附件2

长摘要撰写模板

**双相不锈钢冲击韧性研究进展及工艺技术实践**

丰 涵1， 宋志刚1， 何建国1， 吴晓涵1，

王宝顺2， 吴明华3， 李国平4， 周灿栋5， 高虹6

（1．钢铁研究总院有限公司，北京 100081；2．浙江久立特材科技股份有限公司，浙江湖州 313028；3．永兴特种材料科技股份有限公司，浙江湖州 313005；4．山西太钢不锈钢股份有限公司，山西太原 030003；5．宝武特种冶金有限公司，上海 201900；6．江苏武进不锈股份有限公司，江苏常州 213017）

**摘 要**：双相不锈钢兼具奥氏体不锈钢的优异耐点蚀性能与铁素体不锈钢的较高强度和耐氯化物应力腐蚀性能，在石油石化、海洋工程、核电、船舶等领域有广泛应用。近年来双相不锈钢产品进一步向低温环境拓展应用，但国内双相不锈钢产品普遍存在冲击韧性低的问题。目前不锈钢断裂机理研究多针对奥氏体钢或铁素体钢，需要完善和发展多相组织耦合下的双相不锈钢低温冲击韧性研究。

笔者及其团队近年来以UNS S32750双相不锈钢为载体，系统研究了基体两相比例（Phase ratio）、相形态（Phase morphology）、晶粒长径比（Aspect ratio）、第二相析出等材料学因素对双相不锈钢低温断裂行为的影响，分析了作用机制。主要研究结果有：（1）固溶态S32750双相不锈钢在室温下具有高的冲击韧性，过高的铁素体相比例和粗化的铁素体晶粒损害试验钢冲击韧性：α相含量从50%增加到60%，对应室温冲击功值从236J单调递减至144J，主要体现在裂纹扩展功的下降。（2）γ相形态由层片状向球状转变、γ相大长径比晶粒比例从55%降至15%，可有效提高试验钢冲击韧性、降低韧脆转变温度，并改善冲击韧性各向异性，提高横向冲击功。（3）试验钢在900℃时具有非常快的第二相析出速度，并倾向于在高界面能的α/γ相界和三叉晶界处发生粗化；1%含量的σ相即可严重恶化试验钢的低温冲击韧性，韧脆转变温度上升可达65℃；Cr2N相对试验钢冲击韧性的恶化作用弱于σ相。（4）试验钢在20℃~-100℃范围内的冲击功值随测试温度降低呈S形下降，两者符合以下Boltzmann关系：KV=211.1+(-186.8)/(1+e^((T-(-39.9))/11.4))。（5）测试温度从US区降至DBT和LS区，试验钢冲击功能量构成呈“高裂纹扩展功+高裂纹萌生功”→“中低裂纹扩展功+高裂纹萌生功”→“低裂纹扩展功+低裂纹萌生功”变化。（6）在DBT温度区冲断后，试验钢出现同时穿越铁素体和奥氏体的解理断面，铁素体相多呈河流状解理形貌，奥氏体相呈“解理小平面+起源于γ晶界处和α/γ相界处的撕裂棱”的准解理形貌。

基于以上研究结果，结合我国双相不锈钢生产工艺路线，开发了“双相不锈钢两相双细化工艺技术”、“双相不锈钢中有害相的消除方法”、“控相形态热加工工艺方法”等系列自主知识产权技术，在久立特材、永兴特材、太钢不锈、宝武特冶、武进不锈等重要棒、管、板生产企业得到应用，成功开发出高冲击韧性的UNS S31803、S32205、S32750、S32760产品，工业生产的S32750双相不锈钢管材-46℃低温冲击韧性提升60%以上，冲击功值稳定达到100J以上。结合冲击韧性提升技术的发展，引导双相不锈钢材料组织调控手段从“相比例”向“相比例+相形态+晶粒尺寸”转变，推动了高质量双相不锈钢产品的国产化和竞争力提升，助力我国高等级双相不锈钢无缝管市占率从不足10%提高到75%以上，产生了显著的经济效益和社会价值。

**关键词**：双相不锈钢；冲击韧性；相比例；相形态；工艺技术