

延长金刚石钻头寿命和 提高金刚石钻头钻速方法的探究

周 奕*,任贵阳

(中国地质大学<武汉>工程学院,湖北 武汉 430074)

摘 要:金刚石的寿命是评价金刚石钻头好坏的标准。高寿命金刚石钻头是当今钻探界研究的一个重要课题。而高钻速是人们追求的一个目标。就这一难题提出重要的意见。

关键词:金刚石;胎体;固体润滑剂;石墨

中图分类号:TE24 **文献标识码:**A **文章编号:**1004—5716(2010)08—0059—03

随着金刚石工业的发展,金刚石钻头的使用成为钻探工业不可或缺的一部分。由于这种方法的钻进效率比较高,钻孔质量比较好,施工劳动强度比较轻,钻探成本比较低,因此得到愈来愈广泛的应用,前景非常广阔。神五、神六、神七的发射成功,以及将来的探月计划,将科技带进了一个全新的时代。而金刚石钻头也将大显身手。它将钻取月球的岩石给人类提供月球的信息。

1 金刚石钻头现状的分析

在合适的操作条件下,可适应干加工的孕镶金刚石工具已出现。这类金刚石工具通常采用优质金刚石和钴基胎体制造。它主要利用钴基胎体的高温耐磨性和优质金刚石的热稳定性,即通过提高工具对摩擦热的承受能力而免除了冷却液的使用,但是它一方面没有有效降低摩擦热的产生,一则无法解决金刚石钻头热损伤问题;再者,由于金刚石磨损率受其工作温度的严重影响(温度从300℃上升到500℃,金刚石的磨损率即增加3倍;随后磨损更快),工具寿命短。例如,我国生产的用于混凝土干钻的金刚石钻头,寿命仅5~7m。因此,对于象火星钻探这样要求钻头设计寿命达200m的场合,此种方法显然无能为力。另一方面,由于采用了优质金刚石和钴基胎体,工具成本高昂。当前我国生产的金刚石以中低档为主,热稳定性差,同时又是一个贫钻国家,成本问题更为突出。如果能够降低摩擦热的形成,普通金刚石也有望用于干加工工具的制造,且有良好的经济指标。

2 金刚石钻头磨损的原理分析

有人对磨损做了如下定义:磨损就是当能量消耗等于摩擦力所做的功时,微粒从固体表面分离,从而使质量减少的一种现象。通过分析,一般认为:脆性碎裂是钻进过程中人造金刚石磨损的基本类型。其次是热磨损和研磨磨损。

金刚石在钻进过程中要发生脆性碎裂,其产生的原因:一是金刚石表面不平滑,具有条纹、小穴、凹坑等非常复杂的表面结构。金刚石的这些缺陷和表面损伤对金刚石的影响很大,也是应力集中和发生微裂隙的根源,二是金刚石在孔底工作时,承受轴向压力和切线方向回转力。金刚石的特性是:其抗弯强度大大低于抗压强度(抗弯21~49kgf/mm²;抗压强度150~200kgf/mm²)。所以,钻进时,载荷的切向分力是造成金刚石破碎的最大危险,破碎的危险还由于所施加载荷的动力性质而增加,当金刚石压入岩石并做水平方向运动时,金刚石承受压缩载荷和弯曲载荷,金刚石的显微裂隙发展,使金刚石发生碎裂。由于金刚石颗粒的硬度和强度具有各向异性,所以碎裂程度不一样。再加上金刚石颗粒强度的不等,在胎体分配不均匀,颗粒的磨损程度不同等原因,致使金刚石在底唇面上的出刃量就大小不一。

从上述所知,在金刚石钻头中,金刚石的磨损主要是切削的切线分力的作用下,由于金刚石的碎裂而产生的。这个切向分力(P_x)是由消耗于破碎岩石(P_z)和克

* 收稿日期:2009-05-25 修回日期:2009-06-29

第一作者简介:周奕(1987-),男(汉族),湖北枝江县人,中国地质大学(武汉)工程学院勘查技术与工程专业在读学生。

服摩擦力(T)两部分组成。如图1所示。

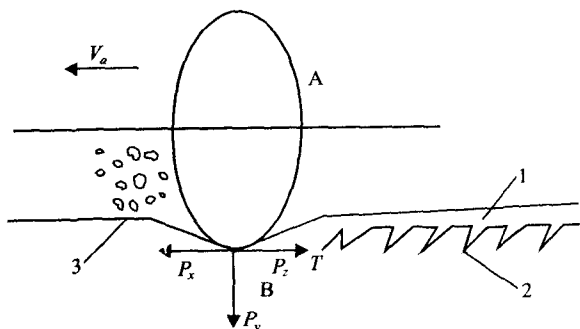


图1 金刚石切削刃工作示意图

1—被压皱的岩石;2—岩石中的拉应力;3—被压碎、剪切的岩石;
A—钻头体;B—岩石; P_y —分配在一粒金刚石上的载荷

即: $P_x = P_z + T$;而 $T = P_y \cdot f$ (f 为摩擦系数)通过测定发现: P_x 作用力的 50%~90% 消耗在克服摩擦上。摩擦能的主要部分转化为热量,从而在一定条件下导致金刚石强度的下降和磨损量的增加。根据多数的研究者提供的资料:金刚石的摩擦系数为 0.2~0.6。但它与很多因素有关。如果能减小其摩擦系数,将导致金刚石钻头耐磨性的提高。也就有可能通过提高金刚石上的载荷的方法,更有效的向孔内输入功率。

3 固体润滑剂的引入与研究

在金刚石钻头钻进过程中,使用润滑剂是降低钻具振动的一种有效方法。钻具的润滑剂可大大地减小钻具与孔壁的摩擦阻力,从而显著减小钻具回转时的功率消耗和所产生的横向振动力。在冲洗液中加入润滑剂还可以减小钻杆、岩芯管、各种接头及水泵部件的磨损。国内很多地质队的实践证明,使用润滑剂能大幅度提高钻进效率,增加钻头寿命,减小金刚石的消耗量。

但是,润滑剂还存在着很多问题。润滑剂一般都带有泡沫,影响岩粉的沉淀,因此使用时间长了,就必须更换;再者,目前的润滑剂的种类还较少,成本较高,货源有些紧张;此外,在漏水和涌水地层中,润滑剂的使用还有待解决。在这种情况下很多专家便把目光投向了固体润滑剂的研发之上。

固体润滑剂在金刚石工具加工领域的应用,专家们也已进行了一些研究。

(1) A. VenuGopa 等制作了一种向砂轮磨削区供应平均粒径为 $1\mu\text{m}$ 的石墨粉的漏斗装置,研究了石墨作为固体润滑剂在碳化硅磨削中对工件表面粗糙度、磨

削力及磨削比能的影响。结果显示,与干磨相比,切削力、切削比能、工件热损伤有明显降低,表面光洁度有较大提高。

(2) Kenji Ito 用含树脂和固体润滑剂(hBN)的混合物充填陶瓷基磨轮中的部分气孔,以防止脱落的磨料或切削堵塞气孔而造成砂轮堵塞或抛光,同时防止摩擦热的大量产生。与普通磨轮相比,加固体润滑剂的磨轮磨削比大幅度提高(2~4倍),工件表面也不再出现烧伤现象。

(3) Robert M. White 给出了一种用于半导体和喷墨打印头树脂基精密金刚石切割片的制造方法。该切割片含石墨、酚醛树脂、金刚石和固体润滑剂(MoS_2)。固体润滑剂的加量为 2~6 wt. %,颗粒尺寸在 0.1~ $5\mu\text{m}$ 之间。加入固体润滑剂后,切割片的径向磨损和外圆不对称磨损显著降低,使用时不易发生切割片弯曲和工件崩边。

(4) Srinivasan Ramanath 等研究了一种含有 15%~35%(体积百分比)易碎填料的金刚石工具。易碎填料包括石墨、六方氮化硼、空心陶瓷球、长石、玻璃球、浮石等。这些材料的作用是调节胎体的耐磨性。在 80m/s 转速下的磨削试验表面,磨削比能下降,磨削质量基本不变。

(5) Steven J Keipert 等研究了含硬脂酸锂、聚四氟乙烯、石墨、二硫化钼、石蜡或羧酸脂为润滑剂的以饱和多羟基化合物、饱和聚亚安酯为主要粘结剂的树脂基磨轮。润滑剂的加量占粘结剂总质量的 5% 左右。此种磨轮工作面拖尾现象明显,工作平稳。

(6) James P Koch 等通过添加石墨的方式提高了高菱镁水泥粘结剂砂轮的磨削性能。石墨粒度为 300~500 目,加量为氧化镁质量的 5%~30%。石墨的加入不仅有效地减少了摩擦热,还提高了高菱镁水泥结合剂的强度,尤其是其热强度。

从以上材料可以看出,固体润滑剂在降低金刚石工具工作区温度、提高加工质量方面有明显作用。

4 在孕镶金刚石钻头中引入润滑剂

通过向胎体材料中引入固体润滑剂的方式降低金刚石钻头与岩石界面的摩擦力,减少摩擦热的产生,还可以使界面较为光滑。大概做法如下:

(1) 自润滑固体材料的选择及胎体成型工艺试验:选择石墨、六方氮化硼、二硫化钼、氟化钙作为固体润滑剂。对固体润滑剂进行真空微蒸发镀金属膜处理,以改善其与胎体材料的界面结合,与未镀膜的进行对比试验

分析。为了获得固体润滑剂分散均匀的混合粉末,以球磨时间、球/粉质量比和钢球尺寸等为因子、以固体润滑剂在混合粉末中的浓度分布为目标进行球磨试验,确定出合理的球磨工艺。混合粉末中固体润滑剂成分的浓度采用X射线能谱仪(EDS)浓度面分析的方法测定。含自润滑材料的金刚石工具胎体试样采用中频感应加热炉或电阻炉烧结。以烧结温度、成型压力、保温时间等为因子,以胎体材料的主要性能为指标,采用正交试验设计方法安排试验,并用综合加权评分法处理试验结果,优化成型工艺,并初步认识各种自润滑固体材料的作用大小。

(2)自润滑材料优选试验:在上述研究基础上,按确定的成型工艺在电阻炉上烧结胎体材料试样,研究不同固体润滑剂含量、颗粒度对胎体材料硬度、抗弯强度、密度、摩擦磨损特性等的影响,试验以正交设计方法安排。胎体材料硬度采用显微维氏硬度计测定。抗弯强度采用三点弯曲法测定,在WE-30型液压式万能材料试验机上进行。密度采用排水法测定。摩擦磨损试验在MPX-2000盘销式摩擦磨损试验机上进行。各种胎体材料制成销试样,盘试样(对偶件)采用陶瓷材料。采用扫描电子显微镜(SEM)观察固体润滑剂和胎体材料的结合情况,分析摩擦轨迹的形貌;用X射线衍射仪(XRD)分析胎体材料和磨屑的物相;用电子探针(EMPA)鉴定磨屑成分。结合这些试验结果,对胎体材料性能的变化进行机理分析,掌握自润滑材料对胎体性能的影响程度。

(3)含自润滑材料的胎体对金刚石包镶强度的试验研究:加入自润滑材料的胎体对金刚石的包镶强度是否产生影响,将产生多大影响,必须进行试验研究。这方面的试验可以通过比较切屑中金刚石粒度的累积分布和工具中金刚石粒度的累积分布来确定。切屑中的金刚石粒度分布越接近工具中的金刚石粒度分布,包镶强度越差;反之,则越好。这种动态的包镶强度是胎体材料性质、工件物理力学性质、操作工艺和金刚石参数之间的相互关系的集中反映,可通过它建立各参数间的联系。切屑和其中的金刚石采用化学溶液溶解切屑的方法进行分离,再筛分。以胎体材料性能、工件性质和操作工艺(压力、线速度)为因子进行试验,然后采用线性回归方法处理试验结果,分别建立包镶强度与胎体材料性能、工件性质及操作工艺之间的关系。从而优选出自润滑材料的种类、粒度与含量以及成型工艺。

此种方法为月球勘探、火星勘探等太空开发计划中的金刚石钻进工艺作了技术准备。工作区温度的降低,也将有利于减缓金刚石的磨损速度,同等条件下可使用品级稍低的金刚石,这有助于解决我国当前中低档金刚石过剩、高档金刚石依赖进口的问题。同时,可弥补当前的金刚石。另外,在钻进的工程中,金刚石钻进要获得高的效率,必须要实现高速钻进,但钻具在高速运转下会产生不同程度的振动,其中振频较低和振幅较大的振动和跳动不仅影响钻进效率,而且容易使井孔发生倾斜,而由于润滑剂的引入,使界面较为平滑,这样可以解决以上问题。

5 结束语

本探究在借鉴自润滑金属基复合材料研究成果的基础上,提出了“自润滑金刚石钻头”的概念,将在保证工具寿命和工件质量的前提下,消除金刚石工具对冷却液冷却作用的依赖,同时大幅降低金刚石工具使用过程中金刚石的热损伤;将通过润滑片的作用,减小了金刚石表面的摩擦系数。从而使钻压和转速都有所提高。最终实现了钻速的提高和金刚石寿命的延长。

参考文献:

- [1] 杨光繁. 超硬材料的发展及前景[J]. 新材料产业, 2005(9): 60-64.
- [2] A. Venu Gopal and P. Venkateswara Rao. Performance Improvement of Grinding of SiC Using Graphite as a Solid Lubricant[J]. Materials and manufacturing processes vol. 19, 2004, 19(2): 177-186.
- [3] Kenji Ito. Vittrified abrasive solid mass having pores filled with resin, and solid lubricant agent. United States Patent: 6428587, 2002.
- [4] Robert M. White. Resinoid dicing blade including a dry lubricant. United States Patent: 6428883, 2002.
- [5] Srinivasan Ramanath, William H. Williston, Sergej-Tomislav Buljan. Abrasive tools. United States Patent: 6093092, 2000.
- [6] Keipert Steven J., Moren Louis S., Welygan Dennis G. Abrasive articles. United States Patent: 6641627, 2003.
- [7] Koch James P., Donahue Allen T. Method for dry grinding with improved magnesium oxychloride cement bond containing graphite. United States Patent 5624472, 1997.
- [8] 汤凤林,等. 岩芯钻探学[M]. 中国地质大学出版社, 1997.
- [9] 鄢泰宁. 岩土钻掘工程学[M]. 中国地质大学出版社, 2001.