

俄罗斯电弧离子镀技术的特点 及其在刀具涂层上的应用

Technical Feature of Russian Arc Ion Plating and Its Application on Cutting Tool

广东世创金属科技有限公司 董小虹 黎炳雄 梁航

俄罗斯电弧离子镀技术中先进行强化层处理,再进行涂层处理的复合强化技术对提高涂层与基体的结合强度,解决涂层剥落问题十分有效,特别是对高速钢刀具,效果更好。这是俄罗斯涂层技术与欧美涂层技术相比最大的特点。

涂层技术的发展非常迅速,尤其是进入 21 世纪以来,其发展速度更是突飞猛进,日新月异。化学气相沉积(CVD)和物理气相沉积(PVD)技术在 20 世纪 70 年代的开发和应用,给刀具带来一场革命,使硬质合金和高速钢刀具实施高速切削、超硬材料切削和难加工材料的加工成为现实。随着工业技术的迅速发展和切削加工技术的进步,机床的切削速度在不断提高,高速切削机床和加工中心的应用十分广泛;在高速切削的前提下,为确保加工精度,缩短加工周期,提高加工效率,需要性能更高的刀具。目前,很多机械零件和工模具,为了保证加工精度,避免加工后热处理所产生的热处理变形,对淬硬钢的高硬度材料(30 ~ 62HRC)进行直接切削加工,也需要更高性能的刀具。而普通的硬质合金和高

速钢刀具已经不能满足这些要求,因此 20 世纪 70 年代末 TiN 涂层刀具应运而生。

90 年代各种涂层技术得到迅速发展和推广,目前已发展到多元、超多层和纳米涂层的复合涂层阶段。广东世创金属科技有限公司在 2002 年从俄罗斯引进了电弧离子镀设备和技术,2003 年下半年安装调试并投入使用;2007 年通过引进和吸收,研究开发并开始设计和制造涂层设备;目前,引进、改装及自行设计和制造的设备都运转正常,工艺稳定,涂层质量上乘,广泛用于刀具、工具、模具、机械零件及出口产品的硬质涂层。

俄罗斯电弧 离子镀技术的特点

综合国内外的涂层技术文献报导,可以总结出硬质涂层的发展方向

为:

- (1) 开发更高性能的新涂层;
- (2) 提高涂层与基体间的结合力;
- (3) 寻求新的涂层工艺技术和新设备。

俄罗斯涂层技术在提高涂层与基体间的结合力、降低镀膜温度和制备纳米多层涂层技术方面独具特色。

(1) 俄罗斯电弧离子镀设备可以对钢质刀具、工模具先进行强化层处理,再进行涂层处理,提高膜/基结合力 1.5 ~ 3 倍。俄罗斯电弧离子镀设备采用真空等离子组合加工技术,涂层过程初期,电子可以穿过隔离屏,而离子、原子和液滴不能穿过,电子在到达阳极的过程中将炉内腔体中的气体离化,等离子体包围的工件就可以被电子加热、基体强化或被氩离子刻蚀;在沉积过程中,金属



引进、改装及自行研发、设计和制造的多弧离子镀设备

离子可以穿过隔离屏进入腔体与等离子体中被离化的气体结合对工件表面镀膜。

为了对俄罗斯电弧离子镀涂层的结合力进行对比试验,分别在广东一外资厂的涂层刀片产品、广东省某大学的 AIP-01 型镀膜机镀制样品和俄罗斯设备镀制样品中取样,同为 TiN 涂层,然后在中科院兰州物理所进行膜/基结合力测试。该厂刀具产品的结合力最低为 42N, AIP-01 型镀膜机样品结合力为 65N,而俄罗斯多弧离子镀膜机样品结合力超过 100N。我们曾与德国、瑞士的涂层专家探讨过膜/基结合力问题,他们认为目前世界各国的涂层设备的膜/基结合力能达到 80~90N,即世界先进水平。国内权威专家认为只有纳米复合涂层的膜/基结合力才有可能达到 100N 的水平。

(2) 俄罗斯设备可以配备快速中性分子束源,采用电子加热或进行气体离子测射清洗不会使刀具的刀锋钝化。

用快速中性分子束对工件进行轰击时可以预先活化表面;也可以在镀膜时调整薄膜参数;在 10~1000V 的粒子能量范围内,快速中性

分子可以生成达 10A 的电流。使用气体和快速原子可以获得任何化学活性气体的分子束。

该束源进行辅助沉积时,可以降低镀膜温度(即可以在 80~100℃ 时镀膜);快速中性分子束源的应用能显著提高非导电材料,如玻璃、陶瓷和塑料等的镀膜质量;由于能降低沉积过程温度,对非耐温材料可以在 80~100℃ 时对压电陶瓷镀膜;在刀具沉积过程中不出现电弧镀膜中常见的刀锋钝化现象,反之还能削尖刀刃。快速中性分子辅助沉积技

术可以制造陶瓷镀膜低温合成设备,制造无损内部结构的微电子产品加工设备和制造绝缘陶瓷镀膜设备。

(3) 俄罗斯涂层设备还可以配置分离加速系统消除液滴和制造纳米多层膜。

俄罗斯电弧离子镀设备可以配置离子体加速弧源,配备该弧源的离子镀设备沉积的涂层能够有效减少涂层的液滴,甚至使涂层表面细小致密无液滴,大幅度提高涂层质量。离子体加速弧源还可以制备多层纳米涂层,每层厚度约 20nm。

(4) 俄罗斯还有其他难熔金属氮化物和类金刚石涂层的镀膜设备及大型镀膜设备。

(5) 俄罗斯电弧离子镀设备可以对硬质合金、高速钢及其他钢质刀具、工模具进行耐磨、耐蚀、耐高温氧化涂层。

世创公司稀土涂层的研究开发

稀土元素具有特殊的电子结构,所以具有极强的化学活性,在钢的冶炼过程中,加入少量稀土元素即可以除去钢中气体、脱硫、细化晶粒、改善钢的热加工性能和机械性能以及抗氧化和耐热性能等;在化学热处理和表面处理等方面也取得了大量成果并获得了推广应用;近十几年来,



部分涂层产品

稀土元素在现代表面改性技术领域也取得了十分可喜的进展。

1 稀土元素在材料表面改性中的作用

(1) 活化和净化工件表面,促进渗入原子在镀(渗)层中的吸附、沉积和扩散,起催镀(渗)作用。

(2) 提高工件表面硬度、耐磨性和疲劳强度;提高断裂韧性,使改性层强韧化;提高改性层与基体的结

合强度。

(3) 改善材料表面的物理性能和化学性能,如提高工件表面的抗氧化性和抗腐蚀性。

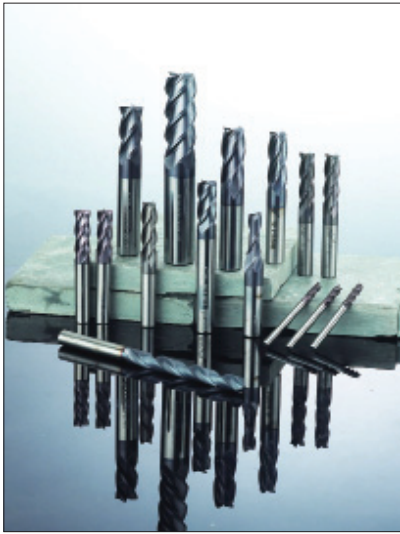
2 稀土涂层中的稀土元素加入方法

制备稀土涂层目前绝大部分是采用稀土合金靶的方法,公司最近提出了“吸入式”稀土添加法,即“离子镀稀土改性涂层中的加入方法”(发明专利公开号 CN1966761)。方法

操作非常简便,将稀土元素溶入某种有机溶液,采用吸入法按一定比例配入气罐中,使其蒸气与工作气体(N₂)混合,通过质量流量计导入镀膜工作室即可。

3 离子镀涂层加入稀土元素后的效果

(1) 提高涂层与基体的结合力45%;(2) 提高了涂层的高温抗氧化性;(3) 减少了涂层的颗粒尺寸,增加了涂层的致密度;(4) 涂层硬度略有降低,但磨损抗力获得改善。



(a) 涂层刀具



(b) 重型模具

世创涂层加工的刀具和模具

世创公司多弧离子镀硬质涂层在刀具和工模具中的应用

1 世创公司多弧离子镀硬质涂层在高速钢刀具的应用

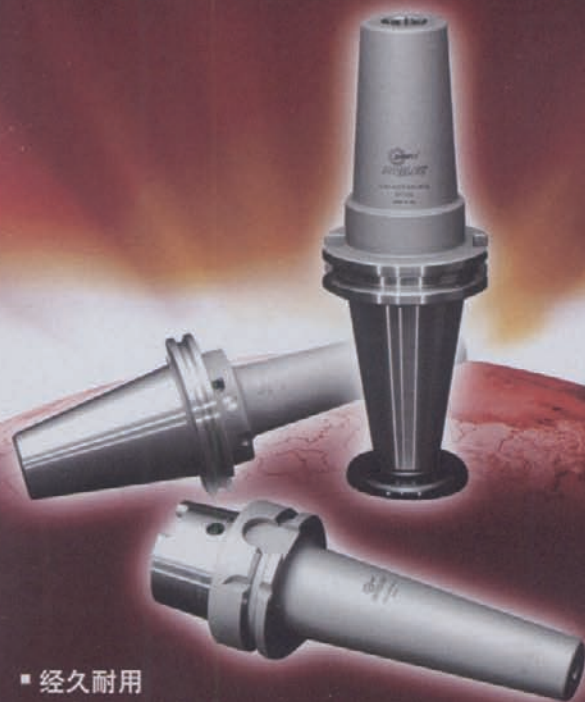
航空航天工业所用的材料中,轻合金、钛合金、不锈钢及复合材料和非金属复合材料都有广泛应用,这些材料都属于难切削加工材料,除了硬质合金、超硬材料刀具及其涂层刀具之外,高速钢(尤其是含Co高速钢和含Co粉末高速钢)及其涂层刀具仍占很大比例。该材料广泛用于成形拉刀(整体式、组合式)、高速滚刀、剃(插)齿刀、丝锥、波纹刃立

表1 TiAlN纳米涂层铣削高硬材料试验结果

刀具名称	加工对象		切削参数					冷却方式	使用寿命
	材质	硬度 HRC	转速 $n/(\text{r} \cdot \text{min}^{-1})$	进给速度 $v_f/(\text{mm} \cdot \text{min}^{-1})$	每齿进给量 $f_z/(\text{mm} / \text{齿})$	背吃刀量	侧吃刀量		
VF-2SB R1 球头立铣刀	M2 高速钢	65	20000	6000	0.15	0.07	0.2	风	30m 未损
VF-MD $\phi 6$ 直角头立铣刀	Cr12MoV (SKD11)	60	8000	2160	0.045			风	100m 未损
VF-2SB R3 球头立铣刀	压铸模 (DH31-S)	52	16000	1600	0.05	2	0.2	风	120m 后损伤
VF-2SB R1 球头立铣刀	粉末高速钢	68	8000	1260	0.08	0.2	0.07	风	50m 以上高版
VF-2SB R10 球头立铣刀	Cr12MOV (SKD11)	60	1200	240	0.1	8	0.5	风	30m (比以前高3倍)
VF-2XLB 长颈 R1 $\times 20$ 球头立铣刀	Cr12MoV (SKD11)	60	10000	1000	0.05			风	往复切削 20m (比以前高1倍)
VF-MD 直角头立铣刀	钢侧面 底面	60		151m	0.1				低刃外周刃完好
VF-MDRB 圆弧头立铣刀	Cr12MoV (SKD11)	60		50m	0.05	切深 0.5mm	切宽 8mm	风	切削 8m 后无损

帕莱克热缩刀柄系列

高精度，高刚性，高动平衡性



■ 经久耐用

采用高强度合金钢材料，使用寿命长久！

■ 高精度

同心度在3倍直径处小于 $3\mu\text{m}$

■ 高速度

25000转/分时，动平衡达到G2.5

获得专利的可调平衡系统

美国帕莱克公司是刀具及刀具预调仪设计与制造的世界领先者，随着国内公司规模及业务的不断扩大，特诚邀销售工程师的加盟，共创未来。

职位要求：

- ▶ 机械相关专业本科以上学历
- ▶ 具有丰富的机械行业经验
- ▶ 具有良好的沟通交流能力
- ▶ 工作地点：上海，南京，成都，长春

如有意者请将简历发至：hr.parlec@163.com

广告索引号 09-112

帕莱克机械（南京）有限公司

USA · Europe · 中国 · 南京 · 上海 · 广州 · 天津 · 成都

电话：025-66612228 传真：025-66612278

Email: sales@parlec.com.cn

www.parlec.com.cn



Made
in U.S.A.



铣刀、成形立铣刀及滚（挤、碾压）压刀具等，并根据切削加工技术不同的要求，分别在其表面配涂 TiN、TiCN、TiAlN、CrN、ZrN、TiCrZrN 等涂层，以满足航空发动机、汽轮机、轿车、摩托车等制造业加工高强度、高硬度铸铁（钢）合金、合金结构钢（锻）、耐热合金钢、不锈钢以及整体铝合金（热锻）高 Si-Al 合金材料工件的高速、高效、硬质精密机加工技术的要求。例如，由于俄罗斯多弧离子镀硬质涂层具有先进行强化层处理，再进行涂层处理，可以大大提高膜 / 基结合力，达到提高 1.5 ~ 3 倍的效果。

目前难加工材料，如淬硬钢、超硬烧结合金属、耐热超级合金、双金属材料等已日益广泛地应用于工业零件制造。随着高速切削工艺的发展，为了确保加工精度，缩短加工周期，提高工效需要更高性能的刀具；另外，为了避免后工序（例如热处理）产生变形，先进行硬化工序，对更高硬度（HRC30 ~ 62）的材料进行加工，也需要更高性能的刀具。

2 世创公司多弧离子镀硬质涂层刀具在难加工材料加工中的应用

用俄罗斯涂层设备对硬质合金进行多元复合纳米涂层处理能够满足要求。TiAlN 纳米涂层铣削高硬材料的试验结果见表 1。

广东世创金属科技有限公司在俄罗斯电孤离子镀设备上也开发了高硬度、抗高温复合耐磨涂层，对 $\phi 10\text{mm}$ 硬质合金立铣刀进行涂层处理，可以在 Cr12MoV 经过热处理后在 HRC 62 硬度的平板工件进行铣平面加工，效果良好。

3 世创公司研发电弧离子镀设备获得国家科技部 and 省市政府部门的支持

等离子体涂层技术与涂层刀具，是先进制造业与绿色制造技术，属于国家中长期科学和技术发展规划纲要的重点发展领域。缺乏先进和高可靠性的镀膜设备，已成为制约我国涂层技术发展的瓶颈。世创公司通过引进、消化和吸收俄罗斯电弧离子镀技术，研发并自行设计和制造了电弧等离子镀膜设备，得到了国家科技部和省市政府部门的支持，现已立项拨款，今后我们将批量生产涂层设备供给刀具行业及其他应用部门。

结束语

俄罗斯电弧离子镀技术中先进行强化层处理，再进行涂层处理的复合强化技术对提高涂层与基体的结合强度，解决涂层剥落问题十分有效，特别是对高速钢刀具，效果更好。这是俄罗斯涂层技术与欧美涂层技术相比最大的特点。其次，配置离子体加速弧源具有消除液滴和制造纳米多层膜的功能，对制备刀具高性能涂层是十分必要的。

广东世创金属科技有限公司生产具有俄罗斯涂层技术特点并结合自有开发技术研制电弧等离子涂层设备得到了国家科技部和广东省、佛山市政府的大力支持，这将对我国刀具行业进入“高精度、高效率、高可靠性和专用化”的现代刀具生产新格局产生巨大的推动作用，为推动我国刀具行业的建设步伐，促进刀具企业发展进程作出应有的贡献。（责编 淡蓝）