

石英砂在菱苦土磨具中的作用机理

莫彬彬^{1,2} 马钟玮¹

(¹ 中国科学院地球化学研究所, 贵州贵阳 550002; ² 中国科学院研究生院, 北京 100039)

A STUDY ON FUNCTIONAL MECHANISM OF QUARTZ IN MAGNESIA BONDED ABRASIVES

Mobinbin^{1,2} Mazhongwei¹

(1. The Institute of Geochemistry, CAS, Guiyang Guizhou 550002;

2. The Graduate School, CAS, Beijing 100039)

Abstract: In this paper, the functional mechanism of quartz in magnesia bonded abrasives is studied by applying the relevant theory of material structure and chemical bond, and identified the theoretical result by experiment. Conclusion: ionization percentage of Si-C covalent bond in carborundum is 9%, and that is 47% in Si-O covalent bond of quartz, thus there is strong electrostatic attraction between quartz and magnesia abrasives, quartz can combine with magnesia bonded abrasives more close than carborundum does, and improve the wearability of abrasives evidently.

Key words: quartz; magnesia bonded abrasives; functional mechanism

摘要: 本文利用物质结构与化学键的有关理论对石英砂的菱苦土磨具中的作用机理进行分析, 并以实验对分析结果进行验证。结果表明: 金刚砂晶体中 Si-C 共价键的离子性百分数仅为 9%, 石英晶体中 Si-O 共价键的离子性百分数为 47%, 因此, 石英与主要以离子键结合的菱苦土结合剂之间有较强的静电作用力, 石英与菱苦土的结合力强于金刚砂, 可提高菱苦土磨具的耐磨性。

关键词: 石英 菱苦土磨具 作用机理

菱苦土结合剂和金刚砂(SiC)是石材磨具中粗、细磨具常用的基质材料和磨料, 菱苦土结合剂是由轻烧的氧化镁和氯化镁进行水化反应形成的凝胶物质。在菱苦土磨具制造过程中, 不同配方和生产工艺, 不

同的产地和存放时间所制造的磨具, 其外观质量(泛霜、裂纹)、耐磨性、磨削效率等质量指标会不同, 甚至相差很大。因此, 前人对菱苦土的物相结构(配方)、氧化镁的含量及活性、生产工艺(温度、时间)和添加剂等诸多因素进行了较充分的研究^[1-3]。在实际生产, 生产磨具的厂家为了降低成本往往会在磨具生产中用石英砂取代一部分金刚砂, 这样还会对提高磨具质量起到好的效果, 但对石英砂在磨具中作用机理的研究却很少, 本文从物质结构和化学键有关理论

作者简介: 莫彬彬, 男, (1968-), 工程师, 1991 年毕业于中国科学技术大学应用化学系, 学士, 在中国科学院地球化学研究所先后从事过晶体生长、矿物材料以及天然产物的研究和开发工作。

通讯地址: 贵州省贵阳市观水路 46 号中科院地化所超临界中心

联系电话: 0851-5895814 **邮编:** 550002

E-mail: dhsmobinbin@163.net

的观点出发,对石英砂在菱苦土磨具中的作用机理进行探讨,并以实验进行验证。

1 石英砂和在菱苦土磨具中作用机理探讨

1.1 菱苦土的组成和结构

菱苦土是由氧化镁、氯化镁和水按一定的比例配料,并在一定的工艺条件下混合、搅拌、成型、养护而制成的结合剂,由于原料比例、生产工艺和添加剂的不同,可以形成不同的相,在 $MgO-MgCl_2-H_2O$ 系统平衡相图上,热力学稳定相是 $3 \cdot 1 \cdot 8$ 相,而 $5 \cdot 1 \cdot 8$ 相是该系统非平衡相图的热力学介稳相^[1], $5 \cdot 1 \cdot 8$ 是实际生产中常用的比例。

组成菱苦土的三种基本物质是 MgO 、 $MgCl_2$ 、 H_2O , Mg 是典型金属(电负性为 1.31), O 、 Cl 是典型非金属(电负性分别为 3.44, 3.16),因此 MgO 、 $MgCl_2$ 是以离子键结合形成的离子晶体,离子性百分数分别为 70% 和 55%; H_2O 是以共价键形成的物质,但由于 H 、 O 电负性(分别为 3.44, 2.2)差异较大, H_2O 分子中 $H-O$ 键有较强的离子性,离子性百分数为大于 30%^[4]。

1.2 金刚砂(SiC)、石英(SiO_2)和刚玉(Al_2O_3)的结构和化学键

金刚砂(SiC)是人工合成的一种磨料,其硬度仅次于金刚石(C),是由第 IV_A 主族中相邻的两种元素组成的共价键晶体,其结构为立方 ZnS 型^[5]。除了相同元素所形成的共价键外,由不同元素形成的共价键或多或少都具有一定的离子性。由于组成 SiC 的两种元素为同族相邻元素,两者电负性差较小(Si 1.90, C 2.55)。因此,其化学键是共价性较强的共价键,而离子性成分很弱,约占 9%^[4]。

石英是二氧化硅晶体,质地坚硬有脆性。石英是晶体中 $(SiO_4)^{4-}$ 硅氧四面体的四个顶点都用以相互连接而形成的无限三维骨架,化学式为 SiO_2 ,有三个变体:石英、磷石英、白硅石^[6],自然界中常见的石英

晶体为石英-a,硅氧四面体中 $Si-O$ 以共价键联结,由于 Si 、 O 电负性差较大(Si 1.90, O 3.44),因此 $Si-O$ 共价键离子性很强,离子性百分数为 47%^[4]。

在刚玉(Al_2O_3 -a)结构中 O^{2-} 成六方密堆积, Al^{3+} 占有 $2/3$ 的 O^{2-} 八面体空隙^[6]。 Al 和 O 之间电负性(Al 1.61, O 3.44)差为 1.83,可判断 $Al-O$ 之间形成离子键,离子性百分数为 55% 左右^[4],与 $Si-O$ 键较接近。

1.3 金刚砂、石英、刚玉在菱苦土磨具中行为的理论预测

组成菱苦土磨具的 MgO 、 $MgCl_2$ 、 H_2O 按一定配方和工艺形成凝胶物质,各分子间存在氢键和配置键^[1],但分子中原有的离子键和离子性较强的共价键依然存在。离子键的本质是静电作用力,没有方向性和饱和性。金刚砂中的 $Si-C$ 共价键离子性很弱,仅有 9%。因此,金刚砂与菱苦土之间相互作用力很小,在菱苦土凝胶物质中主要是以包裹形式存在;石英(或刚玉)结构中化学键的离子性百分数较强,为 50% 左右,其在菱苦土凝胶物质中不仅是以包裹形式存在,并且由于静电作用而增加了两者相互吸引力。因此可以对上述三种物质在菱苦土磨具中的行为作出以下预测:

(1)以菱苦土和金刚砂制成的磨具下料快,磨削效力高,但耐磨性差。

(2)以菱苦土和石英(或刚玉)制成的磨具下料慢,磨削效率差,耐磨性好。

(3)以金刚砂和石英(或刚玉)按一定比例混合制成菱苦土磨具可改善磨具性能。

2 实验

2.1 原材料

菱镁矿煅烧的 MgO , 活性 $MgO > 90\%$ 。

青海察尔汗盐湖 $MgCl_2 \cdot 6H_2O$

金刚砂(60目, 120目)中国第七砂轮厂生产

石英砂(60目, 120目)用天然石英砂自制
刚玉(60目, 120目)贵州铝厂生产
米黄大理石(60cm × 60cm)镇宁产

2.2 菱苦土磨具生产工艺

MgO、MgCl₂ · 6H₂O、H₂O 按 5: 1: 8 比例(摩尔比)备料, 先将 MgCl₂ · 6H₂O 溶解于水中, 再将 MgO 和磨料(60目)(磨料/菱苦土为 20% wt)倒入水溶液中, 搅拌 10min 后注入模具中成型, 脱模后养护 20d, 进行试磨。

2.3 菱苦土磨具性能实验

将养护好的菱苦土磨具在镇宁米黄大理石上进行试磨, 首先用较粗的磨具(SiC 16目)在 60cm × 60cm 大理石板面上均匀磨 3min, 然后用试验磨块(三块为一组)在大理石板面上均匀磨 3min, 测量磨块削耗情况, 并观察大理石板面磨光程度, 结果如下:

以刚玉代替石英砂制成磨具, 并进行磨块性能试验, 结果如下:

表 1 含不同比例石英的金刚砂菱苦土磨具性能实验结果

编号	1	2	3	4
磨料比例	SiC20%	SiC15% + SiO ₂ 5%	SiC10% + SiO ₂ 10%	SiO ₂ 20%
平均磨耗 (mm)	3.5	2.5	2.0	1.4
大理石板面情况 (定性)	完全磨去上级磨料磨痕	完全磨去上级磨料磨痕	有上级磨料磨痕	有很多上级磨料磨痕

以 120 目磨料代替 60 目磨料制成磨具, 并进行磨块性能度试验, 结果基本相符。

表 2 含不同比例刚玉的金刚砂菱苦土磨具性能实验结果

编号	1	2	3	4
磨料比例	SiC20%	SiC15% + Al ₂ O ₃ 5%	SiC10% + Al ₂ O ₃ 10%	Al ₂ O ₃ 20%
平均磨耗 (mm)	3.3	2.5	1.9	1.3
大理石板面情况 (定性)	完全磨去上级磨料磨痕	完全磨去上级磨料磨痕	有少量上级磨料磨痕	有较多上级磨料磨痕

2.4 结果分析

(1)磨块磨耗的高低代表了磨块的耐磨性, 磨耗高的耐磨性差, 磨耗低的耐磨性好。实验结果中磨料完全为 SiC 的磨耗最大, 磨料完全为 SiO₂(或 Al₂O₃)的磨耗最小, 二者混合制成的磨块中 SiO₂(或 Al₂O₃)比例高的耐磨性好。

(2)大理石板面情况(定性)说明磨块磨削效率的高低, 能够尽快磨去上一级磨料磨痕的磨块磨削效率高, 上一级磨料磨痕留下得越多, 磨块磨削效率越低。实验结果中 SiC 含量高的磨块磨削效率高, 随着 SiO₂(或 Al₂O₃)含量的增加, 磨块磨削效率降低。

实验结果与理论预测结果相吻合。

3 结论

(1)应用物质结构与化学键的有关理论对石英砂(或刚玉)在菱苦土磨具中的作用机理进行探讨和预测, 其结果与实验结果相符。

(2)在菱苦土磨具中加入石英砂(或刚玉)可以对磨具的耐磨性和磨削性能进行改善。

(3)实际应用中, 提高菱苦土磨具质量应综合考虑各种因素, 应根据石材材质和品种的不同对总的磨料比例以及金刚砂和石英砂的比例进行调整, 同时应根据磨料粗细、比例及其他因素的变化对菱苦土配方和生产工艺进行调整。

参考文献

- [1]、余红发, 5·1·8 的研究[J], 硅酸盐通报, 1995, (2): 64~68
- [2]、粟政新, 卫冰, 菱苦土活性及其对磨具制品强度的影响[J], 金刚石与磨料磨具工程, 1997, 99(3): 28~30
- [3]、胡光明, 菱苦土磨具裂纹机理的研究[J], 金刚石与磨料磨具工程, 1996, 95(5): 27~31
- [4]、武汉大学, 吉林大学等, 无机化学(上册)[M], 北京: 高等教育出版社, 1984. 128~139
- [5]、郭用猷, 物质结构基本原理[M], 北京: 高等教育出版社, 1987. 478
- [6]、钱逸泰, 结晶化学[M], 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1988. 243; 287