

## GH4169 高温镍基合金的电解-磁力复合研磨

燕峰, 谭悦, 陈燕\*, 许召宽

(辽宁科技大学机械工程与自动化学院, 辽宁 鞍山 114051)

**摘要:** 采用电解-磁力复合研磨工艺对 GH4169 合金进行表面光整加工。探究了磁极转速、电解电压和磁性研磨粒子直径对 GH4169 合金表面粗糙度的影响。获得了较佳的电解-磁力复合研磨参数: 磁极转速 1 200 r/min, 电解电压 9 V, 磁性研磨粒子直径 185  $\mu\text{m}$ 。在优化的工艺参数下对 GH4169 合金研磨 10 min, 其表面粗糙度从原始的 0.90  $\mu\text{m}$  降至 0.08  $\mu\text{m}$ , 表面微观形貌得到明显改善, 化学成分不变, 表面由拉应力转变为压应力状态。

**关键词:** 镍基高温合金; 磁力研磨; 电解; 表面粗糙度; 形貌; 应力

**中图分类号:** TG175.3; TG176

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1004-227X(2017)15-0807-05

**Electrolytic-magnetic composite grinding of GH4169 nickel-based superalloy // YAN Feng, TAN Yue, CHEN Yan\*, XU Zhao-kuan**

**Abstract:** The GH4169 nickel-based superalloy was finished by electrolytic-magnetic composite grinding. The effects of magnetic pole speed, electrolysis voltage and size of magnetic abrasive particles on the surface roughness of GH4169 alloy were studied. The optimal process parameters of electrolytic-magnetic composite grinding were obtained as follows: magnetic pole speed 1 200 r/min, electrolysis voltage 9 V, and magnetic abrasive particle size 185  $\mu\text{m}$ . The surface roughness of GH4169 alloy is decreased from 0.90  $\mu\text{m}$  previously to 0.08  $\mu\text{m}$  after grinding using the optimal process parameters for 10 min. Its microscopic surface morphology is improved apparently with unchanged chemical composition, and the surface stress is converted from tensile to be compressive.

**Keywords:** nickel-based superalloy; magnetic grinding; electrolysis; surface roughness; morphology; stress

**First-author's address:** School of Mechanical Engineering and Automation, University of Science and Technology Liaoning, Anshan 114051, China

镍基高温合金具有耐高温、耐疲劳、抗腐蚀等优异的性能, 广泛应用于航空航天、船舶等领域, 主要用于制造整体叶盘、涡轮轴、封严环等高温零部件<sup>[1]</sup>。从以往有关 GH4169 镍基高温合金失效分析的文献可知, 该类零件的失效大多始于零件表面, 其主要原因是零件表面质量和形貌不佳<sup>[2-3]</sup>。对于普通高温镍基合金, 通常采用砂带和磨料进行加工即可, 而 GH4169 合金属于典型的难加工材料, 加工时容易造成磨粒相断裂, 从而影响加工效率和质量<sup>[4]</sup>。因此, 有必要对 GH4169 合金零部件的表面光整加工工艺进行研究和改进。陈春增等<sup>[5-6]</sup>采用磁力研磨对镍基高温合金进行磨削, 但该法若研磨压力控制不好, 极易造成加工表面产生划痕和加工不均匀。黄新春等<sup>[7]</sup>采用单晶刚玉砂轮对镍基高温合金进行磨削, 但此工艺受砂轮硬度的影响较大, 工件表面容易出现微裂纹、烧伤熔覆物等。电解-磁力复合研磨加工 (EMACF) 是将电解加工与磁力研磨复合而成的光整加工工艺, 先通过电化学阳极溶解在工件表面生成硬度比工件低很多的钝化膜, 再借助磁力研磨在研磨间隙不断翻滚、挤压、变形和摩擦的作用对钝化膜进行微量去除。整个加工过程中, 工件经历“电化学溶解→钝化膜生成→磁力研磨”的循环作用, 从而实现表面光整加工<sup>[8]</sup>。该工艺兼具磁力研磨可控性和电解高效性的优点, 可有效提高加工效率与质量。本文研究了磁极转速、磁性磨粒直径、电解电压等对 GH4169 合金电解-磁力研磨效果的影响, 以便得到最佳工艺。

## 1 实验

### 1.1 电解-磁力研磨加工机理

图 1 示出了电解-磁力复合研磨加工示意图。直流电源正极接工件作为阳极, 负极接石墨、合金钢等

**收稿日期:** 2017-04-20 **修回日期:** 2017-05-19

**基金项目:** 国家自然科学基金 (51105187); 辽宁省教育厅基金 (2016HZZD02)。

**作者简介:** 燕峰 (1965-), 女, 辽宁人, 副教授, 主要研究方向为机械工程材料、表面技术处理。

**通信作者:** 陈燕, 博士, 教授, (E-mail) laochen412@gmail.com。