



含硼黑色人造金刚石电铸钻头的初步研究

中南冶金地质勘探公司 刘建文

用普通黄色人造金刚石制造电铸钻头是可行的,但用含硼黑色导电人造金刚石制造电铸钻头,国内资料很少。我公司生产的人造金刚石主要是黑金刚石,能不能用它来制造电铸钻头与扩孔器,是我们迫切需要解决的课题。它对扩大黑金刚石的应用,具有现实意义。

我们从1979年底开始这方面的研究工作。两年多来,600多个不同规格、不同用途的钻头和400多个扩孔器的试验与生产使用,证明用黑色人造金刚石制造钻头也是可行的,钻头胎体性能基本稳定,收到了良好的钻进效果。

试验和应用效果

自1979年11月至1981年12月,我们试制和生产黑金刚石电铸钻头共550多个,扩孔器300多个。其品种规格有 $\phi 150$ 、 $\phi 110$ 工程钻头, $\phi 91$ 、 $\phi 76$ 、 $\phi 56$ 、 $\phi 47$ 、 $\phi 36$ 、 $\phi 28$ 地质钻头和 $\phi 62$ 扩孔钻

头以及 $\phi 40$ 、 $\phi 33.5$ 薄壁物探定向钻头等。 $\phi 150$ 毫米工程钻头是专为葛洲坝工程处理大坝裂缝水平穿透近20米厚钢筋混凝土墙(含有 $\phi 25$ 螺纹钢和卵石)而研制的。地质钻头主要用于我公司所属有色和黑色金属矿区找矿勘探。主要钻头口径是 $\phi 47$ 。主要岩层有花岗岩、玢岩、闪长岩、角岩、灰岩、大理岩等。可钻性6~9级,个别5、10级。一般孔深300米以上,最深孔1010.54米。钻进效果如下各表所列。

$\phi 150$ 毫米钻头使用效果 表1

钻头数 (个)	总进尺 (米)	寿命(米)		时效(米 ³ ·时)	
		平均	最高*	平均	最高
11	129.30	11.74	18.87	0.415	0.5

*钻进18.87米的钻头仍可继续使用。

$\phi 47$ 毫米地质钻头使用情况 表2

	使用单位	钻头数 (个)	总进尺 (米)	钻头寿命(米)		平均时效 (米 ³ ·时)	注
				平均	最高		
试验 钻头	608队803机	13	772.14	59.4	107.56	2.28	
	608队805机	1	101.30	101.30		1.68	
	609队903机	1	100.78	100.78		1.37	
	603队306机	10	786.88	78.69	232	1.45	
	小 计	25	1761.1	70	232	1.73	
生产 钻头	803队509机	153	8423	55		1.47	全部为黑金刚石电铸钻头 包括部分外购黄金刚石电铸钻头
	609队288机	220	9243	42		1.3	
	小 计	373	17672	47.37		1.37	1981年度统计资料

从表1~4可以看出,黑金刚石电铸钻头获得较好的钻进效果,而且经过多方面的使用检验,性能是稳定的。

黑金刚石电铸性能分析

为了对黑金刚石的电铸有一个全面了解,我们采用原有的电铸工艺和配方,将两种不同的金刚石做了电铸试样进行分析。黄金刚石的试样,

在显微镜下观察金刚石分布比较均匀,粘结也比较好。黑金刚石电铸试样则出现金刚石分布不均、有堆聚现象,成堆的金刚石上面包裹了薄薄一层金属衣。产生这些现象,我们认为这是由于这两种金刚石电磁性不同所引起的。因为选用的金属触媒不同,合成的金刚石类型就不一样。黄金金刚石一般是用Ni₇₀-Mn₂₅-Co₅合金作为触媒,黑

609队使用两种类型钻头情况对比 表 3

项 目	黑金刚石电铸钻头	黄金金刚石电铸钻头
钻头数 (个) *	13	27
总进尺 (米)	564.65	1182.28
平均寿命 (米)	43.43	43.79
平均时效 (米/时)	1.52	1.21

*1981年上半年统计资料。上述为在程潮矿区采用同样设备、同样工艺规程,在岩层基本相同的条件下所取得的资料。

金刚石是用NiMnFe—B合金作为触媒。不同的触媒合金使金刚石的电磁性也有差别。一般金刚石是绝缘体,电阻率可达 5×10^{14} 欧姆·厘米(绝缘体的电阻率大于 10^{10} 欧姆·厘米)。黑金刚石由于硼原子的引入降低了金刚石的比电阻而具有导电性,其电阻率 $9.5 \sim 14.38 \times 10^6$ 欧姆·厘米(半导体的电阻率 $10^4 \sim 10^{10}$ 欧姆·厘米)。不难看出它们的电阻率是相差很大的。中国科学院物理所多次测定黑金刚石的磁化率,其数值为 6.7×10^{-5} 。我们生产的黑金刚石经成都地质学院测定比磁化率为 $12 \times 13 \times 10^{-6}$,而黄金金刚石的比磁化率为 $5 \sim 8 \times 10^{-6}$ 。从数值来看,黑金刚石的磁性要比黄金金刚石强。

尽管黑金刚石导电,但比起金属(电阻率 10^{-3} 欧姆·厘米)还是小得多,它决不是不能电铸的。我们又对电铸过程中的各种因素进行分析,从它的导电性能,进一步认识到电铸中的极化作用,这是问题的另一个方面。

在电铸过程中,伴随有阴极极化和浓差极化等现象产生。这两种极化作用都会使金属在阴极还原被阻。也就是说金属离子在阴极表面的沉积速度受到很大限制。

根据前面分析,黄金金刚石属于绝缘体,它的表面不会有金属沉积。黑金刚石是导电的,它能传导电流,表面可以沉积金属。不过它的电阻率比金属高得多,因此,这个过程是缓慢的。由于极化作用,限制了金属离子在阴极(钢体)的还原。于是在黑金刚石表面的沉积速度相对增加了。在一般情况下,这种增加仍然要比在阴极沉积速度慢得多。假如一旦金刚石表面的镀层相连,它

903机使用两种类型钻头情况对比 表 4

项 目	黑金刚石电铸钻头	黄金金刚石电铸钻头
钻头数 (个) *	2	7
总进尺 (米)	127.80	238.02
平均寿命 (米)	63.9	34
平均时效 (米/时)	2	1.22

*1981年上半年统计资料。上述为在程潮矿区ZK 491孔同一岩层中取得的对比资料。

将以阴极同样的速度沉积,加上加料不均匀,磁性的影响,这时其他的金刚石就容易附着上去,某些区域就出现了堆聚现象。

综上所述,造成黑金刚石电铸不均匀,彼此粘结不牢,易脱落的主要原因是黑金刚石导电性能和电铸过程中的极化作用。

黑金刚石电铸钻头的工艺特点与措施

电铸钻头不同于一般的电镀,因为要求制造的钻头镀层较厚(高达4~5毫米),而且形状大小要靠模具来控制。根据钻头在孔内的工作条件,要求电铸钻头胎体与金刚石粒之间有良好的粘结包镶性能。另一方面,钻头上的金刚石应能适时适量地出露。据此,经反复研究对比,我们采用镍钴镀液,形成镍钴合金胎体,达到了预期的效果。

首先,研究降低电铸过程中极化作用的影响因素。

1.增加溶液的浓度 不同的电镀液,极化作用的能力不同,这主要取决于主盐浓度及存在形式。一般来讲,浓度低的镀液较浓度高的镀液的极化作用要强,这是浓度低的镀液不容易补充阴极离子缺乏的现象。为此,我们将镍离子的含量增加到50~60克/升。由于镍钴含量不同又影响到胎体硬度,因此,钴离子的含量也要相应调整。为了保证胎体的机械物理性能,我们加入一定的添加剂。

2.选择较小的阴极电流密度 随着电流密度的增高,极化作用增强。这是因为电流密度增高时,离子的迁移速度和放电速度更加显得落后的缘故。反之,降低电流密度,也就可以使阴极的极化作用降低。我们做过这样的试验,在试样上加黑金刚石进行电铸,若加料固定时间相同,随

随着电流密度的增加,单位面积上金刚石含量也随着增加。若加料固定时间为8分钟,电流密度达到1安/分米²以上时,金刚石含量达9.88克拉/厘米³,体积56%(浓度224%),就大大超过了允许范围(推荐的浓度是100~125%)。

3.升高镀液的温度 把镀液的温度升高,使溶液中的离子活性增大,运动的速度加快,加快了对阴极离子的补充和阳极溶解离子的扩散,因而降低极化作用。温度一般取35~40℃。

4.增加搅拌的次数 搅拌可以加速镀液的流动,消除浓差极化。因此,我们规定每小时至少搅动溶液一次,并且将溶液定期过滤循环。

根据法拉第定律可知,如果电流密度一定,电镀时间愈长,在电极上沉积的镀层愈厚。由于黑金刚石导电,上砂固定时间愈长,在黑金刚石表面沉积的镍钴合金愈多,就容易出现金刚石堆聚,被镀层覆盖过少而易脱落。我们又做过这样的试验,当电流密度为0.6安/分米²,在试样上加黑金刚石,固定15分钟卸料,金刚石含量达10.42克拉/厘米³,体积59%(浓度240%),大大

超过了允许范围。

此外,在电镀前应对金刚石作退磁和表面净化处理,以保证金刚石的表面不受污染。这也是不可忽视的。

黑金刚石电铸层物理机械性能测试与金相鉴定

金刚石电铸钻头含金刚石铸层之间的粘结强度是衡量钻头质量的一个重要指标。为此,我们对无金刚石、含黑金刚石和黄金金刚石三种电铸层试样进行了抗拉、抗剪切试验。试验结果列于表5。

从表中看出,黑金刚石铸层抗拉强度较大,黑金刚石铸层抗剪强度与黄金金刚石铸层接近。两种金刚石铸层结合强度也相接近。随着镀液配方和工艺条件的变化,铸层物理机械性能将会有改变。

在显微镜下观察,黄金金刚石铸层的断口高低不平,金刚石破碎较多。含黑金刚石铸层断口平整,有麻坑,金刚石有脱落现象。但观察使用过的钻头底唇面的金相照片,金刚石分布均匀,出露较好,未发现金刚石脱落现象。另外,从钻头冠部截面金相照片来看,金刚石分布也是均匀的。

表 5

电铸层种类		无 金 刚 石 铸 层	含 黄 金 刚 石 铸 层	含 黑 金 刚 石 铸 层	注
项 目					
抗 拉 试 验	断 面 积 (厘米 ²)	0.82	1.24	1.4	45°钢抗拉强度
	拉 断 力 (公斤)	1150	1700	3100	6000~7500公斤/厘米 ²
	抗拉强度(公斤/厘米 ²)	1402	1370	2214	HT15-33抗拉强度
	结合强度(公斤/厘米 ²)	1402	1370	2214	1000~2800公斤/厘米 ²
抗 剪 试 验	断 面 积 (厘米 ²)	0.339	0.584	0.396	45°钢抗剪强度
	剪 断 力 (公斤)	2000	1950	1200	4800~6000公斤/厘米 ²
	抗剪强度(公斤/厘米 ²)	2949	1669	1515	HT15-33抗剪强度
	结合强度(公斤/厘米 ²)	2949	1669	1515	800~2040公斤/厘米 ²

(表内所列拉断力、剪断力是武汉钢铁学院力学试验室万能材料试验机测试的记录数据)

结 论

1.黑金刚石是一种导电金刚石,只要镀液配方与工艺合适,用于制造电铸钻头是可行的,其钻进效果一般不低于黄金金刚石电铸钻头。

2.由于黑金刚石导电,它在胎体内存在的形态不同于黄金金刚石。黄金金刚石是镶嵌在铸层中,而黑金刚石则是自身沉积金属把金刚石包裹起来

与胎体粘接,具有牢固的粘结性。

黑金刚石电铸钻头虽然取得了一定效果,但还有必要扩大试用范围,特别要在坚硬岩层中去经受检验。

本专题得到冶金部地质研究所、建材部人工晶体研究所等单位热忱协助并提供有关资料,在此表示感谢