

W 型传压介质的研究及推广应用

李飞跃^{1,2}, 毛靓玉³

(1. 中南大学, 长沙 410083; 2. 冶金工业部遥感技术应用中心, 北京 100029;
3. 晶日金刚石材料公司, 河北燕郊 065000)

[摘 要] 介绍了 W 型传压介质的化学成分、物理特性及其矿物组成, 研究了 W 型叶蜡石粉压块成型工艺和烘干、焙烧工艺及生产应用。

[关键词] W 型传压介质 研究 应用

[中图分类号] P578.958 TF12 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2000)06-0076-04

1 前言

叶蜡石作为一种传压介质, 在金刚石合成过程中为金刚石的成核、生长提供一个密封、高温、高压环境。它是人造金刚石合成顺利进行的保障, 在人造金刚石生产中具有十分重要的意义。

叶蜡石是一种自然界形成的非金属矿物, 它在超高压高温技术中, 用作高压腔的密封传压介质, 较好地解决了压力传递、固体高压密封、试料(合成料)支承容器、隔热绝缘以及机加工等问题, 在近代超高压高温技术和超硬材料行业中被广泛采用, 近几年来, 尽管国内学者在寻求新的传压介质方面取得了不少可喜的成果, 但叶蜡石仍是当今世界超硬材料工业中最主要的辅助材料。

目前, 国外作传压介质的叶蜡石主要产自南非, 国内以北京门头沟叶蜡石作传压介质材料最佳, 在人造金刚石工业迅速发展的今天, 其矿产储量远远满足不了国内外的需要。因此, 开发和研究叶蜡石矿产资源和其它新型传压介质材料已迫在眉睫。

为此, 我们于 1992 年 11 月开始进行开发和研究新型人造金刚石传压介质的工作。我们对我国北方大部分地区的叶蜡石类粘土矿物进行了调查、采样和一系列理化性能测试, 最后确定选用河北某地 W 型叶蜡石作为人造金刚石的基础材料, 经过一定的工业处理, 辅以改善性能的添加材料, 压制成粉压块。经过多批次的工业试验及人造金刚石厂家应用, 取得了满意效果。

新型人造金刚石传压介质——W 型叶蜡石矿产资源的成功开发, 将改变目前国内金刚石合成用叶蜡石原料产地单一的状况。经十余家金刚石厂家

长期使用证明, 用 W 型叶蜡石作为传压介质合成金刚石的各项指标, 包括合成工艺参数、金刚石单产、粒度、优质单晶比例、锤耗等, 都令人满意。因此, W 型传压介质有很大的推广前景。

2 W 型传压介质性能研究

2.1 W 型传压介质化学成分及物理特性

叶蜡石是一种天然的含水硅酸盐矿物, 且有四面体 SiO₂ 连续层状构造, 层间容易滑移, 是用作传压介质较为普遍的天然矿物, 不同产地叶蜡石, 性能各有不同。

目前, 大家公认的理想密封传压介质叶蜡石是北京门头沟叶蜡石和南非德兰士瓦叶蜡石, 表 1 和表 2 给出了几种叶蜡石的主要化学成分和一些物理特性。

表 1 不同叶蜡石的主要化学成分

矿石类型	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	FeO + Fe ₂ O ₃ (%)	烧失量 (%)	备注
W 型	49 ~ 54	33 ~ 37	1.89 ~ 2.45	5.92 ~ 7.19	国内普遍使用的传压介质
M 型	47 ~ 50	36 ~ 39	0.76 ~ 2.90	6.26 ~ 6.67	
SD 型	55 ~ 62	30 ~ 33	0.86 ~ 1.74	5.90 ~ 6.15	
纯矿物	66.70	28.30			国外普遍使用的传压介质

注: M 型为北京门头沟叶蜡石; SD 型为南非德兰士瓦叶蜡石。

表 2 不同叶蜡石的某些物理特性

矿石类型	矿石颜色	矿石密度 (×10 ³) kg/m ³
W 型	浅棕—灰褐	2.75 ~ 2.87
M 型	灰白—浅棕	2.84 ~ 2.96
SD 型	灰褐	2.66 ~ 2.77
纯矿物	浅绿	2.81

显然, 叶蜡石矿产地不同, 其主要化学成份也不相同, 与纯矿物相比, 作为传压介质的叶蜡石硅含量

[收稿日期] 2000 - 01 - 11; [修定日期] 2000 - 02 - 08; [责任编辑] 王 梅。

偏低,铝含量偏高,与国内外普遍使用的传压介质相比,W 型叶蜡石的化学成份和一些物理特性介于 M 型和 SD 型叶蜡石之间,预期应为较好的传压介质。

2.2 W 型传压介质矿物分析

表 3 不同叶蜡石矿物的相组成

矿石类型	I (%)	Py (%)	(k + ch) (%)	Bo (%)	Di (%)	叶蜡石矿物的颗粒粒径(mm)
W 型	2.9 ~ 6.8	58.8 ~ 72.6	11.2 ~ 27.6	1.4 ~ 33.6	5.9 ~ 10.9	0.01 ~ 0.02
M 型	5.0	82.6 ~ 85.0		10.0	17.4	0.005 ~ 0.01
SD 型	6.1 ~ 6.3	82 ~ 99.4	5.6 ~ 12.5			0.02 ~ 0.05
纯矿物		100				

显微观察 W 型叶蜡石,矿物颗粒微细且均匀,同时未见含有在高温高压下易产生相变而消耗较大能量的伴生矿物和物质。借助 X- 衍射定量分析几种叶蜡石矿物组各不相同,正因为如此,3 种不同的叶蜡石矿传压密封性能各不相同,W 型叶蜡石的矿物成份介于 M 型和 SD 型叶蜡石之间,更接近 SD 型,因此,它的密封性更好一些。W 型叶蜡石具有高电阻率、低导热率及高温热稳定性和化学稳定性。

综合以上几项性能指标,W 型叶蜡石具有良好的传压密封性,较好的绝热、绝缘性,化学稳定性,不失为一种良好的密封传压介质材料。

3 W 型叶蜡石粉压块的研制

3.1 W 型叶蜡石粉压块成型工艺研究

W 型叶蜡石粉压块制作工艺如下:

矿石破碎、筛分、添加材料——混配料——压制成型——初检、烘干——复检——焙烧——组装——合成金刚石。

W 型叶蜡石因其矿物颗粒粒径比较大,因此,破碎粒度要合适。粒度大,则容易造成分布不均匀;粒度细,又不易保证粉压块的密度和强度。另外,还应选用多种粒度分布,以保证粉压块的密实、均匀,加入一定量的添加材料,是为了使其具有更好的传压性、密封性。

混配料中使用的粘结剂为普通的水玻璃,但其加量应随季节和气候不同随时调整。

3.2 烘干、焙烧工艺的研究

叶蜡石粉压块的烘干、焙烧过程是两个非常重要的步骤,它们直接影响着粉压块的密封传压性能,在很大程度上决定了粉压块的使用性能。

叶蜡石粉压块的烘干,是将叶蜡石及粘结剂中的吸附水脱出的过程,烘干后的粉压块应具有一定的硬度和强度,在一定程度上改善粉压块的传压性、密封性。

烘干工艺包括两个方面,一是烘干温度的确定,

叶蜡石纯矿物集合体天然产出并不多,绝大多数是以叶蜡石与其它共生矿物组合成集合体形式产出,这些矿石的种类和含量,决定了矿石的特性极其应用范围,表 3 给出了叶蜡石矿物组成。

包括烘干过程中的升温方式、梯度及升温速率;二是烘干时间的选择,即各温度段时间以及总时间的确定。W 型叶蜡石及所用的粘结剂有几个脱水的高峰温度值,在这些脱水高峰温度点下保温一段时间,吸附水就被逐渐释放,然而还应在一较高温度下,保温一定时间,使粉压块及粘结剂得到一定硬化,粉压块具有一定强度。如果不经后阶段的硬化,粉压块就会偏软,给下步的焙烧造成一定困难;但硬化温度过高,时间过长,粘结剂水玻璃的性能就会发生变化,粘结力受到影响。W 型叶蜡石粉压块采取分段缓慢升温,自然降温的方式,以使粉压块达到理想状态(见图 1)。

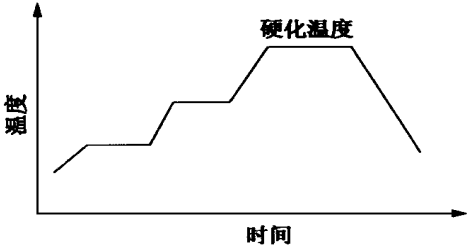


图 1 W 型叶蜡石粉压块烘干工艺

焙烧就是对叶蜡石粉压块的高温预处理。在焙烧过程中,粉压块的各种性能得到极大改善,有利于人造金刚石合成。

焙烧工艺主要影响叶蜡石粉压块的传压性和密封性。

在合成金刚石的高温高压条件下,叶蜡石发生相转变,形成一个富含兰晶和柯石英的“硬壳层”,包围着处于中心部位的反应腔,这层硬壳层阻碍压力传递,破坏了叶蜡石原有的传压性。实验研究证明,在合成金刚石的压力、温度条件下,是水促进了这种相转变。叶蜡石经高温焙烧,将其中的水脱出,就可避免这一相变的发生,保持叶蜡石原有的传压性,随着焙烧温度的提高,叶蜡石内部结构水逐渐脱出,其传压系数逐渐增大,尤其在 400 以前,这种变化非常明显,在金刚石合成实验中,我们观察到,随着焙

烧温度的进一步提高,发生相变的“硬壳层”即“腰鼓”更小、更圆,也就是叶蜡石粉压块的流动性更好,传压性也更好。叶蜡石作为金刚石合成过程中的密封材料,具有较大的内摩擦系数(抗剪切强度与压缩应力之比),即随着压力增加,其抗剪切强度增加,密封性变好。见图 2 海德和卓等人的实验。

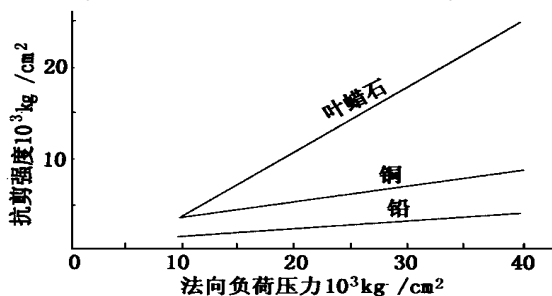


图 2 不同材料抗剪切强度与压缩负荷关系

良好的高压密封材料,应既具有较大的内摩擦系数,又具有较大的外摩擦系数,当其紧紧压在烧结碳化物或淬火钢部件上时,必须具备与部件光滑表面粘着的能力。在这方面,良好的密封材料似乎含有如石英、氧化铁、氧化铝等一类细硬砂砾的摩擦材料。W 型叶蜡石中的氧化铝成份较低,经过焙烧,其中的某些不具备密封性的物质如氧化亚铁等也会慢慢转变成氧化铁等具有密封性的物质,从而提高了叶蜡石与顶锤表面的粘着能力,也就进一步提高了它的密封性。无疑,在焙烧过程中,叶蜡石的密封性是逐渐由坏向好转变的。

在焙烧过程中,叶蜡石的传压性、密封性都得到了提高,但这种综合性能的改善是一个渐变的过程,需要一定的时间来完成,因此,改善和调整叶蜡石粉压块的焙烧温度与时间及其相互间的关系,才是焙烧工艺的全部。

4 推广应用

一种传压介质性能的优劣,最终的检验标准是金刚石合成效果。我们这项科研成果价值的大小,要看它能不能得到推广应用。为此,从 1992 年 12 月底开始,我们先后在多家单位使用,取得令人满意的效果,课题于 1996 年初通过了冶金部鉴定。

(1) 首钢金刚石厂于 1993 年 11 月进行试验后得出结论:叶蜡石成核均匀,粒度较粗;保温、密封性能优于京西叶蜡石,合成腔体散热慢,更优于京西叶蜡石,有利于降低顶锤消耗(合成 1800 次,无锤耗);金刚石晶型完整率高、颜色黄亮、透明,晶体缺陷少;W 型叶蜡石在传压、密封、保温性能等合成效果方

面,完全可以与京西叶蜡石粉压块相比美,可以作为生产人造金刚石传压介质的新矿源。

(2) 冶金工业部超硬材料研究所磨料室 1995 年 9 月—10 月进行批量试验后认为:该叶蜡石通过 7500 余块的批量试验,传压性能和门头沟叶蜡石块相近,保温、密封性能优于门头沟叶蜡石块,从电流表观察,比门头沟叶蜡石块低 2 格~3 格,对电耗、锤耗有一定好处,也有利于金刚石生长。所以,通过试验证明,该叶蜡石块可推广应用。

在此基础上,冶金工业部超硬材料研究所于 1996 年底,将 W 型叶蜡石块转入生产推广应用,到 1997 年 8 月底,已在 8 个金刚石生产厂家进行了 38 万余块的金刚石合成生产,得到用户的一致好评。

(3) 伊特科金刚石厂使用 W 型叶蜡石粉压块近 5 万块,合成金刚石 40/60 占总产量的 64%,MBD8 占总产量的 32.3%,合成表压与同期使用京西叶蜡石相同,合成电流比同期使用京西叶蜡石低 100 A。连续使用 8 个月后,厂家的结论是:使用 W 型叶蜡石块合成金刚石质量好,粗粒度比和优质单晶比例高,合成电流低,节约电能,适于推广应用。

(4) 定州水文队金刚石厂是最早正式使用 W 型叶蜡石块的厂家,自 1996 年 11 月开始试用,试用 2 个月后,1997 年全面推广使用,在长期生产实践中,他们不断研究、摸索焙烧和合成工艺,对 W 型叶蜡石的认识较为全面而客观。比较来看,他们认为:W 型叶蜡石粉压块经过合理焙烧后,保温性、密封性较好,合成腔散热慢,降低了电耗、锤耗,合成金刚石质量较高,但 W 型叶蜡石对温度反应敏感,叶蜡石颜色变化明显,这也同时帮助使用者了解焙烧的均匀性、一致性。使用 W 型叶蜡石金刚石混合单产 8.5 克拉,40/60 目金刚石占总产量的 65%,14 kg 以上金刚石占总产量的 30%,排除设备因素,顶锤消耗不足 4 kg/万克拉,合成电流较门头沟叶蜡石降低 3 格~5 格。

(5) 冶金一局 515 队金刚石厂使用 W 型叶蜡石合成金刚石颜色黄亮、透明,较少气泡,合成工艺很容易调节,金刚石混合单产 8 克拉,40/60 目金刚石比例达 71%~74%,60 目以粗 MBD8 金刚石占 20%~25%,顶锤消耗 5 kg/万克拉。

(6) 长沙矿冶研究院自 1997 年 9 月以来,一直使用 W 型叶蜡石作为传压介质,他们总结出,使用 W 型叶蜡石,静压法合成金刚石的压力场、温度场

(下转第 81 页)

若 $R = 60 \text{ mm}$, 相邻牙轮特定齿圈间距减小量:

$$\Delta_2 = R \times \Delta\theta = 5.83 \text{ mm}$$

总的径向间隙变化量:

$$\Delta = \Delta_2 - \Delta_1 = R \times \Delta\theta - \pi \times \theta (\delta_{s1} - \delta_r \times \tan \beta) / 90 = 4.57 \text{ mm}$$

计算表明:相邻牙轮特定齿圈间距减小量 Δ , 已超过设计间距, 要发生球齿碰撞, 而实际该牙轮特定齿圈球齿齿冠已缺损。一般 $K\alpha - 250$ 牙轮钻头 $\beta = 36^\circ \sim 38^\circ$, 当牙轮和爪轴的轴线夹角 $\Delta\beta$ 达到 $1.5^\circ \sim 2.0^\circ$, 相邻牙轮大端就会发生球齿齿冠碰撞。

4 主要结论

(1) 小轴颈滑动轴承径向和一止推轴向的磨损使牙轮、牙爪轴线轴向、径向平移, 对相邻锥体上球齿间径向间隙的影响有互相抵消趋势。

ANALYSIS OF BUTTON - LIKE INSERTS INTERFERING FACTOR IN TRI - CONE BIT

BU Chang - gen

Abstract :The paper analyses the effect of translation and offset angle of the cone axis to shaft one on the gap variation between two ring - button , which position on two cones. It is calculated that the offset angle between two axes makes near variation in the big part of cone , which result in the button - like inserts intruding one other.

Key words tri - cone bit ,axis translation and slant ,button - like inserts interfering



第一作者简介:

卜长根(1963年-),男。1987年获工学硕士学位,现为中国地质大学工程技术学院副教授,主要从事地质工程机械设备和工艺设计与研制,参加多项部级课题的研究工作。

通讯地址:北京市 中国地质大学工程技术学院 邮政编码:100083

(2) 滚柱轴承磨损量大于径向滑动轴承磨损量时,引起牙轮、牙爪轴线相对偏斜,钻头工作时,使相邻牙轮的轴间角小于牙爪轴间角。

(3) 在啮合图上,牙轮轴间角变小,大端球齿趋近量增大,使相邻牙轮球齿干涉大多首先发生在大端,然后向中部发展,对钻头的危害很大。

[参考文献]

- [1] 贾群义编著. 滚动轴承的设计与应用技术[M]. 西安:西北工业大学出版社,1991.
- [2] 任涵文,等. 矿用牙轮钻头布齿的数学模型[J]. 矿山机械,1996(12).
- [3] 肖晓华,等. 牙轮钻头布齿的数学模型[J]. 西南石油学报,1999,20(3).
- [4] 罗肇丰,等著. 钻头(钻井技术手册一)[M]. 北京:石油工业出版社,1984.
- [5] 陈玉凡主编. 矿山机械(钻孔机械部分)[M]. 北京:冶金工业出版社,1981.

(上接第78页)

比较稳定,生长高级金刚石提高约51%。合成工艺稳定且调整范围宽。不但使加热能耗降低,有利于降低顶锤消耗,且便于合成工的掌握与生产管理。因此W型叶蜡石是一种比较理想的传压介质,在超硬材料工业中完全可以替代其他叶蜡石,具有广阔的市场前景。

5 结束语

金刚石质量的提高,成本的降低,不仅仅与叶蜡石有关,但叶蜡石在其中起了很大作用,W型叶蜡石的开发研究及推广成功,为众多金刚石厂家高效益提供了有利条件。

RESEARCH AND APPLICATION OF W TYPE MEDIUM OF TRANSMIT PRESSURE

LI Fei - yao ,MAO Jing - yu

Abstract : The paper introduces W type medium of transmit pressure , including chemical composition , physical property and mineral composition. On the other hand , researching composite block process and roast , Applying in many plants.

Key words : W type medium of transmit pressure , research , apply



第一作者简介:

李飞跃(1961年-),男。1984年毕业于中南矿冶学院地质系探矿工程专业。现为中南大学资环建院博士生,冶金工业部遥感技术应用中心主任,高级工程师。主要从事探矿工程、岩土勘察工程、超硬材料和遥感技术管理工作。

通讯地址:北京市朝阳区安贞里二区一层11楼 冶金工业部遥感技术应用中心 邮政编码:100029