是用 AlN 來固定 N 以儘量減少 N。然而，依本申請發明人等深入探討的結果發現，藉由讓一部分的 N 固熔，可進一步改善被切削性。可發揮此效果的理由在於，藉由使 N 固熔於肥粒鐵中以提昇強度，可減少肥粒鐵相和其他硬質相之間的硬度差，而抑制切削時之切削阻力的變動。

爲了發揮固熔 N 所產生的上述效果，其含量至少必須爲 0.002%以上，較佳爲 0.0045%以上(更佳爲 0.005%以上)。關於固熔 N 量的上限，雖是依上述所有的 N 量來決定，但固熔 N 量變多時鋼材強度會上昇，而使韌性和延性開始變差。基於此，固熔 N 量較佳爲 0.02%以下，更佳爲 0.015%以下。

本發明中的固熔 N 的含量，係根據 JIS G 1228，從線

材中的全 N 量減去全氮化合物中的 N 量來求出。以下例示出該固熔 N 的含量之實用測定法。

(a)非活性氣體熔解法 - 熱傳導度法(全 N 量測定)

將從供試材切割出的樣品放入坩堝，在非活性氣體氣流中熔解後取出 N，將取出物搬運至熱傳導度單元，測定熱傳導度的變化而求出全 N 量。

(b)氨蒸餾分離靛酚藍吸光光度法(全 N 化合物量的測定)

將從供試材切割出的樣品溶解於 10%AA 系電解液，進行定電流電解，測定鋼中的全 N 化合物量。所使用的 10%AA 系電解液，係由 10%丙酮、10%氯化四甲銨、剩餘部的甲醇所構成之非水系溶劑的電解液，其不會在鋼表面生成鈍態被膜。

將供試材樣品約 0.5g 溶解於該 10%AA 系電解液，將生成的未溶解殘渣(氮化合物)用聚碳酸酯製的過濾器(孔徑 $0.1\mu\text{m}$)予以過濾。將所得的未溶解殘渣，在硫酸、硫酸鉀及純銅製片中進行加熱分解，將分解物混入濾液中。將該溶液用氫氧化鈉處理成鹼性後，進行水蒸氣蒸餾，將餾出的氨用稀硫酸來吸收。接著，加入酚、次氯酸鈉及五氰亞硝醯鐵(III)酸鈉而生成藍色的錯合物，使用吸光光度計測定吸光度而求出全化合物量。

從(a)方法求出的全 N 量減去(b)方法求出的全 N 化合物量，可求出固熔 N 量。

[不可避免的雜質]

本發明的機械結構用鋼的基本成分組成如上所述，剩餘部實質為鐵。但可容許在鋼中含有依原料、資材、製造設備等的狀況而混入的不可避免的雜質(例如 Sn、As、H 等)。

又本發明的機械結構用鋼中，Cr、Al 及 O 必須符合下述(1)式的關係。茲說明規定下述(1)式的理由。

$$(0.1 \times [\text{Cr}] + [\text{Al}]) / [\text{O}] \geq 150 \cdots (1)$$

其中，[Cr]、[Al]、[O] 分別代表 Cr、Al 及 O 的含量(質量%)。

鋼中的硬質氧化物，在切削中會引起工具/鋼材界面的磨料磨耗，同時會造成疲勞強度降低。特別是本發明的課題之低溫區(亦即低速區)的斷續切削中，就支配工具磨耗的主要原因而言，該磨料磨耗的影響很大。又在斷續切削中，由於附著於工具的鋼材新生面發生急速氧化，會促進工具的氧化磨耗，但利用鋼中之固溶 Cr、Al 之複合作用，可降低磨料磨耗的影響。

在高速斷續切削時，藉由在工具面上生成以含 Al 氧化物為主體的保護膜，可抑制工具磨耗，但在低速低溫區的斷續切削時，必須抑制會引起工具磨耗的氧化。基於這種認知，根據本申請發明人等探討的結果判明，在符合上述(1)式的關係時，可大幅提昇低溫的斷續切削性。

又在機械結構用鋼中，特別是表面硬化鋼，通常是藉

由滲碳處理來使表面硬化，在進行該處理時，依滲碳溫度、時間、加熱速度等可能發生晶粒的異常成長。藉由將Al含量提高至比通常更高，可抑制此現象。發揮此抑制效果的理由在於，藉由增加Al含量，AlN析出物的粒子間距離會變小。在實施滲碳以外的熱處理(例如，淬火、回火)的情形也能發揮這種效果，結果有助於韌性提昇。

本發明的機械結構用鋼，藉由適當地控制化學成分組成，可提昇低速的斷續切削性。本發明的機械結構用鋼，按照需要，可含有以下的選擇元素。按照所含元素的種類，可進一步改善鋼材的特性。

[Mo：1.0%以下(不包括0%)]

Mo有助於確保母材的淬火性，而能抑制不完全淬火組織的生成，可按照需要來讓鋼含有。隨著含量增加其效果會變大，但若含量過剩時，即使在常化處理後仍會生成過冷組織而使被切削性降低，因此宜為1.0%以下。

[Nb：0.15%以下(不包括0%)]

在機械結構用鋼中，特別是表面硬化鋼，通常是藉由滲碳處理來使表面硬化，在進行該處理時，依滲碳溫度、時間、加熱速度等可能發生晶粒的異常成長。Nb具備可抑制此現象的效果。隨著Nb含量增加其效果會變大，但含量過剩時會生成硬質的碳化物而使被切削性降低，因此宜為0.15%以下。

[選自 Ti、Zr、Hf 及 Ta 所構成群中之至少 1 種以上：合計 0.02%以下(不包括0%)]

Ti、Zr、Hf 及 Ta，和上述 Nb 同樣的，具備抑制晶粒異常成長的效果，可按照需要來讓鋼含有。隨著該等元素含量(1 種或 2 種以上的合計量)的增加其效果會增大，但含量過剩時會生成硬質的碳化物而使被切削性降低，因此合計含量宜為 0.02% 以下。

[選自 V：0.5% 以下(不包括 0%)、Cu：3% 以下(不包括 0%)、Ni：3% 以下(不包括 0%)及 B：0.005% 以下(不包括 0%)所構成群中的至少 1 種]

這些元素，可提昇鋼材的淬火性，有助於高強度化，可按照需要來讓鋼含有。隨著該等元素含量(1 種或 2 種以上的合計量)的增加其效果會增大，但含量過剩時會生成過冷組織，而使延性、韌性變差。因此宜分別以上述含量為上限。

本發明的鋼材，藉由確保既定量的固溶 N 含量乃重要要件一之，因此針對確保固溶 N 量的條件來作說明。用通常的製造方法來製作鋼材的情形，由於 Al 含量比普通鋼更高，會從高溫時開始析出 AlN。這時，由於 N 會被 Al 附著，因此通常的製造方法幾乎不會以固溶 N 的狀態存在。又 AlN 的尺寸會隨著冷卻而增大，粗大的 AlN 會造成工具磨耗量(磨料磨耗量)的增加。於是，藉由實施後述的熱處理，可確保既定量的固溶 N。藉由實施這種熱處理，由於 AlN 會變小，而能抑制磨料磨耗的進行。

在本發明，作為 N 的固溶化處理，可將鋼材加熱至 1150℃ 以上後，以 900~500℃ 的溫度範圍用 0.8~4℃/秒的

冷卻速度進行冷卻。鋼材的加熱溫度，基於上述觀點必須為至少 1150°C 以上。然而，若該溫度過高，晶粒容易變得粗大化，而在冷卻中容易生成過冷組織，造成被切削性降低，因此宜為 1300°C 左右以下。又該加熱溫度的較佳下限為 1200°C 以上，更佳為 1250°C 以上。

在上述加熱後，必須以 $900\sim 500^{\circ}\text{C}$ 的溫度範圍用 $0.8\sim 4^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 的冷卻速度進行冷卻。上述溫度範圍代表形成 A1N 的溫度區，將該溫度範圍用 $0.8\sim 4^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 的冷卻速度進行冷卻，可防止生成的 A1N 之粗大化。但若該冷卻速度過快，變韌鐵或麻田散鐵等的硬質相的生成比例增加，造成鋼材強度上昇，被切削性降低，因此必須為 $4^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以下。這時的冷卻速度的較佳下限為 $0.9^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ ，更佳為 $1.0^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 以上。又冷卻速度的較佳上限為 $3^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ ，更佳為 $2.5^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 。

又在上述的熱處理，可包含常化處理、熱鍛造後的常化處理等，這些步驟，只要在符合上述規定的加熱溫度、冷卻速度的條件下實施即可。

實施例

以下用實施例來具體的說明本發明，但本發明並不限於以下的實施例，當然可在符合本發明主旨的範圍內作適當的改變來實施，這些都包含於本發明的技術範圍。

用真空感應爐熔解下述表 1、2 所示化學成分組成的鋼 150kg，鑄造成上面： $\phi 245\text{mm}$ ×下面： $\phi 210\text{mm}$ ×長：

480mm 的鑄塊，實施鍛造(均熱：1250℃×3 小時左右，鍛造加熱：1000℃×1hr 左右)及切斷，經由一邊 150mm×長 680mm 的四角形材，加工成下述(a)(b)2 種的鍛造材。在下述表 1、2 同時顯示出，前述(1)式的左邊值 $\{(0.1 \times [\text{Cr}] + [\text{Al}]) / [\text{O}]\}$ ：以下也稱[A 值]。

(a)板材：厚 30mm、寬 155mm、長 100mm

(b)圓棒材：直徑 80mm、長 100mm

[表1]

試驗 No.	鋼材的化學成分組成*(質量%)																	A值
	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu	Ni	Cr	Mo	V	N	Mg	Ca	O	其他	固熔N	
1	0.21	0.18	0.81	0.012	0.014	0.07	0	0	0.95	0.18	0	0.0107	0	0.001	0.0012	-	0.0061	138
2	0.2	0.18	0.82	0.013	0.015	0.07	0	0	1.12	0.18	0	0.0119	0.0001	0.0007	0.0011	-	0.0072	165
3	0.21	0.19	0.82	0.014	0.016	0.19	0	0	1.12	0.17	0	0.0103	0.0001	0.0035	0.0012	-	0.0057	252
4	0.2	0.05	0.83	0.015	0.015	0.27	0	0	1.13	0.18	0	0.0108	0.0001	0.0033	0.0014	-	0.0043	274
5	0.21	0.19	0.82	0.015	0.016	0.46	0	0	1.12	0.17	0	0.0212	0.0002	0.0029	0.0015	-	0.0082	381
6	0.2	0.18	0.8	0.013	0.015	0.27	0	0	0.59	0.19	0	0.011	0.0001	0.0032	0.0005	-	0.0043	658
7	0.2	0.2	0.79	0.012	0.016	0.29	0	0	1.11	0.18	0	0.0111	0.0002	0.0027	0.0004	-	0.0009	1003
8	0.22	0.19	0.81	0.014	0.017	0.28	0	0	1.12	0.19	0	0.012	0.0001	0.0025	0.0006	-	0.0018	653
9	0.21	0.21	0.82	0.013	0.016	0.28	0	0	1.14	0.17	0	0.0113	0	0.0033	0.0007	-	0.0034	563
10	0.21	0.19	0.8	0.013	0.015	0.27	0	0	1.11	0.19	0	0.0097	0.0001	0.0025	0.001	-	0.0042	381
11	0.2	0.19	0.81	0.012	0.018	0.27	0	0	1.12	0.2	0	0.0103	0.0001	0.0028	0.0011	-	0.0017	347
12	0.19	0.18	0.81	0.014	0.017	0.28	0	0	1.13	0.18	0	0.0108	0	0.0021	0.0009	-	0.0027	437
13	0.2	0.2	0.82	0.015	0.017	0.26	0	0	1.13	0.17	0	0.0112	0.0002	0.0034	0.0011	-	0.0056	339
14	0.2	0.2	0.8	0.014	0.013	0.29	0	0	1.12	0.19	0	0.0092	0.0002	0.0026	0.0008	-	0.0078	503
15	0.21	0.2	0.8	0.014	0.015	0.28	0	0	1.11	0.19	0	0.0125	0.0001	0.0019	0.0006	-	0.0058	652
16	0.19	0.21	0.79	0.012	0.018	0.27	0	0	1.15	0.18	0	0.0132	0	0.0023	0.0015	-	0.0039	257
17	0.18	0.2	0.81	0.013	0.014	0.27	0	0	1.14	0.19	0	0.0104	0.0001	0.0022	0.001	-	0.0061	384
18	0.21	0.19	0.82	0.025	0.015	0.28	0	0	1.12	0.17	0	0.0101	0	0.002	0.0024	-	0.0044	163
19	0.21	0.19	0.81	0.012	0.017	0.28	0	0	1.13	0.03	0	0.0103	0.0002	0.0028	0.0019	-	0.0041	207
20	0.2	0.17	0.82	0.015	0.015	0.12	0	0	1.13	0.17	0	0.0102	0	0.0002	0.0017	-	0.0054	137
21	0.06	0.19	0.82	0.014	0.018	0.28	0	0	1.12	0.17	0	0.0105	0.0001	0.0035	0.0018	-	0.004	218
22	1.01	0.27	0.33	0.013	0.002	0.28	0	0	1.49	0	0	0.0085	0	0.0026	0.0006	-	0.0033	715

* 剩餘部:鐵及P、S以外的不可避免的雜質

[表2]

試驗 No.	鋼材的化學成分組成*(質量%)																A值	
	C	Si	Mn	P	S	Al	Cu	Ni	Cr	Mo	V	N	Mg	Ca	O	其他		固熔N
23	0.21	1.70	0.82	0.015	0.017	0.27	0	0	1.12	0.17	0	0.0045	0	0.0024	0.0013	-	0.0022	294
24	0.20	0.19	1.71	0.014	0.015	0.28	0	0	1.13	0.19	0	0.0127	0	0.0019	0.0010	Nb:0.014	0.0031	393
25	0.21	0.18	0.82	0.015	0.026	0.27	0	0	1.12	0.17	0	0.0149	0.0002	0.0020	0.0011	Ti:0.012, B:0.0010	0.0035	347
26	0.20	0.18	0.82	0.014	0.015	0.29	0.07	1.55	1.13	0.18	0	0.0109	0.0001	0.0028	0.0018	-	0.0044	224
27	0.21	0.19	0.82	0.015	0.017	0.27	0	0	1.12	0.17	0.03	0.0168	0.0001	0.0029	0.0015	-	0.0033	255
28	0.45	0.21	0.76	0.013	0.015	0.28	0	0	0.12	0	0	0.0056	0	0.0025	0.0016	-	0.0022	183
29	0.29	0.19	0.55	0.014	0.019	0.27	0	2.70	0.80	0.89	0	0.0122	0.0003	0	0.0014	-	0.0046	250
30	0.31	0.20	0.54	0.015	0.018	0.27	0	0	2.88	0.44	0	0.0076	0.0002	0	0.0013	-	0.0032	429
31	0.18	0.21	0.04	0.013	0.024	0.21	0	0	1.08	0.11	0	0.0112	0.0002	0.0031	0.0011	-	0.0050	289
32	0.21	0.19	0.82	0.015	0.015	0.08	0	0	1.45	0.17	0	0.0103	0	0	0.0012	-	0.0059	188
33	0.20	0.18	0.81	0.015	0.014	0.03	0	0	1.34	0.18	0	0.0105	0.0001	0.0024	0.0018	-	0.0079	91
34	0.20	0.19	0.82	0.015	0.015	0.16	0	0	1.12	0.17	0	0.0018	0.0001	0.0019	0.0012	-	0.0003	227
35	1.22	0.18	0.82	0.013	0.015	0.28	0	0	1.13	0.17	0	0.0108	0.0002	0.0029	0.0015	-	0.0043	262
36	0.20	2.10	0.82	0.015	0.015	0.27	0	0	1.12	0.18	0	0.0107	0.0001	0.0027	0.0016	-	0.0045	239
37	0.20	0.19	1.85	0.042	0.015	0.28	0	0	1.14	0.17	0	0.0110	0.0001	0.0029	0.0014	-	0.0043	281
38	0.21	0.18	0.82	0.015	0.040	0.27	0	0	1.12	0.19	0	0.0103	0	0.0008	0.0013	-	0.0042	294
39	0.20	0.19	0.82	0.014	0.015	0.60	0	0	1.12	0.17	0	0.0110	0.0001	0.0028	0.0010	-	0.0088	712
40	0.21	0.21	0.81	0.015	0.015	0.28	0	0	3.20	0.17	0	0.0101	0	0.0025	0.0014	-	0.0041	429
41	0.20	0.21	0.82	0.014	0.014	0.27	0	0	0.01	0.18	0	0.0109	0	0.0028	0.0015	-	0.0042	181
42	0.21	0.19	0.81	0.013	0.017	0.27	0	0	1.13	1.20	0	0.0103	0.0002	0.0028	0.0013	-	0.0039	295
43	0.20	0.20	0.82	0.015	0.016	0.29	0	0	1.12	0.18	0.6	0.0105	0	0.0027	0.0010	-	0.0001	402
44	0.21	0.19	0.82	0.013	0.015	0.12	0	0	1.14	0.17	0	0.0285	0.0001	0.0035	0.0008	-	0.0261	293
45	0.21	0.19	0.83	0.014	0.015	0.28	0	0	1.12	0.19	0	0.0103	0.0001	0.0031	0.0038	-	0.0043	103

* 剩餘部:鐵及P、S以外的不可避免的雜質

將所製得的板材和圓棒材，實施下述表 3、4 所示的熱處理後(加熱時間均為 2 小時)，所得板材是作為端銑切削試驗片的材料，所得圓棒材是作為夏比衝擊試驗片的材料。對於該等鍛造材，以下述條件來評價斷續切削時的被切削性，並測定橫目的韌性(夏比吸收能量)。

〔斷續切削時的被切削性評價〕

為了評價斷續切削時的被切削性，係對端銑加工的工具磨耗進行評價。將上述板材(常化處理材，或常化處理後進行熱鍛造者)實施銹皮除去後的表面，進行約 2mm 的磨削而作成端銑切削試驗片。具體而言，在切削機主軸安裝端銑工具，將上述般製造出的厚 25mm×寬 150mm×長 100mm 的樣品用虎鉗固定，在乾式的切削氣氛下進行順銑加工。詳細的加工條件如下述表 5 所示。進行 200 回斷續切削後，用光學顯微鏡來測定平均離隙面磨耗寬度(工具磨耗量)Vb。結果顯示於表 3、4。將斷續切削後的 Vb 為 70 μ m 以下者評價為斷續切削時的被切削性優異(○)。對這些試驗片，也測定表面的維氏硬度 Hv，其結果一併顯示於表 3、4。

〔橫目的韌性〕

從圓棒材，沿與壓延方向(鍛伸方向)垂直的方向削出缺口形狀 R10(mm)的夏比衝擊試驗片(形狀：10mm×10mm×55mm)，以下述條件進行滲碳-油淬火後，以(170℃×

120 分鐘 → 空氣冷卻) 進行回火處理，測定夏比衝擊值(橫目的夏比吸收能量)。結果顯示於表 3、4。將夏比衝擊值 10.0J 以上者評價為橫目的韌性優異(○)。

(滲碳處理條件)

930℃ × 90 分鐘 (CO₂ 濃度：0.110%，碳勢：目標 1.0%) → 930℃ × 90 分鐘 (CO₂ 濃度：0.170%，碳勢：目標 0.8%) → 840℃ × 60 分鐘 (CO₂ 濃度：0.390%，碳勢：目標 0.8%) → 油淬火(冷油：60℃) → (回火：170℃ × 120 分鐘 → 空氣冷卻)。

[表3]

試驗 No.	熱處理		步 驟	各種實驗結果				綜合 判定	
	加熱溫度 (℃)	冷卻速度 (℃/秒)		工具磨耗量		維氏硬度 (HV)	橫目夏比衝擊值		
				Vb(μm)	判定		吸收E(J)		判定
1	1200	1.5	常化處理	76	×	165	14.1	○	×
2	1200	1.5	常化處理	65	○	168	15.2	○	○
3	1200	1.5	常化處理+熱鍛造	35	○	169	16.4	○	○
4	1200	1.5	常化處理	41	○	153	14.7	○	○
5	1200	1.5	常化處理	29	○	181	10.8	○	○
6	1200	1.5	常化處理	22	○	164	16.2	○	○
7	950	1.5	常化處理	83	×	134	15.5	○	×
8	1050	1.5	常化處理	74	×	146	15.4	○	×
9	1150	1.5	常化處理	24	○	165	12.3	○	○
10	1250	1.5	常化處理	23	○	166	11.9	○	○
11	1200	0.6	常化處理	77	×	140	14.8	○	×
12	1200	0.8	常化處理	29	○	151	13.2	○	○
13	1200	2	常化處理	43	○	173	12.6	○	○
14	1200	5	常化處理	81	×	218	8.9	×	×
15	1200	1.5	常化處理+熱鍛造	23	○	169	13.7	○	○
16	1150	1	常化處理	25	○	159	12.5	○	○
17	1250	3.5	常化處理	28	○	185	11.4	○	○
18	1200	1.5	常化處理	24	○	167	14	○	○
19	1200	1.5	常化處理	19	○	162	12.9	○	○
20	1200	1.5	常化處理	75	×	168	8.4	×	×
21	1200	1.5	常化處理	21	○	121	18.5	○	○
22	1200	1.5	常化處理	35	○	232	11.3	○	○

[表4]

試驗 No.	熱處理			各種實驗結果					綜合 判定
	加熱溫度 (℃)	冷卻速度 (℃/秒)	步驟	工具磨耗量		維氏硬度 (Hv)	橫目夏比衝擊值		
				Vb(μm)	判定		吸收E(J)	判定	
23	1200	1.5	常化處理	38	○	215	12.4	○	○
24	1200	1.5	常化處理	52	○	295	11.8	○	○
25	1200	1.5	常化處理	19	○	154	16.3	○	○
26	1200	1.5	常化處理	26	○	175	15.2	○	○
27	1200	1.5	常化處理	25	○	145	14.9	○	○
28	1200	1.5	常化處理	48	○	158	15.2	○	○
29	1200	1.5	常化處理	31	○	171	16.7	○	○
30	1200	1.5	常化處理	61	○	284	10.7	○	○
31	1200	1.5	常化處理	59	○	132	5.8	×	×
32	1200	1.5	常化處理	73	×	168	7.8	×	×
33	1200	1.5	常化處理+熱鍛造	95	×	162	15.8	○	×
34	1200	1.5	常化處理	84	×	128	16.7	○	×
35	1200	1.5	常化處理	116	×	258	8.0	×	×
36	1200	1.5	常化處理	65	○	248	6.5	×	×
37	1200	1.5	常化處理	104	×	315	5.9	×	×
38	1200	1.5	常化處理	42	○	174	6.1	×	×
39	1200	1.5	常化處理	35	○	172	9.2	×	×
40	1200	1.5	常化處理	98	×	297	9.0	×	×
41	1200	1.5	常化處理	78	×	141	15.6	○	×
42	1200	1.5	常化處理	76	×	213	12.5	○	×
43	1200	1.5	常化處理	114	×	120	17.5	○	×
44	1200	1.5	常化處理	56	○	332	7.1	×	×
45	1200	1.5	常化處理	117	×	163	9.2	×	×

〔 表 5 〕

斷 續 切 削 條 件

切 削 工 具	
型 號	高 速 鋼 工 具 端 銑 刀 ， 三 菱 材 料 製 K-2SL
外 徑	$\phi 10.0\text{mm}$
被 覆	TiAlN 被 覆
切 削 條 件	
軸 方 向 切 深 量	1.0mm
徑 方 向 切 深 量	1.0mm
進 給 量	0.117mm/rev
進 給 速 度	558.9mm/min
切 削 速 度	150m/min
轉 數	4777rpm
切 削 氣 氛	乾 式

從這些結果可明顯看出，符合本發明的要件之試驗 No.2~6、9、10、12、13、15~19、21~30，斷續切削後之工具磨耗量 V_b 小，斷續切削時的被切削性優異，且橫目的韌性良好(綜合判定：○)。

相對於此，試驗 No.1、7、8、11、14、20、31~45，並不符合本發明所規定的要件(綜合判定：x)，其中，試驗 No.1、7、8、11、14、20、32~35、37、40~43、45 之斷續切削後的工具磨耗量大，試驗 No.14、20、31、32、35~40、44、45 之橫目的韌性差。

根據此結果，試驗 No.1~6、15~30、33、45 之工具磨耗量 V_b 以及橫目的韌性(橫目夏比吸收能量 E)和前述 A 值 $\{(0.1 \times [\text{Cr}] + [\text{Al}]) / [\text{O}]\}$ 的關係如下述表 6 所示。根據此資料，A 值和工具磨耗量 V_b 的關係如第 1 圖所

示，A 值和橫目夏比吸收能量 E 的關係如第 2 圖所示。根據這些圖表可知，藉由符合前述(1)式的關係(亦即將 A 值適當的調整)，可讓本發明例的機械結構用鋼發揮良好的被切削性及韌性。

[表6]

試驗 No.	A值	各種實驗結果		綜合 判定
		工具磨耗量 Vb(μm)	橫目夏比衝擊值 吸收能量E(J)	
1	138	76	14.1	×
2	165	65	15.2	○
3	252	35	16.4	○
4	274	41	14.7	○
5	381	29	10.8	○
6	658	22	16.2	○
15	652	23	13.7	○
16	257	25	12.5	○
17	384	28	11.4	○
18	163	24	14.0	○
19	207	19	12.9	○
20	137	75	8.4	×
21	218	21	18.5	○
22	715	35	11.3	○
23	294	38	12.4	○
24	393	52	11.8	○
25	347	19	16.3	○
26	224	26	15.2	○
27	255	25	14.9	○
28	183	48	15.2	○
29	250	31	16.7	○
30	429	61	10.7	○
33	91	95	15.8	×
45	103	117	9.2	×

以上雖是參照特定的實施形態來詳細說明本發明，但在不脫離本發明的精神及範圍內可作各種變更及修正乃熟習此技術人士顯而易知者。本申請是以 2007 年 6 月 28 日申請的日本特願 2007-170936 以及 2008 年 4 月 25 日申請的日本特願 2008-115575 為基礎，因此將其內容以參照的方式併入本發明中。

【圖式簡單說明】

第 1 圖係顯示 A 值 $\{(0.1 \times [\text{Cr}] + [\text{Al}]) / [\text{O}]\}$ 和工具磨耗量 Vb 的關係。

第 2 圖係顯示 A 值 $\{(0.1 \times [\text{Cr}] + [\text{Al}]) / [\text{O}]\}$ 和橫目夏比吸收能量 E 的關係。

第 097124240 號專利申請案中文申請專利範圍修正本

民國 101 年 4 月 26 日修正

十、申請專利範圍

1. 一種被切削性優異之機械結構用鋼，其特徵在於：

以質量%計，係含有 C：0.05~1.2%、Si：0.03~2%、Mn：0.2~1.8%、P：0.03%以下但不包括 0%、S：0.03%以下但不包括 0%、Cr：0.1~3%、Al：0.06~0.5%、N：0.004~0.025%以及 O：0.003%以下但不包括 0%；

並含有 Ca：0.0005~0.02% 及 / 或 Mg：0.0001~0.005%，鋼中的固溶 N：0.002%以上，剩餘部為鐵及不可避免的雜質所構成；

且符合下述(1)式的關係：

$$(0.1 \times [\text{Cr}] + [\text{Al}]) / [\text{O}] \geq 150 \cdots (1)$$

其中，[Cr]、[Al]及[O]分別代表 Cr、Al 及 O 的含量。

2. 如申請專利範圍第 1 項記載之被切削性優異之機械結構用鋼，其中，進一步含有以下(a)~(d)的至少 1 種：

(a) Mo：1.0%以下但不包括 0%，

(b) Nb：0.15%以下但不包括 0%，

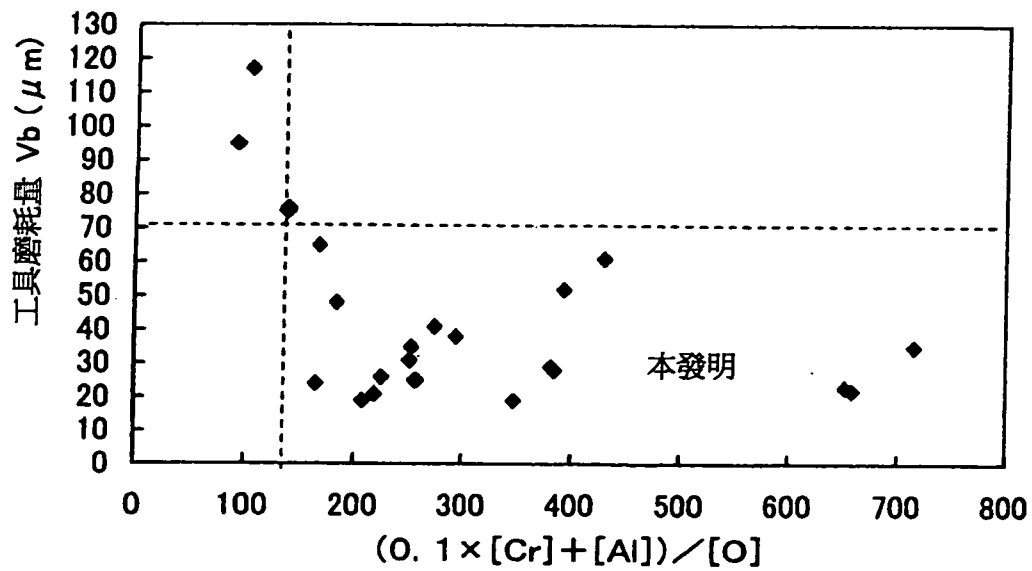
(c) 選自 Ti、Zr、Hf 及 Ta 所構成群中的至少 1 種以上：合計 0.02%以下但不包括 0%，

(d) 選自 V：0.5%以下但不包括 0%、Cu：3%以下但不包括 0%、Ni：3%以下但不包括 0%以及 B：0.005%以下但

不包括 0%所構成群中之至少 1 種。

3. 如申請專利範圍第 1 或 2 項記載之被切削性優異之機械結構用鋼，其中，作為 N 的固熔化處理，係將鋼材加熱至 1150℃ 以上後，以 900~500℃ 的溫度範圍用 0.8~4℃ /秒的冷卻速度進行冷卻。

第1圖



第2圖

