

■ 山东滨州渤海活塞股份有限公司/王 剑 刘志国 高永春

活塞材料的分析测试

由于活塞工作环境的特殊性,活塞材料必须具有较好的抗高温强度、抗高温蠕变性、低的线膨胀系数和较好的尺寸稳定性,及耐磨、耐热和耐蚀等特点,其分析检测技术也具有独特的一套系统。

热分析及铝液熔炼检测技术

热分析是利用材料的热学原理,对其物理性能或成分进行分析测试的技术。原则上凡是加热(或冷却)过程中有吸、放热反应的物质都可用热分析仪进行研究。

1.成分检测

企业大规模生产对于材料成分检测要求方便、快捷、准确及便于操作,直读光电光谱仪是根据生产需求开发出来的设备,一次成分分析仅需30s,普通员工经简单培训即可操作使用,测量误差5%左右。如要更精确的测量或是检测特殊元素的含量需要使用X射线衍射分析。

2.恒温结晶过程分析

利用热分析仪测量的DSC(示差扫描量热法)曲线,可研究材料的恒温结晶过程。峰面积与结晶热有关,面积大,结晶热量大,面积小,结晶热量小。此外,峰面积还与结晶度有关,峰面积愈大,材料的结晶度愈大。我公司引进了热分析仪,用来检测铝液变质细化效果,可直接读出变质细化效果数值。

3.铝液熔炼检测技术

铝液在熔炼过程中容易吸气,且需要清除炉渣等杂质。铝液吸气后在凝固过程中析出,形成针孔、气孔等铸造缺陷。铝液中含有炉渣,浇注过程不能及

时浮出,会形成夹渣铸造缺陷,影响铸件的外观质量和使用寿命,对于活塞等精密零件是不允许的,因此在熔炼过程检测并消除铝液中渣气是必要的。我公司现有密度当量仪,可直观检测铝液精炼后含渣含气量,保证铝液质量。

金相显微镜及扫描电子显微镜分析技术

金相显微镜及扫描电子显微镜(SEM)无论是研发新材料还是生产过程中材料分析都是不可缺少的,SEM尤为重要。SEM具有样品制备简便,放大倍率连续调节范围大(7~100 000倍),景深大,分辨率高等特点,是进行表面分析研究的有效工具,尤其适于较粗糙表面,如金属断口和显微组织三维形态的观察研究。

1.金相显微镜分析技术

对于活塞材料来说,金相检测主要判定共晶铝硅、共晶硅、初晶硅、铁相的大小和形貌,观测合金相的多少和分布情况。机械行业标准JB/T 6289专门规定了活塞组织的检验方法和等级判定标准。另外,现已发明了立体式金相显微镜,可观察材料的立体显微组织。

2.SEM分析

利用SEM分析多相结构材料,如共晶材料和复合材料进行显微组织观察时,可深腐蚀试样,利用扫描电镜景深大的特点,可清晰地显示组成相的三维立体形态。

(1) 电子探针分析方法和应用 SEM配置能谱

仪,使SEM具备了电子探针分析能力,其主要分析功能有以下三种:一是对样品表面选定微区作定点的全谱扫描定性或半定量分析,以及对其中所含元素的浓度的定量分析;二是电子束沿样品表面选定的直线轨迹所含元素浓度的线扫描分析;三是电子束在样品表面作面扫描,以特定元素的X射线讯号调制阴极射线管荧光亮度,给出该元素浓度分布的扫描图像。图1为我公司扫描电镜拍摄的纤维预制件微观形貌。

(2) 活塞失效件疲劳裂纹和断口分析 活塞长期在高温、高压、腐蚀、磨损的条件下承受高速交变载荷,常出现疲劳裂纹而后失稳发生断裂,分析找出失效的原因并制定相应的预防措施,以确保安全生产具有重要意义,扫描电镜成为不可或缺的工具。图2为某型号活塞燃烧室喉口热疲劳裂纹SEM照片。



图1 SEM拍摄的陶瓷纤维预制件微观形貌



图2 活塞燃烧室喉口热疲劳裂纹SEM照片

断口形貌与金属材料的性质和使用条件有着密切的关系。扫描电镜景深大,放大倍数大而连续,可先对断口进行低倍(如10倍左右)大视野观察,在此基础上选择某些感兴趣的区域(如裂纹源等)进行高倍分析,有效地把断口宏观分析和微观分析结合起来。同时还可利用电子探针通过X射线能谱或波谱测定微区的成分,从而显示断口形貌的细节特征,揭示断裂机理,判定断裂性质,分析、找出破坏原因。

力学性能及热物理性能测试技术

活塞材料的力学性能测试主要包括拉伸性能、硬度以及疲劳性能。拉伸性能、硬度是我公司常规检测项目,疲劳性能最能反映材料的特性,是目前我公司测试的重点,但是由于疲劳试验机昂贵,疲劳性能测试较为繁琐,在国内企业界并没有普及。

活塞材料的热物理性能主要测试热导率、线膨胀系数及活塞的体积稳定性,其中,线膨胀系数和活塞的体积稳定性是活塞最重要的两项指标,直接影响活塞的配缸间隙,需要准确系统测量。

1.疲劳性能测试

材料由于承受变动载荷而导致裂纹萌生和扩展以致断裂失效的全过程称之为疲劳。统计分析显示,在机械失效总数中,疲劳失效约占80%以上。活塞在高速变动载荷下工作,大多失效件是因疲劳失效,因此研究测试活塞材料的疲劳性能从而寻求改善其疲劳抗力的途径是非常重要的。

2.高周疲劳性能测试

高周疲劳一般指材料发生疲劳断裂时循环次数 $\geq 10^5$ 周次的疲劳过程,高周疲劳所施加的交变应力水平都处于弹性变形范围内。我公司采用的是轴向拉压疲劳试验方法,主要测试正弦循环应力控制下的S-N曲线和 10^7 周次疲劳极限。所用试验机位移、负载控制精确,但是最高频率偏低,对于测试 10^7 周次疲劳极限效率较低,下一步准备购买电磁共振高频试验机用于测试 10^7 周次疲劳极限。

3.低周疲劳性能测试

低周疲劳一般是指控制总应变范围中包含塑性应变范围的疲劳,循环周次 $<10^5$ 。我公司主要测试循环一应变曲线和应变-寿命曲线,疲劳试验机配备有高精度引伸计,能够直接记录测试过程的弹性应变、塑性应变等数值,非常适合测试低周疲劳性能。

4.热物理性能测试

我公司主要测试材料的线膨胀系数和活塞的体积稳定性。线膨胀系数测试对环境要求较高,测试过程环境温度始终保持室温,波动不能太大,且不能有较大的振动。

活塞的体积稳定性是指加热前后活塞直径的变化量,测量前后直径均需要在恒定室温下进行。

结语

上述活塞材料的分析测试技术除疲劳性能外,其他在活塞行业中均已普及。目前要做的是推广普及疲劳性能测试,引入新的分析测试技术,如透射电镜分析、蠕变性能测试、疲劳裂纹扩展速率及断裂韧性测试等,这在活塞材料分析测试中也是非常重要的,但是引入这些技术还需要做很多的工作。

关键词:

活塞 分析测试 显微组织 力学性能

(收稿日期20131011)