

K14(TL-1)合金

由三机部六二一所、冶金部钢研院和上海钢研所联合研制的K14(TL-1)合金,在四二〇、三三一、四三〇厂和六〇六所,以及有关航空兵部队的大力支持下,先后制成了六个机种上的九种零件,进行了多次地面长期试车和空中飞行考验。结果证明,K14合金在涡喷型和涡桨型航空发动机上能够在900℃下长时间工作,使铁、镍基铸造高温合金的使用性能达到了新的水平。

K14合金是根据我国资源开发的情况,为了节约镍和铬的用量而研制的。目的是代替在850℃左右工作的航空涡轮发动机导向叶片用的镍基铸造合金。研制成功的K14合金不含稀缺贵重的合金元素,比性能相近的镍基合金的镍含量降低30~40%,铬含量降低20~30%。它主要靠钨、铬、铝、钛、硼等合金元素的适当配合进行强化,达到了较高的持久强度水平。

图1是K14和镍基合金K1、K12的拉逊-米勒曲线。用三种合金制造同样零件进行热冲击试验,结果列于表1。K14合金叶片在涡喷型和涡桨型发动机上使用前后的持久性能列于表2。这些数据表明,作为导向叶片材料使用,K14合金优于K12合金,而同K1合金相当;K14合金的性能可以满足这些发动机导向叶片的工作要求。

由于K14合金以铁镍为基体,其铬和铝的含量较低,牺牲了一些抗氧化和抗腐蚀性能。因此,在850℃以上长期工作时,应进行表面

渗铝防护。

K14合金的组织以 γ' 固溶体为基体,主要强化相是 γ' 和 M_3B_2 相。此外,还有微量的 η 、MC和Laves相。研究结果证明,在使用过程中,K14合金的组织相当稳定,TCP型的Laves相没有不良影响,保证了合金的性能稳定。

用真空感应炉熔炼K14母合金。零件的铸造用熔模精铸壳型,在低真空感应炉中重熔浇注,或在非真空感应炉中快速重熔直接翻转浇注;或在电渣炉中重熔浇注都可以达到冶金质量要求。零件经固溶处理后使用。试生产实践证明,合金的成份容易掌握,制造工艺比较简单,质量也不难控制。

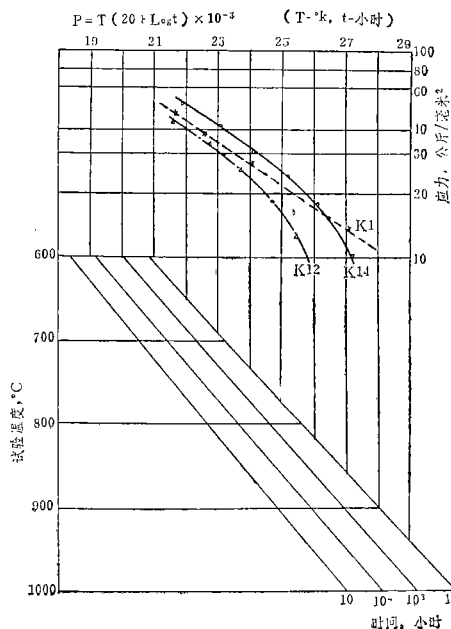


图1 K14和K1、K12合金的拉逊-米勒曲线

表1 K14和K1、K12合金的热冲击性能

试验批次	合金牌号	零件名称	试验温度 °C	发现裂纹时的 平均循环数目	备注
1	K14	涡桨型Ⅱ级导向叶片	20~840	123	试验五个样品
	K12	涡桨型Ⅱ级导向叶片	20~840	29.7	试验四个样品
2	K14	涡喷型Ⅰ级导向叶片	20~900	>250	试验三个样品
	K1	涡喷型Ⅰ级导向叶片	20~900	>250	试验两个样品

(下转第7页)

5000℃多小时以后，析出相仍为M₆C和Laves相，多数为颗粒状，数量比时效400小时后稍有增多，说明合金的组织还是比较稳定的。

长期时效后由于第二相的析出，使合金的室温强度提高，塑性下降，最低时为13%左右，高温机械性能变化较小，疲劳性能则有些变坏。

应用概况

曾用GH15合金板材代替镍基合金GH44、GH39和GH30制成新型涡轮喷气发动机系列原型和乙型火焰筒，在原型机上参加了一次400小时台架长期试车考验，在乙型机上则通过了两次150小时试车考验，满足了发动机的工作要求。试车后检查，火焰筒上发现有程度不同的裂纹、变形等故障，这些故障都是该型火焰筒寿命期满后的常见故障，未影响发动机的正常工作。比较起来，①GH15火焰筒的局部鼓包变形比GH44稍重些，这可能是GH15合金的高拉强度比GH44稍低，因此合金抗局部过热变形的能力差些；②GH15火焰筒燃气导管孔边横向裂纹和纵向裂纹的产生机率比GH44要大些。经分析，这两种裂纹都属于机械疲劳裂纹，GH15合金在中温（550℃左右）的疲劳强度比镍基合金稍低些，因此产生裂纹的机率会大些。

乙型火焰筒安装边原设计选用镍基合金

GH30制造，试车20~50小时后就产生严重裂纹，成为该型发动机长期不能定型的主要关键之一。后来选用热强性更高的GH15合金棒材制造火焰筒安装边，先后经过四次长期试车考验，每次试车发动机实际工作时间为130~200小时，试车后安装边上均未发现裂纹，情况良好，满足了发动机的使用要求，为乙型发动机的设计定型作出了贡献，发动机的寿命可以延长一倍。GH15合金制造的火焰筒安装边现已投入批生产。

甲型火焰筒原来存在着与乙型火焰筒相似的问题，后来在延寿试车中采用GH15棒材制造火焰筒安装边，长期试车后效果良好，准备投入批生产。火焰筒寿命亦可延长一倍。

总的看来，GH15合金的综合性能和镍基合金ЭИ868和Hastelloy X的水平相当，GH15的拉伸和持久强度都比GH30高出许多，即在相同的应力条件下，GH15合金的工作温度比GH30高出100℃以上。因此GH15合金可以作为ЭИ868和Hastelloy X的代料使用，也可代用性能较低的GH39和GH30合金。每使用一吨GH15合金代替GH30时，可为国家节约镍410公斤，用以代替GH44时则可节约镍220公斤，因此具有很大的推广使用价值，尤其是那些材料利用率比较低的安装边、承力环等镍基合金锻件，采用GH15合金代替时经济效果会更大些。

（黄福祥 执笔）

（上接第40页）

表2 K14合金使用前后的持久性能*

试验批次	零件名称	状态	持久性能			
			试验温度 ℃	应力 公斤/毫米 ²	寿命 小时	断裂延伸率 %
1	涡桨型Ⅱ级导向叶片	试车前	850	25	47:30	2.3
		2051小时试车后	850	25	41:40	3.0
2	涡喷型Ⅰ级导向叶片	使用前	850	25	—	5.5
		飞行183小时后	850	25	187:50	6.8 ^a

* 测试性能的试样自叶片上的高温区切取，经机械加工制成。试样为微型非标准规格。所列数据是三个试样的平均值。