

真空正压气淬炉在航空工业上的应用

Application of Air Quenching Furnace with Vacuum to Aviation Industries

陈思觉 (贵州新艺机械厂)

Chen Sijue (Xinyi Machinery Factory, Guizhou)

[摘要] 阐明真空正压气淬炉的主要性能和特点, 并列典型事例说明利用该炉进行真空热处理和真空钎焊, 所得产品质量优良, 经济效益显著。

关键词: 真空 气淬炉 热处理 钎焊

[Abstract] The characteristic of air quenching furnace with vacuum was explained and the examples for use of heat treatment and brazing were given.

Keywords: vacuum air quenching furnace heat treatment brazing

1 前言

定向凝固高温合金是为适应高推重比航空发动机的需要而研制成的一类力学性能好、合金密度较低的新材料。该类合金在浇注时由于依序结晶, 使晶粒生长方向一定, 合金在铸造状态下的偏析较大。为改善合金的组织 and 性能, 定向凝固高温合金几乎均要进行热处理。同时, 使用定向凝固技术生产的航空发动机热端部件, 譬如涡轮转子或静子叶片又多采用精密铸造成型, 得到的是无余量或小余量精铸件。为了使热处理零件无氧化、无合金元素贫化, 最好是在真空条件下进行热处理。

我厂使用 HL26IQ6 型多用途真空正压气淬炉, 对 DZ4、DZ22、DZ17G、IC6 等四种定向凝固高温合金进行了真空热处理, 并对部分高温合金进行了真空高温钎焊。其产品质量优良, 经济效益显著。

2 真空正压气淬炉的主要特点

HL26IQ6 型多用途真空正压气淬炉主要性能:

- (1) 有效加热区尺寸: 380mm × 380mm × 680mm;
- (2) 炉温均匀性: $\pm 5^{\circ}\text{C}$;
- (3) 最高工作温度: 1350 $^{\circ}\text{C}$;
- (4) 装炉量: 300kg;
- (5) 加热室工作真空度: $1 \times 10^{-2}\text{Pa}$;
- (6) 最大气淬压力: $6 \times 10^5\text{Pa}$ (氩气冷却)。

通过生产实践, 总结该设备的主要特点有:

- (1) 从结构上看, 圆筒形加热室和环形高流率喷嘴

的均匀分布, 避免了因工件屏蔽作用造成的加热和冷却不均的问题。

(2) 控制系统采用微机, 使炉子的所有动作均可实现自动与手动相互切换, 并有联锁保护装置。采用微机控温系统具有良好的控制精度和可重复性, 并能自动显示、记录和打印控制过程与结果。

(3) 该真空设备抽气速度快, 空炉在 7min 以内便可抽至 5.33Pa 。压升率低, 为 0.4Pa/h 。该设备可进行气体分压控制, 通过回填氩气得到较高的真空充气压强。真空热处理的真空工作压强, 根据需要可在 $0.1 \sim 650\text{Pa}$ 范围内进行调节。

(4) 真空气淬可进行负压充气, 也可进行正压充气。该设备属加压型, 最高至 $6 \times 10^5\text{Pa}$ 。不难看出, 该设备气淬冷却速度的调节范围广, 在炉内可进行相当于常规炉冷、空冷和油冷等工序操作, 满足航空零件真空气淬的大部分要求。

3 航空产品的应用

3.1 一级涡轮转子叶片的高温真空钎焊

某航空发动机一级涡轮转子叶片系空心结构, 用 DZ4 定向凝固高温合金制造, 叶片叶冠端面上的孔要加一个特制盖板 (材料: GH3030), 技术要求用真空钎焊进行连接。采用真空正压气淬炉进行叶片高温真空钎焊是现有条件下的最佳工艺。

真空钎焊选用 171 钎料; 钎焊温度 $1150 \sim 1200^{\circ}\text{C}$; 保温时间 $60 \sim 70\text{min}$; 冷却方式为炉冷。

钎焊结果: 叶片表面光亮, 钎缝圆根良好、光滑并

已钎透，未发现钎焊裂纹等缺陷。

3.2 二级涡轮转子叶片的真空固溶处理

二级涡轮转子叶片系用 DZ4 定向凝固高温合金精密铸造成型。叶高 185mm，弦宽 30mm，最大截面与最小截面之比为 5 : 1，叶型比较复杂。

DZ4 合金零件的标准热处理制度为 1220 °C 2h 固溶处理，空冷 + 870 °C 32h 时效，空冷。

二级涡轮转子叶片的固溶处理，原只在普通空气电炉中进行，存在严重氧化和表面合金元素因烧损而贫化的现象，贫化层深度有的高达 0.12mm。而对叶片来说，位于叶身和榫头之间延伸段是不加工的，也无加工余量，也就是说，出现上述现象，叶片的表面质量便不合格。其次用空气电炉处理叶片，其热处理变形较大，叶片型面透光度超差的占 10%。

为了提高叶片的热处理质量，我们改用真空正压气淬炉进行固溶处理。

真空固溶处理的加热温度与普通空气炉处理温度相同，即 1220 °C。因为在通常的真空度范围内加热，金属的固态相变机制与在常压下的没有明显变化。为了减小热应力，工件的升温过程采用阶梯式加热。其次，阶段升温速度选择缓慢加热，加上高温阶段是在充气压强下进行加热，真空固溶处理在最终温度下的保温时间不考虑补偿，仍按空气炉处理时间即 2h。真空度选择在分

压温度前所采用的 $6.67 \times 10^{-1} \text{Pa}$ ；分压温度根据金属元素在不同蒸气压下的平衡温度去选择，此时为 900 ~ 1000 °C。所谓分压，就是向真空加热室内回充高纯氩气，获得较高的真空充气压强，目的是避免高温合金在真空高温条件下造成蒸气压高的元素发生蒸发，也是为了获得光亮的表面。根据材料及加热温度，真空工作压强定为 3 ~ 14Pa。气淬压力选择比空气稍快的冷却速度，为 $1 \times 10^5 \sim 3 \times 10^5 \text{Pa}$ 。

以上真空热处理工艺参数经过了工艺试验的验证，并认定切实可行后，才纳入工艺规程，指导生产。

经过一年多的生产考验，二级涡轮转子叶片的真空热处理达到了预定的目标：零件光亮呈银白色；无金属元素贫化层；无超差变形；与时效配合达到技术条件所规定的力学性能标准。

4 结语

随着航空工业对热处理质量要求的不断提高，真空热处理在航空工业中得到日益广泛的应用。实践证明：HLZ 6IQ 6 真空正压气淬炉的各项技术性能指标，可满足高温合金叶片热处理的工艺要求。该炉为航空产品上水平、上质量创造了良好条件。

* * * * *

(上接第 7 页)

点，在机械工业得到广泛应用。但由于测温问题、温度与渗层均匀性问题而在航空工业上应用尚不多。该技术今后主要应侧重研究测温与控温技术，如采用辅助加热与离子轰击双重加热、多弧技术等，以提高炉温及渗层的均匀性；为提高处理质量与再现性，计算机控制技术的应用研究已纳入日程；可采用气冷和油冷的离子热处理设备，亦应得到发展，等等。

6 结束语

随着科学技术的发展，真空热处理技术与工艺日益重要。目前，真空退火、真空除气、真空油淬、真空等温淬火等已获广泛采用，而真空加压气淬、真空回火、真空清洗、真空和离子化学热处理等新技术则正在迅速发展。由于真空热处理这一新兴领域尚有许多关键技术有待深入研究，尤其是有些问题需要从设备、工艺以及配套工艺材料等诸方面综合考虑方可解决，亟待有关方面人士共同给予足够的关注和努力，使这一新兴热处理

技术在工业应用中发挥更大作用。

参考文献

- 1 《航空制造工程手册》总编委会. 航空制造工程手册—热处理分册. 北京：航空工业出版社，1993
- 2 熊剑. 国外热处理新技术. 冶金工业出版社，北京：1990
- 3 周兴久. 真空热处理炉发展中的关键技术. 金属热处理，1995，(4)
- 4 张建国. 真空气淬淬火技术的发展. 金属热处理，1996，(12)
- 5 王广生. 国外真空热处理最新研究和发展. 材料工程，1993，(9)
- 6 韩立民等. 真空热处理技术现状. 第六届全国热处理大会论文集，北京：兵器工业出版社，1995. 8
- 7 张宏康. 高压真空气淬炉的进展及应用. 热处理实践，1996，(3)
- 8 莫田桐. WAH 系列真空正压回火炉. 金属热处理，1996，(12)
- 9 蔡立群. 真空淬火的变形和氧化. 国外金属热处理，1994，(4)