

火焰筒耐热搪瓷漆熔烧工艺实验研究

董 斌¹, 张永泉²

(1. 哈尔滨·第七 三研究所, 黑龙江 哈尔滨 150036; 2. 430 厂军代表室, 陕西 西安 710021)

摘 要: 某燃气轮机火焰筒内外表面均涂有进口耐热搪瓷漆, 为尽快掌握该耐热搪瓷漆熔烧工艺, 按照火焰筒涂层的熔烧工艺在试片上对熔烧工艺的主要工序环节进行对比试验, 得出以下结论, 喷砂砂粒大小及涂料粘稠度的变化对熔烧质量影响较小, 熔烧温度和熔烧时间对熔烧质量影响较大, 在较高的规定炉温下将零件置入熔烧炉, 在较短的规定时间内取出零件, 可以获得令人满意的表面质量和使用性能。

关 键 词: 燃气轮机; 火焰筒; 耐热搪瓷; 熔烧

中图分类号: TK476

文献标识码: A

1 前 言

现代燃气轮机火焰筒表面通常涂覆高温搪瓷涂层以改善其使用性能。高温涂层在火焰筒表面, 经高温熔烧后在火焰筒表面形成一层致密的耐高温涂层。抗氧化性是高温搪瓷的主性能, 在使用温度下, 玻璃质涂层处于高粘性状态, 阻止氧化性的燃气向金属表面扩散, 从而起到阻止金属氧化和减少金属表层合金元素贫化的作用。由于涂层在高温高速高腐蚀性气流中工作, 涂层应同时具备耐热蚀性和耐磨蚀性, 耐热振性也很重要。涂层也有改善火焰筒应力状态和应力分布, 缓解热振的效果^[1-2]。

某引进燃气轮机火焰筒的国产化后基体材料选用高温合金 GH3044, 与外方材料的诸项理化性能指标相仿, 高温搪瓷由外方提供, 用于防护在 950 ~ 1 000 °C 高温下的燃烧室火焰筒, 熔烧工艺亦由外方提供, 必要的工艺试验将为火焰筒的工艺过程奠定基础, 考虑到火焰筒允许熔烧的次数有限, 不宜直接用火焰筒做试验, 因此试验时选用试片。

2 试 验

火焰筒熔烧工艺流程如图 1 所示。

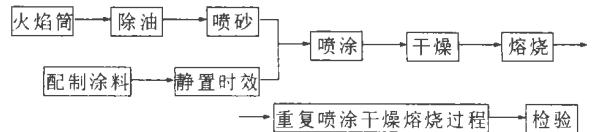


图 1 火焰筒高温搪瓷熔烧流程图

表 1 搪瓷的主要成分

	百分比含量/ %
玻璃料	95
三氧化二铬	5

按外方工艺资料配制的搪瓷粘稠度为 13 ~ 15 s (等同于 GB/T1723-93, 喷嘴直径为 4 mm, 容积 100 ml 的测量方法), 静置时效若干规定时间。火焰筒喷砂后必须在规定时间内喷涂搪瓷, 随后, 在室温下干燥 30 min, 然后放入炉温 100 ~ 120 °C 炉中烘烤 1 h。火焰筒的熔烧温度为 1 200 ~ 1 220 °C, 熔烧时间为 2 ~ 7 min (决定于零件的外形尺寸), 同时规定熔烧温度不得低于 1 150 °C。

2.1 试验试样

试样采用与火焰筒材料相同的高温合金试片。

2.2 试验设备

PY-43 型熔烧炉, 功率 60 kW, 炉内空间是 1 200 × 800 × 600, 内置砂碳棒 20 个。

2.3 实验方法及结果分析

从积累经验的角度出发, 在一些工艺环节进行了对比试验。一般地, 除油、静置时效、喷涂和干燥等工序按规范操作即可, 现对喷砂砂粒的大小、搪瓷粘稠度、熔烧温度和熔烧时间等参数的选择对熔烧结果的影响予以比较。

收稿日期: 2001-10-18

作者简介: 董 斌 (1972-), 男, 黑龙江建三江人, 哈尔滨·第七 三研究所工程师。

2.3.1 喷砂

喷砂的目的是清理火焰筒表面的氧化皮、锈蚀、积碳、焊渣、旧漆和磨痕, 从而降低火焰筒表面的粗糙度, 增加覆盖层与基体的结合强度^[1~2]。

分别采用 80~100 目的粗砂粒及 180~240 目的细砂粒对两组试片进行喷砂, 然后经喷涂粘稠度为 15~17 s 搪瓷、干燥工序, 在炉温 1 150 °C 时将试片置入熔烧炉。

熔烧制度: 升温至开炉门放零件前的温度, 保温 5 min, 出炉空冷。

冷却后结果显示, 两组试片的表面状态基本一致。

喷砂的效果可以影响最终熔烧结果, 但是喷砂的效果与磨料的粒度、风压、喷嘴与被喷面的距离、角度等诸多因素有关, 单纯的砂粒粗细的合理变化对最终的结果影响甚微。

此外, 有关经验表明, 用氧化铝砂处理的 GH3044 工件与用石英砂处理的 GH3044 工件相比, 在其它条件如搪瓷粘稠度和熔烧时间一致的情况下, 熔烧时涂层能够承受更高的熔烧温度。

2.3.2 粘稠度

分别配制粘稠度为 13~15 s 及 15~17 s 的两杯搪瓷料, 对经同一种砂粒喷砂处理的两组试片进行喷涂、干燥工序, 在炉温 1 150 °C 时将试片置入熔烧炉。

熔烧制度同 2.3.1。

冷却后结果显示, 两组试片的表面状态基本一致。

粘稠度是搪瓷料中蒸馏水含量多少的表象, 蒸馏水的功能是使搪瓷料通过喷枪喷射到零件上并附着在其上。在干燥工序, 水分将完全散失掉。因此, 在涂层均匀且厚度满足要求时, 粘稠度对熔烧结果几乎没有影响。

2.3.3 熔烧温度

用粘稠度为 15~17 s 搪瓷料喷涂经同一种砂粒喷砂处理的 4 组试片, 熔烧制度规定的温度分别为 1 050、1 120、1 170 和 1 200 °C。

熔烧制度同 2.3.1。

试片冷却后结果如表 2 所示。

一般认为温度越高, 熔融状态越好, 但是温度过高会使金属氧化物发生过烧现象, 引起耐热层的颜色变化。

表 2

熔烧温度/°C	熔烧后试片表面状况
1 050	颜色浅绿, 光泽暗淡, 玻璃料未熔透
1 120	颜色浅绿, 有光泽但不够亮, 玻璃料熔透, 表面均匀性不好
1 170	颜色深绿, 有黑斑, 有光泽更亮, 玻璃料熔透, 表面均匀性一般
1 200	颜色黑绿, 光泽暗, 玻璃料熔透, 冷却后有崩瓷现象

2.3.4 熔烧时间

用粘稠度为 15~17 s 搪瓷料喷涂经同一种砂粒喷砂处理的 2 组试片。其中一组试片在炉温为 1 150 °C 时开炉门放零件, 另一组试片在炉温为 1 170 °C 时开炉门放零件。

熔烧制度: 从将零件放入炉内即开始计时, 熔烧 5 min, 出炉空冷。

试片冷却后结果如表 3 所示。

表 3

开炉门温度/°C	熔烧后试片表面状况
1 150	颜色绿, 有光泽明亮, 玻璃料熔透, 表面均匀性好
1 170	颜色深绿, 有光泽明亮, 玻璃料熔透, 表面均匀性更好, 比按 2.3.1 的熔烧制度得到的结果要好

按我国现行的一般熔烧制度, 零件升温至预定温度后保温若干时间, 通常工件入熔烧炉后的起始熔烧温度比开炉门时的规定温度低约 50 °C, 再升温至规定温度所需时间大约为 5~10 min (随零件大小的不同而异), 保温时间约为 5 min, 实际上熔烧时间将达到 10~15 min, 这样, 当规定较低熔烧温度时, 玻璃料不易烧透, 零件表面质量不能令人满意; 当规定较高的熔烧温度时, 搪瓷料中的氧化物就会出现过烧现象。

2.4 热振性能检测

为了检验耐热涂层的热振性能, 试片按下述方式进行实验: 将涂层熔烧好的零件加热至 1 000 °C, 水淬 8 次; 将零件加热至 1 000 °C, 风冷 50 次, 零件表面涂层状况良好^[1]。

3 结论

(1) 喷砂砂粒大小、涂料粘稠度的变化对熔烧结果的影响较小, 主导因素是熔烧温度和熔烧时间, 适当的较高温度可以使涂层熔融态更好。

(2) 为了获取较好的表面质量, 应以规定较高

的温度将零件装入熔烧炉, 开始计时, 并在较短的时间内取出零件, 这样, 较高的温度使搪瓷料充分熔融, 较短的时间可以避免搪瓷料中的氧化物出现过烧现象。

(3) 外方工艺中的 $1\ 200 \sim 1\ 220\ ^\circ\text{C}$, 应理解为零件装入前开炉门时炉内温度必须达到的要求, 而规定熔烧温度不得低于 $1\ 150\ ^\circ\text{C}$, 则是零件装入熔烧炉后的起始最低温度。熔烧时间则以零件入炉开始计算时间, 这与我国一般的熔烧制度有差别, 值得借

鉴。按照此思路试烧了一个火焰筒头部, 效果令人满意。

参考文献:

- [1] 航空制造工程手册总编委会. 航空制造工程手册—表面处理 [M]. 北京: 航空工业出版社, 1993
- [2] 机械工程手册电机工程手册编辑委员会. 机械工程手册—机械制造工艺及设备卷(一)[M]. 北京: 机械工业出版社, 1996

(辉 编辑)

燃机运行

整体的燃料气体精整系统

据《Diesel & Gas turbine worldwide》2001 年 10 月号报道, 美国密苏里州特罗伊市的 Watlow Process Systems 公司最近推出整体的燃料气体精整系统, 可以为燃气轮机提供很高质量的燃料气体。该系统使用过滤和过热技术来充分精整用于燃气轮机的燃料气体。

通过把燃料精整系统的各个部分(过滤和加热部件)结合进一个模块化和单一的橇装系统, 电力生产者可在性能、安装速度、更可靠的动力源方面得到许多附加的效益, 从而加快了他们投资的回收。

用于简单循环装置时, 该精整系统包括:

燃料气洗涤器: 该系统的第一级, 用作为粗滤系统;

聚结过滤器: 用于进一步减少燃料气中的粒子、夹带的液体和湿气;

电过热器: 用来保证在燃料气进入燃烧室前, 除去所有夹带的液体和悬浮微粒;

最终过滤器: 用来最终除去经粗滤后进入燃料气的任何固体粒子。

用于联合循环装置时, 该精整系统包括:

燃料气洗涤器: 作用如同简单循环装置的那样;

性能加热器: 通常使用余热锅炉的给水来加热燃料气;

起动过热器: 起动电加热器用来保证起动时进入燃气轮机的燃料是经适当过热的;

分离过滤器: 系统的最终级, 用来清除任何残留的液体和固体。

(思娟 供稿)

grinding capacity for these coals has been identified by an analysis the authors point out the practical service limitations of the raw coal grindability index measured in a laboratory. In addition, investigated are the coal quality factors to be considered during the revision of these grindability indexes. The relevant findings can serve as reference data during a more in-depth study by design and operation management personnel of coal pulverizers. **Key words:** grindability index, maximum grinding capacity, test, revision

链式能量系统热经济孤立化的新方法与其收敛性证明 = **Thermo-economic Isolation of Chain Type Energy Systems and Its Convergence Proof** [刊, 汉] / LI Shi-wu, SU Mo-ming (Department of Aeronautical Power and Thermal Engineering, Northwestern Polytechnical University, Xi'an, China, Post Code: 710072) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2002, 17(5). — 465 ~ 468

Based on the ideology of thermo-economic isolation the author has proposed a new method for the optimized thermo-economic isolation of a chain type energy system and provided a proof for the convergence of the method. The effectiveness of the method has been verified for a nonlinear chain type energy system. This enables the thermo-economic isolation acquire a practical usage value for a decision-making during the design and optimized operation of chain type energy systems, providing a solid basis for the application of the thermo-economic isolation in thermal energy and power engineering systems as well as in other energy systems. **Key words:** energy system, chain type system, thermo-economic isolation

湿法烟气脱硫系统中的低温腐蚀及烟气再热问题 = **Low-temperature Corrosion and Flue-gas Reheat Problems in a Wet-method Flue Gas Desulfurization System** [刊, 汉] / WANG Hong-tao, WU Shao-hua, SAI Jun-cong, et al (Thermal Energy Engineering Department, Harbin Institute of Technology, Harbin, China, Post Code: 150001) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2002, 17(5). — 469 ~ 471

Described are the low-temperature corrosion problems quite prevalent in the flue-gas desulfurization system of a coal-fired power plant. In conjunction with specific cases a brief analysis is performed of some types of flue gas reheat system and their ensuing secondary corrosion problems. **Key words:** wet-method flue gas desulfurization, flue gas reheat, low-temperature corrosion

火焰筒耐热搪瓷漆熔烧工艺实验研究 = **Experimental Research of a Fusing Technique Involving the Coating of Heat-resistant Ceramic Lacquer on a Gas Turbine Flame Tube** [刊, 汉] / DONG Bin, ZHANG Yong-quan (Harbin No. 703 Research Institute, Harbin, China, Post Code: 150036) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2002, 17(5). — 472 ~ 474

The inner and external surfaces of a gas turbine flame tube have been coated with a foreign-made heat-resistant ceramic lacquer. With a view to mastering in the shortest possible time the fusing technique of heat-resistant ceramic lacquer, contrast tests were conducted on test pieces with regard to the main procedures of fusing technique by applying that technique for the coating of the flame tube. These tests have brought forth the following conclusions. The size of spray sand particles and the change in the viscosity of the coating material have a relatively small influence on the fusing quality while the fusing temperature and time duration exert a fairly large influence on that quality. By putting parts into the fusing furnace at a relatively high stipulated furnace temperature and taking them out after a relatively short time it is possible to obtain a satisfactory coated surface quality and service performance. **Key words:** gas turbine, flame tube, ceramic lacquer, fusing

电场和螺旋线圈复合强化管内强制对流的实验 = **An Experiment on Forced Convection in a Combined-intensi-**