

基于硅碳棒加热的高温钎焊设备的研制

马尧 胡敏

(西安航天发动机厂 工业设计所)

[摘要] 本文主要介绍了采用硅碳棒作为加热元件的高温钎焊设备的结构设计,并对实现高温工作时所需的加热元件的设计和新型耐火材料的应用等关键技术进行了详细论述。

[关键词] 硅碳棒 高温 设备

中图分类号: TG454

文献标识码: A

文章编号: 1009-914X(2013)33-0402-02

1 前言

本文研制的高温钎焊设备需满足长期运行在1250℃高温环境中,能实现产品测温、炉膛测温、产品内腔抽真空、炉膛通氩气保护等多项功能。同时,需实现精确的温度控制,准确显示设备内环境温度和表面温度,并对各项监测数据实现计算机实时储存、打印、输出。这样的复杂工艺过程对所需钎焊设备的结构组成、各项功能提出了更高的设计要求。

2 设备组成

高温专用钎焊设备组成为:

①炉体部分:包括炉门机构、炉子主体、加热元件

炉门机构:用来是支撑炉门。

炉子主体:由炉壳和炉衬层组成。

加热元件:采用进口康泰尔U型硅碳棒,均布在炉体内左右两侧及后端布置。

②加载装置:由真空系统、承载大轴、大轴驱动、小车驱动、及车体组成。

③电源部分:由中频电源和变压器组成。

④控制部分:由温度调节仪、温度记录仪、真空计、PLC以及通用的电流、电压、功率表组成,用于完成设备控温、炉门开、闭动作、小车进退及大轴旋转等功能。

⑤氩气保护系统:采用气瓶组集中供气,通过氩气控制柜给钎焊箱内充氩气。

⑥水冷系统:用于冷却小车上真空机组。

3 关键技术

3.1 加热元件的选取

作为高温钎焊设备的核心元件加热体,目前可以选用的加热体为金属元件和非金属元件。选择满足工作温度要求的加热体,最重要的指标是工作温度和加热元件的表面负荷率。

根据加热设备使用经验,加热体工作温度一般要比设备内环境温度高100~200℃,如表1所示,如常用的金属元件0Cr27Al7Mo2,在1250℃时是极限工作温度下使用,严重影响使用寿命,而非金属元件的硅碳棒正常工作范围

表1 工作温度

	工作温度(℃)	极限工作温度(℃)
0Cr27Al7Mo2	1200-1300	1400
硅碳棒	1250-1400	1500

表2 不同温度的表面负荷率

材料	W _g (W/cm ²)						
	800℃	900℃	1000℃	1100℃	1200℃	1300℃	1400℃
0Cr27Al7Mo2	3.2	2.6	2	1.5	1	0.7	
硅碳棒			35	26	21	14	10

表3 耐火砖制品主要性能指标

材料名称	耐火度(℃)	荷重软化点(℃)	耐急冷急热性	耐压强度(kg/cm ²)	体积密度(g/cm ³)	导热系数 W/m·K
轻质耐火粘土砖制品	1610	1250	弱	400	0.4~1.3	0.92
重质耐火粘土砖制品	1670	1450	较强	25~45	2.1~2.75	1.55

表4 陶瓷纤维制品主要性能指标

指 标	成分	数值
体积密度, g/cm ³	毯, 0.126; 组块, 0.22; 板, 0.25	
耐火度(℃)		1760
荷重软化点(℃)		1600
纤维直径, μm		2~3.2 (平均)
纤维长度, mm		20~80
重收缩率, %		<1 (1500℃/25h)
比热, kJ/kg·K		1.24
导热系数, W/m·K	温度	数值
	1200℃	0.28
	1400℃	0.36

1250~1400℃是热效率利用最佳温度区域。

加热元件的表面负荷率是单位面积所分配的功率,每种加热体根据使用要求都有最佳的表面负荷。表面负荷率越高,加热体本身的温度越高,有利于加快传热速度,但是同时加热体寿命会大幅降低。表面负荷率过低,将加热效率会降低同时增加电热元件消耗量,无法满足设备快速升温需求。根据表2两种加热体的不同温度的表面负荷率可以看出,金属元件0Cr27Al7Mo2在1300℃时,表面负荷率只有0.7W/cm²,而硅碳棒在1350℃时,表面负荷率是10W/cm²。

0Cr27Al7Mo2需要布置的面积是硅碳棒的10÷0.7=14.3倍,选用硅碳棒可以减少占用空间,炉体更加紧凑。

综合上述,在新研制的高温专用钎焊设备中应选择硅碳棒作为加热元件,这样满足加热使用要求。

3.2 新型耐火材料的应用

3.2.1 耐火材料的选取

目前国内高温焊接设备广泛采用的是耐火粘土制品和陶瓷纤维制品。我厂现有钎焊炉炉衬基本为耐火砖制品,这些耐火材料使用温度较低,整体成型困难,这样就不避免的存在一些如耐压强度低、荷重软化点低、抗化学腐蚀性较差等缺陷,长时间使用会出现大面积断裂、坍塌,部分衬体砖高温下与加热器粘接在一起,无法满足正常生产使用。耐火砖制品主要性能指标如表3所示。

陶瓷纤维制品是国内近几年研制出来的一种由高纯度的硅酸铝纤维加入少量结合剂,用高温真空成型法制成的新型节能材料,可长期使用温度在1600℃左右,高温下线收缩系数较大(1000℃时2%,1300℃时接近4%),属于不定形耐火隔热材料,主要制品有陶瓷纤维组块、陶瓷纤维板、陶瓷纤维毯。陶瓷纤维制品由于其体积小、导热系数低、重量轻、良好的隔热性能、可分块固定、更换等优点被广泛使用,逐渐取代了普通耐火粘土制品,主要性能指标见表4。

从上表3和表4可以看出,陶瓷纤维制品与耐火粘土制品相比,导热系数低,能更快速的升温,更加节能;使用温度高,炉衬使用寿命增加;体积小、减小了炉衬占用空间,并且产品形状上陶瓷纤维制品有毯、板、组块,可根据钎焊炉的要求进行组合安装,更换时只需将损坏处拆除,不需整体重做,降低了设备成本。

根据以上分析比较,炉衬耐火材料选择陶瓷纤维制品。

3.2.2 隔热耐火层的结构设计

根据钎焊炉长期工作在1250℃的状况,如图1所示设计中钎焊炉三侧的耐火面和炉底的耐火层材料使用1400℃ γ=2.1的致密砖和γ=0.8的轻质高铝砖,保证内表面砌后平整。隔热保温层选用不同温度梯度的陶瓷纤维板、纤维毯组合成的全纤维结构,炉顶则采用1400℃陶瓷纤维组块。其密度低、导热系数小的性能可以大大减轻衬体重量、缩短升温、降温时间,同时具有良好的机械强度和抗气流冲刷性能,能满足工作过程中热态进、出炉要求。

根据《热处理设备及设计》手册,一般加热设备外表面冷面温度一般不高于室温以上60℃。按室温为25℃,冷面温度不应高于85℃,计算结果中冷面温度最高为炉底79℃,满足设计要求。

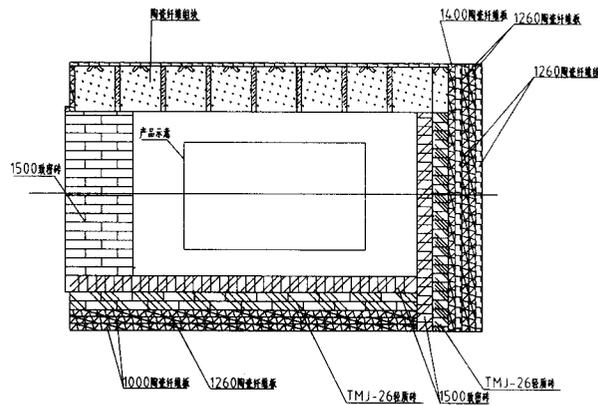


图1 炉衬示意图



浅析煤矿开挖巷道锚杆支护参数的合理选择

姚 泉

(淮北矿业集团工程建设公司 安徽 淮北 235000)

【摘 要】对于开挖巷道的支护,我们可以根据岩体力学和锚杆支护原理,按照围岩松动圈理论和锚杆支护机理,结合围岩松动圈的分类与测定,针对不同围岩稳定条件,合理选择锚杆的支护参数。通过此思路选择锚杆支护参数,能实现既安全,又经济的支护效果。

【关键词】开挖巷道;锚杆支护;围岩松动圈;性质;参数选择

中图分类号:U455.7+1

文献标识码:A

文章编号:1009-914X(2013)33-0403-01

1 引言

近几年来,锚杆支护已是煤矿巷道主要的支护方式。要保障锚杆支护的安全和经济性,在选择锚杆支护时,关键问题就是如何正确的选择锚杆支护参数,以实现既经济合理,又能较好的达到支护效果的目的。在此,引入围岩松动圈和锚杆支护机理为基础理论,论述锚杆支护的参数选择问题。

2 围岩松动圈理论和锚杆支护机理

1)围岩松动圈理论。对于地下岩体来说,在开挖之前是处于原始应力平衡的状态,当开挖后这种平衡状态遭到破坏,由原来的单向应力状态变为双向应力状态,并在巷道周围产生了应力集中。而巷道的周边变为单向应力状态,此时径向应力 σ_r 下降为零,切向应力 σ_t 则集中。当围岩集中应力 σ_t 小于岩体强度时,围岩处于弹性变形状态,当围岩集中应力 σ_t 大于岩体强度时,则围岩就会产生破裂松动,并由巷道周边开始向深部发展,这种破裂松动深入围岩深部的距离则称为围岩松动圈的厚度,这个破裂区也就常称为围岩松动圈。

2)锚杆支护机理。对于这类的开挖岩体,在现有的支护条件下,若试图采用支护手段来阻止围岩的松动破坏则是不可能的,而支护的作用只是限制围岩松动圈形成过程中破碎力所造成的有害变形。所以,采用锚杆支护,若要达到较好的支护效果,那么其锚杆的布置和参数就必须考虑松动圈内岩体的变形及破坏情况。锚杆支护的主要作用,也就是通过巷道周边的数根锚杆,使岩体互相挤压,从而形成一个接近原岩强度的组合承载结构,既锚固围岩的表层,防止冒落,又能利用岩体本身强度来实现稳定的支护效果。显然,锚杆支护参数的选择,必须适应围岩松动圈岩体的特性。确定松动圈的性质,才能以此为依据,正确、合理选择锚杆支护的基本参数。

3 围岩松动圈的分类与测定

根据上述围岩松动圈支护理论的分析可知,各个煤矿可根据具体实测资料来进行围岩的详细分类。通常情况下,将围岩分成三类,即稳定围岩(松动圈 $LP \leq 40\text{cm}$)、中等稳定围岩($40\text{cm} < LP \leq 150\text{cm}$)和不稳定围岩($LP > 150\text{cm}$)。

在被开挖巷道中,围岩松动圈是由围岩应力和围岩强度所决定的,由于各个煤矿的地质条件不同,而围岩松动圈的参数也不尽相同。因此,确定围岩松动圈的最好办法就是通过现场来实测。可采用围岩裂隙探测仪,并根据声波波速和振幅,做出巷道围岩岩体声速振幅变化曲线,这样就可以很容易地确定松动圈的范围。对于采准巷道来说,其测站可以间隔50m以上设置,而每个测站要设几条测线,每个测线布置6~8个测孔。顶板测孔要垂直顶板的层理方向,其它测孔可以沿煤层倾斜方向来布置。测孔长度按煤层柱状图来确定,一般为2~3m。钻孔钻好后要用水将孔冲洗干净,并将探头插入钻孔内,并注水封闭后即可进行测试。其测试的实例布置,见图1、图2所示。

4 锚杆支护参数的合理选择

根据三种围岩的稳定类型和性质,分别可对不同情况下的锚杆参数选择与确定。

4.1 稳定围岩条件下的锚杆参数选择

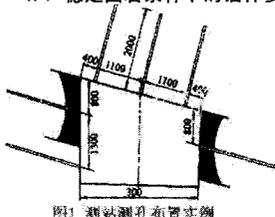


图1 测站测孔布置实例

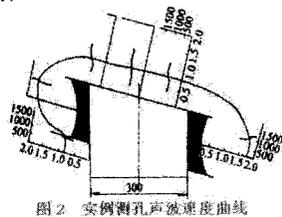


图2 实例测孔声波速度曲线

4 结论

4.1 作为高温钎焊设备核心部分的加热元件,选择康泰尔U型硅碳棒,不但满足工艺高温钎焊要求,而且提高了设备最高工作温度。

4.2 在研制中炉衬选取新型节能耐火材料,并根据炉面不同温度位置而采用不同温度梯度组合结构,既能实现工作区域较好的温度均匀性和保温性,又能够节约能源、方便维护。

4.3 实践证明,高温钎焊设备的设计思想是完全正确的,各项技术指标完全满足要求,使用效果良好,为以后其它高温钎焊设备的设计、制作提供了很好

的应用基础。

4.2 中等稳定围岩条件下的锚杆参数选择

根据理论分析和实践表明,在中等稳定围岩条件下,围岩碎胀变形也比较明显,而围岩的收敛变形将使巷道岩体表层产生裂缝或破坏,所以必须用锚杆来控制其变形。锚杆锚固端为松动圈以外的岩体时,锚固端则位于塑性区,因此可采用悬吊理论来确定其锚杆的参数。这时,锚杆起到拉伸、挤压、加固的作用,从而使松动圈内岩体保持较为稳定的状态。

1)锚杆的长度确定方法。根据如下公式进行:

$$L = L_p + L_1 + L_2$$

式中:L——锚杆长度,m;

L_p ——围岩松动圈厚度,m;

L_1 ——锚杆锚入松动圈以外稳定围岩的深度,这里可取值0.2~0.3m;

L_2 ——锚杆在巷道中外露长度,m。

2)锚杆间排距的确定。当选取锚杆间排距相等时,则锚杆锚固力应满足以下条件:

$$Q_{\min} \geq L_p \cdot D_p \cdot \gamma$$

$$D \leq [Q_{\min} / (L_p \cdot \gamma)]^{1/2}$$

式中:D——锚杆的间排距,m;

Q_{\min} ——锚杆的最小锚固力,kN;

γ ——围岩的重力密度值,kN/m³。

3)锚杆的直径确定。这里可以按照每根锚杆悬吊的岩石重量来计算锚杆的直径,其公式如下:

$$D^2 \cdot L_p \cdot \gamma \leq \pi d^2 [\sigma] / 4$$

$$d \geq 2D [(L_p \cdot \gamma) / (\pi [\sigma])]^{1/2}$$

式中:d——锚杆的直径,mm;

$[\sigma]$ ——锚杆体的许用应力,N/mm²。

4.3 不稳定围岩条件下的锚杆参数选择

在支护的巷道,当岩石松动圈大于1.5m时,其巷道的围岩收敛变形比较大,此时支护时除了要有一定的支护强度外,还应具备一定的可缩性。通过现场的实践表明,此时可采用锚喷网的支护结构。而锚杆参数选择原理则与上述相同,但如松动圈厚度较大时,其锚杆过长也不易安装,且承受较大的拉力,锚固效果也可能不好。这时,在层状岩层结构下,要选择较坚硬的岩层作为锚杆的锚固点,并在巷道表面布置金属网来进行喷层处理,这样才能获得较为理想的支护效果,也就是说要根据具体条件而定。

5 结束语

开挖巷道的支护,为了获得较好的安全、经济支护效果,必须根据围岩松动圈理论进行测试、分析,弄清分类,然后针对不同环境条件下支护合理选择锚杆参数与支护方式。根据具体条件确定、调节支护方式。

参考文献

- [1] 岳翰,贾悦谦,严志才.井巷锚杆及锚喷支护技术[M].太原:山西出版社,1982.
- [2] 陈炎光,陆士良.中国煤矿巷道围岩控制[M].徐州:中国矿业大学出版社,1994.
- [3] 董方庭,宋宏伟,郭志宏.巷道围岩松动圈支护理论[J].煤炭学报,1994,19(1):21-32.

参考文献

- [1] 王海舟.《耐火材料分析》.科学出版社,2005.9
- [2] 粟祐.《真空钎焊》.国防工业出版社,1984:91-96
- [3] 《航空工艺装备设计手册》编写组.《航空工艺装备设计手册》.国防工业出版社,2007.5.
- [4] 中国机械工程学会热处理专业分会.《热处理手册》.机械工业出版社,2001.4.