

新型高岭土在发动机火焰筒表面涂层上应用

郭欣达¹,杨为民¹,王斌²,张坤³

(1. 中国人民解放军驻黎阳公司军代表室, 贵州 平坝 561116; 2. 空军驻贵阳地区军代表局, 贵州 贵阳 550000; 3. 中国科学院 力学研究所, 北京 100080)

Feasibility of a New Type of Kaolin for Combustor Liner Coating

GUO Xin-da¹, YANG Weimin¹, WANG Bin², ZHANG Kun³

(1. Military Representative in Liyang Corporation, Pingba Guizhou 561102, China; 2. Military Representative of Air Force in Guiyang, Guiyang Guizhou 550000, China; 3. Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

中图分类号: TG174.453 文献标识码: B 文章编号: 0254-6051(2006)11-0027-03

某型发动机的火焰筒表面采用高温陶瓷涂层防护。该涂层用添加少量高岭土的玻璃料熔烧而成。由于批量生产时曾出现涂层与金属基体结合强度以及涂层耐酸性降低的问题,追溯工艺流程,发现高岭土原料存在问题。实际上,由于原料不合格导致的涂层质量问题在工艺试制时也偶有发生,但以前主要关注主料玻璃料,较少关注辅料高岭土的问题。本文对涂层的

制备工艺及高岭土的作用进行了分析,针对原高岭土存在的问题以及新型高岭土的试用效果,探讨了选用新型高岭土的依据,力图解决当前发动机火焰筒陶瓷涂层的质量控制和提高新机火焰筒组件的性能等问题。

1 陶瓷涂层的制备方法及其用料分析

制备该火焰筒表面陶瓷涂层用传统的两步法^[1],即先喷涂料浆,干燥后再进行高温熔烧。

料浆的主要成分为专用水基玻璃料,在使用时还加入 5% 的高岭土。首先,因玻璃料的密度较大,在水中会发生沉淀。高岭土的理想化学式为 $A_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$,理论化学组成(质量分数,%)为: 46.53 SiO_2 、39.50 A_2O_3 、13.96 H_2O ,使料浆中形成硅酸盐细分散

作者简介:郭欣达(1978-10-),男,吉林长春人,军代表,硕士研究生,主要从事航空发动机热端部件研究。联系电话:0853-4875026

基金项目:国家自然科学基金重点项目(50531060);面上项目(50471087)

收稿日期:2006-07-15

由图 2 与表 2 可见:

(1) 未经共渗处理,45 钢、20CrMnTi 钢和 3Cr2W8V 钢的腐蚀质量损失规律一致,呈近似抛物线规律,且随合金元素的增加,耐腐蚀性下降。

表 2 耐蚀性测试结果比较

Table 2 Comparison of the corrosion-resistance test results

材料	试样状态	平均腐蚀速率 / $g \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$			相对腐蚀速率 (%)		
		0.0 ~ 2.5 h	2.5 ~ 5.0 h	5.0 h	0.0 ~ 2.5 h	2.5 ~ 5.0 h	5.0 h
45 钢	未渗	1340	757	1048			
	共渗	1357	680	1019	+1.3	-10.2	-2.8
20CrMnTi 钢	未渗	1424	811	1117			
	共渗	1425	627	1026	+0.0	-22.7	-8.1
3Cr2W8V 钢	未渗	1776	882	1329			
	共渗	1130	649	889	-36.4	-26.3	-33.1

注:相对腐蚀速率 = (共渗试样的腐蚀速率 - 未渗试样的腐蚀速率) / 未渗试样腐蚀速率

(2) 经过共渗处理,45 钢、20CrMnTi 钢和 3Cr2W8V 钢的耐腐蚀性均有明显提高,腐蚀速率分别相对减慢 2.8%、8.1%、33.1%,且与材料的耐热性相一致。

(3) 在 2.5 ~ 5.0h 时间段内,由于腐蚀坑的形成,

未渗试样的腐蚀质量损失速度仍然较高;共渗试样的腐蚀质量损失速度显著降低,且 3Cr2W8V 钢共渗层的耐腐蚀性能最好。

3 结论

经过稀土硼碳氮共渗处理,钢的抗氧化性与耐腐蚀性有明显提高,且不同钢种在这两方面提高的程度各不相同。经共渗处理后,45 钢及 20CrMnTi 钢的抗氧化性能相对耐腐蚀性能要好;而 3Cr2W8V 钢的耐腐蚀性能相对抗氧化性能要好;尤其是共渗后的 20CrMnTi 钢的抗氧化性和 3Cr2W8V 钢的耐腐蚀性分别提高 33.3%、33.1%,这样可根据服役条件选用材料和工艺。

参考文献:

- [1] 赵程,陈乃录,罗昆,等. 20CrMnTi 钢压辊深层稀土硼碳氮共渗[J]. 金属热处理, 2005, 30(9): 49-51.
- [2] 文九巴,李全安,张荣渊,等. 稀土对热浸渗铝组织和耐腐蚀性影响的研究[J]. 材料热处理学报, 2002, 23(3): 69-71.
- [3] 张良栋,隆小庆. 航空发动机高温氧化腐蚀与保护[J]. 全面腐蚀控制, 2002, 16(3): 3-7.

项、高岭土粒子、电解质离子和水分子的胶体系统,从而使陶瓷浆料成为悬浮体,便于喷涂。其次,高岭土还具有粘结剂功能,可提高喷涂后的干燥强度。

2 原高岭土存在的问题及解决措施

原高岭土所用两个代号为 M0 和 M1,按 JC 88 - 1982《瓷土》标准采购,见表 1。可以看出,标准中规定了粒度,基本控制在 56 μm 以下。

表 1 不同高岭土的物理性能

Table 1 Physical properties of the different type of kaolin ite

代号	粒度分布 (%)		白度 (%)
	2 μm	56 μm	
M0		99.5	80
M1		99.5	72
SM0*	90		90

* SM0 为一种新型高岭土

一般来说,高岭土的粒度要尽量细小,这可提高其悬浮性能(亦称分散性或反絮凝性),喷涂成型性能、干燥性能和烧成性能。M0 和 M1 是机选特号和机选一号的简写,属高等级产品,在工艺试制时能满足设计指标。但对批量生产出现问题的高岭土进行 5 min 悬浮性标准试验,发现有 30% 以上的大颗粒沉淀物,不符合标准。由于批量生产时未对原料进行质检,直接将含有大颗粒沉淀物的釉料进行喷涂,喷涂层干燥后其表面出现明显的白点。同时由于釉料流动性下降,喷涂不均匀,干燥过程中由于排气不畅还会导致针眼等缺陷。在这样的情况下,熔烧质量自然难以保证。

通过对定点供货工厂调研,得知目前由于采矿条件变化,工厂按原定生产工艺流程加工出的 M0 和 M1 牌号的高岭土普遍存在质量不达标问题。因此,为了完成当前发动机的生产要求,将高岭土现货重新进行破碎、水洗和烘干等一系列后续加工,陶瓷涂层质量才得到了保障。

3 新型高岭土的选材要求及试用效果

3.1 选材要求

随着新型发动机热端部件研制和对发动机火焰筒高温陶瓷涂层质量要求的日益提高,必须考虑采用质量优于 M0 和 M1 牌号的新型高岭土材料。

根据高岭土的胶体化学特性可知,粒度 $< 2 \mu\text{m}$ 的颗粒具有极佳的悬浮性, $> 20 \mu\text{m}$ 的颗粒的悬浮性急剧降低^[2]。据了解美国在类似产品上所用高岭土的粒度指标也是控制在 2 μm ($< 2 \mu\text{m}$ 的占 90% ~ 95%)。目前定点生产工厂已有该产品可提供,如表 1 中的 SM0。

就成分而言,按原设计要求,高岭土除具有基本的

分散和粘结功能外,还具有另外两个功能:调整涂层的烧成幅度。涂层的烧成范围主要受到玻璃料组成和熔烧制度的影响,但引入高岭土可扩大烧成温度,从而提高涂层的表面光泽度,减少涂层气泡,改善涂层与金属基体结合强度及涂层内聚强度;提高涂层的耐热性。以高岭土方式引入的 Al_2O_3 ,可使瓷釉熔体变得稳定,但是它们的含量不能过高。 Al_2O_3 过量引入会提高瓷釉的熔融温度并相反地减少结晶倾向,这对瓷面光泽、细腻度、瓷釉弹性、瓷层化学稳定性尤其是耐酸性都是不利的; SiO_2 的熔点很高,过量引入会导致在瓷釉熔体中溶解不完全,这一方面扩大了瓷釉的软化范围,另一方面会以固溶体或原始型晶体方式分布于瓷釉中,使瓷釉的流动性降低,粘度提高,最终导致可挥发性气体的逸出困难和瓷面呈现小孔泡。

对成分的控制还包括对高岭土中杂质的控制。由于高岭土的矿物成分比较复杂,导致其化学成分实际上不符合理论成分,所含杂质对陶瓷层质量均有不同程度的危害,见表 2:铁、钛属致色元素,其氧化物的存在会降低高岭土的自然白度(表 1),对熔烧涂层而言,这些氧化物含量过高导致显微结构出现缺陷,外观表现为表面色斑或熔斑。钙、镁、钾等碱元素除了会降低陶瓷高温稳定性外,还会导致陶瓷层出现孔洞。

硫酞(SO_3)含量过高时会导致涂层起泡、熔洞及开裂等缺陷。

表 2 高岭土的化学成分(质量分数,%)

Table 2 Chemical composition of kaolin ite (wt%)									
代号	采用标准	Al_2O_3	烧失量	SiO_2	Fe_2O_3	TiO_2	$\text{CaO} + \text{MgO}$	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	SO_3
M0		37.00	18.00	48.00	0.6	0.2	1.00	0.60	1.00
M1	JC 88 - 1982	36.00	18.00	48.00	1.0	0.2	1.00	0.80	1.00
H1		37.00	18.00	48.00	0.5	0.2	0.60	0.50	0.50

注:其中 Al_2O_3 的含量为不小于;其它量为不大于

3.2 试用效果

在当前发动机研制时,除使用过 M0 和 M1 外,还使用过 H1 产品(表 2)。尽管由于其它原因 H1 未被采用,但从原试制结果来看,由于 H1 杂质含量低于 M0 和 M1,涂层质量特别是表面质量相对优异。因此,可以考虑参照 H1 成分来作为新机研制的高岭土成分要求。唯一进行调整的是将 Fe_2O_3 含量从 0.5% 降低到 0.2%,这主要是考虑到进一步提高表面质量。另外,对定点生产工厂提供的多批次 SM0 产品进行检验,其 Fe_2O_3 含量已稳定控制在 0.2%。SM0 其它成分的检验结果也符合 H1 要求。

球墨铸铁的激光相变硬化

樊湘芳¹,何彬¹,罗玉梅²

(1. 南华大学 机械工程学院,湖南 衡阳 421001; 2. 邵阳学院 机械工程系,湖南 邵阳 422004)

摘要:利用 TJ-HL-T5000激光器,对 QT600-3球墨铸铁进行激光相变硬化研究,测量了淬硬层深度和硬度分布,并对其金相组织进行了观察和分析。结果表明,QT600-3球墨铸铁激光淬硬层组织的表层结构致密,硬度可达 920 HV,淬硬深度约为 0.5 mm,从表面沿深度方向出现包围石墨球的马氏体壳组织,对提高耐磨性有利。

关键词:QT600-3球墨铸铁;激光相变硬化

中图分类号:TG156.99; TG143.5 **文献标识码:**A **文章编号:**0254-6051(2006)11-0029-03

Laser Hardening of Nodular Cast Iron

FAN Xiang-fang¹, HE Bin¹, LUO Yu-mei²

(1. School of Mechanical Engineering, Nanhua University, Hengyang, Hunan 421001, China;

2. Department of Mechanical Engineering, Shaoyang College, Shaoyang, Hunan 422004, China)

Abstract: The laser hardening was carried out for QT600-3 nodular cast iron using TJ-HL-T5000 laser. The hardened depth and the hardness distribution in cross-section of the hardened layer were tested and microstructure in the hardened layer was observed and analyzed. The results show that the microstructure in the hardened layer becomes compact, and the microhardness reaches 920 HV, the hardened depth is approximately 0.5 mm. The microstructure of martensite surrounding the spheroidal graphite appears in the direction of surface to inside, which can enhance the wearability.

Key words: QT600-3 nodular cast iron; laser beam transformation hardening

铸铁生产简单,成本低廉,其中球墨铸铁性能尤为优良,突出特点是屈强比高于钢。不同牌号的球墨铸铁因力学性能的差异,用途各异。为进一步提

高球墨铸铁的表面硬度和耐磨性可采用渗氮、渗硼等工艺,但存在处理周期长及硬化层薄等缺点。激光相变硬化可对工件局部表面进行强化,得到高硬度的硬化层,工艺周期短,由于自冷淬火,工件畸变小。因此,对各种不同牌号的球墨铸铁进行激光相变硬化研究具有实际意义。本文着重研究 QT600-3球墨铸铁激光相变硬化层的显微组织和硬化效果。

作者简介:樊湘芳(1963-11-),女,湖南祁阳人,副教授,主要从事机械工程材料的教学和科研工作,发表论文 12 篇。联系电话:0734-8282210, 13974753175 E-mail: hefanyibang@163.com

收稿日期:2006-04-16

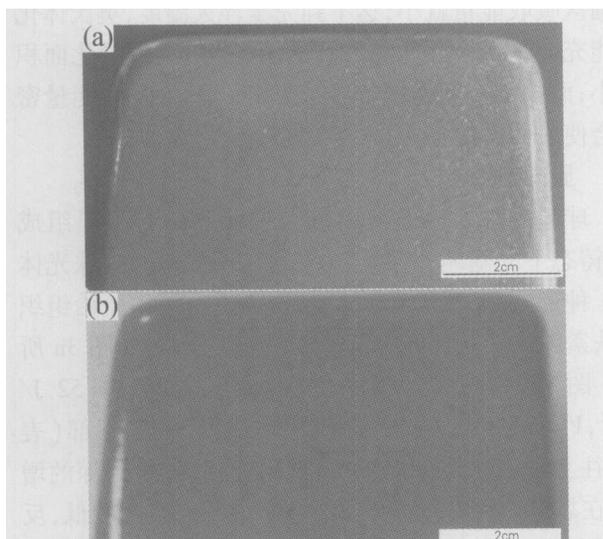


图 1 改善前 (a) 和改善后 (b) 涂层表面形貌对比照片
Fig.1 Surface appearance comparison between the former coating (a) and the present coating after using new type of SM0 kaolinite (b)

为此,在新机研制时试用 SM0 新型高岭土,其白度(表 1)、悬浮性试验、喷涂层外观检查、熔烧层表面质量和内部质量检验等一系列证据表明,SM0 均全面超过 M0 和 M1。图 1 为试用 SM0 新型高岭土前后涂层表面的外观形貌比较。

4 结束语

虽然高岭土在高温陶瓷涂层料中含量很少,但对涂层质量的影响举足轻重。随着新机热端部件研制和对发动机火焰筒涂层质量的要求越来越高,按原用的高岭土标准(JC 88—1982)采购高岭土,已经不能完全适合新型发动机高温陶瓷质量的需要。从试制情况看,可以选用新型的 SM0 高岭土。

参考文献:

- [1] 董斌,张永泉.火焰筒耐热搪瓷漆熔烧工艺实验研究[J].热能动力工程,2002,17(5):472-474.
- [2] 黄炳炎.高岭土等几种陶瓷原料的应用[J].陶瓷工程,1994,27(2):43-48.