

GH15合金在火焰筒安装边上的选用

黎阳机械公司 王佩秋

GH15合金是国内研制的一种高性能的铁镍基高温合金,用我国富有的总量约10%的钨钼元素对奥氏体进行复合强化,使合金在保持高塑性和优良的抗氧化性的同时,大大地提高了热强性,同时也具有良好的冲压、焊接和热加工等工艺性能。其综合性能水平和苏美广泛应用的镍基合金 Inconel 718 和Hastelloy X相当。热强性则稍高于上述合金,适于制造在900~950℃以下工作的航空发动机燃烧室零部件(合金的综合介绍见本刊1980年第6期)。

我公司生产的一种原型发动机火焰筒安装边,是采用GH30镍基合金制造的,其性能一直比较稳定。为了提高该机的性能,设计部门对其进行了改进,定名为改型机。该机在长期试车50小时后,发现在火焰筒安装边两侧靠上部圆弧转接处产生裂纹(见图1),有的发动机甚至在试车至20小时后就产生安装边裂纹,严重影响发动机的定型。

经分析认为,裂纹的产生与设计结构无关,主要是GH30合金热强性不够所致。因为原型机的涡轮前温度 T_3^* 为915℃,而改型机为1015℃,提高了100℃。对此,设计部门曾用变色漆对安装边的工作温度进行测量,结果达950℃。显然,作为在800℃以下使用的GH30合金是不能承受这样的高温的。改型机火焰筒

安装边在工作中所承受的冷热疲劳和振动负荷均比原型机的条件恶劣得多,继续使用GH30合金已不适宜,必须选用耐热性能更高的材料。经对比决定选用GH15铁镍基高温合金。

选用GH15合金代替GH30合金,制造改型机火焰筒安装边,以排除裂纹故障,是基于以下理由:

(1)GH15合金是结合国内资源研制的铁镍基合金,适于制造在900~950℃以下工作的燃烧室部件,综合性能与镍基合金GH44相当;

(2)根据合金的性能对比(表1~3),GH15合金在相同应力下的使用温度比GH30合金可提高100~150℃。如GH15合金在800、900℃的特久强度为GH30合金的3~4倍、蠕变强度为5~7倍、瞬时拉伸强度比GH30高80%左右;冷热疲劳性能也高于GH30合金;

(3)在1972~1973年我公司曾以GH15合金板材代替GH44板材制造原型机火焰筒通过了二次200小时长期工艺试车,情况良好。

据此以GH15合金代替GH30合金制造改型机火焰筒安装边,于1978年装机进行100小时国家鉴定试车,同年12月顺利通过,另外还通过了多次长期工艺试车。经故检均未发现问题。并于1979年完成了试飞工作。由于GH15合金制安装边排除了裂纹故障,该机于1979年顺利通过了设计定型,并为以后的200小时延寿打下了良好的基础,1983年9月经航定委进行生产定型验收。

鉴于GH15合金制改型机火焰筒安装边通过了国家鉴定试车和飞行考验,于1979年对GH15合金进行了鉴定。鉴定报告指出,用GH15合金排除了发动机原相应部位用材的故障,满足了发动机的使用要求,为改型机的定

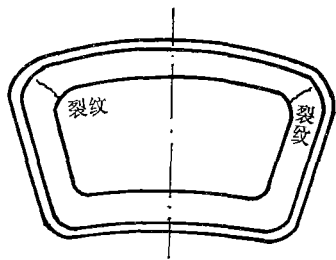


图1 安装边裂纹示意图

表 1 GH15与GH30合金主要化学成分

元素 牌号	碳	铬	镍	钨	钼	铌	钛	铝	铁
GH15	≤0.08	19.0~22.0	34.0~39.0	4.8~5.8	2.5~3.2	1.1~1.6	—	—	余
GH30	≤0.12	19.0~22.0	≥75	—	—	—	0.15~0.35	≤0.15	≤1.00

表 2 GH15、GH30、GH39、GH44 合金不同温度的拉伸性能

温 度 °C	GH15		GH44		GH39		GH30	
	σ_b	δ_5	σ_b	δ_5	σ_b	δ_5	σ_b	δ_5
20	75.4	47.9	79.1	60.1	85.8	47.5	77.1	41.5
400	63.3	48.3	—	—	74.2	58.6	70.3	47.0
500	64.4	48.6	—	—	71.8	57.9	67.8	43.7
600	60.9	50.6	—	—	70.0	50.4	56.4	—
700	48.9	42.7	47.6	52.2	50.9	48.5	35.9	51.0
800	32.6	77.1	35.6	55.8	29.0	76.2	17.8	70.5
900	19.8	101.5	22.6	63.9	16.4	67.7	11.1	70.5

注：摘自合金试制总结。

表 3 GH15、GH30、GH39、GH44 合金特久及蠕变强度对比

牌 号	100小时持久强度极限及延伸率				蠕 变 极 限	
	800°C		900°C		$\sigma_5/100$	
	σ_{100}	δ_5	σ_{100}	δ_5	800°C	900°C
GH15	12.0	—	5.6	—	10.0	4.8
GH44	11.0	23	5.2	25	8.3	3.4
GH39	8.0	44	2.9	58	4.3	1.4
GH30	4.5	—	1.5	—	1.8	0.7

注：摘自高温合金手册。

型做出了贡献。材料的生产工艺也已定型，质量比较稳定，因此GH15合金和用该合金棒材制造的零件都具备了定型条件并可以投产使用。

与改型机相类似的另一种机的火焰筒安装边，原来也用GH30合金制造。为了降低安装边的工作温度，要在火焰筒燃气导管上打无数个发散冷却小孔，工艺复杂，成本提高。但由于裂纹故障，火焰筒寿命只能定为50小时。后来也选用了GH15合金制造安装边，不用打发散孔火焰筒寿命已提高到100小时，并准备继续延长到200小时。

目前，我们已将GH15合金应用于寿命为

200小时的改型机向外出口，同时该合金还有扩大用于另一种新机制造类似零件的可能性。该合金虽然目前制造的零件较单一，但用量在不断扩大，生产厂已由上钢五厂扩展到抚顺钢厂和大冶钢厂。

综上所述不难看出，我国自行研制的GH15合金，是一种具有实用价值和发展前途的铁镍基高温合金。使用该合金不仅排除了火焰筒安装边的裂纹故障，还可为国家节约大量战略元素镍。以生产100台发动机计算，可为国家节约镍3吨左右，合人民币6万元（指节镍价）。为此应进一步考虑扩大该合金的应用范围，使其在生产使用中发挥更大的技术经济效益。