

钛合金钣金构件高压气胀成型技术研究

张永明

中航西安飞机工业集团股份有限公司 陕西 西安 710089

【摘要】：介绍了钛板零件的压力充气成形工艺，以简单零件和异型管为例，采用高压气体介质进行载荷传递，在一定温度下使板或管变形，并使杆弯曲到空腔上，研究了复杂壁厚均匀性的控制方法。高压复合材料在热拉伸和局部膨胀高压充气复合材料中的应用，已开发出壁厚均匀的钛合金圆筒和管道。

【关键词】：钛合金；高压气胀；成型技术

1 前言

钛，由于其高强度，高变形，高各向异性和材料结构对成形过程的高度敏感性，钛合金的塑性成形非常困难，塑性变形领域非常有限，钛板零件的传统热处理是超塑性的。近年来，研究人员提出了热压方法来提高钛合金零件的生产效率。中国和韩国已经开发出热压机，使用液体介质，最高工作温度保持在 300 度~315 度，最大压力保持在 80MPa~100MPa，最大压力可达 70MPa。与常规超塑性成形相比，该工艺存在缺陷和不均匀性。

2 研究概述

为了提高铸件壁厚的均匀性，国内外研究人员进行了大量的研究实验，在板料成形领域，研究人员提出了直接和反向超塑性成形方法。研究人员有热拉伸机械预制件的方法，在提出的基体超塑性膨胀之前，提出了一种在高温下热记录金属板并将材料法兰表面的一部分拉入基体的工艺，就管的形状而言，提出了一种在温差下形成内压的方法。研制成功了膨胀率为 50% 的镁合金相变管和膨胀率为 170% 的铝合金相变管。介绍了该工艺的主要特点和该项工作的技术进展，并对由此生产的钛合金板材和管道进行了描述和加工^[1]。

热成型是一种重要的加工方法，通过对带有基体的板材进行塑性变形来获得所需的尺寸。热切割零件的工艺主要是在弯曲和热变过程中充分利用加热的钛合金，以提高塑性；降低塑性，改善塑性，避免裂纹和皱纹，减少回弹。电镀是一个非常复杂的机械过程，包括几何非线性、材料非线性和边界条件。变形速度和润滑条件影响成型零件的几何尺寸、表面精度和机械性能。铸件中最常见的缺陷是起皱、裂纹。在测试前，通过有限元法优化热成型工艺参数，评估板材成型过程中的应力和变形，评估所需的变形载荷，并预测此类缺陷；在数值模拟中，板材厚度越大，工件越容易加工，板材越少，工件越容易断裂^[2]。

飞机钛板是轴对称零件，形状复杂，传统的冲压成形方

法难以成形。本文采用了在常温下对冲压件进行热冲压成形的的方法。印版容易增加壁厚、失去稳定性、起皱、过度疲劳、印版壁厚分布不均，本文探讨了热印中的壁厚不均问题。如果采用有限元法模拟正交试验，则将其作为正交试验的试验指标。收集横向组合中更先进的工艺参数，指导实际改造试验。简化和忽略形状热膨胀的影响。成型是在恒温下进行的，不同温度对材料的影响由相应的温度 and 材料性能表示。恒温成形可等效于高温材料及相关工艺参数。冲压分析的数字模型可用于热成形模拟。

3 钛合金的性质

钛合金具有耐久性、高强度、耐腐蚀性、耐高温性和形状储存性、优异的机械化学性能和稳定性等优点。钛合金在航空航天中的应用越来越频繁，但钛合金也具有弹性模量低、冷成形大、屈服强度高、塑性低、弹性回弹大、冷加工等缺陷，因此，来自不同国家的科学家和专家对增强超塑性进行了研究。假设该材料在某些内部和外部条件下具有异常低的流动阻力和异常高的流动特性^[3]。

4 钛合金超塑性成形工艺

4.1 钛合金的超塑性

温度：恒定变形温度。不同钛合金的温度不同，但近似范围为 700-1000℃。并且具有超塑性的金属通常具有缓慢的变形速率。超细晶粒结构：要求具有相同轴的细晶粒结构。例如，在上述三种情况下，钛合金的粒度小于 3 微米，除了晶粒结构由原材料的性能决定并由其质量保证外，变形温度和速度可以通过超塑性成形技术和工艺保证。

4.2 超塑性成形用钛合金

因为钛合金的超塑性成形温度一般在 700~1000~8451 之间；印刷性能有特殊要求，如耐高温、高耐热、低热膨胀系数、低材料价格、加工制造等，主要有耐热合金、耐热钢，陶瓷和碳纤维增强复合材料形式例如：碳纤维增强复合材料

在室温下几乎相等,在 1000℃下变形。喷嘴的重量仅为耐热钢屏障重量的 18%;用碳纤维冷却复合材料时,其收缩率小于成形件的收缩率,适用于剥离零件,碳纤维增强复合材料价格低廉^[4]。

5 热成型技术

与室温下生产的普通零件不同,钛合金零件通常在 550-750 度的高温下成型(以下简称“热成型”)。材料生产的适用性:通过高温、氧化和吸氢、热成型、结构和工艺,有限的选择也限制了钛合金零件在热成形、着色和变形过程中的生产能力,在材料的转变过程中很容易发现纵向裂纹甚至长裂纹;此外,弹簧中的材料容易交叉编织。一般来说,断裂问题可以通过增加程序来解决,将整体变形分为各个成形过程:褶皱通过过渡结构消除,热成型工艺的扩展和过渡结构的使用与热成型的基本要求相矛盾。为了减少高温氧化和氢气吸入,对合金零件的有害影响,需要对流经空气的零件进行最低限度的加热、储存和加热。理想情况下,仅使用热成型工艺。在热成型过程中,喷嘴的内部温度通常按照一定的梯度分布,离热源越近,即加热阶段的上方和下方。模具温度越高;相反,温度越低。因此,立方体的总高度应尽可能低,并且该过程将不可避免地随着压力的增加而增加。许多技术不仅增加了模板的数量,而且使其结构更加困难,前额表面的氧化和不均匀的温度使其易于插入前额的滑动表面之间,因此热成型的结构应尽可能简单。两侧氧化涂层和干燥、润滑油染发、氧化涂层和干燥、发边加热、热拉伸、校准、铣削、钻孔、研磨、清洁、化学研磨和检查。在热膨胀校准过程中,可采取选择性润滑、全加热等工艺措施,控制变形速度,选择工件的错焊位置与印刷表面接触,消除热变形引起的焊缝断裂。

6 钛合金薄板模板

如果部件采用传统的充气成型工艺,则法兰零件上的材料

参考文献:

- [1] 韩颖杰,付和国,王会东,等.含预置板的双层钛合金超塑成形/扩散连接零件缺陷分析及工艺改进[J].塑性工程学报,2020,v.27; No.143(04):47-53.
- [2] 熊炜,王斌,吴会平,等.Ti6Al4V 钛合金自由曲面钣金件超塑成形数值仿真与实验验证[J].塑性工程学报,2020(5):53-57.
- [3] 李保永,张铁军,张凯锋,姚为,秦中环,刘奇,刘伟.钛合金超塑成形/扩散连接四层结构表面沟槽控制方法研究[J].航空制造技术,2020,v.63(21):51-55.
- [4] 陆子川,张绪虎,微石,等.航天用钛合金及其精密成形技术研究进展[J].宇航材料工艺,2020(4).
- [5] 王奕闰,徐炜,王丹.某型号飞机钛合金钣金件热冲压成形工艺参数优化研究[J].粘接,2020,v.44; No.320(10):183-187.
- [6] 刘春,薛允成.一种钛合金钣金热压成形取件及上料系统设计方案[J].现代制造技术与装备,2019,269(04):58-60.

料不会流动,仅在与喷嘴内径相对应的范围内流动。由于部件的表面沉积明显大于板材的表面,因此在填充过程中可能会发生强烈的收缩和变形。为了提高零件壁厚分布的均匀性,需要材料,通过拉伸将附在法兰上的零件插入形状,然后零件由充气塑料制成,以增加变形时的原始板面,提出了一种热脱水和空气膨胀的复合方法^[5]。

7 钛合金管材的成形

对于钛合金型材零件,可用于气体环境中的充气高压成型。部分放大的基本原则,局部扩张的基本原则是扩张前的状态。如果粘液块、滑块和空白处分别接触。悬挂期间,移动、清空 3 个变化。随着变形的累积,宏观层面 3 的盲板变形表现为型材形状的变化和材料的减少,由于接触面上的摩擦,与滑块直接接触的材料厚度较低;中间弹簧区域的材料较薄。通过控制滑块的大小和移动,可以获得不同的扩展模型。对于通过调整过程获得的具有不同壁厚的预成型,壁厚不会显著减小。首先插入较薄的中间部分。然而,在膨胀过程中,相对较小的角度将进一步减小。为了降低最大试样强度并获得相对均匀的壁厚,假设 TA15 钛合金的弹性模量在室温下较小,且在室温下弹性反应严重。流动阻力大,塑性变形区域窄,因此在高温下进行局部膨胀实验^[6]。

8 结束语

对于钛合金板的复合型材转换,法兰上的一些材料可以通过预张力拉入型腔。有效降低了模塑件的最大释放系数,提高了模塑件壁厚的均匀性。对于由钛合金制成的带有复合件的管材,可通过局部盲胀法在充气成型前调整壁厚,在膨胀过程中减少预成型位置处的涂层材料部分,并增加预成型的横截面,减少预成型零件的成型体积,有效降低成型零件的最大强度。