

真空热压烧结钻头的研究与应用

毛靓玉 孙立言

(冶金部第一地勘局地质探矿技术研究所·河北燕郊)

随着金刚石钻头在地质勘探中普遍推广与应用,钻头制造方法也越来越多,一些新技术、新工艺不断出现,钻头性能越来越好。但目前大多数钻头仍以普通热压烧结而成,由于普通热压烧结法是在空气中烧制,金刚石和金属粉末在高温下易被气体腐蚀,影响钻头的质量。为了进一步提高金刚石钻头的质量,我们进行了在真空环境中烧制金刚石钻头工艺及设备的研究。理论与实践证明,真空条件下烧制的钻头比普通热压烧结钻头具有更好的性能。

烧结工艺及设备

1. 烧结工艺

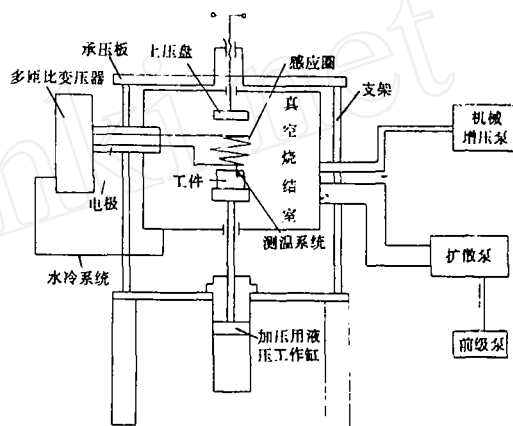
真空热压烧结与普通中频烧结工艺大体相同,是将模具中的粉料热压烧结成型,用中频电源感应加热控温,液压加压。其主要区别在于烧结气氛的不同。真空烧结是将钻头放于密闭的烧结室内,用真空泵将室内的空气抽出,在真空度 $1.33 \times 10^{-3} \text{Torr}$ 以下的条件下,加温加压烧结,同时在烧结过程中,真空泵仍继续开启,保持烧结室内的真空度。钻头冷却仍在烧结室内,并保持烧结室适当的真空度。

2. 烧结设备

真空烧结设备主要由真空系统、中频感应加热系统、热压系统、水冷系统和测温系统组成(见图)。与普通中频烧结设备大体相同,主要区别是增加了真空系统。

真空系统是实现真空烧结的关键设备,它由真空烧结室、真空泵、管道、阀门、规

管和仪表组成。它通过并联的机械增压泵和扩散泵来满足真空系统的要求,该泵组能使烧结室真空度达 $0.1333 \sim 0.1333 \times 10^{-3} \text{Pa}$,为了使室内达到烧结所需的真空度,真空烧结室必须有良好的密封性,因此,真空烧结设备的水冷系统须具备冷却烧结室密封件的功能。



真空中频热压烧结炉基本结构示意图

真空烧结优越性

真空技术的最大优点是钻头提供一种良好的保护气氛,这种脱气、脱氧、净化的烧结空间为提高钻头的综合性能创造了条件。

1. 真空气氛中金刚石的性能状况

我们知道,如果在大气中进行金刚石制品的制作或加工,金刚石在 $690 \sim 700^\circ\text{C}$ 便开始石墨化,强度开始降低。而在真空条件下,则需要在 1200°C 才开始石墨化。实验

本文1992年7月收到。

表明,在相同石墨模具中,980℃温度下,分别进行真空与空气条件下的热压烧结,结果在空气中热压烧结后的金刚石抗压强度损失 35.5%,真空中热压烧结后的金刚石抗压强度损失 16.6%,真空中烧结较空气中金刚石强度相对提高 18.9%。由此可看出,这种绝气绝氧的真空环境有利于减少金刚石因高温氧化造成的强度损失。

2. 真空气氛中胎体的性能状况

在烧结过程中,气体对胎体性能的影响,主要是指对胎体中粘结材料性能的影响。

我们知道,金属与氧之间有很大的亲和力,尤其是金属粉末,粒度越细,被氧化的能力越强。在空气中进行热压烧结,氧和其他活动性强的气体介质存在,为金属粉末氧化成金属氧化物提供了条件。由于金属氧化物熔点很高,在烧结温度下以固态形式存在于胎体组织中,影响了粘结材料的液化,降低其对固相材料的润湿能力和结合能力,阻碍粉末间的合金化烧结。显然,在真空气氛中,由于消除氧及其他有害气体的副作用,使粘结材料充分液化,提高其对固相的润湿性,改善与固相材料的结合强度。实验证明,真空条件下热压烧结的试块断口银白,致密,韧性断裂明显。通过显微观测,试块孔洞少而细小,硬质相分布均匀。而在空气中热压烧结的胎体试块断口灰白,晶粒粗,脆断特征明显。通过显微观测,试块孔洞多而大,硬质相分布不均匀。可见,不同气氛下烧结的胎体组织由于气体对胎体材料影响程度不同,液相与固相的粘结性能也不同。

3. 烧结过程中金刚石与胎体的结合状况

胎体对金刚石的包镶能力,是钻头质量的一个重要指标,包镶能力强,金刚石颗粒可承受的切向磨削力大,寿命就长,反之,会过早出现金刚石崩落、掉粒。

钻头在烧结时,金刚石与胎体间实际上就是液态金属对固体的浸润、包镶过程。液相对固相润湿性能好,则可以形成牢固的结合,而外来杂质的侵入会降低液相对固相的润湿能力。钻头在空气中烧结时,由于熔点很高的金属氧化物及各种有害气体存在于结合界面间,改变了结合界面应有的结构和性能,影响金属的液化,降低液态金属对金刚石的浸润、包镶能力。而在真空烧结时,金属胎体中各种有害杂质(O、H、N、S等)含量极少,而且由于金属杂质的蒸发作用,可以使金刚石进一步净化,增加粘结剂对金刚石的浸润性,进而保证了金刚石颗粒与金属胎体的有力结合。

综上所述,真空热压烧结从根本上解决了钻头烧结的外部气氛净化问题。它的主要优点表现为最大限度地保持金刚石原有强度,对胎体粉料具有净化、提纯、除气作用,提高液相润湿性和对金刚石的包镶能力,活化烧结。因此,真空烧结是提高金刚石钻头质量的一个有效途径。真空钻头的优越性能被大量野外实验所证实。

应用情况

近两年来,真空烧结钻头在不同矿区、不同岩层进行钻进试验,均取得良好的技术、经济效益,用户普遍反应,真空钻头性能明显优于普通中频烧结钻头。

1. 1991年,某队于狮子岭金矿对真空钻头与普通钻头进行对比实验钻进。

岩层条件:矿带分布于石英脉中,岩层倾角 70~80°。代表性岩石有:片麻岩(石英 20~30%)、石英脉、含黄铁矿块状石英等。岩石坚硬破碎、坍塌掉块漏水。岩石级别一般为 8~9 级,部分为 10 级。地质要求终孔直径不小于 75mm,岩矿心采取率分别为 75%和 80%。

钻进设备:XY-4 型钻机, BWB-250 型水泵, 75kW 发电机, $\phi 75$ 绳冲钻具。

钻进参数：钻压 850~1000kN，转速 574~1191r/min，泵量 45~90t/min。

使用效果对比如表 1。

表 1 狮子岭金矿不同钻头使用效果对比

钻 头	数 量 (个)	平均寿命 (m)	平均时效 (m)	成 本 (元/m)
真空钻头(1)	6	32.08	2.17	
普通钻头(2)	6	18.95	0.89	
(1)比(2)提高 (或降低)		69.3%	143.8%	降低 8.42

从表 1 可知，真空钻头较普通钻头平均寿命提高 13.13m，平均时效提高 1.28m。试验表明，使用真空钻头，钻头成本每米可降低 8.42 元，该机台年工作量计 2500m，使用真空钻头每年仅钻头一项可望节约 21050 元。

2. 1990 年第一冶金地勘局 515 队 2 分队在山东新城矿区，钻进 8~9 级黑云母花岗岩，出现严重打滑现象，时效降至 10cm 左右，投石英砂干磨钻头钻进，时效有所提高，但钻头磨损严重，寿命下降。后来改用真空钻头，由于钻头耐磨性好，钻头寿命提高 50%左右(表 2)。

表 2 新城矿区钻头使用情况

钻 头	数 量 (个)	平均寿命 (m)	平均时效 (m)
真空钻头(1)	15	30.06	1.57
普通钻头(2)	93	20.53	1.67
(1)比(2)提高 (或降低)		46.4%	降低 6.4%

从表 2 可看出，时效基本持平，寿命有很大提高。

3. 1990 年第一冶金地勘局 516 在宣化后沟金矿施工。

岩层条件：角闪斜长片麻岩、斑状花岗岩等，矿体为黄铁矿化钾质蚀变岩。可钻性 8~9 级，研磨性中等。矿区构造发育，有 3 条规模较大的断裂带横贯全区，岩层大多比

较破碎，孔壁坍塌比较严重。

钻进设备：YL-6 型钻机，ZBB-2 型变量泵，35.3kW 的 X4105 型柴油机。

钻进参数：钻压 7.84~14.7kN，转速 500~800r/min，泵量 52~69L/min。

该矿区由于岩层破碎，每次下钻都要历经 1~4 小时的扫孔后才能到底进尺，钻头磨损严重，有的钻头没打孔到底就磨完，提钻换钻头，再坍塌，再扫孔，形成恶性循环。后来使用真空钻头用于坍塌严重孔段，状况明显好转。由于真空钻头耐磨性好，寿命长，虽多次并长时间扫孔，仍能使用。十个真空钻头及普通钻头对比使用情况见表 3。

表 3 后沟金矿钻头使用情况

钻 头	平均寿命 (m)	平均时效 (m)	成 本 (元/m)
真空钻头(1)	52.2	2.4	101.5
普通钻头(2)	21.3	1.88	123.2
(1)比(2)提高 (或降低)	145.1%	27.7%	降低 21.7

1990~1991 年间，我们收集到 95 个真空钻头在 10 个矿区累计进尺约 4434m 的数据，并与同矿区同期使用的其他厂家普通中频烧结钻头对比，结果表明：

1. 真空钻头寿命长，时效高；
2. 胎体混料好，粘结牢固，耐磨，尽管钻压高于普通钻头，却无裂隙、掉块，金刚石无崩落、掉粒现象；
3. 对克服打滑岩层和深孔钻进效果较好，可节省材料及辅助时间，大大降低钻探成本；
4. 由于节省上、下钻的辅助时间，减轻了工人的劳动强度，更充分发挥了绳索取心钻进的优越性；
5. 真空钻头质量稳定，获得了用户的普遍好评。