

- [38] Heidl P, Rottmair A, Körner C, et al. Cellular titanium by selective electron beam melting[J]. *Advanced Engineering Materials*, 2007, 9(5): 360–364.
- [39] Li X, Wang C T, Zhang W G, et al. Fabrication and characterization of porous Ti6Al4V parts for biomedical applications using electron beam melting process[J]. *Materials Letters*, 2009, 63(3/4): 403–405.
- [40] Jiang G F, Wang C L, Li Q Y, et al. Porous titanium with entangled structure filled with biodegradable magnesium for potential biomedical applications[J]. *Materials Science and Engineering C*, 2015, 47(47): 142–149.
- [41] Li Q Y, Jiang G F, Wang C L, et al. Mechanical degradation of porous titanium with entangled structure filled with biodegradable magnesium in Hanks' solution[J]. *Materials Science & Engineering C*, 2015, 57: 349–354.
- [42] 王晓明. TC4p/AZ91 镁基复合材料的制备与组织性能研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2015.
- [43] 曹洋, 康凤, 黄少东, 等. 钛合金管径向精锻数值模拟分析[J]. *锻压技术*, 2006(3): 71–73.
- [44] Esen Z, Dikici B, Duygulu O, et al. Titanium-magnesium based composites: Mechanical properties and invitro corrosion response in Ringer's solution[J]. *Materials Science and Engineering A*, 2013, 573: 119–126.
- [45] 赵治国. 离子注入改善 Ti 和 ZrO<sub>2</sub> 表面生物活性的研究[D]. 天津: 天津大学, 2006.
- [46] 严杰, 曹聪, 董宇启. 钛及钛合金表面生物活性改性及效果评价[J]. *中国组织工程研究与临床康复*, 2011, 15(21): 3921–3924.
- [47] 毛丽贺. 医用镁钙锌合金成分设计及表面改性研究[D]. 天津: 天津大学, 2009.
- [48] 严振杰. 原位合成制备 Mg-2Si/AZ31 镁合金复合材料组织与性能的研究[D]. 北京: 北京工业大学, 2009.
- [49] Hassan S F, Gupta M. Development of ductile magnesium composite materials using titanium as reinforcement[J]. *Journal of Alloys & Compounds*, 2002, 345(1/2): 246–251.

## 行业动态

# 我国成功突破高强高韧钛合金特殊焊接工艺

2020年11月10日,我国“奋斗者”号全海深载人潜水器在西太平洋马里亚纳海沟海域完成全部万米海试任务,创造了10 909 m的中国载人深潜新纪录。

“奋斗者”号载人舱由2个钛合金半球焊接而成,因其焊接位置类似地球赤道,被称为赤道缝焊接。在研制过程中,由于载人舱赤道缝的焊接难题,一度让“奋斗者”号项目面临搁浅。最终,中国船舶集团七二五所科研人员解决了这一难题,成功突破高强高韧钛合金材料特殊焊接工艺,世界上首次应用此类技术一次性成功完成载人舱赤道缝焊接,为“奋斗者”号提供了坚强保障。

我国成功突破的高强高韧钛合金材料特殊焊接工艺,依靠的设备是大功率真空电子束焊机。这是一种利用电子束作为热源的焊接工艺。电子束发生器中的阴极加热到一定的温度时逸出电子,电子在高压电场中被加速,通过电磁透镜聚焦后,形成能量密度极高的电子束,当电子束轰击焊接表面时,电子的动能大部分转变为热能,使焊接件的结合处的金属熔融,当焊件移动时,在焊件结合处形成一条连续的焊缝。

据“奋斗者”号载人舱项目执行负责人吕逸帆介绍:“在钛合金领域来说,赤道缝焊接技术突破不单是对我们的载人舱,还有我们舰船用的特殊材料,对其他高强钛合金材料,乃至整个钛合金行业,甚至对于一些原来我们认为不能焊的,像镍基高温合金等等,这种技术都可以推广应用。”

来源: 搜狐新闻

# 航空齿轮用新型钛合金表面抗磨损性能研究取得进展

安徽理工大学机械工程学院朱延松副教授团队在航空齿轮用新型钛合金 TC21-DT 表面抗磨损性能研究中取得重要进展。为提高航空齿轮用钛合金表面抗磨损性能,朱延松副教授团队采用稀土-硼固体共渗方法对新型 TC21-DT 钛合金表面进行强化处理,在钛合金表面制备了双硬质相(TiB<sub>2</sub> + TiB)硼化钛渗层。在此基础上,建立了基于 Eshelby 等效夹杂理论的渗层表面单轴压缩模型及基于 Archard 磨损方程的渗层表面磨损模型。研究表明,稀土-硼固体共渗强化可显著提高钛合金表面硬度和抗磨损性能,且适量稀土元素的加入有利于 Ti-B 相形核率的增大,导致 TiB 须晶颗粒细晶强化效应明显,从而使钛合金表面抗磨损性能得到进一步提高。

来源: 安徽理工大学新闻网