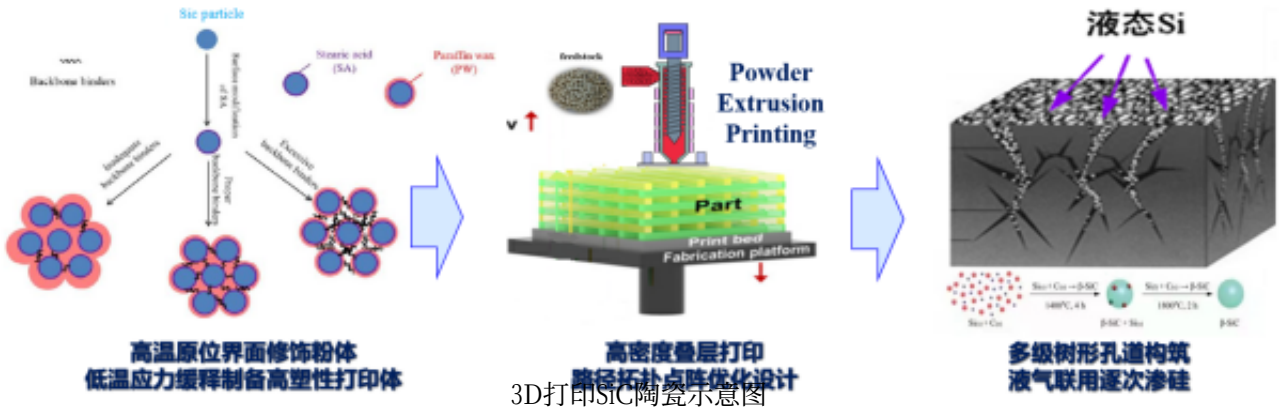
上海硅酸盐所碳化硅陶瓷增材制造研究获进展

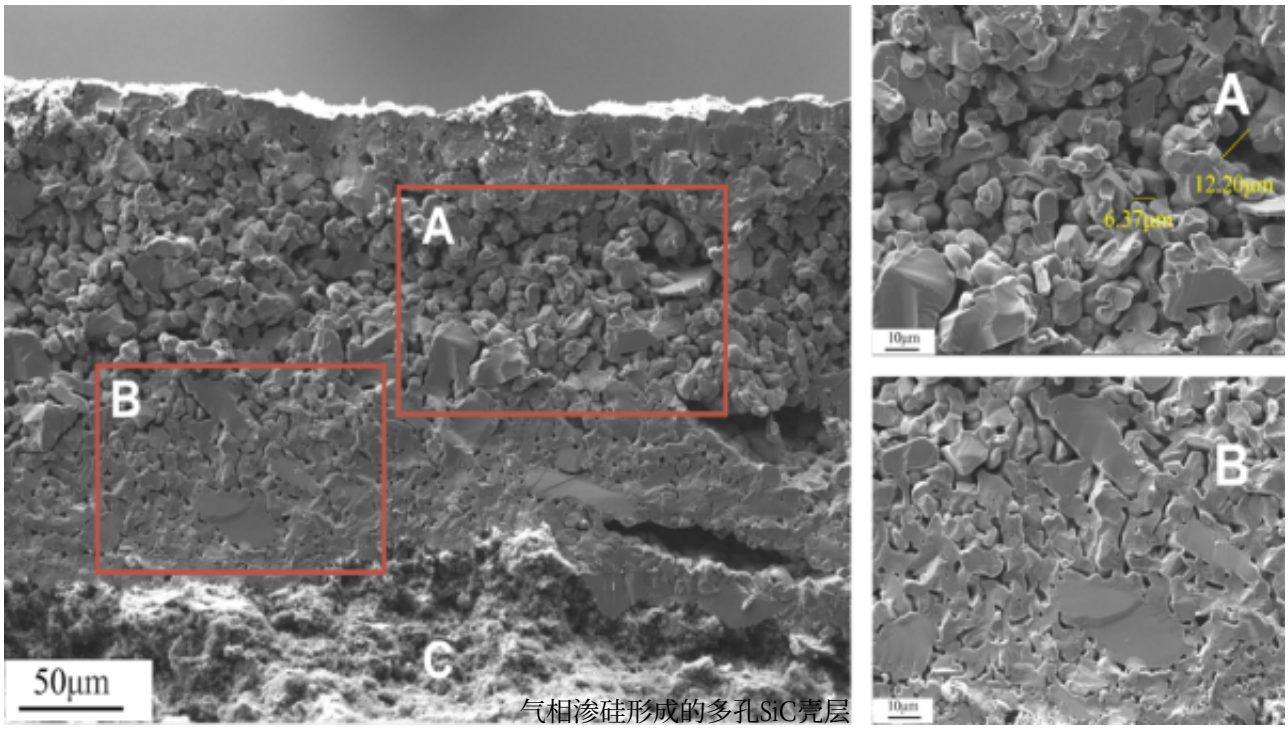
碳化硅（SiC）陶瓷结构件在各类新应用场景的需求逐渐增多。例如，核工业领域的大尺寸复杂形状SiC陶瓷核反应堆芯；集成电路制造关键装备光刻机的SiC陶瓷工件台、导轨、反射镜、陶瓷吸盘、手臂等；新能源锂电池生产配套的中高端精密SiC陶瓷结构件；光伏行业生产用扩散炉配套高端精密SiC陶瓷结构件和电子半导体高端芯片生产制程用精密高纯SiC陶瓷结构件。然而，由于SiC是Si-C键很强的共价键化合物，硬度仅次于金刚石，具有颇高的硬度和显著的脆性，故精密加工难度大。因此，大尺寸、复杂异形中空结构精密SiC结构件的制备难度较高，限制了SiC陶瓷在诸如集成电路这类高端装备制造领域中的应用，而3D打印技术可有效解决这一难题。3D打印SiC陶瓷制备技术已成为目前SiC陶瓷研究和应用的发展方向之一。3D打印SiC陶瓷主要为反应烧结SiC陶瓷，多数密度低于2.95 g · cm-3，硅含量通常大于30vol%甚至高达50 vol%。由于硅熔点低于1410 °C，导致硅使用温度较低，限制了3D打印SiC陶瓷在半导体领域（如LPCVD）的应用场景。

中国科学院上海硅酸盐研究所研究员黄政仁团队研究员陈健，在前期提出高温熔融沉积结合反应烧结3D打印SiC陶瓷的基础上，进一步将陶瓷打印体等效碳密度从0.80 g · cm-3提高至接近理论等效碳密度0.91 g · cm-3。等效碳密度的增加致使渗硅难度呈指数级提升，直接液相渗硅易阻塞通道致使渗硅失效。近期，该团队提出了气相与液相渗硅联用逐次渗硅方法，通过气相熔渗反应形成多孔SiC壳层，避免高碳密度的陶瓷打印体在液相渗硅初期发生快速剧烈反应，同时限制液态硅与固体碳的接触面积。这样不会发生熔渗通道的堵塞，使得后续的液相反应可缓慢且持续进行。该研究制备的SiC陶瓷密度可达3.12 g · cm-3，硅含量降低至10 vol%左右，抗弯强度和弹性模量分别达到465 MPa和426 GPa，力学性能与常压固相烧结SiC陶瓷相当，可提高SiC陶瓷环境使用温度。

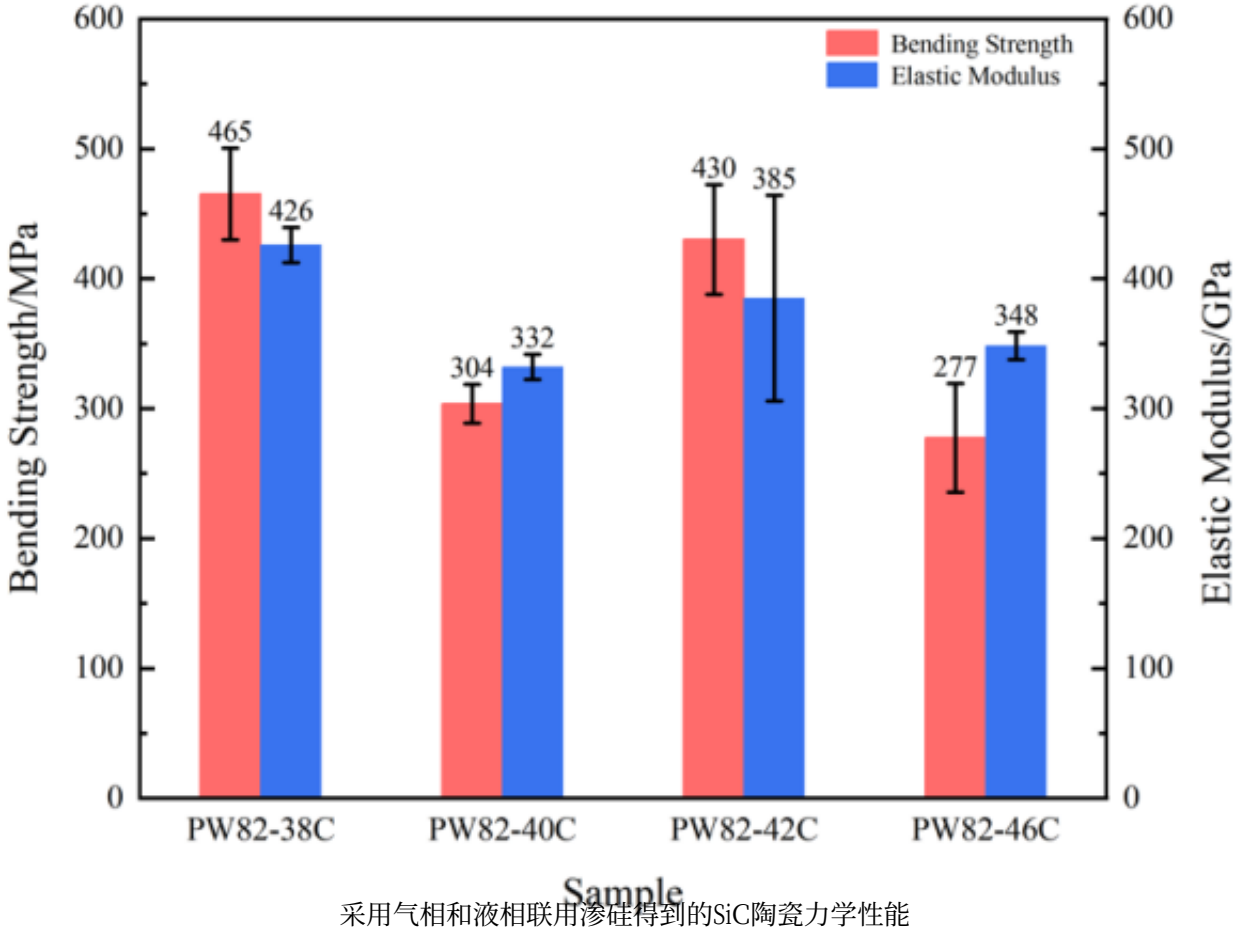
相关研究成果发表在《欧洲陶瓷学会杂志》（Journal Of The European Ceramic Society）上，并申请中国发明专利2项（其中1项已授权）。研究工作得到国家重点研发计划、国家自然科学基金面上项目和上海市自然科学基金等的支持。



3D打印SiC陶瓷示意图



气相渗硅形成的多孔SiC壳层



采用气相和液相联用渗硅得到的SiC陶瓷力学性能

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/201777.html