



(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 I476155 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 03 月 11 日

(21)申請案號：100139362

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 10 月 28 日

(51)Int. Cl. : C01F7/02 (2006.01)

(30)優先權：2010/11/01 日本 2010-245581

(71)申請人：昭和電工股份有限公司 (日本) SHOWA DENKO K. K. (JP)
日本

(72)發明人：富川伸一郎 TOMIKAWA, SHINICHIRO (JP)；宮澤宏和 MIYAZAWA, HIROKAZU
(JP)；家村武志 IEMURA, TAKESHI (JP)

(74)代理人：林志剛

(56)參考文獻：

TW 200833851

JP 5-301765A

JP 2008-260645A

審查人員：馮俊璋

申請專利範圍項數：4 項 圖式數：5 共 29 頁

(54)名稱

氧化鋁質燒結體、研磨粒、及磨具

(57)摘要

一種氧化鋁質燒結體，其係包含鈦化合物及鐵化合物之氧化鋁質燒結體，其特徵為於氧化鋁結晶之晶界存在 FeTiAlO_5 之結晶，該 FeTiAlO_5 結晶之平均結晶尺寸為 $3.4 \sim 7.0\mu\text{m}$ ，以及使用該氧化鋁質燒結體所成之研磨粒及磨具。

發明專利說明書

(本申請書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：100139362

※申請日：100 年 10 月 28 日

※IPC 分類：C01F 7/02 (2003.01)

一、發明名稱：(中文／英文)

氧化鋁質燒結體、研磨粒、及磨具

二、中文發明摘要：

一種氧化鋁質燒結體，其係包含鈦化合物及鐵化合物之氧化鋁質燒結體，其特徵為於氧化鋁結晶之晶界存在 FeTiAlO_5 之結晶，該 FeTiAlO_5 結晶之平均結晶尺寸為 $3.4 \sim 7.0 \mu\text{m}$ ，以及使用該氧化鋁質燒結體所成之研磨粒及磨具。

三、英文發明摘要：

四、指定代表圖：

(一) 本案指定代表圖為：無

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明：無

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：無

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種氧化鋁質燒結體、使用該氧化鋁質燒結體所成之研磨粒、以及使用該研磨粒所成之磨具。

【先前技術】

氧化鋁質燒結體，係發揮高硬度、高強度、高耐熱性、高耐磨耗性及高耐藥品性等優異的特徵，而在各種產業領域中使用。特別是在鋼鐵產業中作為重研削磨具的原料（研磨粒）使用。

此外，以汽車為中心的輸送用機器或者是構成產業用機械之零件的材料，大多使用特殊合金。此等特殊合金，由於相較於一般的 SUS304 等較硬，因此以往所沒有的高「研削比」之重研削磨具為市場所需。在此，所謂「研削比」，係指表示磨具的性能之指標，且由以下的式子來表示。

研削比 = 被削材料被削減的量（研削量） / 磨具之磨耗量

一般而言，雖只要是能以較少的磨具來削減較多的被削材料者便能判斷為性能良好，但磨具的研削比，會受到該磨具所使用的研磨粒之「硬度」與「破壞韌性」影響。有關於「研削比與硬度」、及「研削比與破壞韌性」之間，係具有如下所述的關係：

(1) 若研磨粒的硬度變高，則研磨量會增加，因此研削比會變大。

(2) 若破壞韌性變高，則研磨粒的磨耗量會變少，因此研削比會變大。

若考慮上述 (1) 及 (2)，則研削比之式子中，分子部分會因研削量而受到影響，而分母部分會因磨耗量而受到影響。為了使磨具的研削比提高，硬度及破壞韌性兩者皆高係較為理想。

在此，以往之重研削磨具用的研磨粒，已知有：使氧化鋁質之微粉原料經燒結而成之研磨粒（例如，參照專利文獻 1～3）、或熔融氧化鋁氧化鋇研磨粒（例如，參照專利文獻 4）、在高純度微粒氧化鋁粉末中，添加有氧化鎂等之晶粒成長抑制劑的研磨粒（例如，參照專利文獻 5）等。

此外，提案有以氧化鋁作為主材料並添加有 TiO_2 而成之燒結材料（例如，參照專利文獻 6）。再者，提案有：添加有可固溶於氧化鋁結晶中之 Ti 、 Mg 、 Fe 等之金屬化合物的氧化鋁燒結體，作為具有高硬度及高破壞韌性之耐磨耗性優異的氧化鋁燒結體（例如，參照專利文獻 7）。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

[專利文獻 1]日本特公昭 39-4398 號公報

[專利文獻 2]日本特公昭 39-27612 號公報

[專利文獻 3]日本特公昭 39-27614 號公報

[專利文獻 4]日本特公昭 39-16592 號公報

[專利文獻 5]日本特公昭 52-14993 號公報

[專利文獻 6]日本特開平 3-97661 號公報

[專利文獻 7]日本特開平 11-157962 號公報

【發明內容】

[發明所欲解決之課題]

但，專利文獻 1～5 中皆無具體揭示有關：高硬度且低破壞韌性、或者是低硬度且高破壞韌性，高硬度且破壞韌性高的研磨粒。雖於專利文獻 6 中之燒結材料，係有針對硬度作評估，但針對破壞韌性卻完全沒有考慮到。此外，專利文獻 7 中之氧化鋁燒結體，係僅揭示 Ti 與 Mg 的組合、及 Fe 與 Mg 的組合，針對其他的組合並無具體揭示。

本發明係在上述的狀況下所完成者，其目的為提供一種作出高硬度且破壞韌性優異的研磨粒之氧化鋁質燒結體、使用該氧化鋁質燒結體所成之研磨粒及使用該研磨粒所成之磨具。

[解決課題之手段]

本發明者們，為了達成上述目的屢次精心研究的結果發現，作為氧化鋁質燒結體所含有之化合物，可著眼於鈦

化合物（特別是鈦氧化物）及鐵化合物（特別是鐵氧化物），且由該等與氧化鋁所形成之 FeAlTiO_5 粒子，特別在破壞韌性的提昇方面展現優異的效果。本發明係根據上述見解而完成者。

亦即，本發明係如下所述。

[1]一種氧化鋁質燒結體，其係包含鈦化合物及鐵化合物之氧化鋁質燒結體，其特徵為於氧化鋁結晶之晶界存在 FeTiAlO_5 之結晶，該 FeTiAlO_5 結晶之平均結晶尺寸為 $3.4 \sim 7.0 \mu\text{m}$ 。

[2]如請求項 1 之氧化鋁質燒結體，其中鈦化合物換算成 TiO_2 之含有量與鐵化合物換算成 Fe_2O_3 之含有量之合計量為 $5 \sim 13$ 質量%。

[3]一種研磨粒，其係由如上述[1]或上述[2]之氧化鋁質燒結體所構成。

[4]一種磨具，其係將具有如上述[3]之研磨粒之層作為作用面。

[發明效果]

依據本發明，係可供一種作出高硬度且破壞韌性優異的研磨粒之氧化鋁質燒結體、使用該氧化鋁質燒結體所成之研磨粒及使用該研磨粒所成之磨具。

[實施發明之最佳形態]

[氧化鋁質燒結體]

於本發明之氧化鋁質燒結體中，於由剛玉結晶所構成的主結晶相之晶界，存在含有 Ti、Fe 及 Al 之複合金屬氧化物的結晶相，具體而言為 FeTiAlO_5 粒子。由於此 FeTiAlO_5 粒子的存在，而成為一種作出高硬度且破壞韌性優異之研磨粒的氧化鋁質燒結體。特別是 FeTiAlO_5 粒子，係藉由所謂破壞韌性較剛玉相更高的作用，而可得到高硬度且破壞韌性優異的氧化鋁質燒結體。由 FeTiAlO_5 粒子所構成之結晶相的存在及平均結晶的尺寸，係可依據後述之實施例所記載的方法而加以確認。

就高破壞韌性化的觀點而言，含有 Ti、Fe 及 Al 的複合金屬氧化物之結晶相（ FeTiAlO_5 粒子）的平均結晶尺寸，必須為 $3.4 \sim 7.0 \mu\text{m}$ ，較佳為 $3.7 \sim 6.5 \mu\text{m}$ 。

於 $3.4 \sim 7.0 \mu\text{m}$ 之範圍外，則抑制破壞時所產生之龜裂的進行之效果會變小。相反地，平均結晶尺寸在 $3.4 \sim 7.0 \mu\text{m}$ 之範圍，藉此可良好地保持因該 FeTiAlO_5 粒子所得之龜裂的偏向效果。

在此，針對推測會得到如上所述之效果的機制進行說明。

首先，在僅由氧化鋁所構成之燒結體的情況，係如第 3 圖所示，龜裂的傳遞方式，係會沿著氧化鋁粒子 12 的晶界朝箭頭 Y 方向進行。接著，依據衝擊的大小，如第 4 圖（B）之 SEM 相片所示，係沿著晶界而產生直線性的龜裂。另外，第 4 圖，係後述之比較例 1 的燒結體之 SEM 相片；第 4 圖（A），係顯示施加衝擊之前的結晶組織之

狀態；第 4 圖（B），係顯示施加衝擊之後龜裂延伸的狀態。

另一方面，藉由使其含有鈦化合物及鐵化合物，如第 1 圖所示，而於氧化鋁粒子 12 的晶界，生成破壞韌性值高的複合金屬氧化物之結晶相（ FeTiAlO_5 粒子 10）。由於該 FeTiAlO_5 粒子 10 存在於氧化鋁粒子 12 的晶界，因此即使在施加衝擊時所發生的龜裂進行，也會因使龜裂在以該粒子 10 為起點迂迴地偏向箭頭 X 方向，故衝擊力不會在一個方向而會分散、緩和。因此認為整體而言破壞韌性值提高。

上述情事，係可由第 2 圖所示之顯示衝擊試驗之結果的 SEM 相片得知。亦即，如第 2 圖（A）之 SEM 相片所示，若於氧化鋁粒子的晶界存在 FeTiAlO_5 粒子的狀態下施加衝擊，則如第 2 圖（B）所示，龜裂會以 FeTiAlO_5 粒子為起點迂迴地進行。

另外，第 2 圖係後述之實施例 3 的燒結體之 SEM 相片，該圖中，位於氧化鋁粒子之晶界的三相點處之灰色部分（顏色較淡的部分），相當於 FeTiAlO_5 粒子。

本發明之氧化鋁質燒結體，係包含鈦化合物及鐵化合物，且較佳為使鈦化合物換算成 TiO_2 之含有量（以下稱為「 TiO_2 換算含有量」）與鐵化合物換算成 Fe_2O_3 之含有量（以下稱為「 Fe_2O_3 換算含有量」）與氧化鋁之含有量之 3 成分合計量成為 98 質量%以上。

此外， TiO_2 換算含有量與 Fe_2O_3 換算含有量之 2 成分

合計量係以成爲 5~13 質量%爲佳，且以成爲 7~10 質量%爲較佳。

此外，於本發明之氧化鋁質燒結體中，爲了得到高硬度且高破壞韌性之燒結體，以使 TiO_2 換算含有量、與 Fe_2O_3 換算含有量之質量比 ($\text{TiO}_2 : \text{Fe}_2\text{O}_3$) 成爲 0.85 : 1.15~1.15 : 0.85 者爲佳，0.90 : 1.10~1.10 : 0.90 爲較佳，0.95 : 1.05~1.05 : 0.95 爲更佳。

在此，針對 TiO_2 換算含有量及 Fe_2O_3 換算含有量之 2 成分合計量與硬度的關係，雖具有合計量越多硬度越低的關係，但只要 2 成分合計量在本發明之範圍內，則作爲硬度指標之平均維氏硬度會成爲例如 16GPa 以上，實用上也會具有優異的硬度。

另一方面，針對 2 成分合計量與破壞韌性的關係，雖不如上述硬度那樣的關係，但本發明者們發現，2 成分合計量在特定的範圍中，破壞韌性會顯著地提高。亦即，只要 2 成分合計量在本發明之範圍內，則破壞韌性值會成爲例如 $3.0\text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ 以上。

此外，如後述之氧化鋁質燒結體的製造方法中所說明般，就製造成本之觀點而言，作爲含有 Ti 與 Fe 的原料，係以使用鈦鐵礦（鈦鐵礦： FeTiO_3 ）者爲佳。

此外，爲了得到具有更高破壞韌性的燒結體，本發明之氧化鋁燒結體，係以含有作爲 TiO_2 、 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 以外之金屬化合物的矽化合物及/或鈣化合物者爲佳。

矽化合物換算成 SiO_2 之含有量（以下稱爲「 SiO_2 換

算含有量」) 與鈣化合物換算成 CaO 之含有量 (以下稱為「 CaO 換算含有量」) 之合計量，係以成為 2 質量%以下者為佳，以成為 0.5~2 質量%者為更佳。

矽化合物及鈣化合物，係被認為是作為晶粒成長劑而作用，且將此等以氧化物換算為存在 2 質量%以下，藉此使氧化鋁之剛玉結晶的形狀、尺寸不均一，並使龜裂的偏向產生。也就是說，認為：藉由特定量的鈦化合物及鐵化合物、以及特定的矽化合物及鈣化合物的存在，以將各個作用作組合而使龜裂的偏向有效率地產生，而得到更高破壞韌性化的效果。

在此，氧化鋁的含有量、或 TiO_2 換算含有量、 Fe_2O_3 換算含有量、 SiO_2 換算含有量、 CaO 換算含有量、其他金屬化合物之金屬氧化物換算含有量，係可藉由螢光 X 射線元素分析法而求得。具體而言，係以下述方式求得。

首先，為了進行測量，執行元素的組成為已知的標準氧化物試料之濕式分析。以所得之濕式分析值作為基準值，而作成測量時必要的標準曲線。樣品的定量分析，係以該作成的標準曲線為基準來執行。測量機器，係可使用 Panalytical 公司製之「PW2400 型」。此外，測量，係以在管球：鉻管球、特性 X 射線： $\text{K}\alpha$ 射線的條件下實施者為佳。管電壓及管電流，係以在各元素不同的條件下執行測量者為佳。於下述表 1 中顯示管電壓與管電流的條件之一例示。

另外，於本說明書中，求得各金屬氧化物換算含有量

時之成為分母之整體量，係成為將氧化鋁質燒結體所包含之全部的金屬元素，換算成氧化物並經合計的量。

[表1]

表1 各金屬氧化物之管電壓及管電流值

元素	管電壓[kV]	管電流[mA]
Al	24	120
Fe	60	48
Ti	40	72
Si	24	120
Ca	40	72

[氧化鋁質燒結體之製造方法]

接著，針對已述之本發明的氧化鋁質燒結體之製造方法進行說明。

(原料)

於本發明之氧化鋁質燒結體之製造方法中，係使用氧化鋁、鈦化合物、鐵化合物作為原料。視需要進一步使用矽化合物及/或鈣化合物。此等亦可含有2種以上之複合氧化物。

此等之原料的形態，雖可列舉粉末、金屬粉末、漿體、水溶液等，但於本發明中，就作業時之處理的容易度等之觀點而言，以使用粉末的原料為佳。於使用粉末原料的情況下，為了得到均質的混合粉末，氧化鋁粉末、鈦化合物粉末、鐵化合物粉末、矽化合物粉末、以及鈣化合物粉末的累積質量50%徑（ d_{50} ），係以分別使用 $3\mu\text{m}$ 以下者

為佳，以使用 $1\mu\text{m}$ 以下者為更佳。

在此，各種粉末的累積質量 50% 徑 (d_{50})，係可藉由雷射繞射法來進行測量。

於所得到的氧化鋁質燒結體中，由於氧化鋁粉末為用來形成由剛玉結晶所構成之主結晶相的原料，因此以高純度者為佳，且以使用例如以貝爾 (Bayer) 法所形成之氧化鋁等者為佳。

作為鈦化合物粉末及鐵化合物粉末，係各自為高純度之 TiO_2 粉末及高純度之 Fe_2O_3 粉末亦可，或將鈦、鐵、氧化鋁的全部或者是此等當中的 2 種形成複合氧化物者亦可。作為複合氧化物，係可列舉：鈦鐵礦（鈦鐵礦： FeTiO_3 ）粉末、鈦酸鋁粉末、 FeTiAlO_5 粉末等。鈦鐵礦粉末，係因較高純度之 TiO_2 粉末及高純度之 Fe_2O_3 粉末更低價，故可抑制研磨粒的製造成本。因此，以使用鈦鐵礦粉末者為佳。

在此，鈦鐵礦係亦稱為鉍鈦鐵礦，且以天然產的鐵及鈦的氧化礦物，而組成係以 FeTiO_3 來表示。產地，係澳洲、挪威、俄羅斯烏拉山地區、印度、加拿大、美國、馬來西亞等，依據產地而化學組成不同。 FeTiO_3 之 Fe^{2+} 的一部分，為可經 Mg^{2+} 置換者。

構成鈦鐵礦（澳洲 昆士蘭產）的成分當中，於下述表 2 中顯示氧化鋁成分與鐵化合物、鈦化合物、矽化合物及鈣化合物換算成氧化物時各別的化學組成。

[表2]

表2 鈦鐵礦中之氧化鋁、及換算成氧化物時之各成分的含有量（質量%）

Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	SiO_2	CaO
0. 43	46. 93	49. 10	0. 35	0. 02

使用鈦鐵礦粉末時，鈦鐵礦粉末相對於氧化鋁粉末之質量混合比（鈦鐵礦粉末/氧化鋁粉末），係以設為 0.05 : 0.95 ~ 0.16 : 0.84 者為佳，以設為 0.08 : 0.92 ~ 0.12 : 0.88 者為更佳。藉由將質量混合比設為 0.05 : 0.95 ~ 0.16 : 0.84，而可將 TiO_2 換算含有量與 Fe_2O_3 換算含有量 2 成分之合計量設為 5 ~ 13 質量%。

此外，使用矽化合物或鈣化合物時，矽化合物換算成 SiO_2 之含有量與鈣化合物換算成 CaO 之含有量，為合計 2 質量%以下，較佳為使其成為 0.5 ~ 2 質量%。藉由使用該等而可使破壞韌性值更為提昇。

作為矽化合物粉末、鈣化合物粉末，係各自為高純度之 SiO_2 粉末及高純度 CaO 粉末、碳酸鈣粉末等亦可，或將二氧化矽、氧化鈣、氧化鋁的全部或者是此等當中的 2 種形成複合氧化物者亦可。複合氧化物，係可列舉富鋁紅柱石、沸石、膨土、鈣鋁黃長石、鈣長石等之粉末。

（混合物之調製）

於本發明之製造氧化鋁質燒結體的方法中，對調製原料之混合物的方法並無特別限制，但可適當地採用例如下述之方法。

首先，於含有聚乙烯醇之水性溶劑中，分別添加特定

量之以貝爾法所得到之氧化鋁粉末、鈦鐵礦粉末（或者是 TiO_2 粉末與 Fe_2O_3 粉末）。其後，使用例如：超音波分散器、行星型球磨機、球磨機、混砂機等之使用有介質之分散器、ULTIMAIZER（商品名）、NANOMIZER（商品名）等之 Medialess 分散器而得到均質的漿體。接著，在將該漿體乾燥處理過後，加以粉碎，而調製累積質量 50% 徑（ d_{50} ） $3\mu\text{m}$ 以下，較佳為 $1\mu\text{m}$ 以下之混合物（粉末）。

（混合物之燒結）

將如上述方式所調製的原料之混合物的成形體進行燒結，而得到相對密度 95% 以上，較佳為 97% 以上之本發明之氧化鋁質燒結體。藉由相對密度為 95% 以上，而可抑制因燒結體中之氣孔、空隙所引起之燒結體硬度及破壞韌性的下降。另外，相對密度，係可以阿基米德法所測量出的燒結體積密度，除以真密度而求得。

此外，燒結時，係使用眾所周知的成形手段，例如：藉由模壓、冷閒靜水壓、澆鑄成形、射出成形、擠製成形等而成形為任意的形狀，接著可將該成形體，藉由眾所周知的燒結法，例如：熱壓法、常壓煨燒法、氣體加壓煨燒法、微波加熱煨燒法等各種的燒結手法來進行燒結。

如上述方式所得到的本發明之氧化鋁質燒結體，係具有高硬度且優異的破壞韌性，且適合作為例如：研削材料、切削材料、研磨材料等之研削、切削、研磨等之工具，並進一步適合在鋼鐵產業中作為重研削用磨具的研磨粒。

[研 磨 粒]

本發明之研磨粒，係由本發明之氧化鋁質燒結體所構成。本發明之氧化鋁質燒結體，係藉由依序施行粉碎處理、揉合處理、成形處理、乾燥處理、燒結處理所得。

[磨 具]

本發明之磨具，係將具有本發明之研磨粒之層作為作用面。

本發明之磨具的研磨粒之對於作用面的固定方法，係可列舉：樹脂結合、玻璃熔結、金屬黏結、電鍍等。

此外，基底金屬的材質，係可列舉：鋼鐵、不銹鋼合金、鋁合金等。

樹脂結合，係銳利度良好，但耐久性低。玻璃熔合，係銳利度佳，且耐磨耗性也良好，但會在研磨粒發生內部應力，而容易使研磨粒破裂、或缺損。電鍍，係形狀的自由度大，且銳利度也良好。

鑑於上述之情事，於磨具中，係視其用途而選擇研磨粒之固定方法。

具體而言，例如，於樹脂結合磨具的情況下，藉由將酚樹脂、聚醯亞胺樹脂等之接著劑的粉末與研磨粒混合、或將接著劑塗佈在研磨粒上，並填充至模具予以加壓成型的方法；或者是將環氧樹脂、不飽和聚酯樹脂等之液狀的接著劑與研磨粒混合，並灌入模型中使其硬化的方法，而得到將研磨粒層固定在基底金屬的作用面所成之本發明之

磨具。

針對本發明之磨具的形狀並無特別限制，只要視磨具之用途，而從直條型或杯型等形狀適當選擇即可。

【實施方式】

[實施例]

以下，雖藉由實施例來進一步詳細地說明本發明，但本發明並不受該等例示所限制。

另外，於各例示中之諸多特性，係依據下述所示的方法求得。

(1) 原料粉末之累積質量 50%徑 (d_{50}) 之測量

原料粉末的累積質量 50%徑 (d_{50})，係可藉由雷射繞射法 (NIKKISO CO., LTD. 製 MICROTRACK HRA) 來進行測量。

(2) 氧化鋁質燒結體之平均維氏硬度之測量

裝置，係使用 (股) AKASHI 製、機種名「MVK-VL、Hardness Tester」；測量，係以負載 0.98N、壓頭的打入時間 10 秒的條件，且以 15 點測定值之平均值作為維氏硬度。平均維氏硬度只要在 16GPa 以上實用上便無問題。

(3) 氧化鋁質燒結體之平均破壞韌性值

裝置，係使用松澤精機股份有限公司製、機種名「DVK-1」；測量，係在最大負載 9.81N、壓頭的打入速度 50 $\mu\text{m}/\text{sec}$ 、壓頭的打入時間 15 秒的條件下，以 15 點之平均值作為平均破壞韌性值。計算式係如以下所述。此外，平均破壞韌性值只要在 3.0MPa $\cdot\text{m}^{1/2}$ 以上實用上便無問題。

$$K_{IC} = 0.026 * E^{1/2} * P^{1/2} * a/c^{3/2}$$

K_{IC} ：破壞韌性值 (MPa $\cdot\text{m}^{1/2}$)

E：楊氏模數 (Pa)

P：最大負載 (N)

a：壓痕尺寸 (m)

c：龜裂的尺寸 (m)

另外，於本發明中，上述楊氏模數 E，係使用氧化鋁之值 (3.9 $\times 10^{11}$ Pa)。

(4) 於氧化鋁質燒結體之各晶相的平均結晶尺寸之測量

裝置，係使用日本電子(股)製、機種名「JSM-6510V」來拍攝 SEM 相片。根據所得到的 SEM 相片來測量各結晶相之平均結晶尺寸。平均結晶尺寸，係藉由直徑法來測量於各結晶 (50 個) 之同一方向的最大長度，並算出平均而求出。

(5) 氧化鋁質燒結體之含有 Ti、Fe 及 Al 的金屬氧化物結晶相的組成分析

裝置，係使用 Panalytical 公司製、機種名「X'pert PRO」，並在特性 X 射線：CuK α 線、管電壓 40kV、管電流 40mA 的條件下，進行上述金屬氧化物結晶相之組成分析。

(6) 相對密度

相對密度，係可以阿基米德法所測量出的燒結體之體積密度，除以真密度而求得。

此時，假設已添加的鐵化合物與鈦化合物完全反應而成爲 FeTiAlO₅，而且，以氧化鋁之真密度爲 3.98、FeTiAlO₅ 之真密度爲 4.28，而算出以可生成之 FeTiAlO₅ 之比例與剩餘部分的氧化鋁之比例爲基礎的真密度。

如上所述，燒結體之原料的形態，係可列舉：粉末、金屬粉末、漿體、水溶液等。於本實施例中，就作業時處理之容易度等的觀點而言，認爲以使用粉末之原料者爲佳，而使用了原料粉末。在此，於下述表 3~8 顯示作爲原料所使用的氧化鋁粉末、鈦鐵礦粉末、氧化矽（二氧化矽）粉末、碳酸鈣粉末、氧化鐵粉末及氧化鈦粉末之化學組成（氧化鋁之含有量、TiO₂ 換算含有量、Fe₂O₃ 換算含有量、SiO₂ 換算含有量、CaO 換算含有量）。

[表3]

表3 氧化鋁粉末中之氧化鋁、及換算成氧化物時之各成分的化學組成（質量%）

Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	SiO_2	CaO
99.36	0.02	<0.01	0.01	<0.01

上述氧化鋁粉末，係昭和電工（股）製「AL-160SG-3」，該累積質量50%徑（ d_{50} ）為0.6 μm 。

[表4]

表4 鈦鐵礦（ FeTiO_3 ）粉末中之氧化鋁、及換算成氧化物時之各成分的化學組成（質量%）

Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	SiO_2	CaO
0.43	46.93	49.10	0.35	0.02

上述鈦鐵礦粉末，係將在澳洲出產，澳洲的CRL（Consolidated Rutile Limited）公司製者，粉碎成累積質量50%徑（ d_{50} ）：0.75 μm ，而加以利用。

[表5]

表5 氧化矽粉末中之氧化鋁、及換算成氧化物時之各成分的化學組成（質量%）

Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	SiO_2	CaO
0	0	0	99.91	0

上述氧化矽粉末，係Nippon Aerosil Co., Ltd 製AEROSIL200，該累積質量50%徑（ d_{50} ）約為12nm。

[表6]

表6 碳酸鈣粉末中之氧化鋁、及換算成氧化物時之各成分的化學組成（質量%）

Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	SiO_2	CaO
0	0	0	0	99.5

上述碳酸鈣粉末，係和光純藥工業（股）製碳酸鈣（特級），該累積質量50%徑（ d_{50} ）為2.3 μm 。調配時係換算成CaO後予以添加。

[表7]

表7 氧化鐵 (Fe_2O_3) 粉末中之氧化鋁、及換算成氧化物時之各成分的化學組成 (質量%)

Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	SiO_2	CaO
0. 019	96. 66	0. 017	2. 38	0. 006

上述氧化鐵粉末，係利根產業（股）製、紅鐵粉（Bengala）SR-570，該累積質量 50% 徑 (d_{50}) 為 $0.5\ \mu\text{m}$ 。

[表8]

表8 氧化鈦 (TiO_2) 粉末中之氧化鋁、及換算成氧化物時之各成分的化學組成 (質量%)

Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	SiO_2	CaO
0. 057	0	99. 22	0	0. 0011

上述氧化鈦粉末，係 Showa Titanium（股）製「SUPER-TITANIA（註冊商標）G 系列」，該累積質量 50% 徑 (d_{50}) 為 $0.6\ \mu\text{m}$ 。

（實施例 1~11 及比較例 1~7）

以使所形成之氧化鋁燒結體中之 TiO_2 及 Fe_2O_3 的各含有量成為表 9-1 及表 9-2 所示之值的方式，來將累積質量 50% 徑 (d_{50}) $0.6\ \mu\text{m}$ 之上述氧化鋁粉末、與累積質量 50% 徑 (d_{50}) $0.75\ \mu\text{m}$ 之上述鈦鐵礦粉末加以混合，而得到各種混合物。

於各種混合物中，分別添加 600g 之含有 5 質量%之聚乙稀醇的水溶液 300g 與純水，且以球磨機進行粉碎、混合處理（實施例 1~5 及比較例 1~6 為 4 小時、其他為 8 小時），而調製出混合物濃度約 25 質量%之均值的各種漿體。

接著，分別將上述各種漿體在 120°C 下進行 24 小時

乾燥處理之後，以研鉢來進行分解粉碎處理，而得到累積質量 50% 徑 (d_{50}) $300\mu\text{m}$ 以下之各種粉碎品。分別將上述各種粉碎品，在 100MPa 之壓力下模壓成形之後，進一步在 150MPa 之壓力下施以流體靜壓處理而製造出各種成形體。

其後，為了使相對密度成為 95% 以上，將上述各種成形體，在電爐（大氣環境）下煅燒 4 小時，藉此得到各種氧化鋁質燒結體。針對此等，進行已述的試驗（評估）。將結果顯示於下述表 9-1 及 9-2。

此外，於第 2 圖中顯示對於實施例 3 之氧化鋁質燒結體之衝擊試驗前後的 SEM 相片，於第 4 圖中顯示對於比較例 1 之氧化鋁質燒結體之衝擊試驗前後的 SEM 相片。另外，上述圖中，（A）係顯示衝擊試驗前之結晶組織的狀態；（B）係顯示衝擊試驗後之龜裂延伸的狀態。

（實施例 12、13 及比較例 8、9）

以使所形成之氧化鋁燒結體中之 TiO_2 及 Fe_2O_3 的各含有量成為表 9-1 及表 9-2 所示之值的方式，來將累積質量 50% 徑 (d_{50}) $0.6\mu\text{m}$ 之上述氧化鋁粉末、與累積質量 50% 徑 (d_{50}) $0.5\mu\text{m}$ 之氧化鐵粉末、以及累積質量 50% 徑 (d_{50}) $0.6\mu\text{m}$ 之氧化鈦粉末加以混合，而得到各種混合物。

於各種混合物中，分別添加 600g 之含有 5 質量 % 之聚乙烯醇的水溶液 300g 與純水，且以球磨機進行粉碎、

混合處理（處理時間：4 小時），而調製出混合物濃度約 25 質量 % 之均值得各種漿體。

接著，分別將上述各種漿體在 120℃ 下進行 24 小時乾燥處理之後，以研鉢來進行分解粉碎處理，而得到累積質量 50% 徑（ d_{50} ）300 μm 以下之各種粉碎品。分別將上述各種粉碎品，在 100MPa 之壓力下模壓成形之後，進一步在 150MPa 之壓力下施以流體靜壓處理而製造出各種成形體。

其後，為了使相對密度成為 95% 以上，將上述各種成形體，在電爐（大氣環境）下燒結 4 小時，藉此得到各種氧化鋁質燒結體。針對此等，進行已述的試驗（評估）。將結果顯示於下述表 9-1 及 9-2。

[表9]

表9-1

	燒結體組成(質量%)剩餘部分 Al_2O_3				燒結體物性				
	Fe_2O_3	TiO_2	SiO_2	CaO	相對密度 (%)	平均維氏硬度 (GPa)	平均破壞韌性值 ($\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$)	FeTiAlO_5 平均結晶尺寸 (μm)	FeTiAlO_5 之有無
實施例 1	2.45	2.56	0.02	0.00	95.8	16.7	3.0	3.4	有
實施例 2	3.41	3.57	0.03	0.00	96.7	16.5	3.4	3.7	有
實施例 3	3.89	4.07	0.03	0.00	96.7	16.4	3.9	3.9	有
實施例 4	4.38	4.58	0.03	0.00	96.9	16.3	3.6	4.1	有
實施例 5	4.87	5.09	0.04	0.00	97.3	16.1	3.4	4.2	有
實施例 6	2.45	2.56	0.33	0.66	95.7	16.4	3.8	4.3	有
實施例 7	2.45	2.56	0.66	1.32	95.9	16.3	3.7	4.5	有
實施例 8	3.89	4.07	0.33	0.66	95.5	16.1	4.0	5.6	有
實施例 9	3.89	4.07	0.66	1.32	96.6	16.0	3.8	5.7	有
實施例 10	4.87	5.09	0.33	0.66	97.0	16.0	3.8	5.8	有
實施例 11	4.87	5.09	0.66	1.32	98.8	16.0	3.8	6.2	有
實施例 12	4.60	3.40	0.11	0.00	97.5	16.2	3.6	3.7	有
實施例 13	3.40	4.60	0.08	0.00	96.8	16.1	3.5	3.8	有

[表10]

表9-2

	燒結體組成(質量%)剩餘部分 Al_2O_3				燒結體物性				
	Fe_2O_3	TiO_2	SiO_2	CaO	相對密度 (%)	平均維氏硬度 (GPa)	平均破壞韌性值 ($MPa \cdot m^{1/2}$)	$FeTiAlO_5$ 平均結晶尺寸 (μm)	$FeTiAlO_5$ 之有無
比較例1	0.01	0.00	0.01	0.00	98.6	17.4	24	—	無
比較例2	0.05	0.05	0.01	0.00	98.6	17.3	24	—	無
比較例3	0.49	0.51	0.01	0.00	98.3	17.1	25	3.0	有
比較例4	1.46	1.53	0.01	0.00	95.1	16.8	26	3.2	有
比較例5	7.30	7.64	0.05	0.00	97.5	15.6	28	7.2	有
比較例6	9.74	10.2	0.07	0.00	97.0	13.8	27	8.3	有
比較例7	7.30	7.64	0.33	0.66	95.9	15.0	3.0	7.5	有
比較例8	4.80	3.20	0.12	0.00	97.0	15.3	2.9	3.2	有
比較例9	3.20	4.80	0.08	0.00	98.3	15.4	2.9	3.3	有

於實施例 1~13 及比較例 3~9 之氧化鋁質燒結體中，在由剛玉結晶所構成的主結晶相之晶界，存在的含有 Ti、Fe 及 Al 之金屬氧化物的結晶相，係藉由 X 射向繞射測量而確認為由 $FeTiAlO_5$ 所構成之結晶相。

另外，於第 5 圖中顯示實施例 7 之氧化鋁質燒結體的 X 射線繞射測量的結果。

X 射線繞射測量的資料解析，係使用 PANalytical 公司製的解析軟體「X' Pert High Score Plus」來進行。

於該解析軟體中， $FeTiAlO_5$ 的結構，係根據 1982 年 Tiedemann 等所發表的文獻來決定結晶結構。

將實驗樣品的結果與藉由上述方式所得之圖型作對照，判斷出峰值乃起因於 $FeAlTiO_5$ 。

【圖式簡單說明】

[第 1 圖]係說明對於本發明之氧化鋁質燒結體的衝擊之傳遞方式之作用說明圖。

[第 2 圖]係對於本發明之氧化鋁質燒結體的衝擊試驗

前後之 SEM 相片；（A）係顯示衝擊試驗前之結晶組織的狀態（熱蝕刻處理完畢）；（B）係顯示衝擊試驗後之龜裂延伸的狀態（未經熱蝕刻處理）。

[第 3 圖]係說明對於僅由氧化鋁所構成之燒結體的衝擊之傳遞方式之作用說明圖。

[第 4 圖]係對於僅由氧化鋁所構成之燒結體的衝擊試驗前後之 SEM 相片；（A）係顯示衝擊試驗前之結晶組織的狀態（熱蝕刻處理完畢）；（B）係顯示衝擊試驗後之龜裂延伸的狀態（未經熱蝕刻處理）。

[第 5 圖]係顯示實施例 7 之氧化鋁質燒結體的組成分析（X 射線繞射測量）結果之 X 射線繞射圖。

【主要元件符號說明】

10：FeAlTiO₅ 粒子

12：氧化鋁粒子

X：顯示龜裂之進行方向的箭頭

Y：顯示龜裂之進行方向的箭頭

七、申請專利範圍：

1. 一種氧化鋁質燒結體，其係包含鈦化合物及鐵化合物之氧化鋁質燒結體，其特徵為於氧化鋁結晶之晶界存在 FeTiAlO_5 之結晶，該 FeTiAlO_5 結晶之平均結晶尺寸為 $3.4 \sim 7.0 \mu\text{m}$ ；

鈦化合物換算成 TiO_2 之含有量與鐵化合物換算成 Fe_2O_3 之含有量與氧化鋁之含有量之 3 成分合計量為 98 質量%以上，

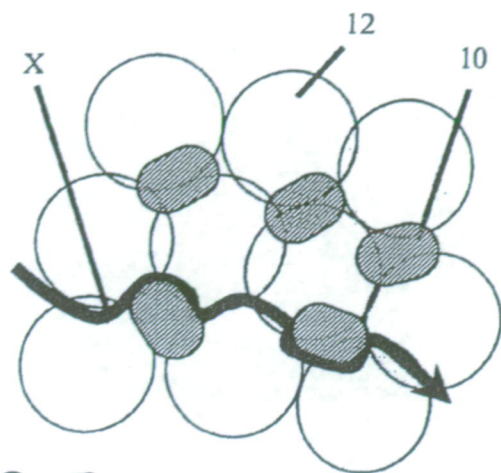
鈦化合物之 TiO_2 換算含有量與鐵化合物之 Fe_2O_3 換算含有量之質量比 ($\text{TiO}_2 : \text{Fe}_2\text{O}_3$) 為 $0.85 : 1.15 \sim 1.15 : 0.85$ 。

2. 如請求項 1 之氧化鋁質燒結體，其中鈦化合物換算成 TiO_2 之含有量與鐵化合物換算成 Fe_2O_3 之含有量之合計量為 $5 \sim 13$ 質量%。

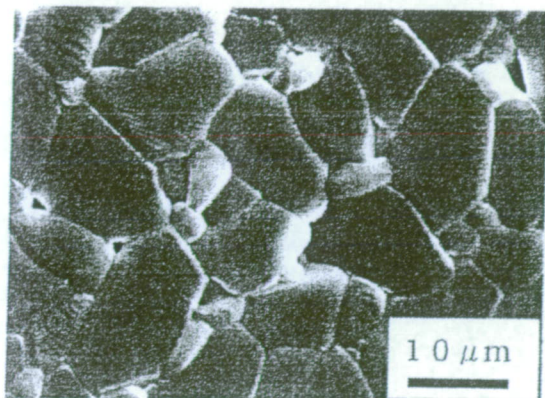
3. 一種研磨粒，其係由如請求項 1 之氧化鋁質燒結體所構成。

4. 一種磨具，其係將具有如請求項 3 之研磨粒之層作為作用面。

第1圖



第2圖

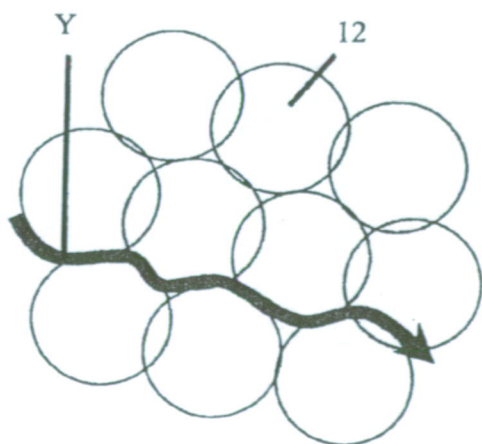


(A)

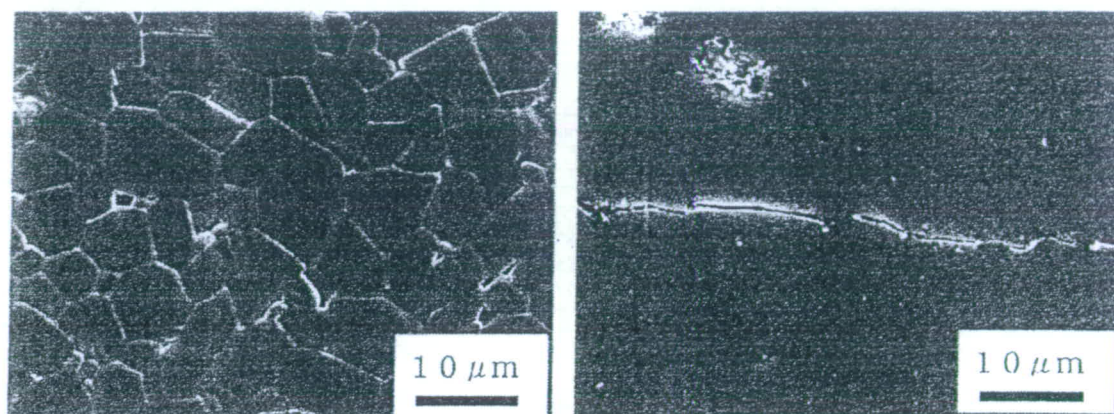


(B)

第3圖



第4圖



(A)

(B)

第5圖

