

凝固速度对DZ22合金组织与性能的影响

王罗宝 殷克勤 陈荣章 王玉屏

近十多年来,用定向凝固工艺来制造涡轮叶片,已得到发动机设计者和冶金材料工作者的充分肯定,越来越多的发动机应用了定向凝固涡轮叶片和导向叶片,可以说定向凝固是继真空熔炼——精密铸造后的又一个成功。

大家知道,对于一个既定成分合金来说,凝固时的主要参数温度梯度 G 和凝固速度 R 是决定合金凝固时的形态和凝固后组成相尺寸大小的因素。由 G/R 值的大小来决定合金凝固时的形态变化,见图1。 G 、 R 的乘积又决定着枝晶臂距的大小,见图2。因此,如何控制温度梯度 G 和凝固速度 R 以及如何使 G 和 R 之间有一个合理的配合,将是从事定向凝固工作者关心的问题,也是进一步提高定向凝固高温合金的性能和涡轮叶片质量的关键问题。

本文通过改变快速定向凝固工艺中铸型移动速度来控制合金凝固速度的试验,研究凝固速度对DZ22合金柱状晶晶粒度在铸件上的均匀性、晶粒密度及枝晶臂距的大小、晶粒取向及对元素偏析、碳化物相、 γ - γ' 共晶相的影响,同时还测试了凝固速度对一些力学性能及热疲劳性能的影响。

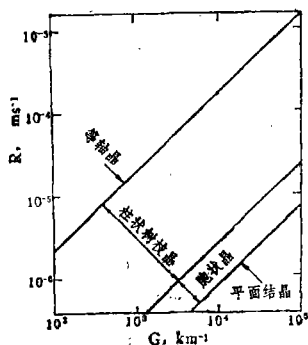


图1 高温合金定向凝固时, G/R 值对各种凝固形态的影响

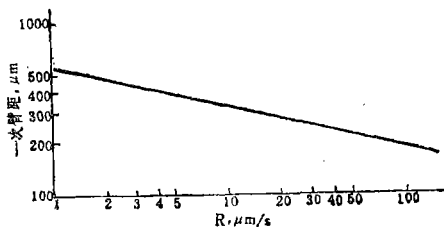


图2 定向凝固时,凝固速度对一次臂距的影响

试验是在真空下进行的,在固定铸型温度、浇注温度的情况下,分别以 $0.66 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ 、 $1.16 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ 和 $1.66 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ 的速度来移动铸型,试样尺寸为 $15 \times 70 \times 240 \text{ mm}$,一次制备两块,试样经晶粒腐蚀检查、测定晶粒数及尺寸,切取金相试样在低倍下检查枝晶组织,枝晶臂距,在高倍下检查碳化物, γ - γ' 相;在733型电子探针分析仪上进行探针分析,检查枝晶干,枝晶间的偏析度,在试板的上下取化学试末,分析元素偏析;利用 ω/γ 相结合的方法测定晶粒取向;在试板上切取力学测试试样,测试室温拉伸和 760°C 持久性能以及热疲劳性能。

试验结果表明:用控制铸型移动速度的方法,能达到控制合金凝固速度的目的,可得到合乎理想的定向凝固铸件。随着移动速度的加快,枝晶密度增大,碳化物呈质点状,共晶 γ - γ' 相的生长受到抑制,热疲劳性能得到改善。

在本试验的范围内移动速度的改变对元素在枝晶干和枝晶间的偏析无明显影响;对室温拉伸性能没有影响(包括横向拉伸); 760°C 下的持久性能以移动速度 $1.16 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ 为最好(性能高且波动小),晶粒取向也以此速度为最理想(上下均未超出 15°)。

本文对上述结果作了较粗浅的解释,由于设备条件的限制,未能得出破坏柱状晶生长的移动速度。