



中华人民共和国国家标准

GB/T 31309—2014

镍基高温合金电子空位数计算方法

Calculation of electron vacancy number in nickel-base superalloys

2015-12-05 发布

2015-09-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国钢铁工业协会提出。

本标准由全国钢标准化委员会(SAC/TC 183)归口。

本标准起草单位：贵州黎阳航空动力有限公司、安泰科技股份有限公司。

本标准起草人：刘庆琮、曹大明、肖清云、雷强、唐铎、付姗姗。

引 言

本标准适用于镍基高温合金中电子空位数计算,为评定镍基铸造高温合金组织稳定性提供依据。
本标准仅对电子空位数计算程序和步骤做出规定,与合金化学成分配套使用。

镍基高温合金电子空位数计算方法

1 范围

本标准规定了镍基高温合金的母合金及其铸件的电子空位数计算原理、计算步骤、计算方法和结果评定。

本标准适用于镍基高温合金电子空位数的计算,为评定镍基铸造高温合金组织稳定性提供依据。

2 原理

镍基铸造高温合金强化元素种类多,合金成分复杂,且各合金元素含量较高,易于形成可能对强度和塑性产生不利影响的沉淀相,尤其是 TCP 相,是合金长时间暴露在 700 °C 以上出现的,主要包括 σ 、 μ 、或者 Laves 相。这些相的形成规律与合金中 γ 固溶体的电子密度有关。对合金的电子空位数 N_v 值一般采用式(1)计算:

$$N_v = \sum_{i=1}^n m_i (N_v)_i \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- N_v ——合金的电子空位数;
- m_i ——合金 γ 固溶体的第 i 个元素的原子分数;
- $(N_v)_i$ ——第 i 个元素的电子空位数;
- n ——合金 γ 固溶体中元素的数目。

计算电子空位数时,应了解合金中的沉淀相,以及它们在合金中形成的顺序。一般顺序是硼化物沉淀、碳化物沉淀、形成 γ' 相。扣除这些相形成所占用的合金元素后,确定 γ 固溶体成分,然后计算电子空位数。

强化相沉淀顺序和 γ 固溶体成分计算原则如下:

- a) 镍、铬、钛和钼形成 $(Mo_{0.5}, Ti_{0.15}, Cr_{0.25}, Ni_{0.10})_3 B_2$ 型硼化物;
- b) 假设所有的碳都形成了 MC 和 $M_{23}C_6$ 类型的碳化物。则 MC 碳化物占有一半的碳,碳依次与钽、铌、锆、钛和钒反应,剩余的碳与铬、钼和钨反应,形成 $Cr_{21}(Mo, W)_2 C_6$;
- c) 剩余的铝、钛、钨、铌、钽、50%原始含量的钒、以及 3%原始含量的铬,与 3 倍的镍化合形成 γ' 相,即 $Ni_3(Al, Ti, Nb, Hf, Ta, 0.5V, 0.03Cr)$;
- d) 调整形成硼化物、碳化物和 γ' 相后剩余的铬含量;
- e) 调整由于形成的硼化物和 γ' 相而剩余的镍含量。

3 计算步骤

3.1 合金的电子空位数 N_v 应按以下顺序计算:

- a) 将每种元素的质量分数转换为原子分数;
- b) 计算硼化物和碳化物沉淀相;
- c) 计算 γ' 沉淀相;
- d) 计算剩余的 γ 固溶体成分;