

# GH169 合金制件中黑斑和白斑偏析的超声检验

Ultrasonic Inspection of Freckle (channel) and White Spot

Segregation in GH169 Alloy Unit

北京航空材料研究院 何方成 唐贞曾 李家伟 史亦韦

He Fangcheng Tang Zhenzeng Li Jiawei Shi Yiwei

(Institute of Aeronautical Materials, Beijing)

**[摘要]** 通过对所搜集到自然缺陷试样的超声检验, 研究 GH169 合金中黑斑和白斑偏析的可探性。

**关键词:** GH169 黑斑 白斑 超声检验

**[Abstract]** Ultrasonic inspection is carried out on typical specimen have been obtained.

The ultrasonic testing of freckle (channel) and white spot segregation in GH169 alloy had been studied.

**Keywords:** GH169 freckle segregation white spot ultrasonic inspection

## 1 前言

GH169, Inconel (718) 合金是一种体心四方  $\text{Ni}_3\text{Nb}$  ( $\gamma''$ ) 和面心立方  $\text{Ni}_3(\text{Al}, \text{Ti}, \text{Nb})$  ( $\gamma'$ ) 沉淀强化的镍-铬-铁基高温合金。由于固相线温度和液相线温度分别为  $1260^\circ\text{C}$  和  $1335^\circ\text{C}$ , 明显高于其它镍基合金, 因此在铸锭凝固过程中重元素铌将被富集形成 GH169 合金比较突出的 Nb 偏析问题, 据报道<sup>[1~3]</sup>, 这涉及:

(1) 枝晶间偏析 (Interdendritic Segregation): 是在锭子中心最明显出现的微观偏析, 对于富 Nb 的 GH169 合金来说, 这种微观区域性的偏析是不可避免的, 但肉眼可见明显大面积的宏观低倍偏析是需加重视的, 它对室温拉伸强度影响不明显, 但对高温持久强度和疲劳性能可有较大影响, 往往会造成性能的波动。值得注意的是文献 [1] 中明确提出这种枝晶间偏析现象不应与下述的黑斑 (条带) 偏析相混淆。

(2) 黑斑 (条带) 偏析 (Freckle (channel) segregation): 对坯的横截面作低倍高倍检查可显示出有暗的腐蚀点, 它可以是单个的, 也可以是集聚的, 这就有黑斑之名, 在纵向上, 它可以有一定的长度, 因而又有条带偏析之名。这些是相当粗大的富 Nb 偏析。与枝晶偏析相比较, 尺寸粗大, 不容易通过均匀化消除, 锻造裂纹往往首先在条带组织区发生。

(3) 白斑 (White spot): Nb、Ti 和 Al 的减少部位与周围基体相比, 腐蚀后呈白色区, 白斑的出现对室温拉伸性能影响不大, 对疲劳性能有影响, 试验表明<sup>[3]</sup>, 从

涡轮盘上取试样在应变控制情况下进行低周疲劳试验 ( $350^\circ\text{C}$  下,  $R_r = 0$ ), 加工试样使白斑位于试样有效区段, 与参考数据相比, 可接受的应力水平下降约 30%。

对于上述 Nb 的正负偏析的处理, 国外的一些 Inconel 718 合金航空发动机锻件技术规范中都有较明确规定, 例如: 1) 低倍检查所发现的暗腐蚀 (dart etching area) 均应做高倍检查, 如果暗腐蚀区中金属间化合物 (如  $\text{Ni}_3\text{Nb}$ 、碳化物、碳氮化物) 的集聚超过给定的标准照片是不可接受的; 2) 暗腐蚀区定为黑斑者拒收; 3) 伴有孔洞、污染或不纯物的白斑不可接受。

考虑到黑斑、白斑的危害性及其出现的随机性, 研究其超声检测的可行性是必要的。

## 2 关于黑斑的超声检验

### 2.1 试样

在生产过程中获得了两块具有前述黑斑 (条带) 偏析特征的试样。试样 1 取自一盘件, 其生产工艺过程为: 冶炼 (真空感应 + 真空自耗) → 均匀化 → 锻造开坯  $\phi 220\text{mm}$  棒材 → 3 万吨水压机模锻, 试样的低倍形态及高倍组织如图 1 所示。

试样 2 取自一圆饼, 其低倍形态如图 2。

### 2.2 试验及结果

(1) 5MHz 纵波直探头、接触法试验

仪器: USIP-11 型超声波探伤仪 (德国 Krautkramer 公司)

探头: M109 型、频率 5MHz, 晶片直径 0.5 英寸

### 3.2.3 关于白藜的超声检验分析

而題為雀屏的是繡屏鏡裏面，

