

## 新闻动态

- 综合新闻
- 科研动态
- 学术活动
- 媒体聚焦
- 通知公告

## 高强塑梯度纳米位错结构高熵合金研究取得重要进展

2021-09-24 | 文章来源：材料动力学研究部 【大 中 小】 【打印】 【关闭】

金属材料的塑性变形通常基于全位错的增殖运动、孪生、剪切或相变来协调。其中，位错常被视为塑性变形的基本载体，与其它结构缺陷（如晶界、孪晶界、相界等）发生交互作用而强化材料；在大塑性变形时，则通过形成小角度位错界演变为晶界，实现细晶强化。但位错结构本身强化效应有限，尤其是不全位错主导的变形及强化行为鲜有报道。

近年来，多主元高熵合金因其近乎无限的成分区间、独特的化学短程有序结构和优异的力学性能而备受关注。但大量研究发现长期制约传统金属结构材料发展的“强度-塑性”倒置关系在高熵合金中依然普遍存在，原因是其塑性变形机制往往被与传统金属材料并无本质差别。因此，迫切需要借助新颖的微观结构构筑来揭示高熵合金是否具有独特变形机制，以丰富金属的有效强化策略。

近期，金属所沈阳材料科学国家研究中心卢磊研究员团队与美国田纳西大学、橡树岭国家实验室、阿贡国家实验室的科学在这一科学难题研究方面取得重要进展，相关研究结果于9月23日在《科学》（Science）周刊上以First Release形式在线发布。其中，潘庆松副研究员、博士生张良学以及美国橡树岭国家实验室冯瑞博士为共同第一作者。

研究人员通过一种简单、高效的小角度往复扭转梯度塑性变形技术，保持 $Al_{0.1}CoCrFeNi$ 高熵合金棒材样品中原始晶粒的尺寸和取向不变的同时，在晶粒内部成功引入百纳米尺度位错胞稳定结构。随距样品表面深度增加，位错胞尺寸逐渐增加，位错胞尺寸降低，实现了位错胞结构从样品表面至芯部的梯度序构分布和可控制备。拉伸结果表明：梯度位错胞结构不仅显著提高屈服强度，同时还使其保持良好的塑性和稳定的加工硬化。梯度位错胞结构高熵合金的强塑性-屈服强度匹配明显优于文献报道同成分的均匀或梯度结构材料。

结合高分辨透射电子显微技术、同步辐射X射线、原位中子衍射等多尺度微观结构表征技术，发现高熵合金中梯度位错胞塑性变形过程中激活了不全位错-层错诱导塑性变形机制。变形初期，亚十纳米细小层错即从位错胞壁萌生、滑移扩展，其密度随应变增加而增加，逐渐演变成超高密度三维层错（和少量孪晶界）网格，直至布满整个晶粒。超高密度细小层错/孪晶的有效协调其塑性变形、细化初始位错结构、阻碍其它缺陷运动而贡献强度和加工硬化。这一新的层错强化机制不同于传统材料的全位错强化，与高熵合金中空间波动的低层错能、纳米尺度位错胞结构以及梯度序构效应引起的复杂应力场密不可分。该揭示了高熵合金特有的变形机理，也表明简单、易行的往复扭转梯度塑性变形技术可广泛用于梯度结构材料的构筑与制备，具有的基础研究和应用价值。

该研究工作获得国家自然科学基金委、中国科学院、辽宁“兴辽英才计划”及沈阳材料科学国家研究中心等项目资助。

[论文链接](#)

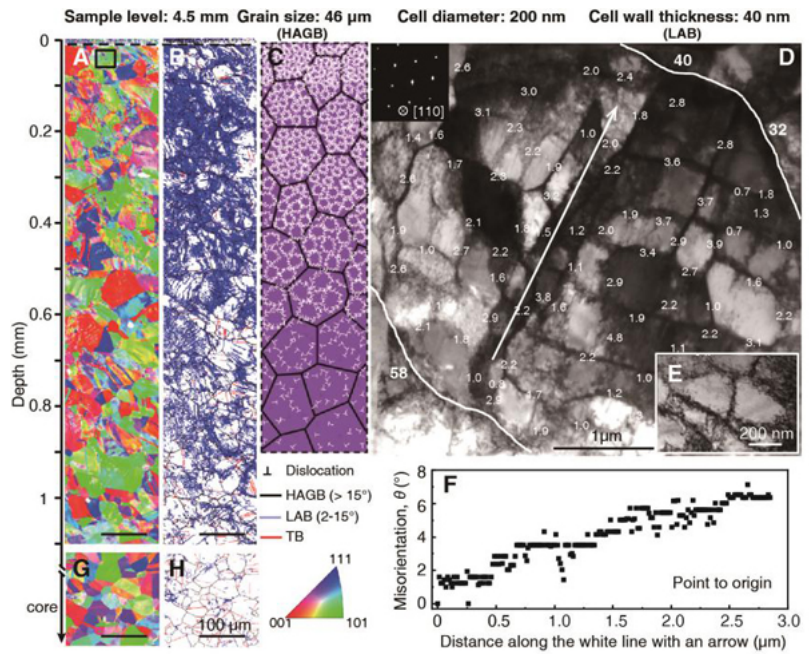


图1  $\text{Al}_{0.1}\text{CoCrFeNi}$  高熵合金中典型梯度位错结构。距离样品表面1.2 mm内 (A, B) 以及芯部 (G, H) 的截面EBSD结果显示晶粒 (形貌、尺寸、取向) 以及内部位错结构在空间上的分布特征; (C) 梯度位错结构示意图; (D-E) 表层晶粒内典型位错胞TEM结果显示平均位错胞尺寸为200 nm, 胞壁取向差介于 $0.7^\circ$  - $4.8^\circ$ ; (F) 对应D图单个晶粒内跨过诸多位错胞的累积取向差仅为 $7^\circ$ 。

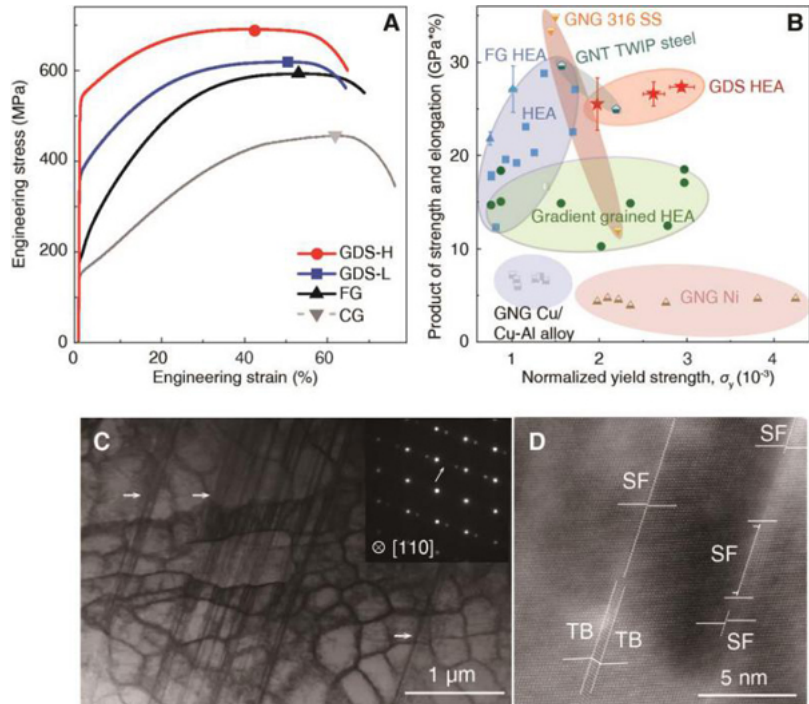


图2 梯度位错结构 $\text{Al}_{0.1}\text{CoCrFeNi}$  高熵合金的力学性能和变形机制。(A) 拉伸工程应力-应变曲线; (B) 强塑积与屈服强度曲线, 表明梯度位错结构高熵合金的综合力学性能优于相同成分的其他均匀结构和梯度结构, 同时也优于文献中其它纳米晶和梯度纳米孪晶结构金属和合金; (C-D) 拉伸应变为3%时典型变形结构的HAADF-STEM结果表明梯度位错结构的塑性变形独特的超高密度亚十纳米层错和少量孪晶界协调。

» 文档附件  
240X150.jpg  
» 相关信息

联系我们 | 友情链接



地址: 沈阳市沈河区文化路72号 邮编: 110016  
管理员邮箱: office@imr.ac.cn  
中国科学院金属研究所 版权所有 辽ICP备05005387号-1



官方微博



官方微信

