

热喷涂涂层专业的航空工业标准

Standard of Hot Spray Coating for Aviation Industry

刘东升 (北京航空材料研究院)

Liu Dongsheng (Institute of Aeronautical Materials, Beijing)

[摘要] 简要分析热喷涂涂层在航空发动机上的应用, 介绍该专业航空工业标准的现状, 并对热喷涂涂层专业航空工业标准体系的进一步完善和发展提出参考性建议。

关键词 热喷涂涂层 应用 标准

[Abstract] Application of hot spray coating in aero-engine and the standards for the hot spray were introduced. A proposal concerning future improvement of aeronautical standard of hot spray coating was given.

Keywords hot spray coating application standard

1 概述

航空涡轮发动机设计和制造的目标是增大推力、提高效率、降低油耗和延长寿命。提高涡轮发动机的涡轮进口温度是实现其设计和制造目标的途径之一。为了提高涡轮进口温度, 可采取发展新型耐高温合金和改进冷却技术的方法, 同时, 采用高温防护涂层技术也是一种有效的方法。高温防护涂层, 从其涂覆工艺角度来划分可分为三种类型: 热喷涂涂层、高温熔烧涂层和低温烘烤涂层, 本文着重于热喷涂涂层。

2 热喷涂涂层在航空发动机上的应用

2.1 耐磨涂层

航空涡轮发动机的工作条件严峻而复杂, 尤其是发动机的转动件, 在承受高负荷及多频振动的同时, 还经受高温、高速、高压、强腐蚀、夹杂碎屑气流的猛烈冲刷, 产生各种不同形式的磨损, 造成发动机零部件的损坏。为了防止零件因这种形式的磨损造成损坏, 采用了耐磨损的热喷涂涂层, 它在发动机上的应用最普遍。耐磨涂层的应用, 延长了发动机零部件的使用寿命。

2.2 热障涂层

涡轮发动机的涡轮进口温度不断提高, 这个部位上所采用的耐高温材料的耐高温研制进度落后于涡轮进口温度的提高, 为解决这个矛盾, 在涡轮进口部位的构件上采用耐热和抗氧化涂层, 也称热障涂层。采用热障涂层后, 提高了结构件的工作温度, 也保证了涡轮进口温度的不断提高, 提高了涡轮发动机的效率。涡轮发

动机上采用热障涂层的部位还有发动机涡轮叶片、导向叶片、发动机燃烧室、发动机加力燃烧室筒体等。

2.3 间隙控制涂层

在涡轮发动机中, 控制运转中的机械部件之间的间隙有时是很重要的。据报道, 高压涡轮部位的径向间隙每增加 0.127mm, 发动机的耗油率上升 0.5%, 压气机的径向间隙增加 0.075mm, 耗油率平均增加 1%。采用间隙控制涂层 (也称封严涂层) 可以减小这些部位的间隙, 降低发动机耗油率, 提高效率并增加飞行安全性。

2.4 恢复尺寸涂层

在航空制造行业中, 因加工造成的零部件及半成品尺寸超差或发动机转动零件的转动磨损, 可以采用涂层的方法恢复尺寸, 使其翻新, 恢复使用价值。

通过以上的介绍可以看出, 热喷涂高温涂层已成为航空涡轮发动机制造中不可缺少的重要材料之一, 在涡轮发动机的应用中发挥着重要的作用。

3 热喷涂涂层专业现行的航空工业标准及相关适用标准

3.1 航空工业标准

HB/Z 5031-77 航空发动机封严涂层的涂覆工艺是一项有关涂覆工艺的标准, 标准中规定了两种涂覆工艺方法: 热喷涂涂覆和低温烘烤涂覆。热喷涂涂层质量检验方面的标准共有三项: HB 6738-93 热喷涂耐磨涂层质量检验, HB 7236-95 热喷涂封严涂层质量检验, HB 7269-96 热喷涂热障涂层质量检验。有关热喷涂涂层试验方法的标准共有四项: HB 5474-91 热喷涂涂层剪切

强度试验方法, HB 5475-91 热喷涂涂层结合强度试验方法, HB 5475-91 热喷涂涂层抗拉强度试验方法, HB 5486-91 热喷涂涂层硬度试验方法。

3.2 相关适用的国家标准

热喷涂涂层专业相关适用的国家标准主要有以下 6 个: GB 12334-90 金属和其他覆盖层关于厚度测量的定义和一般规则, GB 12607-90 热喷涂涂层设计命名方法, GB 12608-90 热喷涂涂层材料命名方法, GB 11375-89 热喷涂操作安全, GB 11373-89 热喷涂金属件表面预处理通则, GB 11374-89 热喷涂涂层厚度的无损测量方法。

4 几点建议

(1) 建立一系列完整的热喷涂涂层技术标准

根据航空发动机需要, 按涂层的成熟程度, 制订出热喷涂耐磨涂层、热喷涂封严涂层、热喷涂热障涂层的国家标准, 与前边介绍的三项质量检验标准协调配套使用。随着国际交往的不断深入、航空企业与外方“三来加工”等合作方式的增多, 协调航空企业共同制订标准

的同时, 将与之合作的不同外方公司中可借鉴的东西汇集起来, 通过消化吸收变成符合我国航空系统实际情况的资料, 是一个很好的途径, 同时也具备适当的时机。

(2) 为检查热喷涂涂层的内部质量, 了解热喷涂涂层与基体在界面位置的结合情况, 需要制订相应的金相检验标准。有了这样的标准, 就能方便地检查涂层中的氧化物、孔洞、涂层与基体界面上的污染及未熔化颗粒等内容, 进一步确保涂层质量。

(3) 制订热喷涂涂层的涂覆工艺标准。热喷涂涂层的涂覆工艺主要有爆炸喷涂等离子喷涂、火焰喷涂、电弧喷涂等, 可根据不同涂覆工艺使用的广泛性按大小顺序选择列项, 逐一制订成标准。

(4) 在制订热喷涂涂层的工艺之前, 可考虑先行制订出“热喷涂金属件表面预处理通则”, 根据航空产品质量要求相对较高的特点, 参照 GB 11373-89, 从对金属件进行表面除油、粗糙处理、预热及去除涂层处理等方面来提出要求, 以确保热喷涂工艺操作的顺利进行。

(5) 制订热喷涂操作安全方面的标准。

(上接第 47 页)

他们基于工作站平台和计算机网络进行计算机辅助铸造工程。在铸造中采用了计算机技术(CAD 技术和数值模拟技术), 大大缩短了从产品设计到制造出成品铸件的周期, 见图 3。

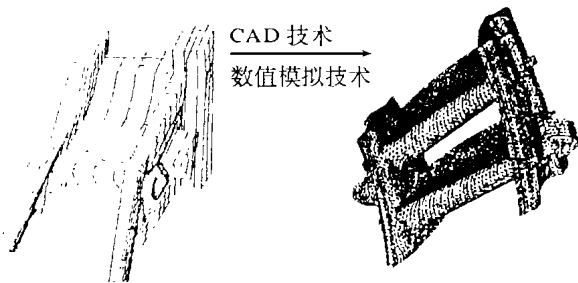


图 3 新旧技术对比

Fig.3 Comparison of new process and old modeling one

3 对 Howmet 公司生产、科研的几点认识

3.1 公司的管理和质检

Howmet 公司实行“全程质量管理”, 即从生产的第一道工序到最后道工序, 层层把关。每一道工序都经过严格质量检验。例如, 从原材料的存放到最后成品的包装、运输都有严格要求, 以确保最终成品的质量。

3.2 铸造回收率

Howmet 公司由于在铸造过程中应用了计算机技术

进行工艺设计, 控制工艺过程, 检验铸件质量等方法。铸造回收率高达 90%, 比国内精密铸件的铸造回收率高出 20~30%, 因而大幅度降低了铸件的成本。

3.3 返回料的利用

3.3.1 切屑的利用

在母合金熔炼时, 切屑的回用有严格的规定: 本身的纯净度及用量根据不同要求的母材, 用量不得大于 40%。

3.3.2 蜡料的回用

铸造过程中返回的蜡料不做转动件的蜡模。

3.4 铸件的纯净化

母合金熔炼时采用挡渣过滤, 提高母合金纯净度。

母合金棒料表面清理干净, 在运输和存储过程中保持清洁, 防止污染。

母合金棒料两端面的边缘要倒成圆角, 以防在放入坩埚时碰破坩埚壁造成非金属夹杂。

模壳制作好后加盖, 防止落入杂物, 造成夹杂。

收稿日期: 1997 年 12 月 9

马岳, 女, 35 岁, 讲师, 博士研究生, 北京科技大学材料工程学院高温室, 100083