**一、项目名称：**

船用阀门核心部件高效精密复合加工关键技术及应用

**二、拟提名奖种：**

中国发明协会发明创业奖-创新奖

**三、提名等级：**

二等奖

**四、完成单位：**

江苏海事职业技术学院，江苏科源阀门制造有限公司，江苏正万机械科技有限公司，江苏航运职业技术学院，常州工学院

**五、完成人：**

赵先锐，吴西文，顾培建，曹将栋，李战江，何亚峰

**六、项目简介：**

船舶与海洋工程装备是我国“十四五”海洋战略的重中之重。阀门作为船舶配套中的核心部件，主要控制船舶管路内流体的压力、流量和流动方向，确保船舶的正常安全。由于大量含氯离子等有害流体和海水强烈地冲刷与腐蚀阀门流道，极易造成阀门使用寿命缩短、振动加剧，造成安全隐患，对船舶系统的高效稳定运行产生不利影响。因此，钛合金阀门具有高耐热性、优异耐蚀性、高比强度及低导热性等特性，作为轻质材料在深海高压、极地低温、高盐雾腐蚀等极端服役环境下具有不可替代性，已经成为高技术船舶配套领域重点发展方向之一。然而，钛合金作为典型难加工材料，机械切削过程中因刀尖接触应力高、切屑与前刀面滑移路径长，导致刀具快速磨损，切削区高温引发钛元素与氧/氮反应生成氧化钛硬脆层，显著降低材料加工塑性，不能满足阀门高精度和高表面质量的加工要求。项目组在江苏省自然科学基金、浙江省自然科学基金和企业自研等科技项目的支持下，围绕钛合金阀门核心部件切削效率低、表面质量差、加工精度不易控制等难题，创新提出原位Ti(C,N)-TiB2-Co金属陶瓷刀具材料反应热压烧结技术、Ti(C,N)-TiB2-Co金属陶瓷刀具表面多元纳米铝化物涂层技术、微铣削辅助电解复合加工方法等，实现了钛合金阀门核心部件高效精密加工。

主要创新点：

（1）创新提出原位Ti(C,N)-TiB2-Co金属陶瓷刀具材料反应热压烧结技术。采用原位反应热压烧结工艺，将Ti、B4C、Co等原料在高温高压下通过固-液反应同步生成Ti(C,N)和TiB2增强相，并实现致密化。通过精确控制反应路径与烧结动力学，使硬质相以纳米-亚微米级弥散分布，形成TiB2棒晶与片层Ti(C,N)交织的强韧化结构，同时Co粘结相均匀包裹增强相，解决了传统复合陶瓷界面结合弱、韧性不足的问题。该工艺将合成与烧结一体化，其相对致密度、平均颗粒尺寸、硬度、断裂韧性分别为99.8%、0.605 μm、2025HV与7.68MPa.m1/2。

（2）创新构筑Ti(C,N)-TiB2-Co金属陶瓷刀具表面多元纳米铝化物涂层技术，运用粉末包埋催渗技术，开发了一种稀土氧化物催渗的渗剂配方，原位构建具有多元纳米梯度过渡的Al2O3-TiB2复合涂层体系，利用TiB2中间层实现Al2O3与金属陶瓷基体的化学相容性匹配，形成由致密Al2O3外层向TiB2过渡层连续渐变的结构。同时引入Co元素梯度扩散机制，有效缓解界面热应力并增强涂层结合强度达45N以上。降低切削摩擦系数至0.25，使刀具切削寿命提升2-3倍。

（3）创新提出钛合金阀门核心部件微铣削辅助电解复合加工方法。以高定域性的NaNO₃电解液替代传统混合电解液，通过微铣削周期性破除钛合金表面钝化膜，同步利用电解去除材料，实现“机械破除-电解蚀除”时空协同，该工艺集成了数控柔性、电解高效性与微铣削精密性，材料去除率提升40%以上，尺寸精度控制在5μm以内，表面粗糙度控制在Ra 0.4μm以内，实现了钛合金阀门核心部件高效精密加工。

该项目共申请专利32件，授权发明专利18件，发表高水平学术论文28余篇。经中国机械工业联合会鉴定，项目技术达到了国内领先水平，项目技术已在江苏诚功阀门科技有限公司、宁波盾戈涂层技术有限公司、常州华立达智能装备有限公司等用户广泛使用，稳定性、效率和产品质量完全可以满足应用要求，取得了显著经济效益和社会效益。