

陶瓷复合方钢管的制备及有限元分析

焦安源^{1a}, 王凤辉^{1b}, 杨似琼², 高兴岐^{1b}

(1. 辽宁科技大学 a 高等职业技术学院, b. 机械工程与自动化学院, 辽宁 鞍山 114051;

2. 北方自动控制技术研究所, 山西 太原 030006)

[摘要] 目前, 在方钢管内制备陶瓷层的技术还不成熟。采用重力分离法 (SHS), 在大截面方钢管内使用型钢作管芯, 制备了表面光滑、厚度为 1.5~3.0 mm, 硬度为 1100 HV 以上的氧化铝内衬陶瓷层; 采用 ANSYS 软件对陶瓷内衬方管的传热过程进行了模拟计算, 并分析了结合力产生的原因。结果显示: 钢基体与陶瓷层为箍紧式机械结合; 衬层厚度不同, 方钢管的温度-时间曲线和残余应力分布不同。陶瓷复合方钢管制备中的冷却温度变化状况可为工艺参数的选择提供参考。

[关键词] 陶瓷层; 方钢管; 重力分离法 (SHS); 有限元分析

[中图分类号] TG174.453 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1001-1560(2010)05-0006-03

0 前言

目前, 采用重力分离法 (SHS) 制备内衬陶瓷层主要是在圆钢管中展开, 对于方钢管尚在探索阶段^[1,2]。陶瓷复合方钢管可以应用于磨粉机的出料口和方形传输通道等, 而且通过对其切割, 可以间接地制备出高质量的陶瓷复合钢板。本工作采用 SHS 在方钢管内制备了氧化铝陶瓷内衬, 应用 ANSYS 热应力求解间接法, 先进行热分析, 将求得的节点温度作为体载荷施加于结构中作应力分析, 解决了热应力耦合场的分析问题, 描绘出了残余应力的分布, 对生产工艺参数的选择具有参考价值。

1 试验

1.1 用材处理

常用的方钢管尺寸为 60.0 mm × 60.0 mm, 壁厚 1.5~6.3 mm, 经盐酸酸洗后用清水冲洗, 干燥后用砂纸打磨, 气泵吹净。

内衬层材料: +200 目 A 粉, 真空干燥 1 h, Fe₂O₃ 粉 100~200 目, SiO₂ 粉 (作添加剂) 100~200 目, 150 °C 干燥 24 h 筛选后进行配比 (见表 1), 然后在混料机中混合 20 min。

[收稿日期] 2009-11-30

[基金项目] 国家自然科学基金 (50805020); 辽宁省高校重点实验室基金 (2008S128)

[通信作者] 焦安源, E-mail: jay@ustl.edu.cn, asjiao@cc.utsunomiya-u.ac.jp

表 1 主要试剂配比和芯子材料参数及相应的方钢管长度

$\rho(\text{Al}) : \rho(\text{Fe}_2\text{O}_3) /$ (g L^{-1})	$w(\text{SiO}_2) / \%$	芯子 / mm	L(方钢管) / mm
1.00 : 2.96	6	$\phi 30$	100
1.00 : 2.96	4	$\phi 25$	100
1.00 : 2.96	6	30 × 30	105
1.00 : 2.96	8	35 × 35	120

芯子材料是选用型钢、混凝土、耐火砖、木材 4 种, 形状为方形和圆柱形。

1.2 陶瓷层制备

将方钢管竖置, 芯子置于方钢管中间, 以一定的装料密度在方钢管与芯子空隙处加入混合均匀的试剂, 然后用镁条镁粉引燃反应。SiO₂ 为 4%、装料密度 1.6 g/cm³ 时制得的陶瓷内衬层较好。

1.3 有限元分析

1.3.1 体系传热过程的简化和假设

假设体系反应迅速、完全, 反应产物仅由 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 和 Fe 组成, 两者瞬间分离时方钢管保持初温, 各层间的传热为热传导, 界面为理想接触, 方钢管外表面与周围空气介质的传热为强制对流^[3]; 忽略物质反应、熔体流动、相分离和过冷等因素的影响。由于沿方钢管径向的冷却速度远大于轴向, 所以建立复合方钢管的平面模型; 生成的衬层结构虽然包括陶瓷层与铁层, 但铁层极薄, 且与基体形成冶金结合, 因而建立陶瓷层与方钢管的 2 层结构模型。为了提高数值模拟的精度, 在非线性和瞬态热分析中, 定义了陶瓷和方钢管材料随温