

3D打印材料 增材制造研究的关键

——3D打印材料及应用技术前沿论坛侧记

文/北京工业大学 贺定勇

3D打印技术诞生于1983年，美国人查克·赫尔（Chuck Hull）发明了SLA 3D打印技术，并将它称作立体平版印刷。与传统制造技术相比，3D打印技术具有生产周期短、加工成本低、工件材质和形状不受约束等优势。该技术甫一问世，便引起了巨大的关注。近年来，3D打印技术已经逐渐应用到航空航天、医疗、海洋、建筑等诸多制造业领域。

2016年9月25日，“2016新材料国际发展趋势高层论坛——3D打印材料及应用技术前沿论坛”在南京国际青年文化中心召开。15位国内外知名专家围绕3D打印金属粉末的关键制备及应用技术呈现了一系列精彩的专题报告，展开了学术氛围浓厚的热烈讨论。北京工业大学聂祚仁教授、南京工业大学常辉教授、西北工业大学黄卫东教授主持了本次论坛。周廉院士听取了报告并做重要讲话。丁文江院士、王迎军院士、西北有色金属研究院张平祥院长出席了本次论坛。



目前国内在3D打印装备、方法、工艺和软件等方面与国外相比还有一定差距，美国公司生产的桌面机只需6000美金左右，3D打印粉体目前也以国外产品为主。为了打破这一局面，需要更多材料研究工作者的努力。

本次分论坛报告主要以金属材料为主，同时陶瓷、高分子、水泥混凝土等材料同样也有广阔前景。分论坛设立的目的是要讲清楚3D打印材料本身的科学问题。这些问题非常基础，也非常关键，关系到产品性能、生产成本以及实际应用。本次分论坛的报告非常精彩，理念也讲得十分清楚，还实现了多年前“用等离子处理粉末”的想法。论坛报告具有前瞻性、战略性和公开性，所以每次这个会议都会印一本文集供参会人学习，这对促进3D打印的材料研究非常有好处。

——周廉院士



北京工业大学聂祚仁副校长 粉末冶金作为一个传统学科发展至今，目前我们已经很难找到一种没有被用作粉末冶金的金属材料了。传统的观点认为，这些原有的金属粉末应用在3D打印中没有什么大问题，但实际上3D打印的多种工艺过程中，这些粉末还存在诸多问题，仍需很多工作和努力。目前全世界制粉工艺中气雾化制粉是主流，北京工业大学采用金属纳米脱胶固结法制备的钛粉达到了国际公布3D打印用钛粉的质量要求。

西北工业大学黄卫东教授 增材制造是通过数字化增加材料的方式进行制造。发展至今，丰富多样的增材制造技术几乎覆盖了所有材料种类，其中金属增材制造发展迅速，2015年产值增加了80.9%。其中，航空航天是促进金属增材制造的主要动力。增材制造的材料结构与常规铸造相比有很大区别，钛合金相结构具有诸多优点，因此增材制造飞机中使用的大型钛合金结构件性能甚至优于锻件。为了适用于增材制造，专用合金设计将开辟材料科学研究的新前沿。美国及世界其他国家对于增材制造都极为重视，中国也在2014年将发展增材制造列为国家战略。

澳大利亚国家轻合金研究中心吴鑫华教授 以增材制造为代表的所有节能制造将掀起21世纪制造业的革命，首先将从航天航空工业开始。每一种增材制造技术都有各自的优缺点和特定市场，在未来10年内，所有增材制造技术都将迅速发展并应用，需要有国家层面的战略性规划。未来，深入研究和开发应用最好的国家将控制和主导全球市场。报告指出，优化3D打印工业参数的研究非常重要，对3D打印原始粉末和打印工件进行质量控制与检测是重要环节，工件力学性能的一致性和重复性是其商业化的关键。3D打印的成功应用需要材料专家、设计专家与用户之间的紧密合作。

华中科技大学史玉升教授 目前国内外对金属和高分子3D打印制造已有不少研究，而陶瓷3D打印的研究与应用相对很少，推广3D打印陶瓷材料在各个领域的应用需要更多的努力。报告介绍了采用覆膜法（溶剂沉淀法、溶剂蒸发法）和机械混合法成功制备了适合于SLS成型的各类复合陶瓷粉体，并克服了以往SLS制备陶瓷件密度低的缺点。并从微观和宏观的角度分别对多孔陶瓷的孔隙进行调控。

西北工业大学林鑫教授 阐述了利用激光增材制造大块非晶的相关技术及对增材制造的非晶体性能研究。利用激光重熔和多层熔覆Zr55Cu30Al10Ni5制造了直径53 mm、长15 mm的非晶块，发现只要热影响区的尺寸小于熔道宽度就可以制造高非晶含量的熔覆层。

亨利通信材料有限公司副总工何晓东博士 主要报告了激光3D打印电路技术（LDS）。其原理为：设计激光线路，利用激光的能量使打印材料发生物理化学反应，在微观粗糙的表面还原出打印材料里的金属原子形成电路，最后利用一些化学反应增强线路强度。

中航迈特粉冶科技（北京）有限公司高正江总经理 报告了金属粉末的制备及相关研究。认为金属粉末制备将向高纯、超细、球形的方向发展。中航迈特研发的TC4粉末氧含量在650~1400 ppm，氮含量30~150 ppm，细粉收集率高，已与国外设备的水平相当。

加拿大泰克纳等离子体系统公司贾鹿博士 报告了通过感应等离子体技术生产和再生高品质金属粉末的相关技术与研究。尽管重复使用后剩余的金属粉末不符合使用要求，但利用粉末处理设备分离污染物可以达到粉末回收的目的。

北京隆源自动成型系统有限公司李子夫博士 金属选区激光熔化（SLM）是增材制造的重要分支。SLM不仅拥有能够生产复杂、轻量、一体化零件的技术优势，同时零件一体化会使供应链发生变革。过程控制与工艺标准化是实现SLM产业化应用的基础，也是当前亟待解决的问题。

南京中科煜宸激光技术有限公司邢飞博士 3D打印是解决超大型整体构件一体化制造的唯一技术途径，可以有效促进以轻量化为目标的航空事业。金属3D打印应当围绕“产业链”构建“创新链”。报告了从软件角度对工艺策略提出了“大件分块，块内分区，区内走短，成型连接”的方针。

中国科学院宁波材料技术与工程研究所许高杰研究员 高精度、高性能、高效率是3D打印的优势所在，目前影响3D打印技术发展的主要因素是成本，而非技术。低成本3D打印的发展是促进3D打印技术快速、广泛应用的重要因素。到2021年世界上低成本3D打印预计将达到40亿，未来3D打印的发展趋势主要是从设备和技术两方面入手，从而进一步降低成本。3D打印市场份额不断增长，发展前景广阔，或引发第三次工业革命。

南京工业大学韦华教授 在航空航天领域，相比焊件和铸件，3D打印的构件具有高强度和空腔结构的优势。通过“局部焊接+空间搭桥+激光成形”的复合成形工艺技术，可实现三维空腔结构的立体成形。细化晶粒、控制激光扫描速度、优化扫描路径、控制送粉速度，有助于确保成形时应力均匀分布，减小结构变化，从而满足航空航天对抗拉强度和力学性能的要求。

北京工业大学张冬云博士 讲述了3D打印在制造人造骨骼、牙齿的研究进展。3D打印制造的钛和钛合金构件具有无毒，抗磨抗蚀等优点，很适合作为植入体和组织材料。采用拓扑优化和SLM制造相结合的方法有望设计制造与人体骨骼性能相适应的网络结构，这将是3D打印在医疗方面的一次飞跃。

广东省科学院曾克里高工 讲述了3D打印粉末对制件的影响，并介绍了VIGA制粉法。采用VIGA法制粉可以提高效率、细化晶粒、降低氧含量、提高球形度，但也存在着夹杂高和有空心球等缺陷。需要从工艺上调控熔炼时间和雾化压力，以降低粉末缺陷率。VIGA法在今后的发展过程中还需要进一步探索多次打印后粉末的成分、构件性能的变化规律、各种变化对热处理工艺的影响。



2016 IFAM