
物理所非晶合金流变载体剪切带研究取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/2773.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！

物理所非晶合金流变载体剪切带研究取得进展。非晶合金，又称金属玻璃，是兼有一般金属和玻璃优异的力学、物理和化学性能的新型合金材料。非晶合金无序的原子结构使其成为具有高强度、高韧性、高弹性等一系列优异的力学性能的新型结构材料。不同于晶态合金中存在位错、晶界等承载变形的晶体缺陷，非晶合金的室温变形高度集中在纳米尺度的剪切带内，局域剪切带的软化和扩展最终导致非晶材料的失稳断裂。剪切带是非晶材料形变和流变的载体，对剪切带的认知和调控，是突破玻璃体系脆性瓶颈的关键。然而，由于没有直观可见的类似晶体位错的形变单元，非晶合金中剪切带的形成及演化机制的物理图像、剪切带之间是否有相互作用尚不清晰。

非晶合金塑性变形形成剪切带的过程被看作是一系列剪切转变区(STZ)的激活和协同重排，剪切带内部结构相对周围母体发生巨大变化，剪切带的形成和扩展也往往伴随着粘滑运动、绝热升温、纳米晶化等新奇物理现象。然而研究者对剪切带的具体厚度这一基本问题还没有达成共识。早期，透射电子显微镜揭示剪切带的直观厚度是几十纳米的原子结构重排区域。近年来，纳米压痕、放射性示踪、纳米束X射线衍射、X射线光子关联谱等一系列实验方法发现，围绕着剪切带存在着更广泛分布的影响区。中心剪切带形成的同时，其周围一定范围母体也参与到变形和结构重排，这迫使人们需要重新认识非晶合金的应变局域和塑性变形机理。但是，由于分辨率和灵敏度等差异，不同实验方法得出的剪切带影响区宽度差别较大，尺度跨域纳米到亚微米，亟需新的实验手段来全面且精准地揭示剪切带影响区。

最近，中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心极端条件物理重点实验室汪卫华研究组博士生沈来权在研究员汪卫华、柳延辉和孙保安的指导下，以磁性铁基非晶合金为模型体系，通过对起源于磁弹性耦合的磁畴测量直观地揭示出非晶合金的剪切带影响区，并通过对磁畴结构的分析，对剪切带的结构、扩展和相互作用等前沿问题进行了系统研究，得到关于剪切带的全新认识。不同于晶体材料中原子长程有序的晶格结构导致的各向异性磁结构，铁基非晶合金，原子排列长程无序，表现出优异的软磁性能，同时其磁矩分布对磁弹性耦合作用十分敏感。因此，可以用磁畴作为反映非晶合金塑性形变后局域变形的“显微镜”。通过使用纳米尺度分辨率的磁力显微镜对多种剪切带位置处磁畴测量分析表明，剪切带两侧普遍存在微米尺度的磁畴分布(图1)，说明塑性变形形成剪切带时总伴随着微米尺度的剪切带影响区，围绕着剪切带形成应变梯度场；多重剪切带间关联分布的磁畴结构表明多重剪切带通过有效变形区的交叠而相互作用(图3)；另外，围绕着剪切带长程扩展的渐变磁畴分布表明剪切带周围也可以存在延伸几百微米的应力渐变长程弹性区(图2)。结合实验结果，他们给出了剪切带结构的完整物理图像(图4)，基于此图像和结果能很好地解释之前研究报道的非晶材料中相关物理、力学现象，比如形变后非晶合金能量状态的额外增加、结构弛豫增强等。以上研究结果为全面理解非晶体系剪切带及塑性变形机制提供重要依据。

相关研究结果最近发表在《自然-通讯》杂志上(Nature Communications , DOI: 10.1038/s41467-018-06919-2)。

上述研究工作得到国家重点研发计划(2016YFB0300501, 2017YFB0903902)、“973”项目(2015CB856800)、国家自然科学基金项目(11790291, 51571209, 51671121, 51461165101)、中科院前沿科学重点研究计划(QYZDY-SSW-JSC017)和中科院先导B专项(XDB30000000)、北京材料基因工程高精尖创新中心的支持。

文章链接

图1. 剪切带形貌及单一剪切带周围磁畴分布

图2. 沿剪切带长程延伸的磁畴演化

图3. 多重剪切带间磁畴分布

图4. 剪切带影响区多重结构图

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](http://iikx.com)转发