

(19) 中华人民共和国国家知识产权局



(12) 发明专利  
(解密公告)

(45) 授权公告日 :2008-10-15

---

(21) 申请号 200410021522.6

(22) 申请日 2004-07-22

(54) 发明或实用新型名称 一种叶片用钛合金

(73) 专利权人 沈阳黎明航空发动机(集团)有限责任公司

地址 沈阳市大东区东塔街六号

(72) 发明人 邵清安 国振兴 杨树林 崔树森 李阁平 曹京霞 马凌霄 王志宏 刘玉萍 韩立夫 王丽 魏寿庸 李明强

(74) 专利代理机构 中国科学院西安专利中心

代理人 任越

(51) Int. Cl. C22C14/00

法律状态 终止

专业领域 先进材料与制造

所属军工集团 其他企业

一级技术分类 材料

二级技术分类 金属材料

三级技术分类 钛合金

四级技术分类

[0001] 一种叶片用钛合金,其特征在于该钛合金的化学成份为,重量百分比:Al5.5~6.8、Mo2.0~3.0、Cr0.8~2.0、Fe0.2~0.7、Si0.15~0.40、Zr<0.5、C<0.1、O<0.15、H<0.015、N<0.05、Ti余量。本发明钛合金具有良好的室温性能和高温性能,完全满足第三代飞机发动机的设计要求。

1. 一种叶片用钛合金,其特征在于该钛合金的化学成份为,重量百分比:Al5.5~6.8、Mo2.0~3.0、Cr0.8~2.0、Fe0.2~0.7、Si0.15~0.40、Zr<0.5、C<0.1、O<0.15、H<0.015、N<0.05、Ti余量。

2. 按照权利要求1所述叶片用钛合金,其特征在于:其中Al6.2~6.6。

3. 按照权利要求1所述叶片用钛合金,其特征在于:其中Mo2.2~3.0。

4. 按照权利要求1所述叶片用钛合金,其特征在于:其中Cr1.2~1.8。

5. 按照权利要求1所述叶片用钛合金,其特征在于:其中Fe0.3~0.5。

6. 按照权利要求1所述叶片用钛合金,其特征在于:其中Si0.2~0.40。

7. 按照权利要求1所述叶片用钛合金,其特征在于:其中O<0.12。

8. 按照权利要求1~7之一所述叶片用钛合金,其特征在于:其中的Mo用W部分替代,替代量<0.3。

9. 按照权利要求1~7之一所述叶片用钛合金,其特征在于:含有Mn、Cu、Ni、V、Sn杂质,单个杂质含量<0.1,总含量<0.3。

10. 按照权利要求9所述叶片用钛合金,其特征在于:其中Cu和Ni的总量<0.1。

## 一种叶片用钛合金

## 技术领域：

[0001] 本发明涉及钛合金，特别提供了一种发动机叶片用高温高强钛合金。

## 背景技术：

[0002] TC6钛合金是一种 $\alpha + \beta$ 型两相可热处理强化的钛合金，具有较高的室温强度，根据需要可选择多种热处理制度。在450℃以下具有良好的热强性，还具有优良的热加工工艺性能。变形抗力小，塑性高，可以进行焊接和各种方式下的机械加工，在飞机和发动机上已经得到了广泛的应用。但是作为发动机叶片用棒材，要求室温性能： $\sigma_b \geq 980\text{MPa} \sim 1180\text{MPa}$ ， $\delta_5 \geq 12.0\%$ ， $\psi \geq 35\%$ ， $A_k \geq 24\text{J}$ ， $HB(d) 3.2 \sim 3.7\text{mm}$ ， $K_{CT} \geq 0.8\text{kgf} \cdot \text{m}/\text{cm}^2 (78.4\text{J}/\text{cm}^2)$ ，高温性能：400℃拉伸 $\sigma_b \geq 685\text{MPa}$ ，400℃持久 $\sigma = 685\text{MPa}$   $\tau \geq 50\text{h}$ ；450℃拉伸 $\sigma_b \geq 635\text{MPa}$ ，450℃持久 $\sigma = 570\text{MPa}$   $\tau \geq 50\text{h}$ 。此外，对叶片成品要求有优良的高周疲劳性能，疲劳寿命达 $2 \times 10^7$ 以上。现有的TC6钛合金远远不能满足要求。

## 发明内容：

[0003] 本发明的目的在于提供一种叶片用钛合金，其具有良好的室温性能和高温性能，以满足第三代飞机发动机的设计要求。

[0004] 本发明具体提供了一种叶片用钛合金，其特征在于该钛合金的化学成份为，重量百分比：Al 5.5~6.8、Mo 2.0~3.0、Cr 0.8~2.0、Fe 0.2~0.7、Si 0.15~0.40、Zr < 0.5、C < 0.1、O < 0.15、H < 0.015、N < 0.05、Ti余量。

[0005] 本发明叶片用钛合金中，优选地Al 6.2~6.6。

[0006] 本发明叶片用钛合金中，优选地Mo 2.2~3.0。

[0007] 本发明叶片用钛合金中，优选地Cr 1.2~1.8。

[0008] 本发明叶片用钛合金中，优选地Fe 0.3~0.5。

[0009] 本发明叶片用钛合金中，优选地Si 0.2~0.40。

[0010] 本发明叶片用钛合金中，优选地O < 0.12。

[0011] 本发明叶片用钛合金中，Mo可以用W部分替代，替代量 < 0.3。

[0012] 本发明叶片用钛合金中，还可以含有Mn、Cu、Ni、V、Sn等杂质，单个杂质含量 < 0.1，总含量 < 0.3。其中Cu和Ni的总量最好控制在 < 0.1。

[0013] 本发明叶片用钛合金中，单一成分对相变点的影响没有很好的规律性，经分析法相，Al当量的上升作用与Mo当量的降低作用形成的综合机制影响。抗拉强度随Al当量与Mo当量值和增加而增加，即随合金化程度的提高而提高。

[0014] 大量的实验发现，本发明叶片用钛合金的等轴组织与双态组织具有令人满意的室温、高温力学性能；片状组织的延伸率和面缩远低于塑性指标。等轴组织断口全部为深而薄的正韧窝；双态组织为“蚕状”韧窝与浅韧窝的组织；片状组织为解理断口。

[0015] 本发明叶片用钛合金的等温退火制度为：

[0016] 固溶温度880~950℃/转炉，时效处理500~650℃/]~6小时，空冷。

[0017] 双重退火制度为:

[0018] 固溶温度880~950℃/空冷,时效处理500~650℃/1~6小时,空冷。

[0019] 对于超出期望值的成分,且其相变点在标准规定的范围内,如果相变点大于980℃,应调整固溶处理温度为900~920℃,其它不变;相变点小于960℃时,应调整固溶处理温度为880~900℃,其它不变。

[0020] 经多次批量试验证明,本发明叶片用钛合金棒材性能达到,室温性能: $\sigma_b$  995MPa~1140Mpa,  $\delta_5$  16%~20%,  $\Psi$  39%~55%, Ak36~62J, 高温性能:400℃拉伸  $\sigma_b$  755MPa~815Mpa, 450℃持久  $\sigma_b=570$ Mpa  $\tau=232\sim 303$ h。并且将本发明钛合金用于某大修机修易损件风扇I~IV级转子、和高压压气机I~III级转子叶片、堵盖、螺母等30多件零件的制造,所制备出的零件上机使用均达到了设计要求,并经过了长期的试车考核。

#### 具体实施方式:

[0021] 实施例中的钛合金首先由化学计量的海绵钛与合金添加剂在真空感应炉上经三次熔炼制备出铸锭;在 $\beta$ 区开坯锻造,即将铸锭加热到相变点以上100~200℃,在3150t水压机上经多次锻造,锻造必须减小变形死区,以获得均匀细碎的宏观组织;再用1250t水压机在近 $\beta$ 加热的两相区进行中间锻造,经多火次锻至成品精锻坯料;最后在SXP-13型径向锻造机上进行成品锻造,采用 $T_m-30\sim 70$ ℃加热的两相区锻造,经两至三次锻至成品尺寸棒材。实施例的化学成份见表1.性能见表2。棒材经900℃,保温90min退火,随炉冷却到600℃,保温120min空冷处理后的力学性能结果见表2,符合Q/3B259标准的要求。

[0022]

表 1 合金棒材原材料化学成分

	C	Si	Zr	Mo	Cr	Fe	Al	N	H	O
实施例 1	0.02	0.29	≤0.1	2.4	1.4	0.35	6.4	0.009	0.006	0.12
实施例 2	0.01	0.28	≤0.001	2.4	1.35	0.46	6.5	0.011	0.006	0.09
实施例 3	0.01	0.34	≤0.01	2.4	1.35	0.46	6.5	0.011	0.006	0.09
实施例 4	0.10	0.36	< 0.50	2.37	1.46	0.39	6.5	0.05	0.015	0.15
实施例 5	0.03	0.30	< 0.50	2.5	1.50	0.4	6.5	0.005	0.015	0.15

[0023]

表 2 合金的室温高温性能

	室温性能						高温瞬时			高温持久		
	$\sigma_s$ MPa	$\delta_s$ %	$\psi$ %	HB (d) mm	Ak J/cm <sup>2</sup>	温度 °C	时间 min	$\sigma_b$ MPa	$\sigma$ MPa	温度 °C	时间 h:min	
实施例 1	1100	18	46	3.40	36	400	20	810	685	400	50:30 未断	
	1120	16	39	3.41	44	400	20	805	685	400	50:30 未断	
实施例 2	1100	18	47	3.38	40	450	20	770	570	450	236:08 断	
	1100	18	46	4.30	41	400	20	810	570	450	325:03 断	
实施例 3	1110	19	43	3.44	43	400	20	795	685	400	327:03 断	
	1140	18	37	3.37	35	400	20	820	685	400	50:30 未断	
实施例 4	1050	18	45	3.45	36	400	20	765	685	400	50:30 未断	
		19	39	3.49	38	450	20	780	685	400	50:30 未断	
	1100	18	45	3.45	36	400	20	765	685	400	50:30 未断	
		19	39	3.49	38	450	20	780	685	400	50:30 未断	
实施例 5	1080	18	44	3.43	39	450	20	760	570	450	325:03 断	
	1140	18	41	3.43	45	450	20	790	570	450	327:03 断	