

# 轻量化应用前景广阔，“钛、铝、镁”各放异彩

## ——先进轻质金属结构材料分论坛侧记

文 / 西安交通大学材料学院 刘博宇

以“钛、铝、镁”为代表的轻质金属结构材料具有密度低、比强度高的特点，在航空航天、海洋、汽车、轨道交通等领域具有广泛的应用前景。随着我国科技进步与发展，及人民生活水平日益提升，交通运输行业对节能减排的要求越加严苛，减重需求越趋强烈，轻质金属结构材料在交通运输工具轻量化方面具有举足轻重的作用。然而，不断复杂的服役工况与环境对轻质金属材料的服役性能提出了更高的要求与挑战。近年来，面向国家重大需求和国际科技前沿，我国材料科学家和工程技术专家关于先进轻质金属结构材料的研究在国际上占有重要地位，在材料设计、制备、加工、表征、模拟等方面均取得诸多重要进展与突破。

2020年11月1日，“2020新材料国际发展趋势高层论坛——先进轻质金属结构材料分论坛”在西安顺利召开，本次论坛由西北有色金属研究院、西安交通大学、北京工业大学、上海交通大学、重庆大学、《中国材料进展》杂志社联合承办，赵永庆教授、单智伟教授、黄晖教授、蒋斌教授、曾小勤教授担任分论坛秘书长。分论坛33个邀请报告涵盖了钛、镁、铝3个方向，由赵永庆教授、孙巧艳教授、单智伟教授、黄晖教授担任主持人，旨在介绍我国在该领域的前沿进展及工程应用中的最新成果，研讨发展趋势，促进合作交流，推动先进轻质金属结构材料的发展。分论坛座无虚席，与会专家与代表进行了热烈的交流讨论。

### 精彩报告——钛合金



赵永庆 教授

**西北有色金属研究院副总工程师赵永庆教授及团队** 瞄准国家重大工程和战略需求，创新性地研制出30余种具有不同性能特点的新型钛合金，包括TC21高强高韧损伤容限钛合金，TC4-DT中高强韧损伤容限钛合金，强度高达1350 MPa的Ti-1300高强韧钛合金，Ti40阻燃钛合金，高温钛合金Ti60、Ti600，船用钛合金Ti75、Ti31，低温钛合金CT20，低成本钛合金Ti8LC、Ti12LC等，这些合金不仅具有优异的性能，同时已进行大规模生产，真正地攻克了高性能合金工程化、产业化方面的困难，解决了“卡脖子”材料和“卡脖子”制备技术，为钛合金的发展以及国家的重大工程做出了极大贡献。他表示，西北有色金属研究院将继续坚持钛的科研-中试-产业化发展模式，壮大钛产业。



杨建 研究员

**中航工业第一飞机设计研究院杨建研究员** 介绍了钛合金在航空领域的应用现状，包括国内外飞机应用钛合金的主要部位、形式、牌号及制造技术，同时根据未来飞机的发展要求，从飞行器设计角度阐述了新一代飞机对钛合金及先进制造技术的需求，详细介绍了在新型钛合金(超高强韧钛合金、超塑性钛合金等)和先进成形技术(扩大钛合金半成品形式，激光快速成形及修复，大型构件精密锻造技术等)方面的材料及技术需求，并呼吁材料研制单位注重国产材料的前瞻性、经济性和稳定性。



弭光宝 高级工程师

**中航发北京航空材料研究院弭光宝高级工程师** 以中国航发先进钛合金重点实验室的介绍为前奏，介绍了航空发动机用高温钛合金的发展历程，指出其发展有两大特点：从仿制到自主研发，从固溶强化型到有序强化型再到最终的复合强化型。接着重点介绍了几种新型高温钛合金的研究进展，包括TA32、TC25G、Ti65、TA19、阻燃钛合金等应用温度不同、应用场景不同的多种钛合金，对于这些钛合金的性能以及优势都做了详细的介绍。



葛鹏 教授



孙巧艳教授(右)和肖文龙教授



## 精彩报告——镁及镁合金



蒋斌教授

**重庆大学蒋斌教授及团队** 针对密排六方结构和各向异性导致的变形镁合金塑性成形难的问题，从新型镁合金材料开发、新型塑性加工工艺开发和形变镁合金改性等3个方面出发，创新性提出了固溶强化增塑、非对称加工（梯度应变和协调取向）和基于孪生协调取向3种策略。他在报告中详细介绍了相关技术的原理，分享了相关研究及应用成果和思考，为镁合金研究人员提供了很多启发。

**哈尔滨工业大学郑明毅教授** 介绍了针对基于长周期堆垛有序结构相（LPSO）的超高强度的Mg-Y-Ni稀土镁合金的研究进展，他们采用常规铸造和挤压变形工艺开发出具有优异力学性能的超高强Mg-Y-Ni合金，其中挤压态合金由不均匀的多尺度多相组织组成，通过载荷传递、抑制应变局域化和非均质结构诱发强化提高合金的强度和塑性。他们继续利用同步辐射原位拉伸和原位压缩方法定量研究了Mg-Y-Ni合金的变形行为和强韧化机制，为金属结构材料研究的同行提供很多参考。



郑明毅教授



权高峰教授

**西南交通大学权高峰教授及团队** 针对新一代电子信息装备，尤其是移动通讯终端对材料轻量化和高功能化的需求，研究了具有高热导、高强度和低成本的高性能HST镁合金。带领团队开发的天智ZX61M镁合金的热导率最高可达165 W/(m·K)，与铝合金的热导率相当。他在报告中还重点介绍了移动通讯应用、热管理应用、结构+散热应用及部件对高性能镁合金材料、产品和加工工艺的需求，并分享了相关应用厂商情况和市场规模。

**西安交通大学杨博博士** 首先介绍了原镁生产现状及下游对高纯镁的需求，指出由于传统纯化方法原理上的限制，原镁的生产存在杂质含量与价格互斥的瓶颈：或存在纯度低、有害杂质元素种类多、杂质含量波动大等痼疾；或产率过低、成本过高，无法同时满足高端镁合金及高纯战略金属等领域对原镁品质、产量及价格的要求。他报告了研究团队提出的一种大批量、低成本的原镁纯化新思路，在新思路的指导下制备出5N级（纯度>99.999%）超高纯镁，并验证了其可放大性，有望助力开发满足市场多样化需求的原镁纯化技术。



杨博博士

## 精彩报告——铝合金



高坤元教授

**北京工业大学高坤元教授** 针对中高Mg含量铝合金难以兼顾耐蚀性与强度的问题，从敏化-稳定化机理研究出发，拓宽新的稳定化窗口，进行合理的成分与热处理工艺设计。报告了在5E06合金中发现的“低温反转稳定化态”，这种低温反转稳定化温度比传统稳定化温度低20℃，避免了镁合金中再结晶的发生。还介绍了结合微合金化，研究Er、Zr的添加对其再结晶温度的影响，发现添加两者后基体中形成Al<sub>3</sub>(Er, Zr)相，提高了合金再结晶温度。

**东北大学王向杰教授** 针对飞机对铝合金板材的需求，以7050铝合金为研究对象，研究了晶粒细化剂对飞机铸态板材不同方向的拉伸性能与断裂韧性的影响。发现Al-5Ti-1B的晶粒细化效果优于Al-3Ti-0.15C，然而对断裂韧性的影响相反，Al-3Ti-0.15C细化剂明显提高了L-T及T-L方向的断裂韧性。在以Al-5Ti-1B为晶粒细化剂的厚板中，由于TiB<sub>2</sub>粒子容易聚集且有遗传效应，易富集析出，造成局部塑性变形能力降低，从而导致合金断裂韧性降低。



黄晖教授（左）和王向杰教授