

添加微量Mg、Zr对GH33A合金涡轮盘性能的影响

四六〇厂 陈为山

摘 要

本文总结了添加微量Mg、Zr对GH33A合金涡轮盘性能的影响,发现该合金涡轮盘的持久性能明显提高,缺口敏感得以消除,热加工性能得到改善。

一、前 言

GH33A合金是一种良好的涡轮盘材料,具有高的屈服强度和疲劳性能,已成功地用于制作涡喷七型发动机的涡轮盘。但若进一步用于高性能发动机,则该合金的持久性能没有富裕度。为了改善GH33A合金的持久性能,进行了在合金中加入微量元素Mg和Zr的试验。结果表明,合金中加入微量Mg、Zr后,持久性能明显提高,缺口敏感得以消除,涡轮盘的热加工性能得到改善。

二、含Mg、Zr的GH33A合金的力学性能

从抚顺钢厂真空感应+真空自耗双联工艺熔炼的、炉号为2H210087、加Mg、Zr的GH33A合金涡轮盘模锻件取样,进行了力学

性能试验(试样的热处理制度:淬火 $1080 \pm 10^\circ\text{C} \times 8\text{h}$ 空冷+时效 $750 \pm 10^\circ\text{C} \times 16\text{h}$ 空冷),试验结果列于表1和表2。为了对比Mg、Zr的影响,在上述表中一并列入了未加Mg、Zr的GH33A合金的相应力学性能数据。

从表1数据可以看出,在GH33A合金中添加微量Mg、Zr对室温和 400°C 的拉伸性能没有明显影响,但却提高 750°C 的持久性能。含Mg、Zr的GH33A合金的持久寿命比不含Mg、Zr的GH33A合金高1.5~2倍,持久塑性大幅度提高(持久延伸率由原 $<5\%$ 提高到 $>15\%$,断面收缩率由原 $<7\%$ 提高到 $>23\%$)。尤其值得指出的是含Mg、Zr的GH33A合金没有缺口敏感性,这对航空发动机涡轮盘来说,无疑是一个重要的指标,可以改善涡轮盘的使用性能。

表2表明添加微量Mg、Zr对GH33A合金的疲劳性能没有明显影响。

三、结 语

SY 14胶是新型的环氧-聚砜高温结构胶粘剂,是用无溶剂挤出工艺制得的胶膜,胶接磷酸阳极化表面处理的铝合金可以制得综合性能好,耐久性优良的接头。SY 14胶室温贮存期长,使用工艺简便;制备蜂窝结构时,芯子不需浸胶瘤;可改善劳动条件,提高工效。SY-14胶使用性能好,可用于 $-55 \sim 175^\circ\text{C}$ 温度范围内工作的航空航天器及其他产品。

参 考 资 料

[1] Weber, C.D. and Cross, M.E. High

Flow Structural Adhesives, 18th.

[2] Adhesive Age, Vol. 19 (1976) No. 12, 17.

[3] GB Pat. 1169613.

[4] 唐发伦等, 航空材料, (1984) No. 1, 8.

[5] 航空工业部六二五研究所, 胶接装配工艺参数试验报告, 1984.4.

[6] 航空工业部六〇一研究所, 歼八机无孔蜂窝胶接结构研究, 1984.4.

[7] 陈遵虞, 自力-4胶(SY-14胶)在331工程尾翼上的应用, 1983.4, 5703厂.

[8] 刘青苑, 自力-4胶粘剂应用报告, 航天部703所 1982.2.

表 1

铸 炉 号	室 温 性 能	400°C性能				750°C持久				备 注
		σ_b	$\delta_{0.2}$	ψ	a_k	HB	应力 MPa	光 滑 持 久 τ_H 时:分	0.5mm缺口持久 τ 时:分	
		MPa	MPa	%	kl/m ²	{d} mm	MPa	δ_5 , %	ψ , %	
抚顺钢厂 2H210087	含Mg、Zr	1206	912	28.0	31.0	774.7	343	284; 30	18.8	30.0
						3.4				
		1157	873	20.6	20.5	779.6	392	73; 20	23.6	30.0
						3.4				
上钢五厂 922-30	不含Mg、Zr	1249	870	29.5	37.1	741.4	412	54; 40	16.0	26.3
		1255	860	31.0	34.8	699.2	343	57; 20	28.0	26.4
								145; 50	4.1	5.93
								155; 30	0.80	1.58
								74; 45	2.0	2.41
								93; 30	3.6	4.77
								91; 25	2.0	4
								69; 00	2.64	2.18
										0.6
										88; 50
										417; 30
										544; 30
										87; 00
										1071; 50
										>1470; 00
										598; 00
										711; 30

表 2 疲劳性能

钢厂	炉 号	700°C光滑		700°C缺口	
		σ_{-1} MPa	N 次	σ_{-1} MPa	N 次
抚顺钢	2H210087	412	$>10^7$	284	3.85×10^6
		431	0.43×10^6	265	$>10^7$
		412	$>10^7$	284	$>10^7$
		431	$>10^7$	304	0.2×10^6
齐钢	92811	412	$\approx 10^7$	265	$>10^7$
				284	1.39×10^6

三、含Mg、Zr的GH33A

合金的工艺性能

图 1 为抚顺钢厂绘制的塑性图, 从图中可以看出, 含 Mg、Zr 的 GH33A 合金在 1000~1150°C 之间具有最佳的热锻塑性, 在此温度范围内一次变形量可达 80% 而不开裂。该合金在齐齐哈尔第一重型机器厂 12000 吨水压机上模锻时, 锻件充满性能良好, 锻件表面未发现模压裂纹, 表面光滑而平整; 而上钢五厂提供的双真空冶炼的不含 Mg、Zr 的 GH33A 合金的涡轮盘表面均出现大小不一的辐射式和周向的裂纹, 这表明 GH33A 合金中添加微量 Mg、Zr, 不但能提高 GH33A 合金的性能, 而且能改善双真空冶炼的 GH33A 合金的工艺性能。

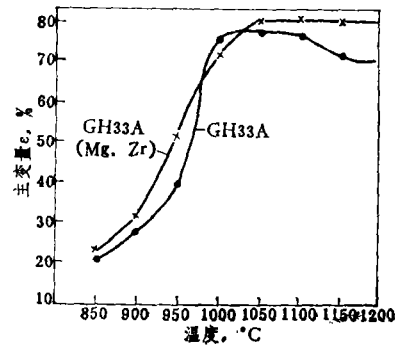


图 1 GH33A (含Mg、Zr) 合金塑性图

四、含Mg、Zr的GH33A合金的组织

含 Mg、Zr 的 GH33A 合金是在 GH33A 合

金的基础上添加微量元素Mg和Zr,其组织与GH33A一样,晶界主要是链状分布的 Cr_{23}C_6 ,晶内是弥散的 γ' 相,合金中 γ' 含量经测定为13.06%,碳化物为0.295%。

含Mg、Zr的GH33A合金的晶粒长大曲线见图2。从图中可看出,含Mg、Zr的GH33A合金的晶粒长大倾向在1000~1150℃之间明显比GH33A小。因此,含Mg、Zr的GH33A合金涡轮盘的低倍组织晶粒度均匀细小,从上百件盘表面腐蚀检查中未发现粗大晶粒。

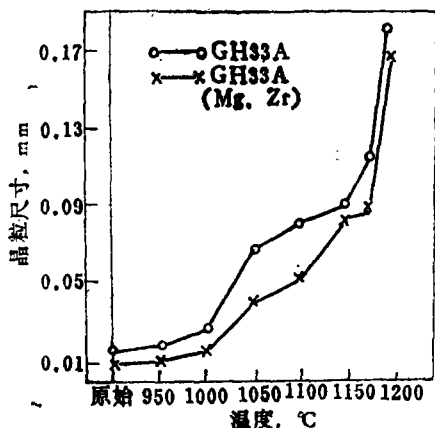


图2 GH33A (含Mg、Zr) 晶粒长大曲线

五、分析和结论

在GH33A合金中添加微量元素Mg、Zr,明显地提高合金的持久寿命和持久塑性,消除合金的缺口敏感,改善合金的工艺塑性,使GH33A合金的力学性能和工艺性能得到了全面改进。

据一些文献所述,Mg在GH33A合金中偏聚晶界,填补晶界的空穴,并与合金中的硫等低熔点杂质元素相结合,形成高熔点的化合物。由于Mg、Zr微量元素净化GH33A合金的晶界,起分散和细化晶界碳化物的作用,而改善合金的晶界强度,使GH33A合金的晶内、晶界强度差异缩小以致达到平衡,从而导致GH33A合金的持久性能和断裂韧性的提高、缺口敏感的消除以及双真空冶炼合金工艺塑性的改善。

(上接第43页)

1. 宣传贯彻上级有关文件和指示,做好行业内的材料标准化工作;

2. 实现本行业内产品材料的标准化、系列化和通用化;

3. 编制本行业的标准体系表和标准化规划,及时编制年度标准化计划,协助标准化技术归口单位组织实施;

4. 组织同行业采用国际标准和国外先进标准的工作;

5. 开展对标准贯彻执行情况的讨论,交流和推广材料标准化经验,表彰先进;

6. 编辑出版标准化活动网刊物《标准网通讯》。

活动网统一由航空部材料、热工艺标准化技术归口单位(六二一所)牵头,由成员厂选出网长1人,副网长若干人,负责组织日常工作,落实计划,开展活动。



全国芳纶学术会议在厦门召开

全国芳纶学术及科技情报协作组工作会议于1987年12月14~17日在厦门召开。参加会议的有清华大学、中科院及化工、纺织、航空、航天等部门的74名代表,提交了28篇论文报告。内容包括我国在芳纶原料、缩聚、纺丝的基础研究与设备研制,赴美考察Kevlar纤维情况以及芳纶技术在航空航天方面的进展。这是我国芳纶学术交流的一次盛会。与会代表对我国当前芳纶研究工作中存在的问题及今后发展提出了积极的建议,认为首先应对目前使用的对苯二甲酰氯单体的三条合成路线确定一条最经济合理的,以便及早定点生产。

(熊大爻供稿)

