

船用汽轮机末级叶片抗蚀技术试验研究

李殿玺, 樊 轶, 罗春新, 林志鸿

(哈尔滨·第七 三研究所, 黑龙江 哈尔滨 150036)

摘 要: 通过 4 种抗蚀方法的热态冲蚀试验, 获得了一种符合船用汽轮机末级叶片特殊要求的极具前景的表面抗蚀方法, 为进一步工程化研究奠定了基础。

关 键 词: 船用汽轮机; 叶片抗蚀; 激光相变淬火

中图分类号: TK263.3 文献标识码: A

1 前 言

船用凝汽式汽轮机的末级叶片工作在高湿度的湿蒸汽中, 长期承受水滴的高速冲蚀, 极易受损造成船舶主动力的破坏, 迫切需要采取保护措施提高叶片的抗蚀能力, 而船用汽轮机的叶片短小、转速高, 安全可靠要求高, 这就使得传统电站汽轮机的抗蚀方法在船用汽轮机上的应用受到了限制, 往往由于实施困难或安全可靠性的考虑而放弃采用。鉴于此, 开发适合于船用汽轮机的叶片抗蚀技术非常必要。

因此, 我们在冷态试验筛选工作的基础上, 进行了热态试验研究, 找到了抗蚀能力强, 有望在实际中得到应用的抗蚀方法, 为进一步的工程化研究奠定了基础。

2 试验系统

试验系统由主蒸汽系统、加湿系统、测湿系统、冲蚀试验装置、蒸汽冷凝系统及测试系统组成。该系统的主要作用是用一定湿度的高速湿蒸汽去冲蚀装置内的试验叶片, 测量叶片的离在线失重, 评价叶片的抗蚀能力。

主蒸汽系统的作用是提供一定流量的具有一定压力和温度的蒸汽给冲蚀试验装置。它由锅炉、分汽缸、调节阀、疏水器、滤汽器、孔板流量计及其管路组成。

加湿系统的作用是向主蒸汽管路提供具有相同温度的雾化高压水。它由加湿喷嘴、止回阀、电加热装置、加湿泵及回路、流量计、水滤器及软化水箱等

组成。

测湿系统的作用是测量主蒸汽管路中的蒸汽湿度。测湿系统由针形调节阀、金属软管、量热桶、凝汽管、电子称、温度计等组成。

冲蚀试验装置是直接进行试验的工作段, 其作用是将主蒸汽在其内的拉伐尔喷管内膨胀加速, 高速冲蚀试验叶片, 而后排入蒸汽冷凝系统。其内部结构是一腔室, 由拉伐尔喷管室、叶片安装室及排汽槽道三部分组成(见图 1)。

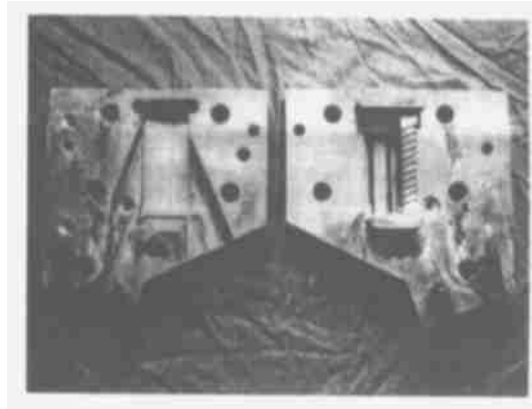


图 1

蒸汽冷凝系统的作用是接收工作段排出的湿蒸汽并将其冷凝, 在工作段后形成

一定的真空度。蒸汽冷凝系统由冷凝器、引射器、冷却水泵、止回阀和凝水泵组成。

测试系统用于试验过程中的各种测试。测试分为参数控制测试及评价性测试。参数控制测试是将试验参数控制在指定值, 如锅炉出口处的压力表、加湿装置后的精密压力表、冲蚀试验装置后的真空压力表、测湿装置、流量测量装置; 评价性测试是为评价抗蚀或耐腐蚀能力所进行的测试, 如冲蚀及腐蚀试验后测量失重的分析天平, 同位素活化区的在线冲蚀量测量装置。

3 试验结果及分析

3.1 抗蚀能力的比较

为评价新型抗蚀方法的抗蚀能力,我们在热态冲蚀试验台上进行了冲蚀试验,试验分两轮进行,时间各为 53 h,试验结果列于表 1 和图 2。

表 1 热态冲蚀试验后试样冲蚀量平均值

表面处理工艺	试样编号	试样失重/g	活化区冲蚀损失深度/ μm	试样平均失重/g	活化区平均冲蚀损失深度/ μm	
司太立合金	1 轮	12	0.001 8	8.2	0.002 2	9.37
		13	0.002 0	8.7		
	2 轮	11	0.002 7	10.33		
		14	0.002 4	8.4		
激光相变淬火	1 轮	21	0.001 1	4.2	0.001 1	4.30
		23	0.001 3	5.1		
	2 轮	24	0.001 0	3.6		
		25	0.001 3	5.1		
电火花强化	1 轮	31	0.005 4	/	0.004 0	/
		32	0.002 6	/		
激光熔覆镍基合金	1 轮	41	0.003 1	10.0	0.003 1	10.0

从表 1 可以看出,经过热态冲蚀试验后,重量损失关系为 $\Delta G_{\text{激光相变淬火}} < \Delta G_{\text{司太立合金}} < \Delta G_{\text{激光熔覆镍基合金}} < \Delta G_{\text{电火花强化}}$,即激光相变淬火强化试样的冲蚀平均重量损失最小,司太立合金试样的冲蚀平均重量损失次之,电火花强化试样的冲蚀平均重量损失最大。其结果与采用同位素活化区测得的冲蚀平均损失深度结果是一致的。

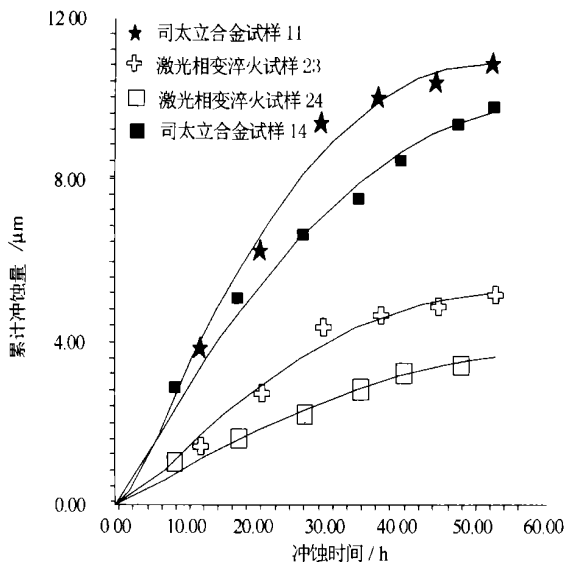


图 2 热态冲蚀试验同位素活化区冲蚀量在线测量结果

从表 1 可以看出,司太立合金试样与激光相变淬火强化试样在第一轮和第二轮热态冲蚀试验中数据比较接近,试验具有重复性。

从图 2 司太立合金试样与激光相变淬火强化试样同位素活化区在线测得的累计冲蚀损失深度随时

间变化曲线可看出,两种试样在 53 h 试验过程中均经历了孕育期和最大冲蚀率期,开始逐步进入稳定冲蚀率期。

3.2 耐腐蚀性能的比较

汽轮机末级叶片在较高的湿蒸汽环境中工作,不但要有抗蚀性,而且还要有耐腐蚀性,因此抗蚀方法在进行冲蚀试验之后,又进行了均匀腐蚀的全浸试验,以评价其耐腐蚀性能,试验结果列于表 2。

表 2 实验室均匀腐蚀全浸试验后试样的重量损失

试样编号	表面处理工艺	试样原重/g	试样试验后重/g	试样失重/g	试验现象
15	司太立合金	32.757 0	32.752 5	0.005 0	腐蚀产物多
25	激光相变淬火	32.723 9	32.721 1	0.002 8	腐蚀产物少
33	电火花强化	32.719 2	32.714 8	0.004 4	腐蚀产物多
44	激光熔覆镍基合金	32.380 9	32.378 3	0.002 6	腐蚀产物少

从表 2 可以看出,激光相变淬火耐腐蚀性略逊于激光熔覆镍基合金,电火花强化次之,司太立合金最差。但司太立合金是电站汽轮机中常用的抗蚀材料,说明这几种抗蚀方法的耐腐蚀性都是可以接受的,尤其激光相变淬火,兼具最优的抗冲蚀能力、良好的耐腐蚀性,是一种很有前途的抗蚀方法。

4 结论

(1) 激光相变淬火的抗水蚀能力、耐腐蚀性优于传统的司太立合金,是一种极具有前景的表面处理抗蚀方法。

(2) 激光相变淬火适合于在船用汽轮机上应用。

(3) 激光相变淬火抗蚀技术还处于试验室阶段,需进一步进行工程化研究。

参考文献:

[1] 李诗卓. 材料的冲蚀磨损与微动磨损[M]. 北京: 机械工业出版社, 1987.
 [2] 杨光海. 汽轮机叶片的安全保护[M]. 北京: 机械工业出版社, 1992.
 [3] 王家金. 激光加工技术[M]. 北京: 中国计量出版社, 1992.
 [4] 闫毓禾. 高功率激光加工及应用[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 1994.
 [5] 李俊昌. 激光热处理优化控制研究[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1995.

(渠 源 编辑)

发展超临界循环流化床的讨论 = **A Discussion Concerning the Development of Supercritical Circulating Fluidized Beds** [刊, 汉] / XIN Jian, LU Jun-fu, YUE Guang-xi (Thermal Energy Engineering Department, Tsinghua University, Beijing, China, Post Code: 100084), YU Long (Harbin Boiler Works Co. Ltd., Harbin, China, Post Code: 150046) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2002, 17(5). — 439 ~ 441

Summed up are some issues demanding due attention at the working medium side during the design of a supercritical circulating fluidized bed. Also presented are the steam-water characteristics under a supercritical pressure and the specific features of a supercritical fluidized bed as well as the flow characteristics of the working media in water walls and the type selection of the latter. **Key words:** supercritical, circulating fluidized bed, water wall

大型汽轮机状态综合评价的理论与系统研究 = **Theoretical and Systematic Study of the Comprehensive Evaluation of the Operating State of a Large-sized Steam Turbine Unit** [刊, 汉] / LI Lu-ping, ZHANG Xiao-ling, WANG Chun-mei, et al (Changsha University of Electric Power, Changsha, China, Post Code: 410077) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2002, 17(5). — 442 ~ 444

The theory concerning the comprehensive evaluation of the operating state of a large-sized steam turbine unit is studied followed by the establishment of a mathematical model for that evaluation. On this basis a software system for the above evaluation has been developed. The main function of the software system consists in realizing a real-time comprehensive evaluation of the current operating condition of a steam turbine unit, thereby providing a basis for a decision-making concerning the condition maintenance/repair of the steam turbine unit. The above-mentioned software has also been employed for evaluating the operating state of a Chinese-made 300MW steam turbine unit. **Key words:** steam turbine unit, operating state evaluation, mathematical model, relative inferiority degree

船用汽轮机末级叶片抗蚀技术试验研究 = **Experimental Study of Erosion Resistance Techniques for the Last-stage Blades of a Marine Steam Turbine** [刊, 汉] / LI Dian-xi, FAN Yi, LUO Chun-xin, et al (Harbin No. 703 Research Institute, Harbin, China, Post Code: 150036) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2002, 17(5). — 445 ~ 446

Through hot-state erosion tests using four kinds of erosion resistance method a surface erosion-resistance technique with highly promising prospects has been identified, which conforms to the specific requirements of the last-stage blades of a marine steam turbine. This has laid a solid basis for the further engineering research of various erosion-resistance techniques. **Key words:** blade erosion resistance, laser quenching under phase transformation conditions

循环灰为热载体的移动床煤热解室数学模型 = **Mathematical Model of a Moving-bed Coal Pyrolysis Chamber with Cycling ash Serving as a Heat Carrier** [刊, 汉] / LIU Qing-hui, LU Zi-an, LI Ding-kai (Thermal Energy Engineering Department, Tsinghua University, Beijing, China, Post Code: 100084) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2002, 17(5). — 447 ~ 450

A moving-bed coal pyrolysis chamber with cycling ash serving as a heat carrier represents a key equipment item in a coal gas - steam cogeneration system. On the basis of the following factors set up is an integrated mathematical model for a moving-bed coal pyrolysis chamber. The factors include: a sub-model based on coal drying and pyrolysis, the theory of flow and heat transfer in non-sintered porous media as well as the theory of contact heat conduction between solids and the criteria of "restricted particle diameter". With the help of the above-cited model a simulation calculation was conducted of the pyrolysis process of Longkou lignite and satisfactory results were obtained. **Key words:** coal, pyrolysis, moving bed, mathematical model