

飞机结构应用 Ti-1023 钛合金应注意的问题

飞机 钛合金
Ti-1023 零件 设计

制造

王哲

西安飞机设计研究所, 阎良 710089

V252.2
V262.3

Ti-1023(Ti-10V-2Fe-3Al)合金是美国70年代开发的近 β 型钛合金。该合金兼有亚稳 β 钛合金的诸多优点而不丧失 $\alpha+\beta$ 型钛合金的固有特性,具有比强度高、断裂韧性好、淬透截面大、各向异性小、锻造温度低和抗应力腐蚀能力强等优点,并且该合金可通过热处理获得强度、塑性及韧性好的匹配,用作316℃以下工作的构件。Ti-1023的强度指标与30CrMnSiA和40CrNiMoA相当,密度仅为4.65g/cm³。飞机结构30CrMnSiA和40CrNiMoA制件较多,如机身与机翼、平尾、垂尾对接接头,支座,发动机连接接头,机构运动滑轨等;用Ti-1023代替强度水平为1100MPa的30CrMnSiA结构钢,可减重40%,用以代替Ti-6Al-4V钛合金,可减重20%。目前国内外较新型飞机已采用Ti-1023,如等温锻造B-757辅助缝翼滑轨、转轴轴承壳体;B-737、B-747发动机短舱接头;B-777起落架零件;A-320外挂支撑梁;幻影-2000接头,F-16纵梁等;国产某歼击机减速板梁、腹鳍接头模锻件;某歼击轰炸机斜框等温锻造件,起落架连接接头等。作为一种新型结构材料,设计和制造过程中的一些细节问题应考虑到。

1 Ti-1023 零件设计时应注意的问题

模锻件设计,要考虑锻件使用状态、分模面的选取及锻件的纤维状态。Ti-1023纵横纤维方向机械性能有差别,因此要使零件受拉方向与纤维方向一致,受剪方向与纤维方向垂直。

Ti-1023为高强度合金,对应力集中比

较敏感,表面加工状态对疲劳性能也有明显影响。因此尽可能采用大的过渡圆角,同一平面内应采用统一的圆角半径。表面粗糙度,非配合表面Ra值不高于3.2 μ m,精度较高的配合及铰孔的Ra值不高于1.6 μ m。

零件承受重复载荷的受拉区,尽量减少开孔;必须开孔时,应尽量在孔周围加凸台以降低孔边工作应力,螺栓连接孔边应制倒角。

零件检验,除规定的一般检验外,图纸还应规定用超声波探伤,对重要部位应加注“该区按AA级检查,其余部分按A级检查”。

与Ti-1023接触的铝合金,必须进行阳极化处理,并涂H06-2锌黄底漆;与之接触的结构钢应镀锌钝化,且涂H61-1耐热底漆,并加6617防接触腐蚀胶布;连接件应选钛合金、不锈钢连件,必要时湿装配;此外不许与镀锌、镀铬的工具接触。

Ti-1023零件在固溶时效状态下使用,截面厚度不应大于100mm。如果锻件厚度或局部区域大于100mm时,则应机加去除一定的厚度,然后再进行固溶处理和时效。

2 Ti-1023 零件制造时应注意的问题

Ti-1023在机械加工方面,除具有一般钛合金导热性差、弹性模量小、亲和力强特点外,还具有经固溶时效热处理后高强度、高韧性的特点。因此切削加工性更差,比Ti-6Al-4V稍难。

零件一般不得进行校正,确需校正,须采用静压力机校正,不得锤击。校正后的零件应100%进行荧光检验。

应尽量避免磨削,以防磨削烧伤零件。

应尽量避免攻丝。禁止采用砂轮干打磨,可以刮削锉修或砂纸(Al_2O_3)打磨。

装配轴承或衬套时,应采用冷缩装配法,防止损伤零件的配合表面。

加工和装配中严禁使用铅及铅基合金、镀镉、镀锌、镀银、镀锡的工具及定位、固定用的紧固件、销钉和衬套等。

零件装夹要注意对称压紧,对称松开。对薄壳零件夹紧时用力要适当,以免夹伤零

件或变形。

切削加工,开始进刀要缓慢,切削速度不能太高,切削量也不能太多,以比 Ti-6Al-4V 减少 30% ~ 50% 为宜。

Ti-1023 等温锻造不仅节约材料、降低成本,而且可把模具加热到接近锻件温度,制造精密锻件,并且可提高锻件组织均匀性和机械性能,对薄截面锻件非常有利。

王哲, 37 岁, 1986 年毕业于西北工业大学, 高工, 中国航空学会会员。现在西安飞机设计研究所任专业组长, 从事飞机结构、机构设计与研究, 参加过军民机型号研制、课题研究和攻关, 在重要学术刊物及学术会议上发表论文 50 余篇, 曾获航空工业总公司三等功 2 次, 徐舜寿青年科技进步一等奖 1 次及所级科技成果奖多次。

钛合金轮盘 耐热钛合金

(10) 28-29

TG146-23

DTA54 耐热钛合金双组织结构轮盘的开发

钛合金轮盘一般要求内径部分疲劳强度高, 外径部分(轮圈部分)蠕变强度高。通常, 钛合金的机械性能与显微组织有关, 针状组织蠕变强度高, 而等轴组织疲劳强度高。如果能使钛合金轮盘内径部分为等轴组织, 轮圈部分为针状组织, 就可以充分发挥钛合金的特性。

1 新型耐热钛合金 DTA54 的开发

以 IMI834 合金为基础, 用等离子熔壳炉分别熔炼出添加了 Al, Sn, Zr, Mo, Nb 等合金元素, 直径为 100mm, 质量约 5kg 的合金锭。锻造至直径为 20mm, 在低于各合金的 β 转变温度 15℃ 下进行保温 1h 而后空冷的固溶处理, 接着在 635℃ 进行 1h 的时效处理, 制成含等轴 α 量约 10% 的试样, 评价其室温及高温的抗拉特性和 600℃ 的蠕变特性。

结果表明, 在 IMI834 中继续添加 Al, Sn, Zr 时, 会使合金室温延性下降; Nb 的添加使高温抗拉强度及蠕变性能降低; 而添加 Mo 至 2.8% 时, 其蠕变应变速度达最小值而改

变了蠕变特性, 且 600℃ 的抗拉强度随着 Mo 的添加而增加, 室温抗拉强度也没有因 Mo 含量达到 2.8% 而降低。因此, 开发出由 IMI834 继续添加 Mo 至 2.8% 得到的新型耐热钛合金 DTA54(Ti-5.8Al-4.0Sn-3.5Zr-2.8Mo-0.7Nb-0.35Si-0.06C)。

2 通过适当热处理控制显微组织

用等离子熔壳炉和真空电弧炉(作二次熔炼用)熔炼直径为 240mm、质量为 70kg 的 DTA54 合金锭, 锻造至直径 100mm 的方坯, 分切成 150mm 长, 再锻粗锻造至直径为 200mm、厚度为 35mm 的盘形样品。在 β 相变点(1010℃)附近, 940℃ ~ 1060℃ 之间选取温度, 进行保温 1h, 空冷的固溶处理。沿半径方向切取试样片, 进行 450℃ 低周疲劳特性以及 540℃ 的蠕变特性检测。

测试结果表明, 等轴 α 量达到 25%(固溶处理温度为相变点 - 30℃) 时, 450℃ 应变为 1.0%($A=1$) 时的疲劳寿命有延长的趋势, 等轴 α 量到 30% ~ 45%(固溶处理温度