

# 表面工程应用实例

## [例 45] 喷丸强化技术在关键零部件中的应用

表面喷丸强化是提高机械零部件疲劳寿命和应力腐蚀抗力的关键制造工艺，具有强化效果明显、操作简便及成本低廉等优点。喷丸过程中高速弹丸流反复击打材料表面，导致其表层发生明显塑性形变，进而引入残余压应力场、产生细化组织结构及诱发残余奥氏体向马氏体转变。实用的喷丸工艺包括：强化喷丸、精整喷丸、抛光喷丸、预应力喷丸、温度喷丸及复合喷丸。利用有限元计算方法，可数值模拟零部件喷丸残余压应力及其分布，预测出合适的喷丸工艺参数。通过喷丸工艺、喷丸设备和弹丸之间的黄金搭配，获得优化的喷丸残余压应力场及形变细化组织结构，尽可能降低喷丸表面的粗糙度，最大限度地改善材料的疲劳寿命和应力腐蚀抗力等。

对于薄壁零件，采用合适的喷丸工艺可以避免喷丸后出现的尺寸变形问题，目前已成功实现 0.5 mm 薄壁件的喷丸强化，其短期和长期尺寸变化不超过 2  $\mu\text{m}$ 。对于精密零部件，采用特殊喷丸技术可以确保喷丸表面粗糙度不增加甚至降低，目前已达到喷丸粗糙度  $R_a$  低于 0.3  $\mu\text{m}$  的水平。喷丸零部件后只允许少量表面加工，某些特殊情况虽然允许加热处理，但加热温度不宜过高。喷丸零部件使用一段时间后若喷丸残余应力发生松弛，允许采用二次喷丸，以回复原有的残余压应力水平。



图 1 冷凝器表面喷丸



图 2 核电汽轮机轮盘喷丸



图 3 高压锅炉管内壁喷丸(管长>20 m)



图 4 汽轮机转子局部喷丸



图 5 高端齿轮喷丸强化



图 6 透平叶片组件(喷丸后  $R_a < 0.5 \mu\text{m}$ )