



钛合金成形技术： 挑战与机遇并存

——访中航工业北京航空制造工程研究所
金属成形技术研究室主任韩秀全

Challenge and Opportunity of Titanium Alloy
Forming Technology

本刊记者 小城

☞：请您简要介绍一下钛合金成形技术发展动态及当前业界关注焦点？

韩秀全：钛合金具有比强度高、中温性能好、耐腐蚀、无磁、焊接性能好等特点，是一种重要的工业金属材料，目前广泛应用于航空、航天、兵器、船舶等领域，钛合金成形技术一直以来都是各国专家学者研究的热点。

钛合金成形技术主要有锻造、铸造、粉末冶金、板材成形、管件成形等。钛合金板材成形由于其效率高、成本低等优点得到普遍应用。

目前国内钛合金板材成形方法主要有热蠕变成形、超塑成形以及旋压成形。

旋压成形方面，目前常规钛合金材料旋压成形技术已经发展成熟，针对一些新型钛铝金属间化合物、高温合金、钨钼等难熔金属的薄壁回转体零件旋压工艺需要深入开展研究，尤其新材料热旋过程中的加热温度、加热方式以及高温下旋压工艺参数匹配需要重点探索；另一方面，材料高

温热旋对设备有特殊要求，应该尽快研制特种热旋压设备以满足新材料旋压工艺发展需求；在钛合金超塑成形和超塑成形/扩散连接技术研究方面，国内经过30余年的发展取得了长足进展，目前常规TC4、TA15钛合金材料超塑成形、超塑成形/扩散连接工艺已经发展成熟，未来发展重点主要集中在：

(1) 新型高温钛合金、钛基复合材料超塑成形基础工艺研究；

(2) 新结构、新工艺开发。国外采用钛合金超塑成形技术研制的宽弦空心风扇叶片已经实现工程化创造了巨大的技术经济效益，国内还存在较大差距。采用超塑成形技术研制的空间点阵、蛋壳结构需要开拓新的发展和空间；

(3) 钛合金材料低温超塑性、快速成形等工艺技术需要进一步探讨。

☞：请您介绍一下钛合金成形技术目前在航空航天领域的应用情况及重要价值体现。


韩秀全：目前航空航天领域应

用较多的钛合金成形技术包括锻造工艺、精密铸造工艺、热成形工艺、超塑成形及超塑成形/扩散连接工艺、旋压成形等。

在飞机机身、飞机发动机、导弹、太空飞船和卫星等零部件中，到处都可以看到钛合金成形技术的应用。如飞机机体大型承力框，飞机起落架采用锻造成形工艺；发动机机匣，导弹舱段，整流罩、高压气瓶等钛合金回转体类零件主要采用旋压成形工艺。钛合金超塑成形及超塑成形/扩散连接工艺在飞机、发动机、导弹、卫星等领域应用越来越广泛。飞机机身整体框、梁、壁板、口盖、舱门、机翼、钛合金壁板结构件(见图1)等部件，发动机宽弦空心风扇叶片，导弹舵翼面，卫星燃料储箱都采用了钛合金超塑成形/扩散连接技术。

由于钛合金材料造价昂贵，目前主要应用于航空航天领域，部分应用于医疗、汽车、运动器械等高端产品中。有数据统计，在军用飞机F22中，钛合金材料用量为41%，民用航空工业中钛合金用量所占比例虽然没有

军用飞机高,但用钛总量巨大,占全球钛合金产量的40%。材料应用与成形技术发展密不可分,如果说材料本身作用价值是一的话,那么成形技术就是材料价值的倍增器,能够实现数倍甚至数十倍的应用价值,如果没有合适的成形技术,钛合金材料应用价值无从谈起。

: 请您介绍一下106室钛合金成形技术体系发展概况及近年来取得的重要科研成果。

韩秀全:北京航空制造工程研究所106室从20世纪80年代开始,从事钛合金成形工艺技术研究,是国内最早从事钛合金成形技术研究的单位之一。以我国飞机、发动机型号需求为背景,由小到大,由弱变强,在钛合金成形技术的研制水平和能力方面取得了长足的进步,生产制造已形成体系,具备了批生产的能力。在技术水平上,从以前单一开展钛合金成形工艺研究,向结构设计、模拟计算,工艺制定,性能测试一体化方向发展。


在钛合金成形技术方面,目前研究室有超塑成形及超塑成形/扩散连接工艺、热蠕变成形工艺、旋压成形工艺、管件成形与连接技术,型材拉弯技术,精密化学铣切成形技术等,几乎囊括了钛合金板材所有成形方式。其中,钛合金超塑成形及超塑成形/扩散连接工艺技术处于国内领先、国际先进地位。开展了单层和多层复杂外形空心整体结构件的SPF/DB技术研究,突破了传统钣金成形方法,实现了空心钣金结构和实体结构的整体有机结合。

在成形材料方面,从单一的TC4钛合金发展到了各种牌号的高温钛合金、钛合金金属基复合材料、金属间化合物,已成功应用于航空、航天、兵器等领域,为飞机、发动机、导弹、火箭等型号提供了数十种装机、装弹零部件。研究室的钛合金旋压、热蠕变成形技术也处于国内领先,为航空



图1 大型钛合金壁板结构件

航天多家单位提供了相应的产品及配套装备。

: 您对钛合金成形技术在科研成果转化,实现产业发展方面有哪些思考。

韩秀全:目前,钛合金材料成形技术主要应用于航空航天、舰船等军事工业部门,在民用领域还相对较少,即使是在军事工业方面的应用,也存在科研成果转化难,产业化发展不成熟的问题。这主要是由于以下几个原因:

(1)在钛合金成形技术科研中,产生的科研成果只局限于试验室,缺乏工程应用基础,难以进行成果转化。


(2)在预先研究规划上缺乏连续性和长远目标,没有将预研与成果转化、产业发展联系起来,往往某项研究刚刚出了些成果就束之高阁,没有后续深入研究,更不要提进行成果转化。

(3)在科研成果转化体制机制上,缺乏相应的制度保障。如没有相应的奖励机制鼓励科研人员进行科技创新和成果转化,没有一定的资金资助和政策扶持也没办法做到成果转化,实现产业化发展。

因此,一方面需要我们这些从事钛合金成形技术的科研人员 and 科研单位从课题立项就要与实际需求和

工程应用联系起来,在预研中能够做好规划,深入探索,切实做到研究成果能够指导实践生产,避免科研工作半途而废,浅尝辄止的现象。

另一方面,要鼓励科研人员积极从事科技创新,对于有应用前途的科研成果要有资金和政策的大力投入,推动成果转化,对于已经转化的成果要进一步做大做强,进而实现产业化。

: 请您展望一下钛合金成形技术未来发展趋势。

韩秀全:钛合金成形技术发展突飞猛进,钛合金粉末冶金、精密铸造、超塑性成形和超塑成形/扩散连接、激光(电子束)快速成形技术、电磁成形技术都取得了长足进展。总体趋势向着“高效率,高精度,高的材料利用率”和柔性化制造的方向发展。

随着我国航空航天技术发展,飞行器速度不断提高,对于构件轻量化、低成本和高可靠性要求不断提升,给钛合金成形技术带来更大的挑战,同时也带来更多的发展机遇。未来钛合金成形技术将更加关注大型复杂整体结构件成形、低成本高效率成形工艺技术、成形与各种连接组合工艺技术、难变形耐高温材料成形技术方向发展。

(责编 深蓝)