

# PCD 刀具真空钎焊工艺研究

刘云<sup>1,2</sup>, 刘松<sup>1</sup>, 段黎明<sup>1</sup>, 陈子豪<sup>1</sup>, 魏志敏<sup>3</sup>

<sup>1</sup>成都工具研究所有限公司; <sup>2</sup>四川大学; <sup>3</sup> Lucas-Milhaupt

**摘要:** 钎焊是刀具制作过程中的重要环节,焊接质量直接影响刀具连接强度。通过在真空环境中加热,以 YG8 硬质合金和 PCD 复合片为焊接母材进行钎焊试验。对比 3 种钎料在不同焊接温度和保温时间下钎料润湿性和焊接强度的变化,确定 3 种钎料的最佳焊接参数及适用范围,并分析了阻流剂的使用对钎料阻流的效果,试验表明,使用阻流剂能有效控制钎料溢流至非焊接面。

**关键词:** PCD 刀具;真空钎焊;钎料;润湿性;强度;阻流剂

**中图分类号:** TG454;TH162

**文献标志码:** A

**DOI:**10.3969/j.issn.1000-7008.2020.03.017

## Study on Vacuum Brazing Process of PCD Cutting Tool

Liu Yun, Liu Song, Duan Liming, Chen Zihao, Wei Zhimin

**Abstract:** Brazing is a very important procedure in the process of tool manufacture. The quality of brazing directly influences the strength of cutting tool. By brazing experiment of YG8 cemented carbide and polycrystalline diamond compact in vacuum environment and analysing the changes of wettability and strength of three kinds of solder under different temperature and holding time to determine the best brazing parameters and application range of the three kinds of solder. At the same time, the effect of using stop-off agent on the solder flow resistance is compared and analyzed. The results show that the stop-off agent can effectively control the solder overflow to the non-brazing surface.

**Keywords:** PCD cutting tool; vacuum brazing; solder; wettability; strength; stop-off agent

## 1 引言

聚晶金刚石 (Polycrystalline Diamond, PCD) 刀具适用于有色金属及其合金和难加工非金属 (如木材、强化地板、石墨、陶瓷、石材等) 材料的加工<sup>[1]</sup>。目前,应用最广泛的 PCD 刀具是将 PCD 复合片切割成一定尺寸的刀粒,与硬质合金刀体焊接在一起,经刃磨加工而成。

PCD 刀具的焊接直接影响刀具的使用性能。目前,PCD 刀具多采用高频感应钎焊工艺,在空气中以低温钎料为介质将 PCD 复合片与刀体连接在一起,工艺成熟。但传统的高频加热钎焊存在诸多缺点:加热温度不易控制,升温和降温速度过快,刀具易产生内应力,使刀片产生裂纹;焊接过程需助焊剂,焊接后刀体表面易形成氧化层,需进行喷砂等表面处理,导致外观不佳;针对小尺寸和多头刀片焊接难度较大,且焊接质量不良等。真空钎焊是在真空气氛中不施加任何钎剂而连接零件的先进工艺,焊接难连接的材料和结构,得到光洁致密、具有优良力学性能和抗腐蚀性能的钎焊接头<sup>[2]</sup>。刘松等<sup>[3]</sup>对超硬材料真空钎焊工艺进行了研究,阐述了真空钎

焊的优势,探讨了钎料的选取原则、温度曲线的制订规律及影响焊接质量的因素等问题。鹿桂芳等<sup>[4]</sup>针对阻流剂的制备与应用效果进行说明与验证。

本文通过 PCD 刀具真空钎焊试验,以 3 种钎料为对象,研究了钎焊参数对钎料的润湿性、剪切强度的影响,探究了最佳的焊接参数及其适用范围,分析了阻流剂的使用对焊接外观质量的影响。

## 2 试验方案

### 2.1 试验材料与设备

PCD 耐热性较差,在高温下易石墨化,钎料宜选取中低温 Ag 基钎料。试验选取 3 种 AgCu 基固溶体钎料,编号 1#、2#、3#,其主要化学成分、温度及价格见表 1。

表 1 材料性能参数

编号	钎料牌号	主要化学成分 (%)				液相温度 (°C)	价格 (万元/kg)
		Ag	Cu	In	Ti		
1#	AgCuIn	48.47	28.2	23.33	0	705	1.5
2#	AgCuTi	65.25	26.75	0	8	779	2
3#	AgCuInTi	44	29	24	3	705	6

采用 ZCZKL-160L 型真空钎焊炉进行焊接试验,焊接过程中真空度保持  $3 \times 10^{-3} \text{ Pa} \sim 1 \times 10^{-3} \text{ Pa}$ 。焊接母材为 YG8 硬质合金和 PCD 复合片,焊前处理焊接面并用声波清洗机清洗干净,焊后测量

焊料铺展面积及剪切强度,验证阻流剂对钎料铺展的影响。

### 2.2 试验步骤

将1#、2#、3#钎料在不同焊接温度及保温时间下,以 YG8 硬质合金和 PCD 复合片为焊接母材。同一焊接参数下,一组将钎料置于硬质合金上,观测钎料铺展情况,测量得到相同体积焊料的铺展面积,以此评价钎料的润湿性能;另一组用同种钎料将合金基体和 PCD 片用同种钎料焊接,并进行剪切强度试验。试验前用 W80 金刚石砂轮去除硬质合金表面氧化层,并用超声波清洗机清洗干净。试验设定焊接参数见表 2 和表 3。

表 2 焊接参数

编号	钎料	钎焊温度(°C)			保温时间(min)
		720	730	740	
1#	AgCuIn	720	730	740	10
2#	AgCuTi	810	820	830	10
3#	AgCuInTi	720	730	740	10

表 3 焊接参数

编号	钎料	钎焊温度(°C)	保温时间(min)			
			5	10	15	20
1#	AgCuIn	730	5	10	15	20
2#	AgCuTi	830	5	10	15	20
3#	AgCuInTi	730	5	10	15	20

根据上述试验结果确定 1#、2#、3#钎料的最佳焊接参数,以 PCD 复合片和 YG8 合金为焊接母材, YG8 合金与 PCD 复合片 PCD 层为焊接面。出炉后观测焊接情况并分别测试剪切强度,焊接结构见图 1。

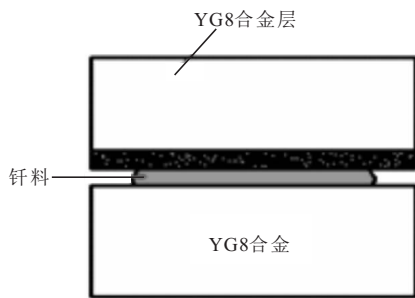


图 1 焊接结构

选取 2#钎料置于 YG8 硬质合金上,周围涂一圈阻流剂,如图 2 所示,阻流剂与钎料之间留一定缝隙,出炉后观察钎料铺展情况。

## 3 试验结果与分析

### 3.1 钎料润湿性与焊接强度

研究焊接温度及保温时间对焊料润湿性及焊接强度的影响,以确定最佳的焊接参数。分别对 3 种钎料设计了单因素试验,部分钎料铺展情况见图 3 - 图 5,剪切试验情况见图 6。

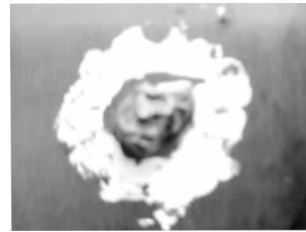


图 2

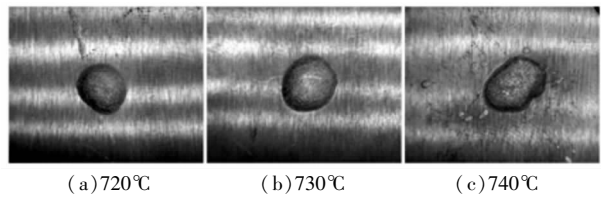


图 3 1#钎料保温时间 10min

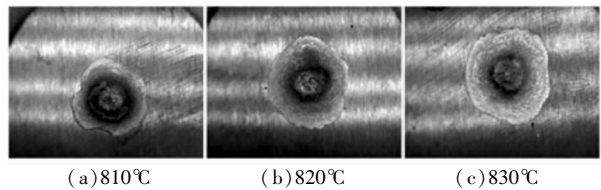


图 4 2#钎料保温时间 10min

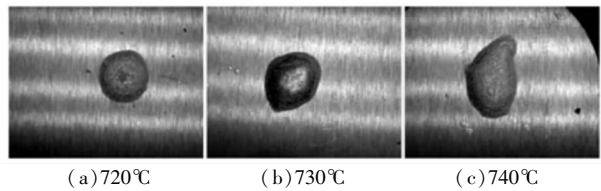


图 5 3#钎料保温时间 10min

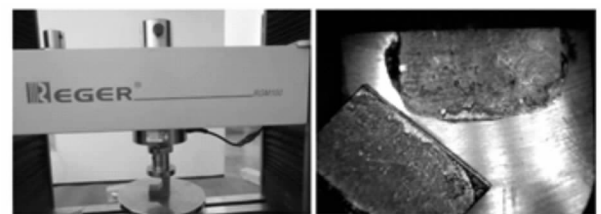


图 6 剪切试验设备与试验后试样形貌

综合不同焊接温度及保温时间下焊料铺展的面积可以看出,焊接参数对钎料润湿性有显著影响。同种焊料在不同焊接参数下呈现不同的铺展表现和剪切强度。经测量铺展面积及剪切强度汇总数据见图 7 - 图 10。

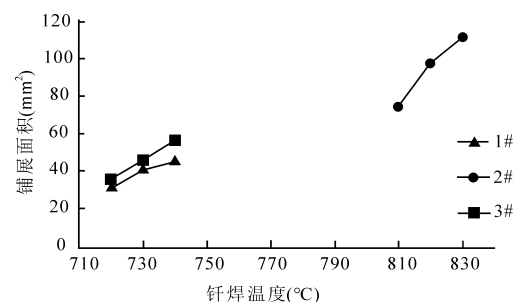


图 7 不同钎焊温度的钎料铺展面积

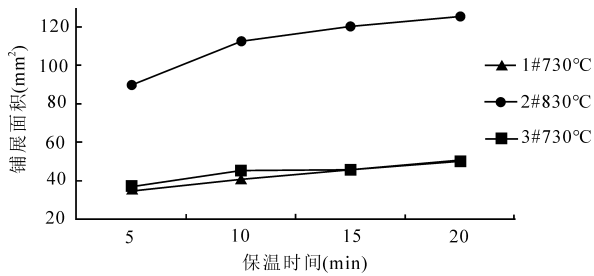


图8 不同保温时间的钎料铺展面积

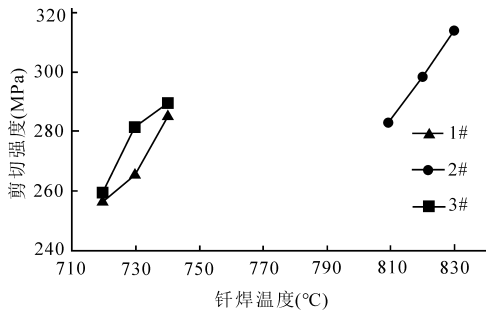


图9 不同钎焊温度的钎焊接头剪切强度

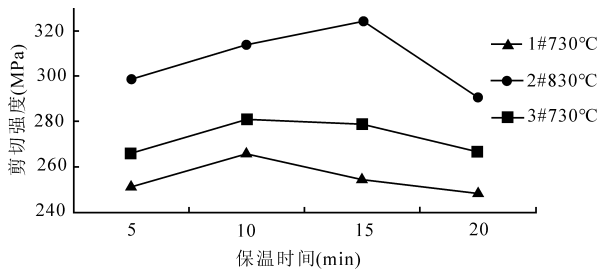


图10 不同保温时间的钎焊接头剪切强度

根据上述结果确定各钎料最佳焊接参数:1#钎料730°C,保温10min;2#钎料830°C,保温15min;3#钎料730°C,保温10min。3种钎料在最佳焊接参数下,YG8合金与PCD面焊接情况见图11。由图可知,1#钎料不能与PCD层润湿,无法粘接;2#和3#钎料与PCD层的粘接较好,可有效提高焊接强度。

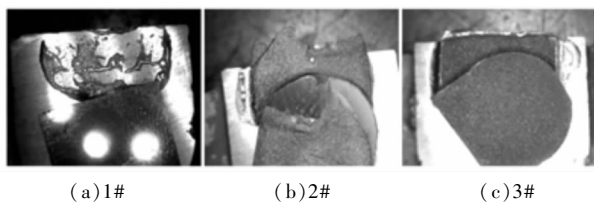


图11 YG8合金与PCD面焊接情况

### 3.2 阻流剂的作用

阻流剂是钎焊时用来保护被焊接件表面的一种药剂,能有效阻止钎料流向不需要焊接的表面,避免不必要的粘接,减少焊后处理,提高了焊接件外观的精度。2#钎料在830°C保温10min下使用阻流剂情况见图12。从图中可以看出,加热后钎料充满了阻流剂中间缝隙,且钎料未溢出,阻流效果良好。

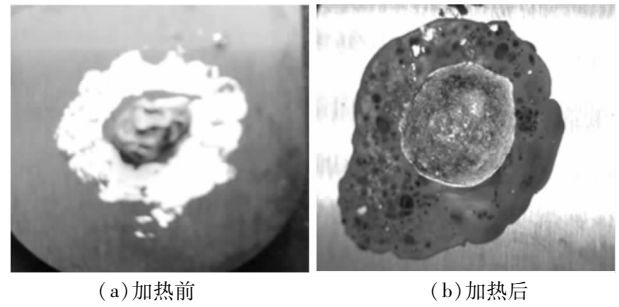


图12 2#钎料使用阻流剂情况

## 4 结语

通过对3种钎料在不同焊接参数下进行真空钎焊试验,分析了焊接参数对润湿性与焊接强度之间的关系,得到以下结论:

(1)一定温度范围内,焊接温度越高,钎料润湿性越好。

(2)在同一钎焊温度下,随着保温时间的延长焊接强度先升高后降低。

(3)1#钎料最佳焊接温度730°C,保温时间10min;2#钎料最佳焊接温度830°C,保温时间15min;3#钎料最佳焊接温度730°C,保温时间10min。

(4)阻流剂对钎料的阻流效果良好,能有效防止钎料粘接于非焊接面,适用于外观要求高的产品。

(5)综合考虑焊接强度、经济性及钎焊材料,1#钎料适用于刀具焊接强度要求较低且PCD耐热性较差的PCD刀具焊接;2#钎料适用于刀具焊接强度高且PCD耐热性较好的PCD刀具焊接;3#钎料适用于刀具焊接强度要求较高且PCD耐热性较差的PCD刀具焊接。

## 参考文献

- [1]陈云,杜齐明,董万福,等.现代金属切削刀具实用技术[M].北京:化学工业出版社,2008.
- [2]辛岩,步怀立,朱东辉.真空钎焊技术与工艺分析[J].工艺与设备,2017(31):252.
- [3]刘松,李云阳,谢邦全,等.超硬刀具真空焊接工艺[J].工具技术,2014,48(1):46-47.
- [4]鹿桂芳,张宏,牛小坤,等.钎焊阻流剂的制备[J].焊接,2003(7):43.

第一作者:刘云,硕士研究生,工程师,成都工具研究所有限公司,610051成都市

First Author:Liu Yun,Postgraduate,Engineer,Chengdu Tool Research Institute Co.,Ltd.,Chengdu 610500,China