
力学所在异构金属动态力学行为研究方面取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/11167.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

微观异构（heterogeneous microstructuring）是提升金属结构材料协同强韧化水平的新途径，典型异构包括：非均匀/异质层片、跨尺度晶粒微结构等。近期，中国科学院力学研究所先进材料力学行为研究团队在异构动态力学行为和极端环境下服役行为等方面取得进展。研究人员针对芯部为马氏体钢与表层为奥氏体不锈钢组成的三明治宏观多层异构，利用应变精细控制的动态剪切试验与微结构演化观察，发现相比于传统均质微结构，异构的动态力学性能匹配显著提升（图1a）；提出了相应动态剪切变形的微观力学机制，即异构延缓了剪切带在脆性区的萌生，限制了剪切带从脆性区到韧性区的传播（图1b）。同时，动态变形时，软硬区界面处存在大应变梯度，形成的几何必须位错协调变形并产生了额外的加工硬化，软硬区之间相应地发生了应变分配（图1c）。此外，研究人员进一步观察到异构中剪切带的萌生和传播模式主要取决于软硬区之间的硬度差异，刻画了其相关性规律。这些研究结果为设计与调控具有优异动态力学性能的异构金属材料奠定了科学基础。

针对强韧性匹配优异的跨尺度晶粒异构中熵合金，进行了在广温域（4.2 K – 373 K）冲击加载条件下的裂尖塑性区微结构演化和裂纹扩展行为研究。结果表明，异构在经受低温冲击变形时，其内部形成了高密度变形纳米孪晶多级结构，孪晶层片平均间距10 nm，显著提高应变硬化能力，抑制裂纹的萌生和非稳态扩展。进而，高密度多级孪晶结构诱导裂纹尖端的多重剪切带分叉形成，耗散了变形能（图2b）。更为重要的是，研究发现了剪切带的自增韧机制，即剪切带内部和外部均形成了高密度的变形纳米孪晶，不仅提高了剪切带的应变硬化能力，还显著阻挡并抑制剪切带的扩展，从而增加了冲击吸收功（图2c），导致创纪录高的夏比冲击韧性，即异构中熵合金在液氮温度（4.2 K）时冲击功高达340 J，在液氮温度（77 K）为380 J，室温（298 K）为520 J（图2c）。据此，该研究提出利用变形纳米孪晶提高韧性的异构策略，为新型高性能金属结构材料的设计提供理论依据。

相关研究结果发表于Scripta Materialia以及Materials Science and Engineering

上。上述研究工作得到了中科院战略性先导科技专项（B类）、科学技术部重点研发计划纳米专项以及国家自然科学基金的资助。

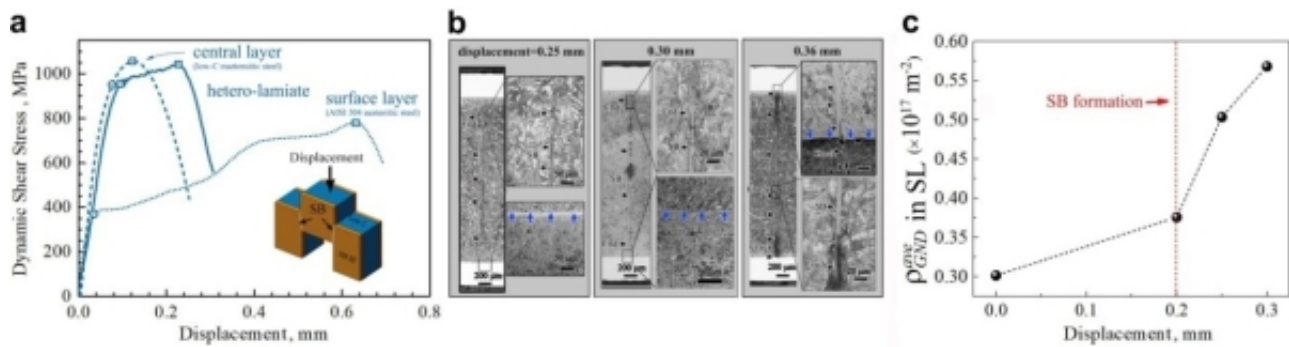


图1 宏观多层异构钢的优异动态力学性能及其微观机制(a) 高应变速率($5 \times 10^4 s^{-1}$)剪切性能；(b) 剪切带萌生/扩展行为；(c) 剪应变位错协调机制

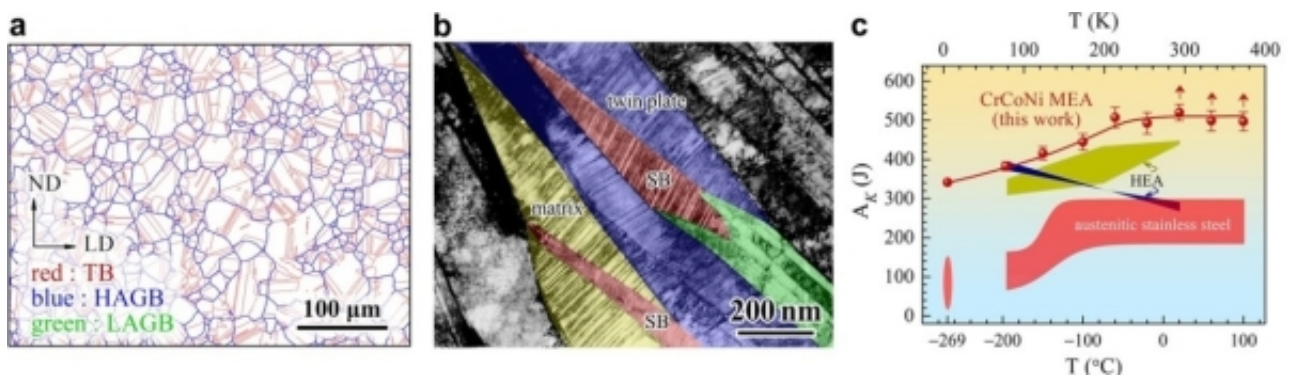


图2 跨尺度晶粒异构CrCoNi中熵合金的裂尖剪切带韧化行为和优异冲击韧性(a) 跨尺度晶粒异构；(b) 剪切带 – 孪晶交互作用；(c) 冲击韧性(A_K) – 测试温度关系

研究团队单位：力学研究所

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发