金属特性对 Al_2O_3/Ti/Ni 层状复合材料断裂特性的影响

一. 成果完成人及所在单位： 刘泉，材料科学与工程学院　　指导教师：林建平

二. 成果简介：

陶瓷具有高强度、耐高温、耐磨、耐腐蚀、耐氧化等一系列优点。同时，它们也有脆性和难以加工的缺点。提高陶瓷的韧性，提高其使用的可靠性一直是陶瓷材料研究的一个重要方向。层压复合材料中陶瓷和金属的相互约束往往会改变陶瓷和金属的原始性质。本项目研究采用 PAS 技术制备了 Al_2O_3/Ti 和 Al_2O_3/Ti/Ni。研究比较了 Al_2O_3/Ti/Ni 和 Al_2O_3/Ti 在弯曲断裂、裂纹延伸和残余应力方面的差异，发现 Al_2O_3/Ti/Ni 具有特殊的断裂特性，与构件材料性能和构件材料之间的界面约束有关。

三. 主要研究内容及创新点：

主要研究内容：1、采用 PAS 技术制备了 Al_2O_3/Ti 和 Al_2O_3/Ti/Ni；2、使用多功能试验机（CMT5104A，SANA）进行三点弯曲试验；3、采用场发射扫描电子显微镜（FESEM S-2700）对显微形态进行分析；4、维氏硬度计（HV-120）用于产生压痕裂纹；5、有限元分析 ANSYS 进行了温度和应力分析。

主要创新点：

1、Al_2O_3/Ti 的断裂能是 Al_2O_3 的 7.4 倍，断裂能的提高与 Ti 的强化作用有关。

2、柱状晶体容易沿晶界断裂，导致钛由韧性变为脆性，温度梯度和快速冷却速率是导致柱状晶体形成的原因。

3、Al_2O_3/Ti 复合材料在失效时的负载明显高于 Al_2O_3/Ti/Ni 复合材料。

4、Al_2O_3、Ti 和 Ni 之间的脆性到韧性的梯度转换，加上界面层对裂纹扩展方向的引导，增强了 Al_2O_3/Ti/Ni 的抗损伤能力。

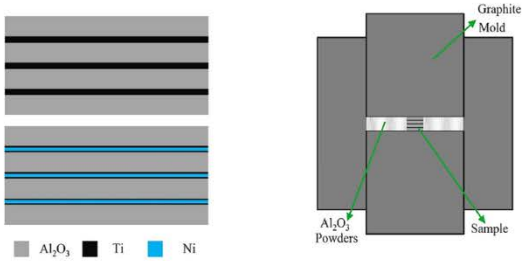
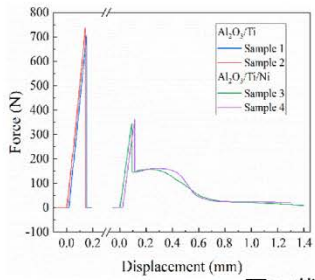


图1 叠层材料和烧结方法



Sample	Flexural strength (MPa)	Elastic fracture energy(J/m²)	Non-reversible fracture energy(J/m²)	Total fracture energy(J/m²)
Al_2O_3	371.6	558.5	0	558.5
Al_2O_3/Ti	577.1	4125.8	0	4125.8
Al_2O_3/Ti/Ni	297.5	1393.2	8553.5	9946.7

图2 载荷位移曲线和断裂能

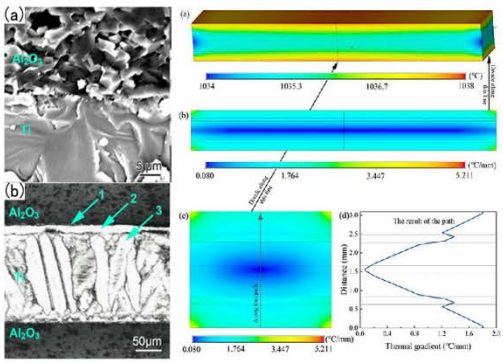


图3 柱状晶体形成（形貌分析及模拟）

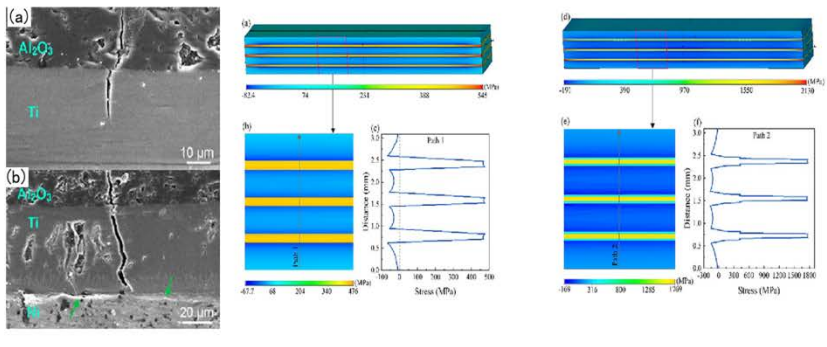


图4 叠层材料的应力分布（形貌分析及模拟）

四. 主要研究成果及应用情况

1.金属材料的特殊性质能够提高陶瓷材料的塑韧性及应用。

2.论文《Influence of metallic properties on the fracture characteristics of Al_2O_3/Ti/Ni laminated composites》已出版于 International Journal of Applied Ceramic Technology 期刊(SCI 三区，IF: 2.328)。

联系人：刘泉　　电　话：13821296920　　Email:lq13821296920@163.com