超硬材料，喷涂，金刚石，涂层

地质与勘探
第30卷 第2期 GEOLOGY AND PROSPECTING 1994年3月

维普资讯 http://www.cqvip.com

69-70

超硬材料喷涂工艺的研究
——介绍一种新型的特种喷涂工艺

黄成富
（冶金部第一地勘局超硬材料研究所·河北燕郎）

TQ 639.2

近几年来，在工业生产中传统的机械表面处理技术已远远满足不了对机械零件性能的要求。在所有已研究的表面处理技术中，热喷涂技术，尤其是等离子喷涂已越来越引起国内外同行的高度重视。

等离子喷涂是利用由离子喷枪产生的等离子焰流，把颗粒度为数微米到数十微米的金属、非金属及陶瓷材料等单一的或混合的粉末在极短的时间内迅速加热、加速，在熔化或接近熔化、半熔化及软化状态下，高速喷射到基体材料表面上而形成致密的喷涂层。

1 金刚石等离子喷涂涂层的特性

金刚石涂层对提高机械表面的耐磨性、磨蚀性能等方面具有优异的特性，它可以广泛地应用于石油钻探、石油开采、机械工程、化工、建材等行业。

1.1 适用范围广

采用等离子喷涂的喷涂材料非常广泛，可以是金属及其合金、陶瓷、金属陶瓷及复合材料等。接受喷涂的工件材料（基体）可以是金属或合金，也可以是非金属。采用复合材料制成的涂层，把金属或合金与塑料或陶瓷（金刚石）结合起来，以获得优异的综合性能，这是其他加工方法难以达到的。

1.2 喷涂工艺灵活

金刚石涂层的施工对象小到10mm的曲面（平面的最小尺寸小至5mm），大到直径超过1m的磨盘等大型构件。其涂层的涂覆部分既可以是整个表面喷涂，又可在指定的部位喷涂。

1.3 涂层具有足够的机械强度

从理论上讲，金刚石涂层具有足够的强度。包括金刚石涂层内部的结合强度以及金刚石涂层与基体的结合强度。

众所周知，金刚石与金属的界面能很高。这样金刚石与一般金属及合金的浸润性及粘结性能很差。但是经过金属表面化特殊处理的金刚石（如键合处理或表面团聚化涂覆处理），就可以作为一般金属合金材料一样在低熔点焊料混合下，在冶金烧结、电镀及喷涂状态下，或在真空、氩气保护下熔焊，均具有不同程度的粘结效果，这已为大多数实践所证实。

为了防止金刚石在喷涂过程中脱碳、碳化或极大地降低金刚石强度，在喷涂过程中采用了特殊喷涂工艺规范。这就基本保持了金刚石原有的强度。

1.4 喷涂过程中对金刚石的保护

等离子喷涂是一个极其复杂的动力学过程。此过程是应用等离子喷枪产生稳定电弧——等离子焰流，对要喷涂到基体表面上的固态粉末材料极迅速加热、加速，并以极高的速度碰撞沉积到基体表面上形成涂层。在通常情况下一个金刚石颗粒（包括其他喷涂粉末颗粒）在等离子焰流的加热时间约为小于10^{-6}s，而喷射速度（视功率大小）约为240～600m/s。这样快的加热速度，以及这样高的喷射速度，仅仅使金属化表面的金属微熔、半熔化、软化，加热温度还来不及传至金刚石就

本文1993年11月收到，王梅编辑。

维普资讯 http://www.cqvip.com

已喷涂到基体表面上。在金刚石涂层的整个过程中，惰性气体氩气(Ar)，活性气体如氮气(N_2)和氢气(H_2)及其混合气体($Ar-H_2$；N_2-H_2)，都对金刚石粉末及其他喷涂粉末起着保护作用。

氩气、氮气作为等离子喷涂过程中的主气，其作用如下：①保护喷嘴，防止喷嘴过度烧伤、氧化；②载流作用，作为喷涂粉末的载流气体，加速喷涂粉末微粒的喷射速度；③作为喷涂粉末(包括金刚石喷涂粉末)的保护气体，其保护作用从喷嘴起到基体间的圆锥台包围圈内，形成一个以高速气流围成的圆锥台气罩。另外，氩气的密度较其他气体的密度大，所以在小流量下即可获得良好的气罩保护效果。下面列出了几种常用的热喷涂比较。

常用的几种热喷涂比较表

	火焰喷涂	电弧喷涂	等离子喷涂	爆炸喷涂
喷涂材料种类	粉末或金属丝	金属丝	粉末	粉末
热源	化学反应	电弧	惰性气体等离子	控制爆炸
焰流温度	2000～4000℃	4000℃	4500～20000℃	3300℃
粒子喷射速度 m/s	90～180	240	240～600	730
喷涂材料材质	金属、陶瓷、金属陶瓷、塑料	金属	金属、陶瓷、金属陶瓷	金属、金属陶瓷
结合强度	良	优	优	优

2 复合材料涂层的开发应用

研究结果表明：等离子喷涂涂层形成机理是：在高温和高速条件下，进入等离子焰流的喷涂粉末被极高速度喷射到基体表面的过程中，粉末粒子以极快速度被熔化、半熔化、微熔或软化，同时这些粒子迅速被加速碰撞(喷射)到基体表面后，展平成中间厚一点的薄饼状，并以 10^7～10^8 度/s 的速度凝固，形成涂层特性的薄层。后来而至的微粒叠加起来，形成所谓层状结构的涂层。我们在试验过程中发现，在金刚石喷涂过程中，被微熔、软化的是金刚石表面金属化的金属，而金刚石微粉作为表面半熔化、微熔或软化的金属粉末的核心一起撞击到基体表面上，在展平过程中，金刚石仍以"核心"状态被熔化的粉末紧紧包围形成微密涂层。

金刚石粉末作为涂层中的硬相粒子，牢固地被熔化合金粉末粘结在基体上，这对提高涂层的耐磨性，形成具有优异性能的涂层无疑是十分重要的。这就表明只有复合粉末(包括金属合金、陶瓷、金属陶瓷等)才能够达到制备各种新性能涂层的目的。不同组合的粉末，以最佳形式进行重新组合，形成新的复合材料(粉末)，从而获得新的具有特殊性能的涂层，是完全可能的。许多实践证明：复合材料的性能远远优于组成它的材料本身的性能。这就为探索一条为满足各种性能需要的涂层工艺开辟一条新的途径。

Study on Spraying Technique of Superhard materials

——A new and special spraying technique

Huang Chenfu