

又一次国际钛行业的盛会

——2019 年世界钛会报道

世界钛会自 1968 年以来每四年举行一次，到今年已经成功举办了 13 届。2019 年第 14 届世界钛会于 6 月 10~14 日在法国南特举办。会议得到了法国钛协会、法国冶金与材料协会(SF2M)和卢瓦尔河地区和南特市议会的支持。法国科学研究中心(CNRS)主任 Patrick Villechaise 为此次会议的主席。Ti-2019 世界钛会聚集了来自全球 34 个国家和地区、在钛合金冶金、材料、制造领域及航空航天、兵器工程、海洋工程、石油化工、生物医疗等应用领域从事研究工作的近 800 名专家、学者参会。会议主题包括：提取冶金、增材制造与近净成形、显微组织结构演化、组织和性能关系、宇航应用、生物医学应用、半成品加工与构件制造、熔炼和铸造、金属间化合物与钛基复合材料、环境行为、海洋工程石油化工和其他领域应用等 11 个，设置口头报告 400 余个、海报展示 40 余个，有 40 余家企业参展宣传。四年一次的世界钛会是国际钛行业的“奥林匹克”，是四年来国际钛行业基础理论、制造和应用技术进展的最高端、最全面的展示，对于增加相互了解、促进学术交流、掌握钛行业整体发展动向和趋势具有重要意义。

自 2015 年美国钛会后的四年，是国际和国内钛行业爆发式增长的四年，随着先进装备的应用扩大、先进制造方法的提出以及相关应用需求的进一步推动，Ti-2019 也呈现出一些新的特点，具体总结如下。

一、中国力量得到迅猛发展

从中国于 1984 年(第五届)第一次派代表参加世界钛会以来，除 2011 年在北京举办的第 11 届世界钛会外，本届世界钛会是历届世界钛会中国参加人数最多的一次，也是安排报告占比最多的一次。根据组委会官方统计，中国注册人数约占总参会人数的 17%(如图 1)，安排报告数为 94。实际许多中国学者和学生以所在联合培养国家的单位注册，如果将这些报告计算在内，中国学者报告数约为 120 篇，约占到所有报告数的 30%；实际参会人数 200 余人(图 2 为部分国内参会人员合影)，占总参会人数近 30%。南京工业大学常辉教授作为组委会中方委员作了题为“Current Sit-

suation of Titanium Research, Development and Applications in China”的大会报告。中国参会人数和报告数反映了近四年来我国钛行业的飞速发展和理论技术水平的快速提升，中国已经成为世界钛行业一股最强有力、不可或缺的力量。



图 1 法国 Ti-2019 世界钛会组委会提供的各国注册人数



图 2 中国参加 Ti-2019 世界钛会的部分人员的合影

综合分析中国参会报告,可以发现呈现以下特点:

(1)报告集中于“组织-性能关系”和“金属间化合物与钛基复合材料”两大主题,其报告数量都超过该主题报告总数的 50%:对“组织-性能关系”的广泛关注反映了国内钛行业基础研究得到加强,这个也可以从近年来全国钛会报告情况得到印证。早期钛会参会单位主要以宝钛集团、西北有色金属研究院、中科院金属研究所、中国航发北京航空材料研究院、北京有色金属研究总院等研究院所、企业为主,而近年来以西北工业大学、哈尔滨工业大学、北京航空航天大学、西安交通大学、上海交通大学为代表的高校广泛参与,使得国内钛合金基础理论研究得到显著加强。在“金属间化合物与钛基复合材料”研究方面,国内目前在两个军工“973”项目的带动下,哈尔滨工业大学、西北工业大学、中科院金属研究所、北京科技大学、南京理工大学的教授、研究生进行了深入的基础研究,形成了人数众多的研究群体,也取得了众多研究成果。中科院金属研究所杨锐研究员为该领域作了题为“Near netshape formation of Ti-Al based intermetallic alloys”的 Keynote 报告,受到与会专家的广泛关注和提问交流,这是本届会议中方两个 Keynote 报告之一。

(2)国内学者报告质量显著提升。随着国内高校和研究院所整体实力提高、先进装备和检测设备的应用,国内学者报告质量普遍较高。大量高水平高校的知名学者和优秀博士生的参与,使得国内钛合金研究不但规模庞大,而且研究水平显著提升。

(3)报告人的英语水平优异。本届钛会中国报告人几乎都拥有流利的英语交流能力,特别是一些年轻人,英语表达和交流没有任何障碍,反映了近年来国内钛合金研究的国际化。大量的年轻人通过英语论文的撰写和与国外相关单位的合作研究,练就了良好的英语表达能力,显著地促进了国内钛合金研究与世界的接轨。

二、“组织-性能关系研究”依然是钛行业基础研究的核心

钛行业的学术会议中,“工艺-组织-性能关系研究”是永恒的主题,也是钛合金基础研究的核心。本届世界钛会也不例外,该主题的报告数接近总报告数的 50%。相对于以往,本届钛会对该主题进行了细分,具体细分为:相转变、 β 合金相转变、 α - β 合金形变、超细晶、组织织构分析、超塑性、无损检测、疲劳、相变诱导塑性(transformation induced plasticity, TRIP)/孪晶诱导塑性(twinning induced plasticity, TWIP)效应、热变形、冷变形、饱载疲劳、蠕变、焊接、组织演化、变形模拟、表面氧化、组织非正常长大、动态加载、残余应力与表面性能、应变诱发变形、裂纹扩展、疲劳与结构失效、组织-性能关系等 24 个分主题,涉及面之广、分类之精细是以往钛会所没有的,这反映了本次钛会组委会专业人员细致的工作作风。值得一提的是,本次钛会“组织-性能关系”方面研究中,TRIP/TWIP 效应研究得到广泛关注,报告数量多、质量高,通过大量高水平的检测手段,不但系统地阐述了不同合金 TRIP/TWIP 效应本身的机制,而且利用该效应进行高性能合金的设计,为将钛合金中这一功能效应应用于工程提供了很好的启示,法国相关研究组在该方面的研究水平整体处于领先地位。

三、钛合金低成本化技术已经成为研究热点

国外和国内在钛合金低成本化方面的认识基本相似,认为目前阻碍钛合金大量应用的最大问题是成本问题,在钛合金提取与冶炼技术没有发生显著改变的现状下,开发短流程加工技术是降低成本的有效方法。短流程加工技术涉及熔炼、锻造、粉末制备及粉末冶金等近净成形方法等多环节、多种技术。

四、增材制造与近净成形技术受到广泛关注

作为构件的新型成形方法,增材制造与近净成形技术在本次钛会上作为专门的分主题得到广泛关注,设置报告 64 个,是报告数排名第二的主题,设置 Keynote 报告数 3 个,为分会设置 Keynote 报告最多的主题。国内第 2 篇 Keynote 报告就在该领域,为北京航空航天大学王华明院士题为“Scientific and technological advances on additive manufacturing of high-performance large critical titanium structural components for the aerospace industries”的报告。该主题的报告涉及 3D 打印的各个方面,包括不同合金类型、粉末的制备、激光选区熔敷成形、激光熔化沉积成形、电子束选区成形、电子束送丝成型、电弧送丝成形以及不同合金、不同工艺下组织-性能关系研究等。从总体发展趋势看,以航空航天领域较为大型的结构件需求为牵引,电子束或电弧作为热源的送丝 3D 打印技术将是未来增材制造最有潜力的方向,在该方面国内无论是装备的设计研制、还是相关的工艺技术都落后于国外先进水平。

Ti-2019 世界钛会是一次成功的国际钛行业学术交流盛会,国际上钛行业最新的研究成果和研究动态得到充分的展示,科研人员通过相互交流,增进了友谊,获得了新的知识和灵感,这必将助力下一个四年钛合金新的研究和发展。让我们期待 2023 年英国爱丁堡世界钛会的召开,到时再共聚一堂、共话钛合金的发展。

(西北有色金属研究院钛合金研究所辛社伟教授供稿,编辑 惠 琼)