

金刚石的铁磁性对 地质钻头性能的影响

张 荣 清

(地质矿产部无锡钻探工具厂)

金刚石钻探经济效益的提高,在一定程度上取决于钻头的工作性能,而后者又取决于金刚石的质量、钻头结构的合理设计、选型及钻进工艺等因素。近年来,许多专业人员对钻头的结构参数及其与地层的适应性关系,进行了深入研究,但对金刚石磨料性能与钻头工作性能关系的论述,所见尚少。本文着重介绍金刚石的铁磁性与钻头工作性能关系的初步研究结果,以供参考。

人造金刚石的铁磁性分选

研究人造金刚石的铁磁性所用的仪器是国产 WCF—2 型多用磁性分选仪。线圈中的电流强

度分别控制在0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 6 安培,磁场强度相当于1000~1900, 3200~7400, 4300~7400, 5300~9300, 7400~12000, 6400~12800, 9000~15500 奥斯特。在电流为 4 安培、磁场强度为9000~15500 奥斯特时分选出的无磁性金刚石为最终产品。

为了研究不同产地的同品级、不同粒度金刚石磁选产品的性能,分别采用上述最终磁选规程,对两个厂家的60, 70, 80目人造金刚石进行了分选,结果见表 2。试验表明,不同厂家同品级、同目数金刚石磁选产品的重量比不同;同一厂家不同目数磁选产品的重量比也不同。

不同选场强度下选出的不同铁磁性金刚石

表 1

样 品 编 号	分 选 工 艺 规 范		磁 选 产 品		
	电 流 (A)	磁场强度 (奥斯特)	重量(克)/比例(%)	磁 矩 σ ($e \cdot m \cdot u / g$)	单轴抗压强度 (公斤/粒)
I	<0.5	<1100	0.055/0.19	2.93	4.7
II	0.5	1100~1900	2.8359/9.7	0.62	6.4
III	1.0	2200~3800	3.8798/13.2	0.30	6.7
IV	1.5	3200~5600	5.6350/19.2	0.16	6.8
V	2.0	4300~7400	1.7392/5.9	8×10^{-2}	7.0
VI	2.5	5300~9200	3.2058/10.9	5.2×10^{-2}	7.6
VII	3.0	7400~1200	1.9318/6.6	2.7×10^{-2}	8.1
VIII	3.5	6400~12800	1.3695/4.7	1.3×10^{-2}	8.6
IX	>4.0	9000~15500	8.6406/29.5	0	10.6

60, 70, 80 目 J R, 型黄色金刚石磁选产品 表 2

产 地	人造金刚石		磁选产品重量 (%)	
	品 级	粒 度 (目)	有磁性	无磁性
上 海	J R ₁	60	99.84	0.016
桂 林	J R ₁	60	99.51	0.49
桂 林	J R ₁	70	71.5	29.5
桂 林	J R ₁	80	64.3	35.7

人造金刚石的铁磁性 与某些物理性质的关系

1. 金刚石的铁磁性与金刚石强度的关系

在强度测定仪上测定了不同铁磁性磁选产品的金刚石单轴抗压强度。试验表明,不同磁场强度下分选出的金刚石,其单轴抗压强度不同,最低电

流强度下分选出的金刚石，其比磁化强度(σ)最高，单轴抗压强度最低。随着电流强度的增强， σ 逐渐减小，单轴抗压强度逐渐提高；在电流强度为4安培($\sigma = 0$)时，可分选出无磁性产品，其抗压强度最高(图1)。

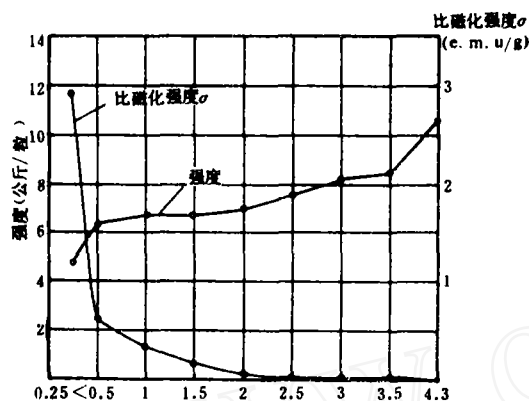


图1 不同磁选规程与金刚石强度和 σ 的关系

按金刚石钻头工艺规范，对磁选产品进行的烧结试验表明，人造金刚石所有磁选产品的强度都明显下降，在磁场强度为9000~15500奥斯特时分选出的产品，烧结后强度下降最少，热稳定性最高(图2)。

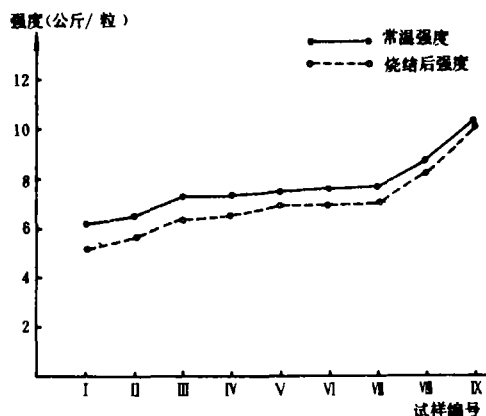


图2 磁选产品常温强度与热强度的关系

为对比最终选出的磁性、无磁性和未分选金刚石的热稳定性，在700，800，900，1000，1100℃温度下按浸渍法工艺规范进行了热强度试验(图3)。结果表明，无磁性金刚石强度下降最少，热稳定性最高；磁性金刚石强度下降最大。

其原因是：磁性金刚石含有合成时所用的铁磁金属或合金杂质，它们在高温下转化，致使其强度降低较大。

双筒镜下观察高温作用后的晶体发现，无磁性金刚石烧结后晶形完整、光亮，能耐1100℃高温烧结，可满足热压法和无压浸渍法金刚石钻头制造工艺规范的要求。

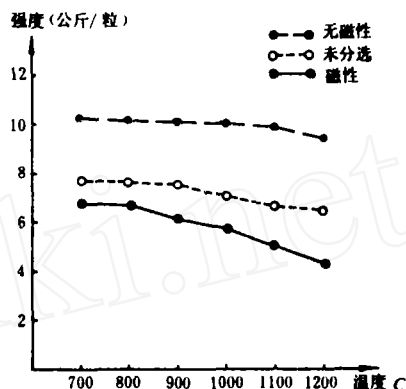


图3 磁性、无磁性和未分选金刚石强度与烧结温度的关系

研究表明，人造金刚石的铁磁性是影响金刚石单晶强度的主要因素之一。单颗金刚石晶体中杂质数量的多少及其在晶体中的位置，都直接影响金刚石的单晶强度。

2. 金刚石的铁磁性与某些物理性能的关系 考察金刚石的钻进性能，不仅要看研磨能力和热强度，还要看晶体的形状和金刚石的质量(强度、杂质、裂纹、裂口)。为了评定磁选产品的质量，我们用结晶分析方法，从每种磁选产品中用缩减法取出40粒，在双筒镜下对其晶形、颜色、光泽、表面结构、杂质等进行了研究。结果发现，随着磁选产品磁性减弱，晶体的金刚光泽从暗灰—光亮；颜色从墨绿—黄绿—淡黄；透明度从不透明—半透明—透明；晶形的完整率从试样I的9.5%增加到试样IX的70%；晶体表面从凹坑很多—半光滑—光滑；试样I镜下可见很多黑色斑点及包裹体，而试样IX晶体内部的黑色斑点很少(表3)。

最优化磁选规程的确定

试验表明，采用不同规程分选出的金刚石产

品，其强度、热强度和物理性能均有差异。磁场强度为9000~15500奥斯特时分选出的磁选产

品，其强度和热强度最高，金刚光泽最强，透明度最高，晶形完整，表面缺陷和杂质少，可认为

磁选产品与某些物理性能的关系 表 3

样 品 编 号	样 品 σ (e · m · u / g)	物 理 性 能						
		光 泽	颜 色	透 明 度	晶 形 (%)			表 面 状 况
					完 整	等 积 形	不 规 则	
I	2.93	灰 暗	墨 绿	不透明	9.5	26	64.2	多凹坑
II	0.62				17	35	48	
III	0.30				19.3	18.4	52.3	
IV	0.16				24.5	35	40.5	
V	8×10^{-2}	光 亮	黄 绿	半透明	27.5	40	32.5	平 滑
VI	5.2×10^{-2}				30	25	45	
VII	2.7×10^{-2}				30.2	34.9	34.9	
VIII	1.3×10^{-2}				35	48.9	18.1	
IX	0				70	30	—	
			淡黄绿	透 明				光 滑
								少

是最优化的磁选规程。

为进一步验证上述工艺流程，对国产60，70，80目JR₃级人造金刚石进行了磁性分选。磁选仪线圈的电流强度为4.3、6安培时的分选结果见表4。由表4可见，对于上述三种不同粒度的金刚石，在磁选仪电流为4.3安培时，将所研究的金刚石分成两部分，而当线圈中电流强度调整到6安培时，分选出的产品并没有变化。由此可见，线圈中电流强度为4.3安培时（H=9000~15500奥斯特）的规程可认为是上述粒度磁性分选的最优化规程。

对JR₃级人造金刚石的分选结果 表 4

金刚石粒度 (目)	磁选仪线圈中的电流 (安培)	磁 选 产 品	
		磁 性	无磁性
60	4.3	99.51	0.49
	6	99.51	0.49
70	4.3	71.5	28.5
	6	71.5	28.5
80	4.3	64.3	35.7
	6	64.3	35.7

金刚石的铁磁性
与钻头工作性能的关系

为了研究磁选产品与钻头工作性能之间的关系，将上述最优化规程条件下分选出的磁性、无磁性和未分选的金钢石用热压法制造了孕镶钻头

($\varnothing 56$ 绳索取心钻头)，这些钻头具有相同的技术参数，并在相同的钻进工艺规范下进行对比试验。

首批磁选金刚石钻头在江苏地质六队锦屏磷矿进行试验。该矿区地层属元古界海州群变质岩系，受构造影响地层错动，褶曲，地层倾向90~115°，倾角45~53°。由于地层的不整合接触和压性破碎，多数钻孔地层破碎坍塌、漏水。矿区主要岩石为黑云斜长片麻岩、白云斜长片麻岩、混合岩化白云斜长片麻岩、混合片麻岩等。岩石的机械、物理性能见表5。地表动力设备采用JU—1000型小口径金刚石钻机，JD—1型四

施工地区岩石的机械、物理性能 表 5

编 号	岩石名称	声波 声 波	压入硬度 (公斤/毫米 ²)	动力 硬 度 (次)	可钻性 指 标 (米/时)	原 定 级 别
1	黑云斜长片麻岩	5.91	—	—	0.81	7
2	白云斜长片麻岩	5.19	296	27	1.47	7
3	混合岩	5.05	361	25	1.27	8
4	化白云斜长片麻岩	5.85	375	21	0.66	9
5	混合片麻岩	4.0	125	17	1.08	7

速变量泵。钻进工艺参数为：钻压：400~800公

斤, 转速: 230~710转/分, 泵量: 20~60升/分。冲洗液采用 PAM 低固相泥浆和无固相冲洗液 PAM 为润滑剂, 钻头钻进效果见表 6。由表 6

三种钻头的钻进效果 表 6

	未分选	磁性	无磁性
钻头数 (个)	4	9	10
钻头进尺 (米)	26.78	25.46	33.08
机械钻速 (米/时)	0.835	0.73	0.89
金刚石单位耗量 (克拉/米)	0.554	0.583	0.449

可见, 孕镶无磁性金刚石钻头的寿命比孕镶有磁性金刚石钻头提高30%, 比孕镶未分选金刚石钻

头高23.5%。从机械钻速来看, 孕镶无磁性金刚石的钻头的机械钻速比孕镶有磁性金刚石的钻头高22%, 比孕镶未分选金刚石钻头高6.5%。从金刚石单位耗量 (克拉/米) 来看, 孕镶无磁性金刚石的钻头的金刚石单位耗量比孕镶有磁性金刚石的钻头下降29.8%, 比孕镶未分选金刚石的钻头下降23.4%。

后经湖北一队马岭芦山矿区及山东三队邢家山矿区的进一步试验, 也证明了上述规律 (图 4)。

结 论

人造金刚石的铁磁性对金刚石强度和某些物理性能有显著的影响, 孕镶无磁性金刚石的钻头的工作性能明显地比孕镶有磁性和未分选的金刚石钻头好。在无磁性金刚石磨料中, 那些晶形完整、具有较高的强度和热强度的晶体, 才是钻探所需要的高品级金刚石。所以改进合成工艺和分选方法, 以减少金刚石单晶中的铁磁杂质的含量, 就可有效地提高金刚石的质量, 因此, 金刚石铁磁性的有无或强弱, 应作为衡量钻探用高品级人造金刚石质量的一项指标。

有待进一步研究的问题是, 金刚石磁选产品的大批量生产验证, 以及从合成工艺上如何减少金刚石晶体中铁磁杂质的含量, 并在钻探上逐渐使用无磁性金刚石制造热压法工艺的孕镶钻头, 而将那些有磁性的金刚石用低温电镀法制造孕镶钻头, 这对合理使用金刚石磨料和提高金刚石钻进效益, 是值得考虑的。

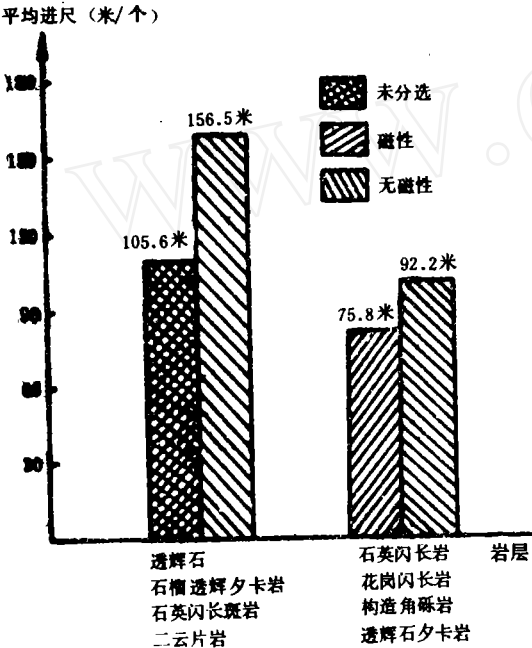


图 4 磁性、无磁性和未分选金刚石的钻头工作性能的对比