

使用硼玻璃结合剂,在结合剂中添加硼酸铝晶须,抑制方英石的生成,使砂轮机械强度提高的陶瓷 CBN 砂轮及其制

造方法.

一,以往的技术及本专利要解决的问题

众所周知,由立方氮化硼(以下简称 CBN)制成的磨粒,其硬度高,与金刚石磨粒一样统称为超硬磨料.CBN 磨粒广泛用于磨削钢铁材料的砂轮制造.可 CBN 磨粒在砂轮制造中,于 950°C 以上高温烧成时易变质,因此,必须使用低熔点的结合剂,在 950°C 以下温度烧成时则不变质.另外,我们还知道在 650~950°C 烧成,能获得最高强度的砂轮,这种陶瓷结合剂已达到实用化.(请参照日本专利特公昭 52-3147)这种结合剂其热膨胀系数与 CBN 磨粒的大体一致,并且与磨粒的湿润性好,这种结合剂就是硼玻璃结合剂.

另外,使用硼玻璃作结合剂,烧成温度一低,会产生方英石.这种现象是因为硼玻璃( $Na_2O-B_2O_3-SiO_2$ )分解成两相( $Na_2O-B_2O_3$  和  $SiO_2$ ),热处理不当所致.所谓方英石的  $SiO_2$  的结晶化物,在 100~200°C,其体积会急剧膨胀,以此为结合剂烧制的砂轮易产生裂纹,砂轮强度大大变弱,使得用硼玻璃结合剂的陶瓷结合剂 CBN 砂轮的制造变得很困难.我们知道其抑制方英石生成的材料有莫来石(铝硅矿物),但加入莫来石,使砂轮机械强度提高不很明显,砂轮的抗拉强度也不会提高很多.

据此,本专利发明人经锐意研究,反复实验,结果在硼玻璃结合剂中加入硼酸铝晶须,以此达到提高砂轮机械强度和抗拉强度的目的.

二,本专利的详细说明

如上所述,本专利是以在硼玻璃结合剂中添加硼酸铝晶须为特征的一项发明.硼玻璃结合剂通常以重量计,其化学组成为  $SiO_2$  40~70%, $Al_2O_3$  2~20%, $K_2O$ , $Na_2O$ , $Li_2O$  等碱金属氧化物 3~17%, $CaO$ , $MgO$ , $ZnO$ , $BaO$  等碱土金属的二价金属氧化物 1~14%, $B_2O_3$  15~30% 所组成.

加入结合剂中的是硼酸铝( $9Al_2O_3 \cdot 2B_2O_3$ )晶须.所谓晶须就是胡须状结晶,通常定义为断面积在  $8 \times 10^{-5} \text{in}^2$  以下,长度为断面平均直径 10 倍以上的单结晶.最近把它添加于陶瓷,塑料,金属材料中,可提高材料的机械强度,耐腐蚀性.使之形成完整的结晶,达到接近理论强度的抗拉强度.

硼酸铝晶须的热膨胀系数为  $4.7 \times 10^{-6}$ ,与 CBN 的热膨胀系数  $3.5 \times 10^{-6}$  比较接近,因此,加热烧成时恐怕不会产生裂纹等不良情况,可谋求抗拉强度等机械强度的提高.

晶须中除含有硼酸铝外,还含有  $\beta-SiC$ , $\beta-Si_3N_4$ ,钛酸钾,氧化镁,氧化锌等.本专

利发明人分别采用各成分反复试验,研究对解决课题的效果,结果是  $SiC$  和  $Si_3N_4$

比硼酸铝晶须的抗拉强度大,但正如下面实施例 3 中叙述的那样,判明它们没有消除方英石的能力.另外,从试验用的圆片膨胀情况判断,认为是它与结合剂反应,分解而造成的.

其它的晶须的抗拉强度比硼酸铝晶须的弱,而且认为  $MgO$  和  $ZnO$  等二价金属溶于结合剂中,使结合剂变质,所以采用其它晶须制造磨具不适宜.

采用硼酸铝晶须虽然能够抑制硼玻璃结合剂烧成时的方英石结晶的生成,但推测这种晶须能抑制方英石结晶的生成是硼酸铝晶须中的氧化铝成分溶于硼玻璃结合剂中,在  $SiO_2$  的网状结构里形成了  $AlO_4$  的四面体.可本发明不拘限于此理论.

硼酸铝晶须的添加量最好是相对于硼玻璃结合剂和该晶须的总量(重量)在 5~30% 范围内.若不足 5% 时,则抑制方英石生成的作用不足,而超过 30% 时,磨粒与结合剂的湿润性降低.另外,硼玻璃结合剂中除添加硼酸铝晶须外,还可以在结合剂中加入临时结合剂 50% 糊精液.使用这样的结合剂,在制造砂轮时,主要用立方氮化硼(CBN)磨粒.但依据需要,除此磨粒外,还可加入碳化硅,刚玉磨粒,或者 SG 磨粒(凝胶烧结法制造的刚玉质磨粒).这种场合, CBN 磨粒采用磨粒率 5~54 容量%,其它磨粒的磨粒率为 0~40 容量%.

当使用上述磨粒和结合剂制造砂轮时,既可单一采用 CBN 磨粒,又可 CBN 磨粒和其它磨粒同时与加入硼酸铝晶须的硼玻璃结合剂混合,成型,于 650~950°C 温度范围内,在空气气氛或非活性气氛(例如氮气气氛)下烧成.其温度最好在 750~850°C 的范围内.

下面用具体实施例进一步说明本专利.

实施例 1 硼酸铝晶须抑制方英石生成的作用:

分别以不同的表 2 所列硼酸铝晶须的添加率,加入表 1 所列结合剂组分的硼玻璃结合剂中,很好混合成均质的试验结合剂,成型为圆片状试样,依据表 3 所列的条件烧制成的试样置于 X 射线衍射装置上(理学电机(株)制造)进行测试,其结果如图 1 所示,确认了抑制方英石的生成状态.可知从不添加硼砂铝晶须的试验结合剂 1 中看到的方英石的峰值与添加硼酸铝晶须的试验结合剂 2 和 3 中看到的峰值比较,峰值变小,添加率越高,其峰值越小.另外,无论是在空气气氛下或是在氮气气氛下烧成,其结果相同.

以清洁工作环境.后部空气的排出可将油污空气吸出,使工件表面保持洁净.

表 1 硼玻璃结合剂的组分

表 3 试样制作条件

(A)圆片尺寸: 10.5×T12(mm)

(B)投入重量:1.5g

**CO-MAX MACHINERY TOOLS LIMITED**

(C)烧成条件:

最高温度 800°C(空气气氛)

室温→550°C 7.5 小时

550°C→600°C 3.0 小时

600°C→800°C 2.0 小时

最高温度 800°C 保持 7.0 小时

800°C→400°C 自然冷却约 7.0 小时

400°C→室温强制冷却约 2.5 小时

最高温度 800°C(氮气气氛)

室温→550°C 7.5 小时(空气气氛)

550°C→600°C 3.0 小时(空气气氛)

600°C 保持 1.5 小时(置换为氮气气氛)

600°C→800°C 2.0 小时(氮气气氛)

最高温度 800°C 保持 7.0 小时(氮气气氛)

800°C→400°C 自然冷却约 7.0 小时(氮气气氛)

400°C→室温强制冷却约 2.5 小时(空气气氛)

表 4 试样制作条件

(A)圆片尺寸: 25.4×T20(mm)

(B)投入重量:15g

(C)烧成条件:

最高温度 800°C(空气气氛)

室温→550°C 7.5 小时

550°C→600°C 3.0 小时

600°C→800°C 2.0 小时

最高温度 800°C 保持 7.0 小时

800°C→400°C 自然冷却约 7.0 小时

400°C→室温强制冷却约 2.5 小时

实施例 2 热膨胀的确认:

依据表 4 所列条件,把表 2 的试验结合剂 1 和 3 烧成的试样切割出 5×5×20(mm)样块,

以 5.5°C/min 的温速升温,用理学电机(株)制造的热膨胀测定仪(TAS100)测定了热膨胀的变

化.其结果,如图 2 所示,试验结合剂 1 在 100~20°C 之间有急剧热膨胀现象,而试验结合

剂 3 在相同的 100~20°C 之间则没有急剧热膨胀现象.认为这种现象是方英石影响的缘故.

图 2

实施例 3 硼酸铝晶须与其它晶须的比较:

在表 1 的硼玻璃结合剂里添加硼酸铝晶须以外的其它晶须,并进行了此种情况下的抑制方英石生成状态的确认.其作为比较试验用的其它晶须,如表 5 所示,添加抗拉强度比硼酸铝晶须大的 $\beta$ -SiC,添加率 10wt%的(试验结合剂 4)和添加 10wt% $\beta$ -Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>的(试验结合剂 5),使用这两种结合剂与试验结合剂 3,分别成型为圆片试样,与表 3 所示的相同烧成条件,烧成试样.把此烧成试样置于 X 射线衍射装置(理学电机(株)制造)上,其测定结果如图 3 所示.添加 $\beta$ -SiC 和 $\beta$ -Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>的试样,无论是在空气气氛下或是在氮气气氛下烧成,都出现了方英石的峰值,可知它们没有抑制方英石的生成作用.而且还发现添加 $\beta$ -SiC 和 $\beta$ -Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>烧成的试验圆片同添加硼酸铝晶须试验结合剂 3 比较,有产生较大的膨胀现象.认为这些晶须与结合剂反应,晶须分解,促使了气体的发生而产生这一现象,故这些晶须不适宜作为砂轮制造用原材料.

图 3

表 5

实施例 4 砂轮的抗折强度试验:

提高硼酸铝晶须的添加率 15wt%加入表 1 所列硼玻璃结合剂中,制成试验结合剂 6 和分别添加其它添加物硼酸铝粉及莫来石粉制成试验结合剂 7 及 8,用这些结合剂根据表 7 所列条件,分别制成 CBN 砂轮试样.同样,用试验结合剂 1 和 3 也根据表 7 所列条件制成 CBN 砂轮试样,对各实例试样进行了三点抗折强度试验,其结果示于表 6 右端.

表 6 砂轮的抗折强度试验(使用岛津制作所制造的万能精密材料试验机)

表 7 试样(砂轮 1)制作条件及方法

(a)磨粒:CBN80/100 #

(b)组成:磨粒体积(V<sub>g</sub>)=50

结合剂的体积(V<sub>b</sub>)=21

气孔体积(V<sub>p</sub>)=29

(c)尺寸:长 43×厚 5×宽 15(mm)

(d)烧成条件:

最高温度 800°C(空气气氛)

室温→550°C 7.5 小时

550°C→600°C 3.0 小时

600°C→800°C 2.0 小时

最高温度 800°C 保持 7.0 小时

800°C→400°C 自然冷却约 7.0 小时

400°C→室温强制冷却约 2.5 小时

最高温度 800°C(氮气气氛)

室温→550°C 7.5 小时(空气气氛)

550°C→600°C 3.0 小时(空气气氛)

600°C 保持 1.5 小时(置换为氮气气氛)

600°C→800°C 1.5 小时(氮气气氛)

最高温度 800°C 保持 7.0 小时(氮气气氛)

800°C→400°C 自然冷却约 7.0 小时(氮气气氛)

400°C→室温强制冷却约 2.5 小时(空气气氛)

(e)方法:

①决定出烧成前的组成。(V<sub>g</sub>=50, V<sub>b</sub>=21, V<sub>p</sub>=29)

②决定出磨粒,结合剂及临时结合剂(50%糊精液)的成型密度.

③混合磨粒,结合剂及临时结合剂(50%糊精液)压成型,40°C/最少 12 小时干燥后烧成.

(因烧成, V<sub>p</sub> 收缩到 26~28).在用试验结合剂 1 的实例 1 中,有方英石的产生,由于方英石的急剧体积变化,结合剂里产生裂纹,故抗折强度小.表 6 右端是把实例 1 的抗折强度作为 1.00,各实例的数值指数化而表示的,看出实例 2 以下的其抗折强度飞跃上升,考虑这是有抑制方英石生成的作用所致.从结果还可知添加硼酸铝晶须时的抗折强度大.也可以说这是由于硼酸铝晶须的抗拉强度大,作为结合剂的补强材料而起作用的缘故.从试验结合剂 6,是提高硼酸铝晶须添加率,强度增大,也可以说明这一点.另外,试验结合剂的砂轮的 SEM 照片上,确认有针状结晶,证明晶须存在于结合剂中.其次,烧成气氛对砂轮强度的影响,可知氮气气氛下的,强度大些,这是因为在氮气气氛下晶须向结合剂中溶入更少的缘故.

实施例 5 磨削试验:

从上述的试验结果表明硼酸铝晶须具有抑制方英石生成的作用.另外,晶须的抗拉强度大,作为结合剂的补强材料也有一定作用.下面为确认实际效果如何,进行了磨削试验,磨削条件如表 9 所示,获得表 10 所示结果.这种场合的砂轮是使用试验结合剂 3,6 及 7,其

**CO-MAX MACHINERY TOOLS LIMITED**

砂轮的制作依据表 8.

表 8 试样(砂轮 2)的制作条件及方法

(a)磨粒:CBN80/100 #

(b)组成:磨粒体积( $V_g$ )=50

结合剂的体积( $V_b$ )=21

气孔体积( $V_p$ )=29

(c)尺寸:D350×T20×H152.4×x3.5(mm)

(d)烧成条件:

最高温度 800°C(空气气氛)

室温→550°C 7.5 小时

550°C→600°C 3.0 小时

600°C→800°C 2.0 小时

最高温度 800°C 保持 7.0 小时

800°C→400°C 自然冷却约 7.0 小时

400°C→室温强制冷却约 2.5 小时

最高温度 800°C(氮气气氛)

室温→550°C 7.5 小时(空气气氛)

550°C→600°C 3.0 小时(空气气氛)

600°C→800°C 2.0 小时(氮气气氛)

最高温度 800°C 保持 7.0 小时(氮气气氛)

800°C→400°C 自然冷却约 7.0 小时(氮气

气氛)

400°C→室温强制冷却约 2.5 小时(空气气氛)

(e)方法:

①决定烧成前的组成.( $V_g=50, V_b=21, V_p=29$ )

②决定磨粒,结合剂及临时结合剂(50%糊精液)的成型密度.

③混合磨粒,结合剂及临时结合剂(50%糊精液)压成型,40°C/最少 12 小时干燥后烧成.

(压成型制作成如图 4 所示,42×4×22(mm)),曲率 171.5R,28 个试样.)

④烧成后,经精加工,用环氧树脂涂附在图 4 的①和②部分上,再把试样粘结,固定在

直径 343mm 的金属基体上.然后进一步精加工成上述(e)的尺寸,制成图 5 所示的砂轮.

## 图 4

(c)砂轮速度(V):4500m/min

(d)工件速度(v):7.5m/min

(e)工件材质:S 55 C(HRC=58)(碳结钢)

(f)工件尺寸:D60×T3.5×H24(mm)

(g)周速比: $V/v=4500/7.5=600$ (逆向磨削)

(h)磨削效率(Z'):

Z'=30mm 3/mm SEC(除去 2.5)

Z'=3.0mm 3/mm SEC(除去 0.5)

无花磨削 6 秒

冷却液为吴冷却液 NET500B(稀释 50 倍)比较了工件 120 次磨削的磨削比。

从此结果可以看出硼酸铝晶须的添加率高的结合剂,其砂轮的磨削比越高.另外,即使是同样的添加率,在氮气气氛下烧成的砂轮其磨削比更大。

## 表 10 磨削试验结果

总之,从以上各种试验结果表明在硼玻璃结合剂中添加一定量的硼酸铝晶须,可以抑制

方英石的生成,提高砂轮的机械强度,制造出高性能的陶瓷 CBN 砂轮。

多年来, 剑事磨料磨具技术公司对金刚石的处理; 钎焊工艺的时间, 温度, 保温等; 完全替代日本超精油石的工艺配方技术; 陶瓷结合剂金刚石砂轮和陶瓷结合剂 CBN 砂轮的生产稳定性, 高品质产品质量, 先进工艺; 低成本树脂结合剂金刚石和低成本树脂结合剂 CBN 的成熟配方工艺技术; 德国超硬制品(陶瓷, 树脂, 青铜, 电镀, 钎焊) 国际领先技术; 普通陶瓷树脂橡胶国企与外资配方工艺技术; 金刚石磨料的生产工艺配方技术; 金刚石串珠绳锯配方工艺; 耐水 PVA 砂轮的工艺配方技术; 国内先进的成熟的菱苦土砂轮配方工艺技术等方面均有多年生产经验。以上配方与工艺均在资料中大量的呈现给读者, 本资料的实用性较强, 可作为行业的技术参考书来使用。重点阐述各种结合剂磨具的制造原理、工艺、配方设计、结构设计、模具设计以及具体产品的制造过程; 注意吸收行业成熟的和新的生产经验、科研成果; 不吝地公开很多有价值的配方。

本资料主要介绍金刚石工具的种类与应用、对金刚石和结合剂的要求、各种结合剂配方、配方设计、模具设计、粉末冶金理论以及用料计算、配混料、压制、烧结等工艺知识; 重点介绍金刚石磨具(包括青铜砂轮、石材磨具、玻璃磨具、墙地砖磨具、珩磨油石)、锯切工具(圆锯片、排锯、绳锯)、钻探工具(地质钻头、石油钻头、工程钻头)、金刚石刀具、PCBN 刀具、金刚石拉丝模、金刚石修整笔、金刚石修整滚轮的制造工艺, 包括这些工具用金刚石、结合剂、基体、工艺的选择以及操作要求; 阐述电镀金属结合剂金刚石工具以及树脂和陶瓷金刚石、CBN 磨具的制造工艺。