

真空钎焊技术的应用

上海机械制造工艺研究所 (上海200070) 屠恒悦

【摘要】 介绍了钎焊设、接头的装配间隙、钎料的正确选择及真空钎焊工艺。

关键词: 真空钎焊 接头 装配间隙 钎料

Application of Vacuum Brazing Technology

Tu Hengyue(Shanghai Institute of Machine Building Technology, Shanghai 200070)

【Abstract】 This paper deals with the equipments of vacuum brazing, the assembling gap of joints, the brazing materials and the vacuum brazing process

Key words: vacuum brazing, joints, assembling gap, brazing materials

真空钎焊是熔点比基体金属低的钎料熔化后,借毛细作用填满接头间隙,从而获得不可拆卸接头的一种工艺方法。近几年来,随着科学技术的不断发展,钎焊技术在各工业部门中占据着越来越重要的地位,尤其是在电气仪表及国防等工业中已成为不可取代的工艺方法。例如,大型制氧机、汽车和轮船上的形状复杂的热交换器(油冷却器、蒸发器和散热器等),喷气发动机中形状复杂的蜂窝结构、电气零件、精密机械零件等都必须采用钎焊。近年来钎焊工艺发展非常迅速,钎焊技术由原来的应用于飞机、核能等国防工业,发展到普通的金属和实用构件上。

上海地区真空钎焊工艺发展比较缓慢,早期仅在一些军工、国防单位中少量应用。近年来一些民用单位如上海计量仪表厂、上海人民工具二厂、上海汽车配件厂、上海华通开关厂、上海化工机械三厂等单位先后来我所,开展一些真空钎焊业务。我所在真空钎焊方面进行了一系列工艺试验及生产应用。钎焊的关键是接头的装配间隙、钎焊材料的正确选择和真空钎焊工艺等方面,现介绍如下。

1 真空钎焊设备

我所进行真空钎焊的炉子有两类。一类加热元件为钼片,隔热屏为钼片+不锈钢的全金属屏炉子。该类炉子的特点是真空度高,适合于铝合金、耐热材料、不锈钢钎焊。我所全金属屏的炉子是由美国Abar Ipsen公司生产的HR20×24型真空气淬炉。该炉的主要技术参数如下:炉子的加热功率/kW:75,炉膛有效尺寸/mm:610×475×254(长×宽×高),极限真空度/Pa:10⁻³,操作真空度/Pa:10⁻²,压力率/×10⁻¹Pa·h⁻¹:2,最高炉温/°C:1370,炉温均匀性/°C:±5(538~1320),装炉量/kg/次:181,气冷时最高充气压力:0.2MPa。另一类炉子的加热元件和隔热材料均为石墨元件。该类炉子适用于真空度要求比较低的碳钢材料的铜钎焊工艺。我所有两台ZC30-13型双室负压油气淬炉。

2 接头的装配间隙

接头的装配间隙大小是影响钎焊焊缝致密性和接头强度

的关键因素之一。间隙过小,阻碍钎料流入,不易形成大量焊透率良好的接头;间隙太大,毛细作用减弱,钎料填充困难,合金化作用减弱,导致接头力学性能较差。在不影响钎料填充的前提下,钎焊间隙越小越好。装配间隙的大小不但与基体材料和钎料的性质有关,而且与钎焊零件的形状、尺寸以及钎焊工艺有关系。表1列出部分金属搭接接头的装配间隙参考值。

表1 部分金属及合金钎焊接头的合适间隙和接头抗剪强度

基体材料	钎料	间隙/mm	抗剪强度 σ_r^*/MPa
碳	紫铜	0.01~0.05	98~147
	黄铜	0.05~0.20	196~245
	银基钎料	0.02~0.15	98~235.2
		锡铅钎料	0.05~0.20
不 锈 钢	紫铜	0.02~0.07	-
	铜镍钎料	0.03~0.20	362.6~490
	银基钎料	0.02~0.15	186.2~225.4
	镍基钎料	0.05~0.12	-
	锰基钎料	0.04~0.15	294
铜 和 铜 合 金	铜锌钎料	0.07~0.25	-
	铜磷钎料	0.02~0.15	127.4~156.0
	银基钎料	0.03~0.25	117.6~137.2
	锡铅钎料	0.05~0.20	20.58~45.08
	铜基钎料	0.05~0.20	39.2~78.4
	铝基钎料	0.1~0.30	78.4~117.6
	钎焊铝用软钎料	0.1~0.30	49~98

* 抗剪强度随接头型式、钎焊方法及钎焊工艺的变化而有较大变化

3 钎料的选择

正确选择钎料是保证获得优质钎焊接头的重要因素。对钎料的基本要求:钎料应具有合适的熔点。熔点太低,钎焊接头的强度低;熔点太高,基体金属的晶粒易长大,力学性能易变坏,甚至会引起过烧、熔蚀等危险。钎料应对基体金属有良好的润湿性、漫流性以及良好的填充间隙能力。钎料应与基体金属的线膨胀系数接近,否则易引起较大的内应力,甚至会产生钎缝裂纹。所有钎焊接头应满足产品的工艺要求,如足够的力学性能、抗腐蚀性能及导电导热性等。钎料本身应尽可能具有良好的塑性,能被加工成各种形状,如丝、条、带箔等。钎料内不应含有毒和其他对人体有害的元素,并尽量少

屠恒悦:男,57岁,高级工程师,主要从事真空、可控气氛热处理设备及工艺的研究工作,曾获部级科技进步三等奖,市、局科技进步奖等。收稿日期:1997年12月23日

用贵重和稀缺元素,可根据表2初步选择钎料。

4 真空钎焊工艺

真空钎焊的工艺过程为零件钎焊前的准备、组装、装填钎料、涂阻流剂(如有必要时)、钎焊、出炉检验。

4.1 零件焊前准备

一般用喷砂或喷丸方法去除氧化皮后,再将工件放在丙酮、酒精、汽油或蒸馏水中,用超声波除油清洗30min左右。在三氯乙烯蒸气除油槽中进行批量生产除油。

4.2 零件组装与定位

零件在装配前应检查待钎焊表面的清洁度以及装配间隙。在装配过程中为防止钎焊表面被污染,要求操作者戴干净的棉织手套。可采用毛刺定位、氩弧焊定位和夹具定位法进行装配定位。

4.3 装填钎料

粉状钎料用粘结剂制成膏状,用注射器进行注射。箔片状钎料,采用夹具进行定位。

4.4 工艺参数的选择

4.4.1 真空度 为防止被钎焊组件和炉内元件(加热元件和辐射屏等)氧化变色,炉子升温前,应先将炉膛抽至一定的真空度,此真空度为冷态真空度。冷态真空度要根据被焊材料的性质选择,详见表3。

热态真空度是指从开始加热到开始冷却的炉内压力。当开始加热时,零件、夹具都要释放气体。使用膏状钎料时,粘结剂要挥发,这些因素都会不同程度地影响炉内压力,但一般不会影响加热的正常进行,而且,粘结剂的挥发对钎焊操作是无害的。在钎料即将熔化时,要求炉内压力恢复到冷态真空度,采用适当延长稳定时间的方法直至真空度达到要求后,再继续加热进行钎焊。

如果钎料中含有高蒸气压的元素时,当加热至钎料熔点(固相线)以下的温度,应向炉内通惰性气体,以防止合金元素大量挥发而污染炉子。惰性气体纯度应符合表4规定。惰性气体的压力根据金属的挥发特性曲线来选择。即应向炉内通以

表2 基体金属与钎料的配合

钎料	铝及铝合金	镍及镍合金	碳钢、低合金钢	不锈钢	铜及铜合金	碳钢、工具钢	高温合金
Ag-Cu	×	*	*	×	*	*	×
Ag-Cu-Ni	×	*	*	√	×	*	×
Cu	×	*	*	*	×	*	*
Au-Cu	×	*	×	×	*	×	×
Al基	√	×	×	×	×	×	×
Ni基	×	*	*	√	×	*	√
Au基	×	√	*	√	*	*	√
Co基	×	√	×	*	×	×	√

注:√—推荐 *—满意 ×—不推荐

在某些组件上有腐蚀作用;含Ni减少了间隙腐蚀;特别适用于对腐蚀敏感的薄板材料;成本高;在腐蚀介质中工作的工件除外。

稍高于金属挥发平衡压力的惰性气体。例如在 10^{-2} Pa的1120℃温度条件下铜会大量挥发,而把炉内压力升至 $2.6 \sim 4$ Pa时,则可以控制铜的大量挥发。

4.4.2 加热速率 炉子升温速率应能保证零件析出的气体被充分抽出,组件受热均匀以减小或防止组件的钎焊变形。决定加热速率的因素有(a)组件的材料、形状、结构和尺寸;(b)使用钎料的形态及钎料的结晶温度范围。如使用膏状钎料时,在(450~500)℃以下,加热速率可快些。但不论使用什么钎料,在钎料固相线以下至钎焊温度之间的加热速率都不宜过快,以保证组件内外温度一致。

4.4.3 稳定温度和保温时间 稳定温度和保温时间是指当加热到钎料固相线以下的温度时要暂停加热,使温度保持一段时间,其目的是减小组件上的温度梯度,使组件各部位的温度均匀。

4.4.4 钎焊温度 在钎焊温度下,一方面要使钎料熔化,在毛细管作用下填满接头间隙,并与基体金属进行合金化作用;另一方面使基体材料完成热处理程序中的某一步骤(固溶或淬火)。因此,钎焊温度的选择要求:使钎料的流动性和润湿性处于最佳状态。一般当钎焊温度高于钎料的液相线温度(30~100)℃时,可使钎料的流动性达到最佳状态。一般钎料的结晶温度范围越大,钎焊温度高出钎料熔点越多。纯Cu没有结晶间隔,钎焊温度只要高出熔点(30~70)℃即可使钎料的流动性处于最佳状态。而多元合金的钎料(如高温镍基钎料)则钎焊温度必须高出液相线温度(90~120)℃,才使钎料处于最佳的流动状态。要能满足基体材料的热处理要求,在钎焊温度下,使基体材料充分固溶,完成其固溶处理工序,既节约了工时,又避免了焊后固溶处理而引起的不良后果。

4.4.5 钎焊保温时间 主要决定于基体材料的厚度及组件的结构。基体材料厚度大,需要较长的均温时间。有些组件厚度并不很大,但是钎焊接头被部分地遮蔽,钎焊处不能直接受到热辐射的作用,钎焊保温时间也要长些。为获得高强度的接头,必须减少钎缝中的金属间化合物,这就要求保温时间长些。根据基体材料的热处理要求,如奥氏体不锈钢,当加热到900℃以上时,碳化物很快固溶,钎焊保温时间不需要太长。马氏体不锈钢需要充分固溶后淬火得到完全马氏体,钎焊保温时间相应要长些。

4.4.6 冷却速率 取决于以下几个因素:钎料处于液态时,应在真空中随炉冷却,不要通气或开风扇,以免液态钎料被搅动。基体材料的热处理要求,钎焊不含钛、铌等稳定元

表3 冷态真空度选择

序号	被钎焊材料	冷态真空度/Pa
1	不锈钢	$(1.3 \sim 6.5) \times 10^{-2}$
2	高温合金	$(6.5 \sim 13.6) \times 10^{-3}$
3	铝合金	$10^{-2} \sim 10^{-3}$

表4 惰性气体的纯度

气体	纯度(体积%)	含氧量 $\times 10^{-6}$	含水量 $\times 10^{-6}$	露点/℃
Ar	99.996	5	5	-67
N ₂	99.999	5	5	-67

素的奥氏体不锈钢,如1Cr18Ni9等,为防止晶界析出碳化物,冷却速度要快些,尽可能采用风扇强迫冷却。马氏体不锈钢也应采用风扇强迫冷却,以得到马氏体组织。组件结构,为防止冷却时组件的变形,对于薄、长和结构复杂的组件,冷却速率要慢些。

5 真空钎焊生产应用实例

HM Z-1型传感器外壳的真空钎焊

基体材料:低碳钢,钎料:0.1mm厚的紫铜片,单位:上海冶金仪表计量厂,真空钎焊工艺程序:清洗基体金属及紫铜片,基体金属表面涂Cu。组装入炉,将铜片压入要钎焊的缝隙内。冷态抽真空到 $10^{-1} \sim 10^{-2}$ Pa。真空钎焊工艺曲线见图1。随炉冷却到室温出炉。钎焊结果,表面质量良好。

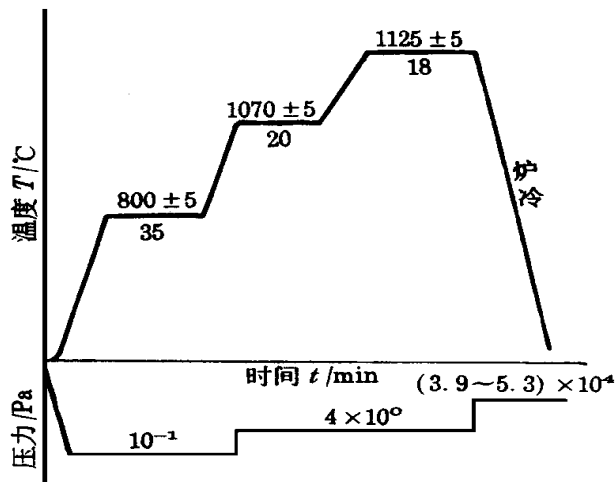


图1 传感器外壳真空钎焊工艺曲线

真空热处理技术的现状和未来

机械工业部北京机电研究所 (北京 100083) 田桐 阎承沛

【摘要】 本文论述了真空热处理技术的突出优点,概括介绍了本所真空热处理工艺和设备的技术特点和关键技术以及技术开发工作。同时,对真空热处理技术的工业应用及经济效益进行了评述。跟踪国际材料热处理技术的最新进展和未来发展趋势,结合我国国情,对我国真空热处理技术的未来发展,进行了探讨。

关键词:真空热处理 现状 未来

Present Situation and Future of Vacuum Heat Treating Technology

Tian Tong, Yan Chengpei

(Beijing Research Institute of Mechanical and Electrical Technology, MM I Beijing 100083)

【Abstract】 This paper deals with prominent advantages of vacuum heat treating technology. It is summarized as that technical feature and key technology on vacuum heat treating process and equipments and development works. It is reviewed and discussed for industrial application and economical benefit of vacuum heat treating technology. Following new progress and development tendency of heat treating technology of materials at home and abroad are discussed.

Key words: vacuum heat treating, present situation, future

真空热处理技术具有无氧化、无脱碳、可脱气、脱脂,表面质量好,变形小,综合力学性能优异,无污染无公害,自动化程度高等一系列突出优点,多年来始终是国际热处理技术发展的热点,近20年来在我国,亦得到迅速发展。真空退火、真空油气淬火、真空高压气体淬火、真空负压高流率气体淬火、真空渗碳、渗氮、真空回火、真空烧结、真空钎焊、真空渗金属、真空离子渗碳(渗氮、渗金属)、真空清洗、真空喷涂等工艺,取得了长足的进展。我国现有各类真空热处理设备约1263台^[1],占我国12万台热处理设备的1%^[2]。我国真空热处理设备主要生产家有15家,制造真空油气淬火炉、真空高压气淬炉、真空回火炉、真空钎焊炉、真空烧结炉、真空渗碳炉、离子渗碳(氮)炉和真空连续炉等真空热处理设备。全国从事真空热处理技术研究、设计、开发和应用的职工总数约为1500人。现在,真空热处理已经进入工艺水平逐渐提高,真空热处理设备不断完善和智能化,新技术接连涌现的稳定发展阶段。

田桐:男,研究员级高工,从事真空热处理设备的开发研究。曾获部科技进步二等奖2项。收稿日期:1997年12月23日

1 真空热处理工艺应用概况

70年代真空热处理技术在我国发展初期,人们主要研究探讨真空热处理的基本性质,加热特点,金属蒸发问题和金属在真空下加热工艺的基本规律以及变形问题,同时开展了典型热处理工艺的研究,进行了真空油淬和真空气淬的工艺研究和应用,为真空热处理技术的研究和应用奠定了基础。80年代以来,真空热处理技术在我国迅速发展,引进先进设备增多,真空热处理工艺应用日益广泛。高压气淬工艺、真空渗碳技术、真空烧结、真空钎焊、真空离子渗碳(氮、金属)技术的研究和应用相继展开,真空热处理技术开始从研究试验和少量生产走向工业生产领域。随着技术的进步,进入90年代以来,真空热处理工艺技术出现了许多新技术新特点,高压气淬和超高压气淬的应用,真空加热的热风循环回火和快速冷却技术,真空清洗技术,真空热处理设备和工艺智能控制系统,真空渗氮技术、真空离子渗碳等技术蓬勃发展,在美、德、法、日、英等国成为新技术发展的热点。我国在这方面跟踪国际先进技术,结合国情,积极研究,开发了我国的真空热处理新技术