

慢波组件的焊接工艺*

邹筱先 肖茂贺
(中国科学院电子学研究所)

慢波组件的散热能力是螺旋线行波管向高频、大功率、宽频带发展的主要障碍之一。本文就此问题提出了一种能获得散热能力高、高频损耗小的、简单可靠的工艺方法。还提出了散热能力的测量方法,并给出了测量结果。

(一) 焊接工艺

1. 慢波组件装配 试验慢波组件的尺寸如图1所示。首先将螺旋线镀上20—25 μm 厚的铜层。然后用真空蒸涂的方法在瓷杆上蒸涂一条钛层,并再在Ti层上蒸涂一层Ag-Cu合金。蒸涂金属化层的宽度能满足焊接需要即可,过宽则会增加高频损耗,试验表明,以0.4mm较好。将已金属化的瓷杆,已镀铜的螺旋线装入蒙乃尔管壳内,组成慢波组件。然后再将慢波组件装入特制的石墨模具内。

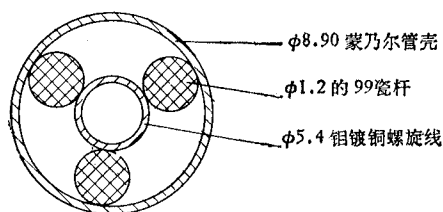


图1 试验慢波组件

Fig. 1 Test assembly of slow wave structure

2. 焊接试验 试验是在真空炉中进行的,真空度不低于 5×10^{-5} 托。试验表明,焊接工艺需要分两步:

第一步是预焊。主要目的是利用管壳的收缩来减小螺旋线、支持杆、管壳三者之间的装配间隙,使三者接触得更紧密。预焊温度为700—750 $^{\circ}\text{C}$ (在Ti-Ag-Cu焊料熔化温度以下),保温10—15分钟。试验表明,冷却后管壳直径收缩5—7丝,达到了预期的目的。

第二步是焊接。焊接是指镀铜螺旋线与瓷杆之间的扩散焊接和瓷杆与蒙乃尔管壳之间的活性金属焊接。我们对以上两种焊接分别进行了试验。扩散焊接是利用已预焊的未金属化的瓷杆与镀铜(或镀金)的螺旋线组成的慢波组件进行的。根据陶瓷与金属扩散焊接的研究得知^[1],扩散焊质量受被焊接材料的物理化学性质,表面状态以及焊接工艺参数(焊接温度、焊接时间,比压力)等因素的影响。钼的熔点高,硬度大,不适于扩散焊接,因此表面需要镀一定厚度的铜(或金)。在一定范围内扩散焊接温度越高,比压力越大,焊接

* 1982年9月22日收到。

强度愈好^[2]。由于慢波组件所受比压力由结构尺寸、模具材料和配合间隙所决定,不易随意调节,因此我们只试验了焊接温度与粘结强度的关系。试验表明,焊接温度在 800℃ 以上,保温 15—20 分钟,慢波组件的螺旋线与瓷杆已较牢固地焊合。可以看到瓷杆与螺旋线已牢牢焊在一起,将瓷杆从螺旋线扒开,则发现陶瓷被螺旋线粘下。活性焊接是利用已金属化的瓷杆和未镀铜的螺旋线组成的慢波组件,先预焊后进行试验的。试验表明,对所蒸涂的活性焊在 830—850℃ 焊接的慢波组件,将螺旋线取出后,观察到三根瓷杆已牢固地焊在管壳上。这个温度与扩散焊接温度一致,因此两步焊接在 830—850℃ 同时完成,工艺较简单。

试验表明,除焊接工艺规范外,螺旋线镀铜厚度,金属化层厚度,螺旋线、瓷杆与管壳之间的配合间隙以及慢波组件与石墨模具之间的配合间隙都直接影响组件的质量(镀层过厚则可能起皮,间隙过小则装配困难)。镀层和金属化过薄,间隙过大则焊接不牢,影响组件的散热能力。

(二) 散热能力的测量方法和测量结果

关于慢波组件散热能力的测量和计算方法已有不少报道。有的是利用测量和计算在不同功率下,螺旋线上的最高温度或平均温度来衡量慢波组件的散热能力的。有的是利用测量和计算慢波组件径向(螺旋线、支持杆、管壳)各接触点的温度梯度来衡量慢波组件的散热能力的^[3]。我们采用了一种简单的测量方法,原理是利用在良好散热条件下,管壳与螺旋线的温度差 Δt 来表示散热能力的大小。方法是在待测慢波组件的管壳上开一小孔,在螺旋线的适当位置点焊一对热偶,再在管壳的对应点上点焊另一对热偶。然后将慢波

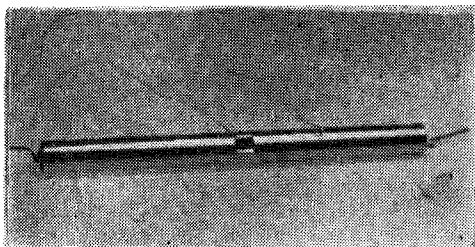


图 2 测试组件

Fig. 2 Measurement scheme

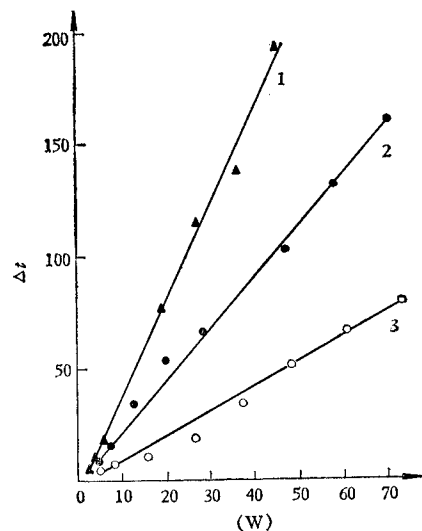


图 3 散热能力与加热功率的关系

Fig. 3 Relationship between the heat conduction capability and heater power

- 1—冷弹压 1—cold elastic pressing
2—热挤压 2—heat extruding
3—焊接 3—welding

组件插入特制的散热模具内(模拟器件的实际散热条件),并放入镀膜机的真空室中,抽真空至 5×10^{-6} 托后,螺旋线通直流电加热,同时测量不同加热功率下的螺旋线和管壳的温度,即可得到螺旋线与管壳之间的温差与加热功率的关系.图3给出了结构尺寸和材料相同而所用制造工艺不同的慢波组件的 Δt 与加热功率的关系.比较三条曲线可以看出,用焊接工艺的 Δt (曲线3)比用冷弹压工艺或热挤压工艺的 Δt (曲线1、2)都小得多,也就是说,用焊接工艺的散热能力远高于用冷弹压或热挤压的散热能力.这就为高频、大功率行波管的研制提供了必要的技术条件.

参 考 文 献

- [1] 潘焱,陶瓷与金属压力扩散封接(初步试验),中国科学院电子学研究所内部资料,1974年.
- [2] Н. Ф. Казаков: Диффузионная Сварка, Мангиз, 1968.
- [3] 电子管设计手册编辑委员会,中小功率行波管设计手册,国防工业出版社,1976年,第309—311页.

A WELDING TECHNOLOGY FOR SLOW WAVE STRUCTURE

Zou Xiaoxian, Xiao Maohe

(*Institute of Electronics, Academia Sinica*)

The capability of heat conduction of the slow wave structure is one of the main obstacles to the development of the high-frequency high-power helix TWTs. A simple but reliable technological method for obtaining high heat conduction capability and low rf loss is suggested. The method of measurement of the heat conduction capability and the results of this measurement are given also.