

二、项目简介

集成电路封装、电子通讯、连接器、音视频传输等领域用键合线、线缆等产品的信号传输密度和安全可靠性要求越来越高，体积越来越小。铜基/银基丝线材作为上述领域用关键材料，综合性能要求越来越高：（1）使用性能要求高导电、高伸长率；（2）工艺性能向超细、超长、超精密方向发展，如集成电路封装用键合线直径 0.018mm、偏差 ± 0.0005 mm，数据传输用 0.025mm 丝线材要求连续拉拔长度 40 万米以上不断丝。

项目实施之初，上述领域用高性能铜基/银基丝线材几乎完全依赖进口，市场主要由日本和德国企业把持。究其原因，高性能铜基/银基丝线材制备加工过程中成分组织均匀性和内部缺陷控制难度大，使用性能和工艺性能调控困难，我国原有丝线材制备加工技术难以实现综合性能需求。

项目组在河南省高校科技创新团队支持计划、河南省科技攻关计划等项目支持下，经 15 年协同攻关，探明了凝固组织定向生长规律和变形组织调控机制，突破了铜基/银基丝线材成分组织均匀性和尺寸稳定性控制的共性技术难题，开发出具有自主知识产权的核心制备加工技术，应用于我国重点领域急需的高性能键合线、高可靠通讯线缆、高保真音视频线缆、高可靠连接器用高性能铜基/银基丝线材开发，并实现产业化。主要科技创新如下：

（1）发明了全流程保护多流道热型水平连铸成套装备和技术，解决了纯金属/窄凝固区间合金杆坯成分一致性和定向凝固组织控制难题。惰性气体保护和潜流式液体转移实现了成分精确化控制；热型水平连铸制备出具有连续定向凝固柱状晶或单晶组织铜基杆坯；优化水平连铸工艺，实现了高质量铜基杆坯的连续稳定生产。

（2）发明了真空熔炼惰性气体保护冷型竖引连铸装置和技术，解决了高合金含量/宽凝固区间合金杆坯成分组织均匀性和内部缺陷控制难题。真空熔炼惰性气体保护保障了合金杆坯连续生产过程中成分一致性；冷型竖引连铸保证了合金杆坯凝固组织与成分均匀性；优化竖引连铸工艺，实现了高质量合金杆坯的高效稳定生产。

（3）开发出大应变多道次连续拉拔成形技术，解决了铜基/银基丝线材超细、连续、精确拉拔控制难题。探明了杆坯原始组织和拉拔工艺参数对变形组织演变的影响规律，优化了拉拔工艺，实现了超细连续拉拔的稳定性生产；开发出微细丝线材超精密拉拔模具，优化了模具结构，实现了微细丝线材线径一致性精确控制。

（4）开发了系列热处理和表面处理技术，解决了铜基/银基丝线材的使用性能和工艺性能调控难题。开发的拉拔过程在线退火工艺，大幅降低了杆坯变形组织内应力，保障了连续拉拔稳定性；发明的合金杆坯形变热处理技术，提高了力学性能和传导性能；开发的终端线材在线退火工艺，实现线材伸长率精确控制，降低了残余应力；发明的微细丝线材表面直接涂镀技术，满足了键合线封装焊接性能要求。

主持制订国家标准 1 项，获授权国家发明专利 19 件、实用新型专利 5 件，发表学术论文 32 篇。成果在多家企业推广应用，经济社会效益显著。相关产品广泛应用于集成电路封装、电子线缆、高保真音视频线缆、连接器等领域，成功应用于国庆 70 周年和 60 周年阅兵庆典、国家大剧院、北京奥运会场馆、上海世博会场馆等国家重点工程，保障了国家重点领域关键材料战略安全。