
多研究机构强力合作取得超高强塑性纳米合金研究重要进展

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/17949.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！

多研究机构强力合作取得超高强塑性纳米合金研究重要进展。当金属材料内部的晶粒尺寸减小至纳米尺度，材料的强度将依Hall-Petch关系大幅度提高。但当纳米晶金属塑性变形时，位错变得极难在如此小的晶粒内部保留下来，导致材料丧失应变硬化能力，很容易发生塑性变形局域化而失稳。

近期，由吉林大学、西安交通大学、悉尼大学、南京理工大学组成的研究团队，对超高强纳米金属的应变硬化提出了一种新的机制，并依此路径设计了新颖的高性能合金。相关研究成果以Uniting tensile ductility with ultrahigh strength via composition undulation为题于北京时间2022年4月13日在Nature上在线发表。

文章共同第一作者为吉林大学李恒博士、西安交通大学宗洪祥教授和李苏植教授。共同通讯作者为吉林大学韩双副教授、西安交通大学金属材料强度国家重点实验室丁向东教授、南京理工大学沙刚教授、悉尼大学廖晓舟教授和西安交通大学金属材料强度国家重点实验室马恩教授。

上述研究团队以NiCo合金作为模型材料，利用脉冲电沉积工艺，在面心立方单相双主元固溶体合金中构筑出了由纳米晶粒（晶粒尺寸26 nm）及其内部多尺度成分起伏（1-10 nm）组成的复合纳米结构。制备中有意加剧的成分起伏促成了层错能和晶格应变场的明显起伏，其发生的空间尺度恰能有效地与位错交互作用，从而改变了位错动力学行为，使位错运动呈现出迟滞、间歇、缠结的特征，促使其在纳米晶粒内部有效增殖存储，提高了材料的应变硬化能力。另一方面，由于位错线不再平直均匀前行，而是粘滞滑移，一段段地纳米片段脱捕，这一激活过程提高了位错运动的应变速率敏感性，提升了应变速率硬化能力。在应变硬化与应变速率硬化的共同作用下，该纳米合金在超高流变应力水平上展现出独特的强度与塑性的优化配置，达到了单相面心立方金属（包括传统的溶剂—溶质固溶体）前所未有的新高度：材料的屈服强度达到1.6 GPa，最高拉伸强度接近2.3 GPa，拉伸断裂应变可达16%。要实现这样的强塑性，过去要靠超高强钢，但后者均为复杂多相、且易发生吕德斯带形变和韧脆转变。

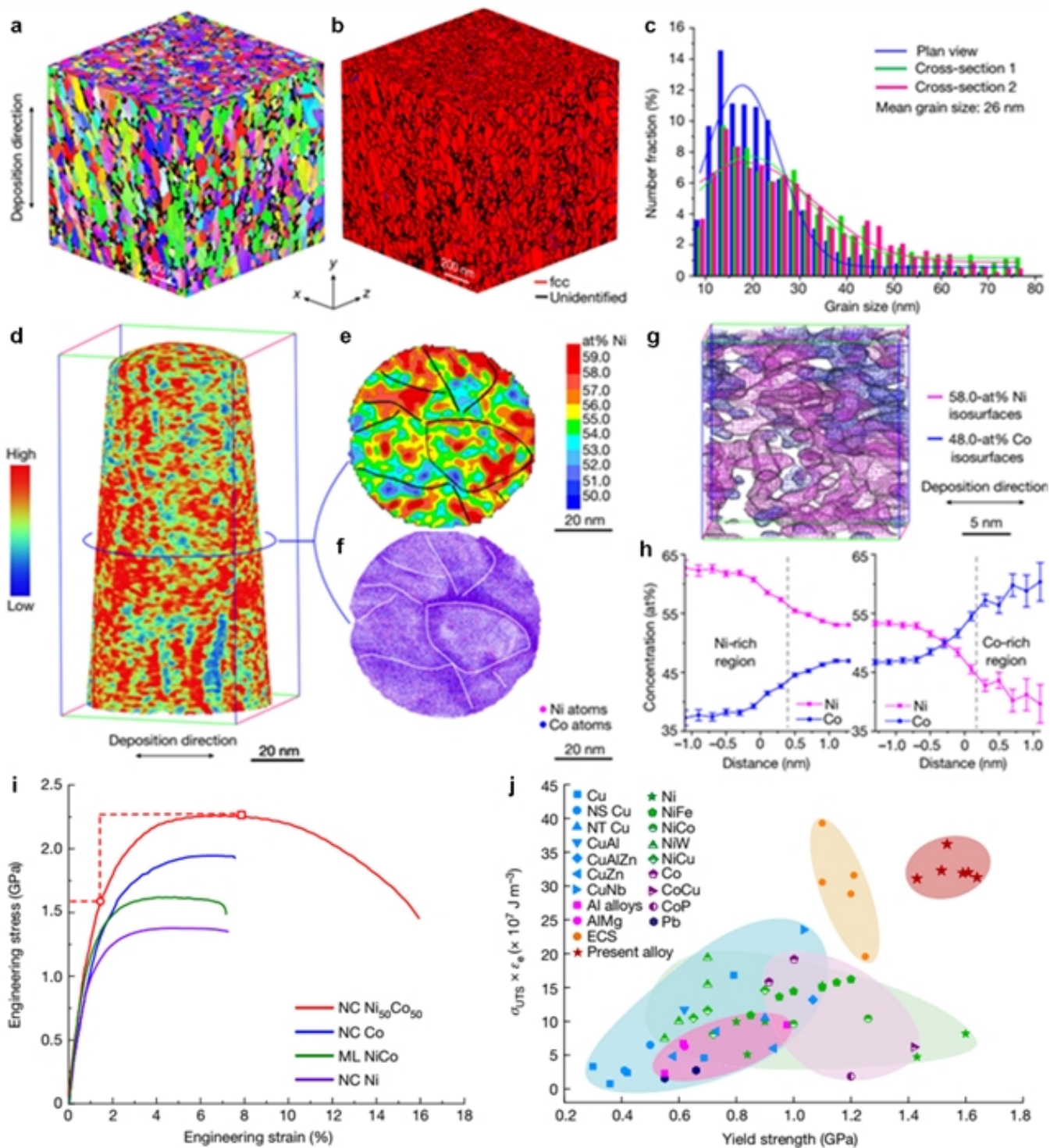


图1：Ni₅₀Co₅₀合金中由纳米尺度晶粒（a、b、c）和晶内多尺度成分起伏（d、e、f）构成的复合纳米结构。成分起伏呈三维网络分布（g），且不同成分的区域之间由成分边界分隔开来（h）。（i）Ni₅₀Co₅₀合金的拉伸工程应力应变曲线。图中还给出了纳米晶Ni、纳米晶Co和多层纳米结构NiCo合金在相同应变速率下的拉伸曲线作为参考和对比。（j）纳米晶金属材料屈服强度-强塑积关系图。在不同应变速率下测得的不同批次的纳米晶Ni₅₀Co₅₀合金的性能用红色五角星表示。

本研究中展示的是一种基于纳米尺度（1-10 纳米）明显成分起伏与运动位错间相互作用的强化机

制，不同于基于原子半径差的传统固溶强化——即单个溶质原子与位错应力场间的相互作用。通过选择合适的合金体系或制备工艺，这一结构-成分复合调控理念可望为新型合金材料的设计与开发开辟新的思路。

该工作由多个研究小组通力合作完成。吉林大学韩双副教授、西安交通大学丁向东教授和孙军院士共同提出了项目构想并指导团队实施了相关合金制备、力学性能实验与分子动力学数值模拟工作。西安交通大学马恩教授凝练了核心科学问题并主导了对结果的理解和论文的撰写。该研究的电子显微分析工作由悉尼大学廖晓舟教授领导的科研团队完成。南京理工大学沙刚教授团队通过原子探针分析揭示了多尺度成分起伏的存在。该研究得到国家自然科学基金、创新引智111计划2.0项目、澳大利亚研究理事会、国家留学基金委员会和吉林省科技发展计划项目的资助。（来源：科学网）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41586-022-04459-w>

作者：马恩等 来源：《自然》

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