

Ti-15-3 钛合金的应用研究

Application Study of the Ti-15-3 Titanium Alloy

北京航空材料研究院 王庆如 张庆玲 陈玉文 储俊鹏

成都飞机工业公司 戴美云 王鲁峰 杨瑜生 黄仲田

北京航空航天大学 王世洪 沈桂琴

Wang Qingru Zhang Qingling Chen Yuwen Chu Junpeng

(Institute of Aeronautical Materials, Beijing)

Dai Meiyun Wang Lufeng Yang Yusheng Huang Zhongtian

(Chengdu Company of Airplane Industry)

Wang Shihong Shen Guiqin (Beijing University of Aeronautics and Astronautics)

[摘要] 研究了冷加工对 Ti-15-3 合金时效性能的影响,并研究了该合金的冷成形性能及零件制造工艺,为 Ti-15-3 高强钛合金钣金零件的应用提供了经验。

关键词: Ti-15-3 钛合金 零件制造 应用

[Abstract] The effects of cold processing on ageing properties of the Ti-15-3 alloy have been studied, the cold formability and manufacturing processes of parts of this alloy have also been investigated, which provides experiences for the applications of sheet metal parts of the Ti-15-3 high strength titanium alloy.

Keywords: Ti-15-3 titanium alloy part manufacture application

1 前言

Ti-15V-3Cr-3Sn-3Al (Ti-15-3) 合金是 80 年代初研制成功的新型 β 钛合金。该合金在 B1B、A10 飞机和直升机上已得到广泛应用。文献 [1] 报道了 Ti-15-3 钛合金的全面性能,证明该合金具有优良的综合力学性能,无疑为该合金的应用提供了依据。本文则进一步在 Ti-15-3 合金的应用技术方面进行了研究,包括冷加工对时效性能的影响、冷成形工艺性能以及零件制造工艺等。通过大量的试验研究工作,突破了 Ti-15-3 合金冷成形回弹大的关键技术。首次实现了这种高强钛合金的冷成形技术,制造成功比较复杂的飞机阻力伞梁组件。该件已通过静力试验,并实际应用。这一新的制造技术是钛合金零件制造工艺上的一次飞跃,为高强钛合金钣金零件的应用开辟了道路。

2 材料及试验方法

所研究的材料,采用真空自耗电弧炉熔炼的 B2061 炉铸锭。合金化学成分为 (wt %): 15.25V, 2.80Cr, 3.03Sn, 2.98Al, 0.09Fe, 0.010C, 0.010N, 0.0024H,

0.12O, 余量 Ti。铸锭经 β 区开坯锻造,并在 β 区热轧,然后冷轧成 0.8, 1.2, 1.5mm 薄板。材料经固溶退火后用碱酸洗的方法去除氧化皮,然后经过时效处理和吹砂酸洗制成试样。拉伸试样按 ASTM E8 的规定,工作部分宽度为 12.5mm,标距长 50mm。

冷成形工艺参数试验按 HB6140-87 进行。

3 试验结果及分析

3.1 冷加工对时效性能的影响

Ti-15-3 合金板材在冷成形以后能否直接进行时效处理,还是先重复固溶处理后再进行时效处理,这关系到零件的制造工艺,为此研究了冷加工的影响。图 1 表示强度塑性关系及冷加工的影响(设想是线性关系)。图中固溶时效曲线为 4 个炉号 288 个横向试样的回归分析统计值。

从图 1 可以推算出,如果只有冷加工进行强化,当拉伸强度大约在 1300MPa 时,塑性会变为零,然而冷加工之后时效,塑性水平为零时的拉伸强度大约增加到 1670MPa。不经过冷加工,只经过时效后塑性水平为零时,得到的拉伸强度大约达到 1930MPa。因为 1670MPa

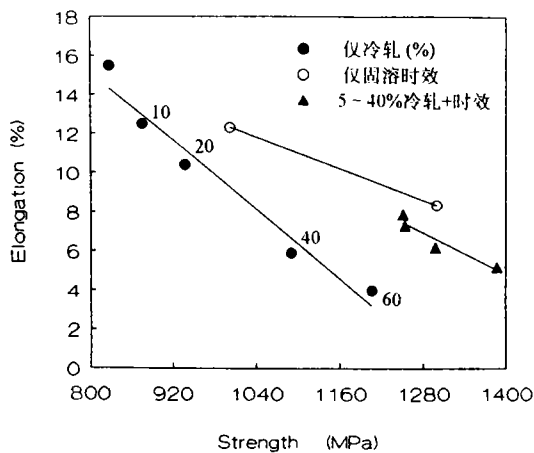


图1 强度塑性关系及冷加工的影响

这个值是大大地超过使用要求的设想,所以成形零件直接时效是安全的方法。不管时效前是否经过成形,当拉伸强度低于大约 1380MPa 时,典型的延伸率将大于 5%。

表 1 给出了冷加工时效后的热稳定性能。从表 1 的结果可以看出,即使经过 20%冷加工并时效的材料,在 300℃, 500h 热暴露后的拉伸强度只比热暴露前增加 13MPa,而延伸率最多降低 0.8%。说明冷加工时效后的材料基本是稳定的,并且延伸率在 5%以上。这进一步说明零件在冷成形(一般变形量在 10%以下)以后直接时效是安全的。还应指出的是,零件在冷成形以后不允许重复固溶处理,因为冷加工接近临界变形程度,在固溶处理后会使得 β 晶粒急剧长大,时效后塑性恶化。

表 1 冷加工时效后的热稳定性能

厚度 (mm)	状态	热暴露条件	σ_b (MPa)	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	δ (%)
1.8	冷轧 10%+ 540℃, 8h, AC	未暴露	1294	1214	7.3
		300℃, 500h	1297	1212	6.7
	冷轧 10%+ 520℃, 10h, AC	未暴露	1383	1303	5.4
		300℃, 500h	1396	1302	5.2
1.6	冷轧 20%+ 540℃, 8h, AC	未暴露	1289	1194	7.0
		300℃, 500h	1302	1215	6.2
	冷轧 20%+ 520℃, 10h, AC	未暴露	1398	1320	4.8
		300℃, 500h	1411	1317	5.0

3.2 冷成形工艺性能

Ti-15-3 合金最主要的优点是能在室温下成形零件,因此研究它的冷成形工艺性能很必要。板材的冷成形工艺性能见表 2~4。由表 2~4 的数据可以得到以下结果:

(1) Ti-15-3 合金具有优良的弯曲性能,其弯曲系数最小可达 0.5 左右,但回弹角很大,接近 10°。在实际零件的生产中,由于 β 合金产生桔皮效应,弯曲系数一般取 2~3。

(2) Ti-15-3 合金有很高的杯突值,与工业纯钛相当。

(3) Ti-15-3 合金也有很好的拉深、扩孔和下陷性能。

3.3 零件制造工艺

Ti-15-3 合金具有优良的冷成形工艺性能,很适合

制造钣金构件。为了扩大应用,本研究选择了比较复杂的零件——阻力伞梁(见图 2),作为首次应用的典型零件。

表 2 板材的弯曲性能

厚度 t, mm	热处理 状态	取样 方向	最小弯曲半径 R_{min} , mm	弯曲系数 R_{min}/t	平均回弹角 (°)
1.5	800℃, 6min, AC	L	0.8	0.53	9.0
		T	1.0	0.67	8.0
1.2	AC	L	0.6	0.50	8.0
		T	0.8	0.67	9.5
0.8	800℃, 8min, AC	L	0.4	0.50	9.0
		T	0.4	0.50	8.5

注:最小弯曲半径为试样刚出现裂纹前的弯曲半径

