

# 无压浸渍扩孔器工艺研究

宋月清 余向明

(冶金部第一地质勘探公司金刚石公司)

无压浸渍扩孔器,是为克服电镀法产品的不足应运而生的,虽然工艺尚不够成熟,但通过较翔实的研究资料,可能寻得进一步改进的途径。

**关键词:** 无压浸渍扩孔器; 试验结果; 诱导金属; 烧结气氛; 使用寿命

无压浸渍法,是粉末冶金生产的一种方式,其工艺特点适于制造形状复杂的异形产品。骨架中的耐磨材料,赋予胎体极高的耐磨性,经过粘结金属的浸润烧结,可使胎体获得优异的综合性能,从而满足使用要求。扩孔器的工作面不仅形状复杂,而且要求耐磨性强,以便保持孔径和稳定钻具。

目前国内生产的扩孔器,以低温电镀为主。由于电镀胎体的耐磨性、抗冲击性能难以满足生产要求,常有金刚石过早脱落,导致其使用寿命缩短,尤其在硬脆碎地层钻进中更为显著。因此,一些厂家改变了制作工艺,试制或开始生产无压浸渍法做成的扩孔器,效果是肯定的。然而,目前产品质量仍存在一些问题,生产工艺落后,相应的研究工作也跟不上生产需要。本文试图通过对工艺的研究,了解胎体性能和聚晶质量等因素与生产工艺及成品质量的关系,以指导生产。

## 试验条件

烧结设备为中频烧结炉, RJX-25kW箱式电阻炉, 井式氢气烧结炉(钢研院制)及真空处理炉,以进行不同工艺条件的对比。

装料设备是自己改装的XSB-70型振动装料机,振幅为1.2cm,频率为4Hz。

生产工艺全称为粉末冶金无压浸渍法。

原材料计有 $W_2C$ , WC, Ni, Co粉,均为普通工业用料,浸渍金属为国标锌白铜Bz<sub>15</sub>-20。人造金刚石聚晶为 $\phi 2 \times 3\text{mm}$ ,磨耗比大于 $1:30 \times 10^3$ 。

## 试验结果

已制出的无压浸渍扩孔器成品见图1。由于其工作面胎体有棱、槽,并在扩孔器中部,制做比较困难,必须使用特殊模具和装料方法,即只能采取“上浸”法(图2)。试样的制备工艺,除对“下浸”法外,基本上都采用了相同的组装方式和烧结工艺制度,以类比生产过程,使试验结果更有实际意义。研究内容包括:

### 1. 各种成分骨架胎体配方性能测试

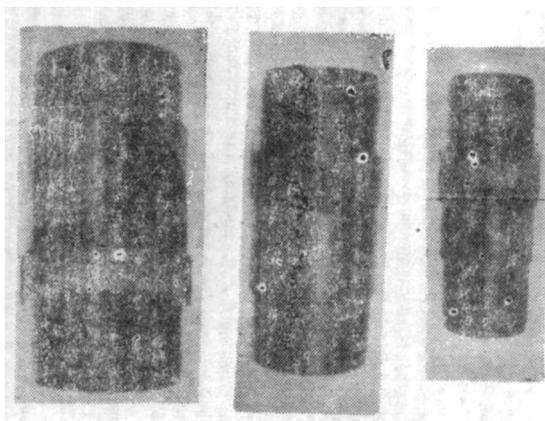


图1 3种规格的扩孔器照片

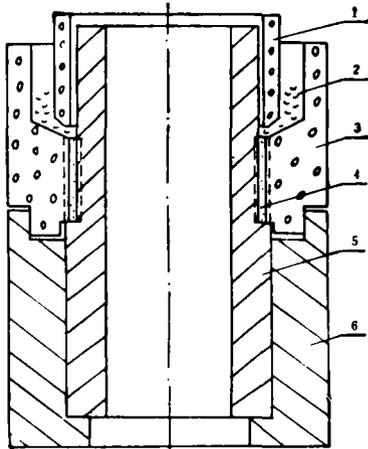


图 2 扩孔器模具装配图

1—压模；2—烧结金属；3—型模；4—胎体；5—钢体；6—钢模

按照浸渍工艺要求，选择 $W_2C$ ， $WC$ ， $W$ ， $Cr$ 粉为骨架，辅以适量的 $Ni$ ， $Mn$ ， $Co$ ， $Fe$ ， $Cu$ 及 $Ni$ 基， $Co$ 基喷涂粉等为中间相，调节综合性能，组成1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup>、4<sup>#</sup>、5<sup>#</sup>料，在 $1120^\circ C \times 15 \sim 20 min$ 条件下制样，性能见表1。其中1<sup>#a</sup>料即上文中的1<sup>#</sup>料，也是生产中的主要配方。以此为基，加入某种预合金粉，有可能改善胎体的合金化程度和性能。为此，选用冶金部钢研院生产的雾化 $Ni$ 基和 $Co$ 基喷涂粉。该粉熔点低（ $1100 \sim 1200^\circ C$ ），流动性和耐磨性好，适于作骨架料的中间相，按成分、比例不同，组成1<sup>#b</sup>、2<sup>#b</sup>、3<sup>#b</sup>、4<sup>#b</sup>、5<sup>#b</sup>料，试验结果如表2所

喷焊合金粉加入后的胎体抗弯强度

表 2

号 料	添加料	粒度 ( $\mu$ )	熔点 ( $^\circ C$ )	含 $O_2$ (%)	抗弯强度 (MPa)	断 口 形 貌
1 <sup>#b</sup>	GNi04	-140	1080~1100	$\leq 0.03$	690.5	$\times 800$ , 穿晶断裂, $\times 2000$ , 粘结相网
2 <sup>#b</sup>	GNi05	-140	1100	$\leq 0.03$	829.3	—
3 <sup>#b</sup>	GNi06	-160 +320	1040~1070	$\leq 0.03$	712.3	—
4 <sup>#b</sup>	GNi11	-140	—	$\leq 0.05$	549.9	$\times 100$ , $W_2C$ 的穿晶、GNi11的混晶 $\times 500$ , GNi11的形态
5 <sup>#b</sup>	GCo11	-120 +320	—	$\leq 0.03$	679.8	“
1 <sup>#a</sup> +2%	单质 $Ni, Co$ 混200	—	—	—	819.9	$\times 800$ , 穿晶及韧窝状断裂

注：①1<sup>#a</sup>+2%为细料；②各配方烧结工艺相同，均为下浸法浸渍。

不同胎体料的性能

表 1

料号	主要骨架料	抗冲击值 $a_K$ ( $N \cdot m$ )	抗弯强度 $\sigma$ (MPa)	硬度 HRC	密度 $\gamma$ ( $g/cm^3$ )
1 <sup>#a</sup>	$W_2C$	2.1	581.2	22.5	11.08
2 <sup>#a</sup>	$WC$	1.8	331.9	42.9	10.21
3 <sup>#a</sup>	$W$	1.7	628.8	47.4	11.33
4 <sup>#a</sup>			477.3	19.1	10.95

注：均以 $B_{Zn}15 \sim 20$ 为粘结金属，烧结工艺相同。

示。

## 2. 诱导金属Cu对胎体性能的影响

在烧结温度到达之前或同时，混入骨架中的诱导金属首先熔化，在骨架中形成不连续但相当均匀的通道，引导熔化的粘结金属液体迅速均匀地浸入骨架。由于熔化后会浸润胎体材料并发生合金扩散，起到活化烧结的作用，所以会提高烧结速度和合金化程度，有利于其性能的改善。

本试验在1<sup>#</sup>料中分别加入2%、4%和6%的 $Cu$ 作诱导金属，在相同的工艺条件下烧结试样，测试数据列于表3。从中可以看出，1<sup>#</sup>料加入2%的 $Cu$ 后，抗弯强度提高8.36%，而加入4%以上的 $Cu$ ，抗弯强度却急剧下降。在生产中，我们采用1<sup>#</sup>和1<sup>#</sup>+2% $Cu$ 之配方制造的扩孔器，在野外试用的结果列于表5。不难看出，胎体性能的改善，提高了成品质量，延长了使用寿命。

## 3. 添加Fe-P合金粉对胎体性能的影响

铜导金属Cu对胎体性能的影响 表 3

胎体性能	1*	1*+2%Cu	1*+4%Cu	1*+6%Cu
抗弯强度 (MPa)	581.2	629.8	528.2	364.9
洛氏硬度	25.97	21.20	21.43	5.40
密度 (g/cm <sup>3</sup> )	11.08	10.93	10.68	10.31

据报道,在粉料中加入少量P,可活化烧结,促进颗粒间的扩散,并有强化晶界的作用。为此,我们在1\*配方中加入了2%的Fe-P粉(P含量为12.6%),总含量约0.25%。量虽很少,但竟大大降低了粘结金属对胎体的浸润性,粘结金属难以浸

人,试样断口呈暗灰色,抗冲击值及抗弯强度值均接近于零。将烧结温度提高60~80℃后,其性能仍无明显改善。笔者认为,在无保护气氛的条件下,P阻碍浸渍的进行,不可采用。

4. 烧结气氛对聚晶性能的影响

对人造金刚石工具来讲,胎体性能固然重要,然而在胎体性能达到一定水平后,对制品性能起决定性作用的,还是金刚石本身的性能和质量。对扩孔器来讲,就是希望聚晶烧结体在使用过程中能发挥最大的效用,并在钻进中聚晶少受或不受损坏。

差热分析表明,聚晶在600~950℃即发

在不同气氛条件下焙烧对聚晶性能的影响

表 4

聚晶产地	焙烧工艺	气 氛	磨耗比初始值	磨耗比焙烧后值	失 重
燕 郊	1120℃×12min	空 气	21.1×10 <sup>3</sup>	7.5×10 <sup>3</sup>	—
燕 郊	1120℃×15min	CO <sub>2</sub>	77.6×10 <sup>3</sup>	38.8×10 <sup>3</sup>	—
燕 郊	1000℃×30min	真 气	13.1×10 <sup>3</sup>	19.6×10 <sup>3</sup>	9.1×10 <sup>-7</sup>
燕 郊	1120℃×30min	真 空	13.96×10 <sup>3</sup>	24.54×10 <sup>3</sup>	1.3×10 <sup>-7</sup>
燕 郊	1000℃×30min	H <sub>2</sub>	13.45×10 <sup>3</sup>	25.76×10 <sup>3</sup>	7.3×10 <sup>-7</sup>
燕 郊	1120℃×30min	H <sub>2</sub>	19.22×10 <sup>3</sup>	27.66×10 <sup>3</sup>	2.6×10 <sup>-7</sup>
无 锡	—	电阻炉内	—	8.8×10 <sup>3</sup>	—
胜利油田	1130℃	空 气	25×10 <sup>3</sup>	4.5×10 <sup>3</sup>	—

生严重氧化、失重、磨耗比下降。据有关资料<sup>①</sup>介绍,在保护气氛中,即使加热到1100℃,聚晶磨耗比仍下降不多。所以,我们模拟生产工艺条件,对同规格、同批量的生产用φ2×3mm聚晶进行了不同气氛及工艺条件的焙烧,每组5粒,测试数据取平均值,列于表4。可以看出,试验结果与有关资料的记载情况一致。测试数据表明,在空气中烧结的聚晶,其磨耗比下降到未烧前的1/3,而在真空或氢气中,则提高90%或60%。这样的结果,对指导生产是重要的。1987年在氢气的保护下,生产了一批扩孔器,试用效果十分显著(表5)。在分析聚晶的同时,我们还做了在氢气保护下的烧结试样,其性能变化不大,对比表6和表1、2、3可知,抗弯强度值略有提高。可见,扩孔器寿命大幅度

不同工艺对扩孔器使用寿命(m)的影响 表 5

试用矿区	1*配方制做的3个扩孔器平均寿命	1*+2%Cu配方制做的5个扩孔器平均寿命	1*+2%Cu在H <sub>2</sub> 中烧结的4个扩孔器的平均寿命
鸡笼山矿区	104.26	153.12	251.5
横山矿区	—	126.43	340.74

在H<sub>2</sub>保护下烧结试样的性能

表 6

样号	料 别	抗弯强度值σ <sub>b</sub> (MPa)	平均σ <sub>b</sub> (MPa)
1	1*+2%Cu	670	634
2	"	670	
3	"	630	
4	"	610	
5	"	590	

①胜利油田王德新等,“对烧结型人造金刚石聚晶热稳定性的探讨”,《磨料磨具与磨削》1981, No.1, “焙烧对聚晶金刚石磨耗比的影响”。

提高的原因, 应归结为保护气氛下聚晶磨耗比的改善。

### 试验结果的分析与讨论

1. 试验结果表明, 1#配方性能较优, 也就是目前生产所用的, 其性能指标基本上达到了胎体与聚晶的同步消耗。使用实验证明, 本产品已超过同类产品水平。1#配方烧结试样的断口, 其断裂行为主要表现为部分穿晶断裂和部分韧性撕裂, 前者为脆性断裂, 镜下可清晰地看到 $W_2C$ 颗粒的解理面和大裂纹及粘结相的网络分布和韧窝状形态, 未见沿晶断口形态, 说明粘结相与骨架相的粘结情况良好。

加入诱导金属后, 胎体性能发生变化, 其加入量以2%的Cu效果最佳, 加多了, 抗弯强度反而下降。其原因可能是多方面的, 但从断裂理论上讲, 与W-Co硬质合金中Co含量对合金性能影响的原理基本相同<sup>②</sup>。从烧结过程来看, 骨架中适量的诱导金属, 可改善对骨架的润湿程度, 活化烧结过程, 从而改善其机械性能。从1#+2%Cu料烧结试样断口可见, 脆性断裂主要是穿晶断裂。加入2%Cu后, 胎体中的 $W_2C$ 颗粒所占面积大大减少, 不利于裂纹的迅速扩展, 从而提高了强度; 然而如果Cu量继续提高, 就可能隔离骨架颗粒, 降低强度。

事实上, 诱导金属的选择范围很大, 后期实验表明, 加入其他粉料, 也有类似效果, 如表2中加入的合金粉, 除GNi11因熔点太高效果不佳外, 其余几种合金粉都有改善胎体抗弯强度的作用。图3、4分别显示了2#、4#加入GNi05和GNi11后的断口形貌。波谱分析表明, 图中颗粒即加入的GNi05和GNi11颗粒, 可以看到GNi05由于熔点低, 在烧结中起到了诱导金属的作用, 熔化后扩散到周围孔隙中, 其断裂主要为韧性断裂, 抗弯强度比加Cu时还要高30%。而加GNi11, 由于不能熔化, 且没有粘结相作用,

表现最差的沿晶断裂, 其抗弯强度比不加Cu时还低。2#的断口形貌见图5。



图3 2#料中GNi05形态及断口形貌

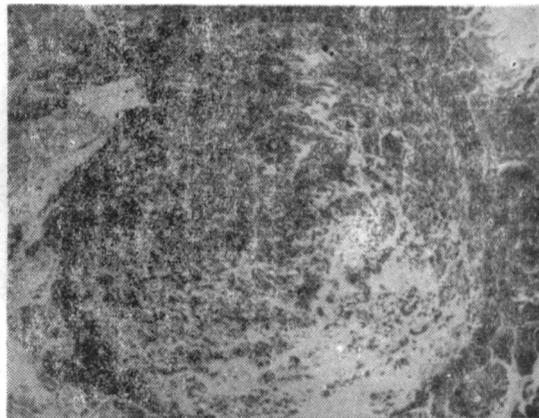


图4 4#料中GNi11形态及断口形貌

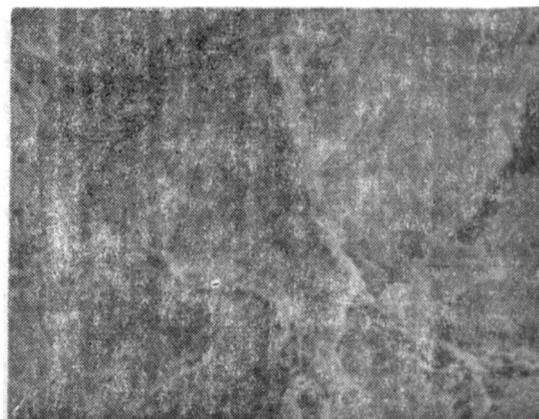


图5 2#料试样断口形貌

②北京科技大学粉末冶金教研室, 《粉体强化》

(下转第48页)

b13线开始,到b15线,异常依次向左侧移动。由于各种原因未能在b12线继续测量,尽管异常在此方向仍有延伸。推测该异常系由11-1号脉向北西方向延伸所引起。

### 结 语

1. 电导率法能较好地反映低电导率体(高阻体),即显示平坦地形、无人为因素

影响的盲矿体。

2. 用不同的线圈距间隔可大致测得低电导率体的埋深。

3. 对地形不平坦的地区,还没有一套进行地形改正的方法。

本文成文后,承蒙朴化荣教授审阅,并提出宝贵意见,在此一并致谢!

## Application of EM Method by Measuring Quadrature Component in Exploration of Gold-bearing Quartz Veins in the Wulong Gold Mine

Ye Shengyong

Good results were achieved in prospecting Au-bearing quartz veins in the Wulong gold mining area by quadrature component measurement Electromagnetic method. This method will give a good response for an anomalous body of low conductivity (or high resistivity) and could be used for finding blind ore-bodies below a flattish surface and under a favourable condition without any artificial disturbance. If measurements are made with different coil spacing, the buried depth of an anomalous body may be estimated.

(上接第81页)

2. 烧结气氛对聚晶质量和扩孔器质量都是重要的。这是因为聚晶在保护气氛下热处理时,结合剂沿晶界扩散,与金刚石附着更好,与金刚石表面进一步成键结合,成键密度增高,强化了晶界,使热处理提高了热稳定性。同时,在保护气氛中起到隔离氧的作用,这就是磨耗比性能增高的原因。反之,在含氧气氛中,在高温下氧沿晶界和晶粒间

隙向聚晶内扩散,与结合剂中易氧化元素生成氧化物,在金属及其氧化物和氧的催化作用下,金刚石颗粒表面转化为石墨,由于新相生成,使聚晶松弛膨胀,密度下降,磨耗比降低。X射线物相分析证明了这种观点。胎体性能在保护气氛 $H_2$ 下烧结也略有提高(表6),因此大大改善了扩孔器的质量。

## Non-pressure Maceration Technique Study for Reamer Manufacturing

Song Yueqing Yu Xiangming

The non-pressure maceration technique for reamer manufacturing was developed in order to overcome some shortcomings of the electric-plated products. Though this technique is not ripe for practical use, it is believed that an approach for a further improvement of the technique could be found through a full and detail study of technical materials.