

一种含锆高温合金与坩埚耐火材料的界面反应研究^{*}

张凤祥¹, 张 鹏², 李 怡³, 马秀萍¹, 刘东方¹, 万旭杰¹, 张华霞¹

(1.北京航空材料研究院股份有限公司高温合金熔铸事业部, 北京 100095; 2.空军装备部驻株洲地区军事代表室, 湖南 株洲 412002; 3.中国航发南方工业有限公司 采购部, 湖南 株洲 412002)

摘 要:采用浮渣试验、扫描电子显微镜及能谱分析研究了一种含 Zr 高温合金与不同坩埚耐火材料的界面反应。结果表明, 合金中的 Zr 与氧化物陶瓷坩埚发生反应生成的 ZrO_2 是合金锭中浮渣的主要来源。MgO 坩埚的热力学稳定性较 Al_2O_3 坩埚更低, 其与 Zr 的反应更剧烈, 产生了较多的 ZrO_2 浮渣。坩埚的微观结构对界面反应同样具有重要影响。当坩埚的致密度较高、表面较光滑时, 产生的 ZrO_2 附着在坩埚表面形成一层致密的 ZrO_2 层, 阻止了 Zr 与 Al_2O_3 坩埚的进一步反应。而坩埚的表面较粗糙时, 难以形成致密的 ZrO_2 层, 产生的 ZrO_2 进入合金熔体形成浮渣。因此采用致密度高、组织细腻、表面质量好的 Al_2O_3 坩埚有利于降低合金熔体与坩埚耐火材料的反应, 减少合金锭的污染。

关 键 词: 高温合金; 耐火材料; 浮渣; 界面反应; Zr

中图分类号: TG249.5

文献标识码: A

文章编号: 1002-0322(2023)03-0080-06

doi: 10.13385/j.cnki.vacuum.2023.03.14

Interface Reaction Between a Zr Containing Superalloy and Crucible Refractory Material

ZHANG Feng-xiang¹, ZHANG Peng², LI Yi³, MA Xiu-ping¹, LIU Dong-fang¹,

WAN Xu-jie¹, ZHANG Hua-xia¹

(1.Super alloy Casting Division, Beijing Institute of Aeronautical Materials Co., Ltd., Beijing 100095, China;

2.Air Force of the PLA's Resident Office in Zhuzhou, Zhuzhou 412002, China;

3.Purchasing Department, Aecc South Industry Co., Ltd., Zhuzhou 412002, China)

Abstract: The interface reaction between a Zr containing superalloy and different crucible refractory materials was investigated by dross test, scanning electron microscope (SEM) and energy dispersive spectroscopy (EDS). The results show that the ZrO_2 produced by the reaction between Zr in superalloy and oxide ceramic crucible is the main source of dross in alloy ingot. The thermodynamic stability of MgO crucible is lower than that of Al_2O_3 crucible, and its reaction with Zr is more intense, resulting in more ZrO_2 dross. The microstructure of crucible also has an important influence on the interfacial reaction. When the density of the crucible is high and the surface is smooth, the generated ZrO_2 is attached to the crucible surface to form a dense ZrO_2 layer, which prevents the further reaction between Zr and Al_2O_3 crucible. When the surface of the crucible is rough, it is difficult to form a dense ZrO_2 layer, and the generated ZrO_2 enters the alloy melt to form dross. Therefore, the use of Al_2O_3 crucible with high density, fine structure and good surface quality is conducive to reduce the reaction between superalloy and crucible refractory, and reduce the pollution of alloy ingot.

Key words: superalloy; refractory material; dross; interface reaction; Zr

高温合金以其优异的高温力学性能, 良好的抗氧化、抗热蚀性能等, 被广泛应用于航空发动机热端部件^[1]。在高温合金的熔炼过程中, 坩埚在 1500℃ 以上的高温下长时间接触合金熔体, 合金中的活性元素极易与坩埚耐火材料发生界面反

应, 产生的化合物会严重降低合金的纯净度^[2]。近年来, 高温合金成分设计得越来越复杂, 对纯净度的要求也越来越苛刻, 高温合金熔体与陶瓷耐火材料的界面反应问题逐渐显现出来, 高温合金与耐火材料的界面反应研究成为高温合金纯净

收稿日期: 2023-03-24

作者简介: 张凤祥 (1991-), 男, 河北省唐山市人, 博士, 工程师。 通讯作者: 万旭杰, 高级工程师。

^{*} 基金项目: 科技部重点研发项目青年科学家项目 (KZ69230118); 北京航空材料研究院院级基金项目 (ZC00RZ2203)。