

热点评论

高技术服务业在促进新材料科技成果产业化中的重要作用

陈大明



陈大明 教授
北京航空材料研究院

陈大明 教授，博士生导师。现任北京航空材料研究院科技委副主任。多年来承担并完成国防预研、国家自然科学基金、863 计划、国防科学基金、科技部中小企业技术创新基金、发改委高技术产业化示范工程等多项科研和产业项目。曾获得国家教委及省部级科技奖励5项，1991 年被中国航空航天工业部授予“做出突出贡献的中国博士学位获得者”，2001 年被国家科技部授予“八六三计划十五周年作出成绩的先进个人”。现担任中国硅酸盐学会特种陶瓷分会副理事长、中国材料研究学会产业工作委员会副主任，全国工业陶瓷标准化技术委员会委员等多项学术团体职务。被西北工业大学、武汉理工大学聘为兼职教授。

随着我国市场化程度逐步提高，区域经济和高新技术产业发展迅速，传统产业与新兴产业分工不断细化与深化，迫切需要一个人才和知识密集，支撑并服务于经济、产业和企业发展的高技术服务体系，通过增值的专业化服务扩散高技术成果，促进传统产业升级、产业结构优化调整和经济增长方式的转变。在新材料领域中，新产品的开发和产业化与相应的技术研发和服务密切相关。近年来，国家科技部科技型中小企业技术创新基金已明确将“新材料技术服务业”列入支持内容，在 2009 年度“若干重点项目指南”中，重点支持方向包括“新材料产品研发技术服务”，“拓展产品产业链技术服务”和“产品技术的集成创新服务”。

随着我国市场化程度逐步提高，区域经济和高新技术产业发展迅速，传统产业与新兴产业分工不断细化与深化，迫切需要一个人才和知识密集，支撑并服务于经济、产业和企业发展的高技术服务体系，通过增值的专业化服务扩散高技术成果，促进传统产业升级、产业结构优化调整和经济增长方式的转变。在新材料领域中，新产品的开发和产业化与相应的技术研发和服务密切相关。近年来，国家科技部科技型中小企业技术创新基金已明确将“新材料技术服务业”列入支持内容，在 2009 年度“若干重点项目指南”中，重点支持方向包括“新材料产品研发技术服务”，“拓展产品产业链技术服务”和“产品技术的集成创新服务”。

作为一名高技术陶瓷科技工作者，近十几年来在科技成果转化及产业化方面做了一些工作，亲自创办过生产企业，也接触和服务过多家企业，在实践中深深体会到，科技人员组建高技术服务型企业，通过技术服务促进新材料科技成果产业化，会起到较好的效果。本文以高性能陶瓷轴高技术成果转化为例，分析高技术服务业在新材料科技成果产业化中的重要作用。

1 从新产品研发角度分析高技术服务业的作用

对任何一种高技术陶瓷产品，都包括：成分设计—粉体—成型—烧结—后加工—整套技术，更具体讲：根据产品性能要求，进行配方设计；选择或合成相应的陶瓷原料粉体；选择成型方法和相应设备；确定烧结工艺和相应设备；如需要，还要解决后续精密加工方法和设备选型。从技术服务角度看，要统筹考虑上述技术集成，达到提高生产效率、降低生产成本、改善产品质量、节能降耗、减少环境污染的目的。下面以“微型电机用陶瓷轴”这一新产品为例，说明技术服务需具体解决的问题。

微型电机采用高刚度、耐磨损、耐腐蚀、密度低的陶瓷轴代替传统使用的钢轴或硬质合金轴，可使电机运转更加快速平稳，并显著提高其在特殊环境下的使用寿命。目前国外发展陶瓷轴微电机的速度很快，国内一些有研发能力的企业也在开发该类产品，对微电机陶瓷轴的需求很迫切。从技术服务角度，需解决以下具体问题。

(1) 配方设计及选择方案 根据对陶瓷材料特性分析，能满足高刚度、高耐磨、耐腐蚀要求的陶瓷材料有：92，95，99 氧化铝陶瓷，ZTA(氧化锆增韧氧化铝)陶瓷，部分稳定 ZrO_2 陶瓷， Si_3N_4 陶瓷等，可作为微电机轴。从不同用户对微型电机陶瓷轴性能及价格要求综合考虑，几种氧化铝陶瓷制造工艺和成本差别不大，但 99 陶瓷比 92，95 陶瓷高一档次； Si_3N_4 陶瓷虽然性能优越，但其生产成本和设备要求很高，可能导致价格过高而难以推广。因此，建议开发 99 陶瓷、ZTA 陶瓷、部分稳定 ZrO_2 陶瓷，形成不同质量和价格的系列产品。进而根据已有知识积累，设计 99 陶瓷中添加剂为 MgO 而不用 Y_2O_3 ，可起到细化晶粒的作用；ZTA 陶瓷中 ZrO_2 含量为 10% ~ 15%，具有较好的增韧效果且成本增加不多； ZrO_2 陶瓷则可选择用 $n(Y_2O_3) = 3\%$ 部分稳定的 ZrO_2 陶瓷效果较好。

(2) 粉体要求及选择方案 在所开发的产品中，主要使

用 Al_2O_3 粉体和 $\text{Y}_2\text{O}_3 - \text{ZrO}_2 [n(\text{Y}_2\text{O}_3) = 3\%]$ 粉体。从耐磨的角度考虑,陶瓷轴应为细晶粒,以满足提高使用寿命的要求。为此,选用亚微米级或纳米级超细粉体比较合适。但从价格和后续成型工艺要求综合考虑,建议选择原晶尺寸为亚微米级的超细粉体。进而根据对国内外陶瓷粉体生产企业和供应商的了解,具体指定几家陶瓷粉体供应单位。

(3) **成型技术方案** 微电机用陶瓷轴尺寸规格为 $\phi(2 \sim 10) \text{mm} \times (30 \sim 200) \text{mm}$, 其高质高效的成型方法非常重要。目前对于长轴类陶瓷坯体的常用生产方法主要为塑性泥料挤制成型和蜡料浆热压铸成型,当尺寸较大时,也可使用冷等静压成型。对于本项目产品,由于采用的都是超细粘性粉料,配制具有合适塑性的泥料相当困难,泥坯密度相对较低,难以获得高致密细晶粒陶瓷轴;热压铸成型生产流程较长,生产效率相对较低,排蜡过程额外耗能并造成较严重的环境污染,同时对于亚微米级超细粉,配制高固相含量,且具有良好流动性蜡料浆难度很大;冷等静压成型由于受模具限制,其棒坯尺寸精度和表面质量难以满足要求,通常需进一步机械加工才能获得所需尺寸的陶瓷轴坯体。同时,该工艺设备投资费用大,生产成本低,生产效率低,不适合于工业化生产直径小于 $\phi 10 \text{mm}$ 的陶瓷轴坯体。相比而言,水基料浆注模凝胶成型工艺具有生产工艺简化、生产成本低、节能降耗显著、基本无环境污染、产品质量好等优势。关键是要解决其工业化高效批量生产及达到质量要求等特定技术,涉及到浇注方法、长棒状陶瓷坯体无或少变形脱水干燥工艺技术及设计合适的模具等,要达到一次成型数百只陶瓷轴坯体的能力。

(4) **烧结工艺制度及设备选型** 对于上述几种氧化物陶瓷材料,一般采用常压空气炉烧结即可,可选择马弗炉、梭式炉或隧道窑,还要选择是采用燃气加热还是电加热。另外,还需要设计烧结工艺实验,以确定陶瓷轴坯体码放方式(涉及到耐火承烧板材质和形状的选择)、升温速率(应考虑有机物烧除问题)、最高烧结温度和保温时间(保证致密化并保持细晶粒不长大)、冷却速率(快速冷却)等参数。从生产效率、产品质量、环境影响、生产成本等方面综合考虑,建议采用电加热、推板式隧道窑比较理想。进而根据对国内外窑炉生产企业的了解和烧结工艺要求,推荐窑炉生产单位,并具体提出推板式隧道窑截面、长度、控温点数量、最高加热温度、炉温均匀性等参数要求。

(5) **后续加工方案及设备工艺** 由于微电机陶瓷轴对尺寸精度要求很高,必须进行后续加工才能满足技术指标和使用要求。对于高硬度陶瓷材料,必须用金刚石砂轮

研磨加工。根据陶瓷轴产品特点,建议选用无芯磨进行外圆加工,平面磨进行端面加工。

总之,每种产品的研发和产业化都需要综合技术的支撑。对某一生产企业而言,要全面掌握这些技术有一定难度,如果有一家由若干有经验的专家组成的技术服务企业,帮助企业全面解决新产品开发过程中所遇到的技术问题,一定能起到事半功倍的作用。而通过该新产品的开发,必将会带动整个产业的进步,有可能拓展新的产业链。

2 从技术集成角度分析高技术服务业的作用

陶瓷产品种类繁多,但常用的坯体成型技术目前仅有十种左右,对陶瓷产品的质量和生产效率起着极大的作用。因此,陶瓷产品的制备技术常用其成型方法命名。如:注浆法生产大尺寸石英陶瓷辊棒、非致密石英陶瓷坩埚、氧化铝和氧化锆薄壁致密陶瓷坩埚;干压法生产氧化铝磁控管壳、耐磨衬板、纺织用陶瓷摩擦片;冷等静压法生产氧化铝陶瓷真空开关管壳、氧化锆陶瓷缸套、耐磨介质球、球阀、氮化硅陶瓷轴承球;泥料挤制法生产氧化铝陶瓷辊棒、高铝绝缘瓷基体、堇青石蜂窝陶瓷载体、蓄热体;流延法生产氧化铝陶瓷基片、氮化铝陶瓷基片、片式陶瓷电容器、电感器;热压铸法生产氧化铝陶瓷真空开关管壳、水阀片、咖啡豆磨头等。虽然不同的陶瓷产品都会有一些特殊的要求,但是各种成型技术都会涉及到许多共用技术需要解决。不断改进已有成型技术,发展新的成型技术,可以有效地提高生产效率和产品质量,降低生产成本和能源消耗,改善工作环境和劳动条件。下面以水基料浆注凝成型法生产陶瓷产品为例,说明技术服务应解决的一些通用技术。

水基料浆注凝成型法生产陶瓷产品是近年来发展起来的一项新工艺,具有设备投资费用少、生产工艺过程简单、坯体微观结构均匀、产品质量好等优势,是一种既可近净形生产简单形状的陶瓷制品,又可近净形生产复杂形状陶瓷制品的普适性工艺。在推广该项新工艺的过程中,涉及到以下通用技术的集成。

(1) **可注凝水基陶瓷料浆的配制技术** 生产氧化铝、氧化锆、碳化硅、钛酸钡等陶瓷材料,配制固相含量高、流动性良好的可注凝水基陶瓷料浆是首先要解决的关键技术。与此相关的技术包括:对陶瓷粉体的要求(粉末为微米级或亚微米级、原晶颗粒密实、外形为最好等轴状、对易水解原料的表面处理方法等),球磨混料工艺(加水量、球料比、分批加料顺序、混磨时间、料浆温

度控制等), 辅料种类、用量与加入方式(分散剂、有机单体、交联剂、pH 值调节剂等), 陶瓷料浆的真空搅拌除气(真空度、时间、搅拌转速等), 陶瓷料浆的测试方法(比重、粘度、流动性、悬浮性等)等技术。

(2) 适合于工业化生产的模具设计与制造 设计合理的模具是水基料浆注凝成型技术能否实现工业化生产的关键, 相关技术涉及模具材料的选择(玻璃、金属、尼龙等材质)、合模脱模及批量生产的方便性(组合模具)、浇冒口安排的合理性(保证凝胶化过程收缩不造成坯体损伤)、脱模剂选择(非硅脱模剂)等等。

(3) 料浆的凝胶化控制技术 凝胶化是水基料浆注凝成型技术的核心技术, 需根据产品特点考虑凝胶化方式(引发剂加热凝胶、催化剂-引发剂室温凝胶、氧化-还原凝胶)、凝胶化时间(引发剂及催化剂或还原剂的浓度、滴加速度、加入量、凝胶化后放置时间等)及防氧阻聚(真空凝胶、氮气保护凝胶、冒口补偿)等问题。

(4) 坯体的无或少变形干燥技术 自美国橡树岭国家实验室发明水基料浆注凝成型技术以来, 坯体的无或少变形干燥技术一直是后续研究的重点和难题之一。其原方案是将湿凝胶坯体置于温湿箱中通过逐渐降低环境湿度使之干燥, 但效率低下, 难以满足工业化高效生产需要。近年来人们已发明了多种无或少变形的干燥方法, 包括浸入有机溶剂中脱水干燥, 采用含醇半水基料浆分步脱水干燥等, 并针对片式、棒状元件发明了一些特殊的无或少变形的干燥方法。

(5) 粘接剂烧除与致密化烧结一体化工艺 这是决定产

品最终质量和节能与否的关键工序, 涉及到设备选型(电窑、燃气窑、马弗炉、梭式炉、隧道窑等), 烧结工艺的制定(升温速率、最高烧结温度和保温时间、冷却速率等参数)等, 可根据产品特点进行试验和选择。

(6) 边角与回坯废料的处理与再利用技术 这是充分利用原料和降低生产成本所必须考虑的问题, 通常是经低温烧除有机物后再使用。需确定烧除温度、时间, 还要解决烧后粉体的再研磨和应用技术。

上述都是一些通用的技术问题, 对于有丰富经验的掌握注凝成型法生产陶瓷制品的高技术服务单位, 可以为生产不同产品的企业服务。这种服务应是全方位的, 除掌握具体工艺技术外, 还应了解和国内外陶瓷粉体厂商不同原料的适用情况和质量稳定性及水平; 注凝成型法所用关键原材料的供应商和性价比; 模具设计单位及制造单位的情况和费用比较; 窑炉生产单位的能力和产品质量及价格等等。

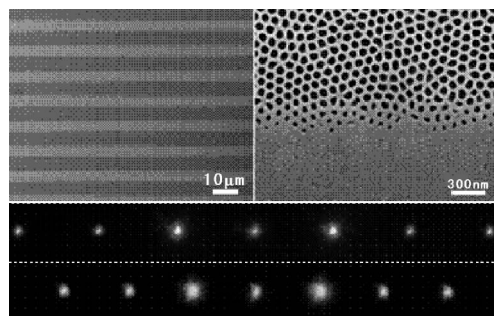
通过对注凝成型法生产各种陶瓷制品这一新技术的推广, 必将推动上述相关陶瓷粉体、精细化工、机械加工等产业的不断发展。

主要由科技人员组建的高技术服务企业作为一种新的企业模式, 对促进新材料科技成果产业化, 帮助生产企业不断进步和可持续发展能够发挥重要的作用。因此呼吁致力于新材料科技成果产业化的科技工作者在这一领域发挥专长, 有所作为。这可能比亲自创办生产型企业(需更多考虑资金筹措、生产管理、市场营销等)更符合科技工作者的特点。

我国多孔氧化铝基相位透射光栅制备新方法

近日, 中国科学院宁波材料技术与工程研究所在衍射光学元件的低成本制造方面取得进展, 相关论文被《光学快报》(Optics Letters) 接受, 并提前在网上发表。该杂志由美国光学学会主办, 以快速报道光学领域最新的研究成就而著称。

博士后王彪与合作导师崔平、宋伟杰研究员通过集成有序纳米孔材料合成和纳米材料表面微纳加工两种先进技术, 提出了一种在有序的多孔阳极氧化铝基片上获得所需图案的低成本方法。他们在正常的光刻加工步骤完成后, 利用化学刻蚀方法代替通常采用的干法刻蚀工艺, 从而快速地将所需的微观图案转移到多孔阳极氧化铝片上。实验表明, 通过上述方法可以在多孔氧化铝片上刻制出高精度的图形结构, 并且加工获取的图形结构深度很容易超过 $10\mu\text{m}$ 以上。该方法将衍射光学元件如透射光栅的加工由传统的致密光学材料扩展到有序纳米孔材料上, 有望适用于制造高性能衍射光学元件。例如, 当多孔氧化铝上刻制的图形是光栅条纹时, 所获得的单色激光衍射结果与理论计算值吻合得很好。



氧化铝基相位透射光栅及其激光衍射图案

(摘自中国科学院上海硅酸盐研究所网站)