科学家研发出一种超高强塑性钨高熵合金

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/23490.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！

科学家研发出一种超高强塑性钨高熵合金。钨合金因具有高密度、高强高硬、抗辐照等一系列优异性能，已成为国防、航空航天、核能等领域不可替代的关键材料。随着这些高技术领域的迅速发展和服役环境的复杂与极端化，对钨合金的强韧塑性等性能提出越来越苛刻要求，突破材料固有的强度-塑性互斥(trade-off)，发展强度2GPa量级同时兼具良好拉伸塑性的超高强钨合金是当前亟待解决的挑战性难题。

中国科学院力学所戴兰宏研究团队在前期的相关研究中，研发了一种具有剪切自锐(self-sharpening)特性的钨高熵合金，首次在铸态钨合金中实现了自锐性的突破，使高速穿甲侵彻能力获得显著提高(Acta Mater, 2020, 186: 257-266)。近期，力学所戴兰宏研究团队联合加州大学伯克利分校、北京航空航天大学、香港理工大学和香港城市大学，在超高强钨高熵合金的研究中又取得了重要进展。研究人员提出了一种逐级可控有序纳米沉淀强韧化的新策略，在高温(900°C)和中温(650°C)分级时效，成功实现了纳米片层状δ相和纳米颗粒状γ"相差异性可控的双共格纳米沉淀相析出(图1-2)，使所制备钨高熵合金材料具有2.15GPa的超高室温强度和15%的拉伸塑性(图3)。同时，该钨高熵合金在800°C高温环境下仍可保持1GPa以上的高屈服强度(图4)。与已报道相关钨合金和难熔高熵合金相比，所研制钨高熵合金强塑性在国际上处于最优水平。研究人员对不同拉伸变形阶段的微观结构进行系统表征分析，揭示位错滑移切过两种共格沉淀相并保持完美的共格结构，实现材料晶体结构切过而不断，是该合金材料具有超高强塑性的主要原因。位错切过δ片层沉淀后，片层出现了显著的局部高应变，同时保持了晶体结构连续(图5)，有效释放由位错塞积产生的应力集中，避免了裂纹提前萌生诱致的脆性破坏。位错切过共格γ"沉淀后，发生共格强化和有序强化，使材料强度进一步提高(图6)。两种不同形态纳米沉淀相的协同强韧化，实现了该合金强度和塑性的同步提升。逐级可控的沉淀结构实现了钨高熵合金的超高强塑性，为高性能先进合金材料研发提供了新的思路。

该研究成果近期以Ultra-strong tungsten refractory high entropy alloy via stepwise controllable coherent nanoprecipitations为题发表在Nature Communications, 2023, 14, 3006，博士生李统为论文第一作者。该项研究工作得到了国家自然科学基金无序合金的塑性流动与强韧化机理重大项目、非线性力学的多尺度问题基础科学中心项目、中国科学院B类战略性先导科技专项等资助。(来源：中国科学院力学研究所)

相关论文信息：https://www.nature.com/articles/s41467-023-38531-4

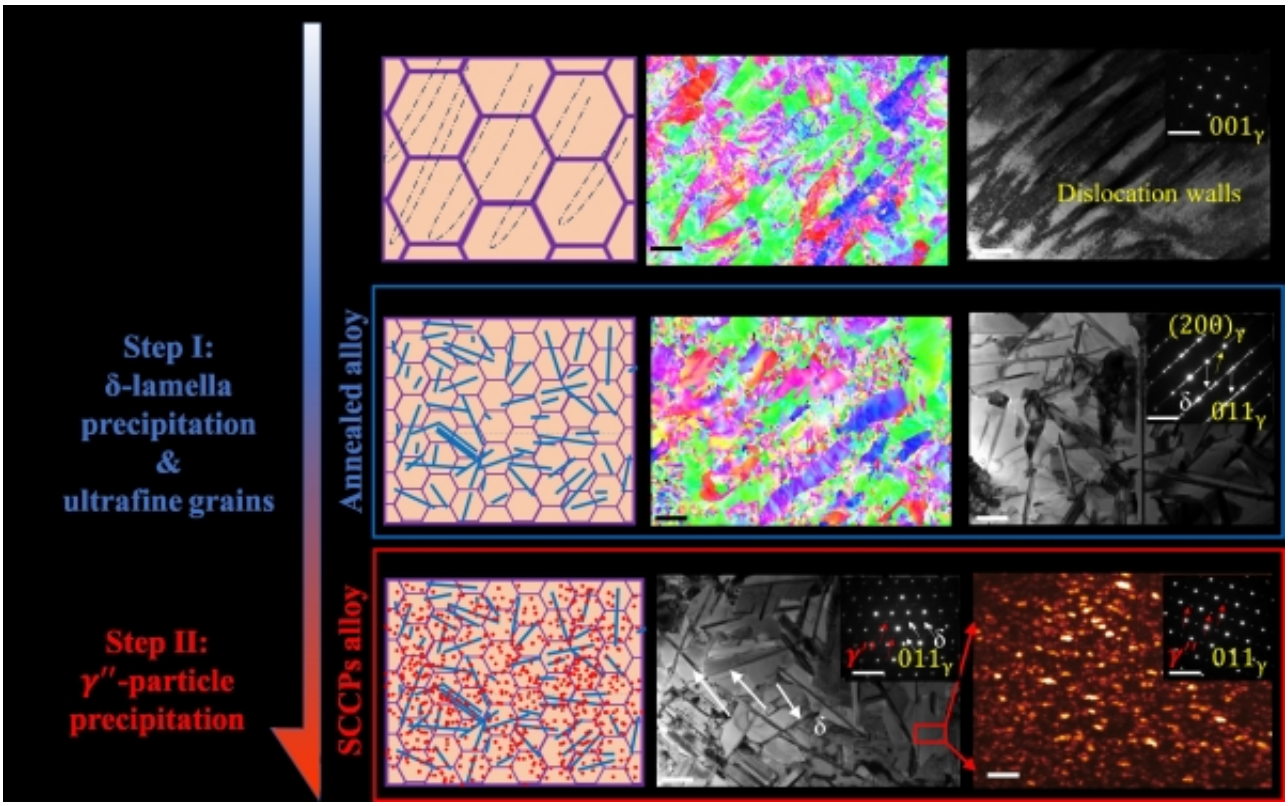


图1. 逐级可控沉淀结构演变。a-c为结构演变示意图，d和c为相应阶段EBSD结构表征，f-i为相应TEM结构表征。

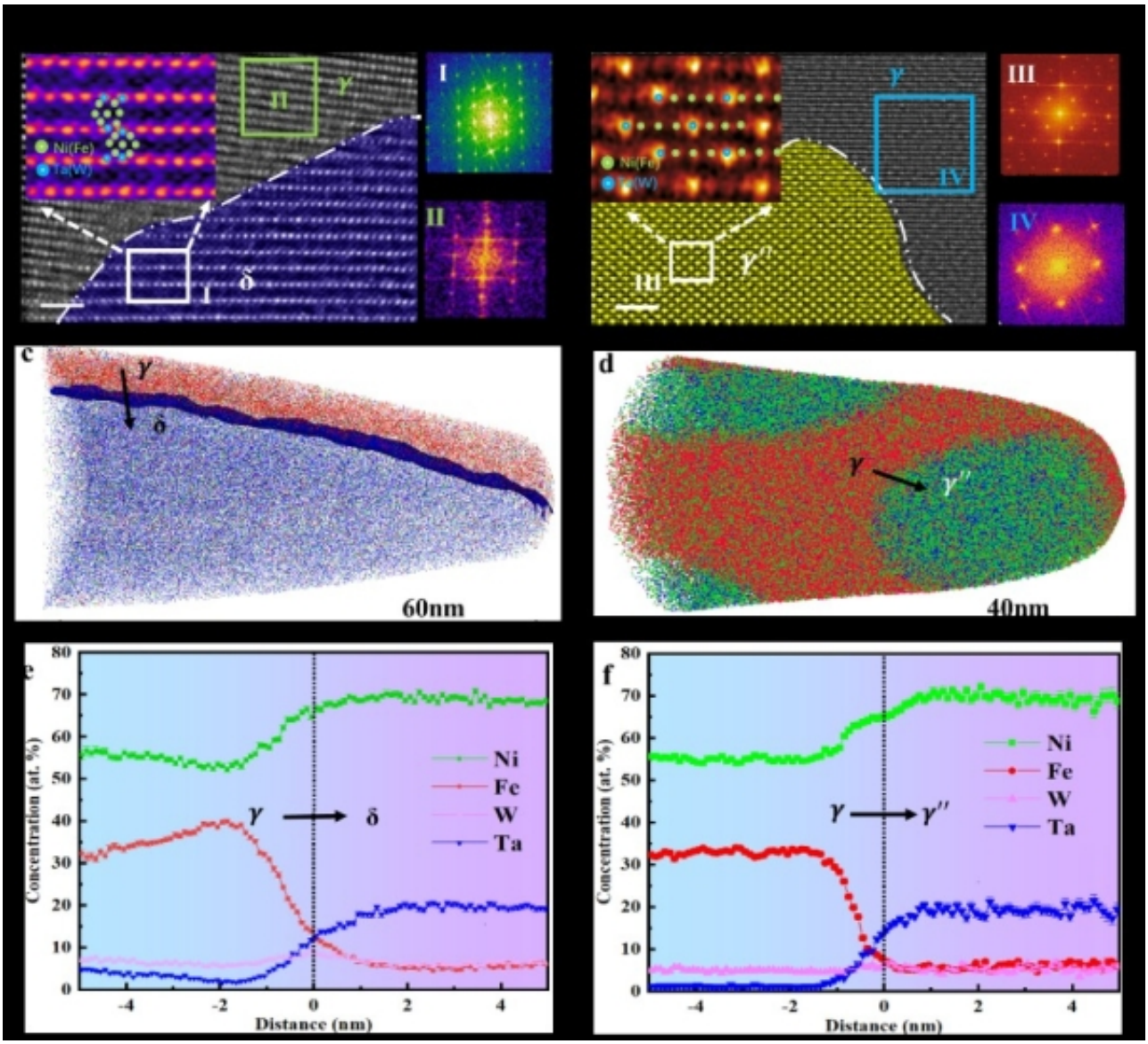


图2. 差异性双相共格沉淀与基体的晶体学关系及元素分布。a和b分别为δ和γ"沉淀球差矫正TEM结构分析，c和d分别为δ和γ"沉淀元素分布3维原子探针(3D-APT)分析，e和f分别为相应一维元素分布。

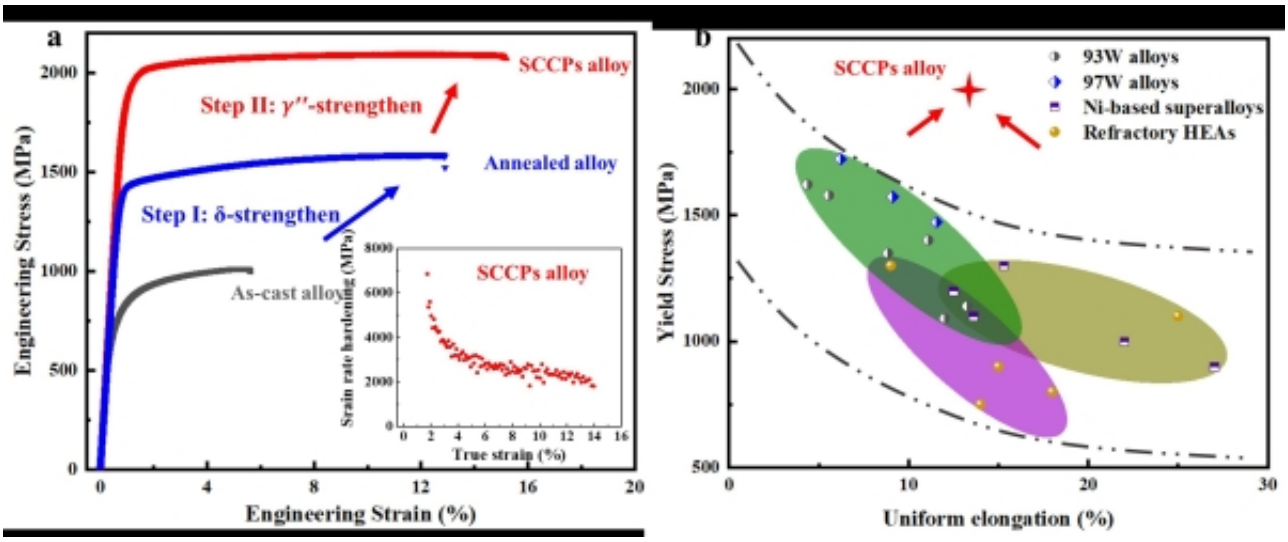


图3. 室温准静态拉伸性能及与其他金属对比

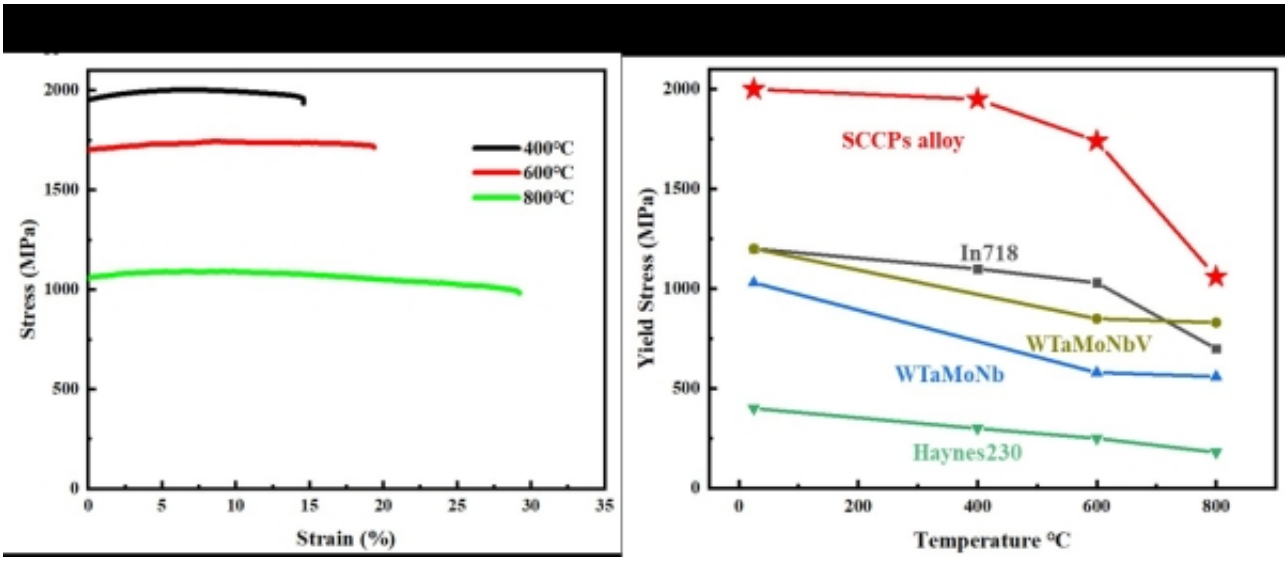


图4. 高温准静态拉伸性能及与其他金属对比

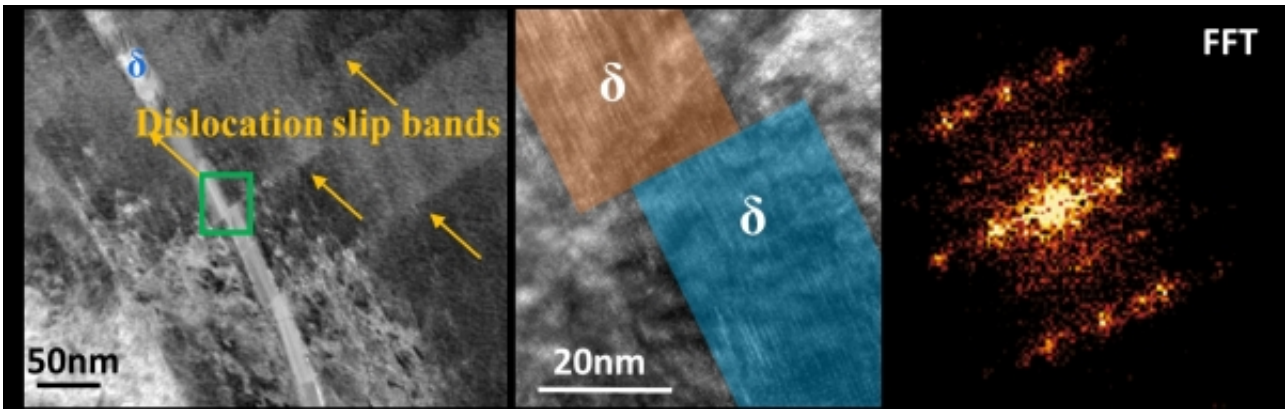


图5. 位错切过δ片层后晶格连续TEM结构表征

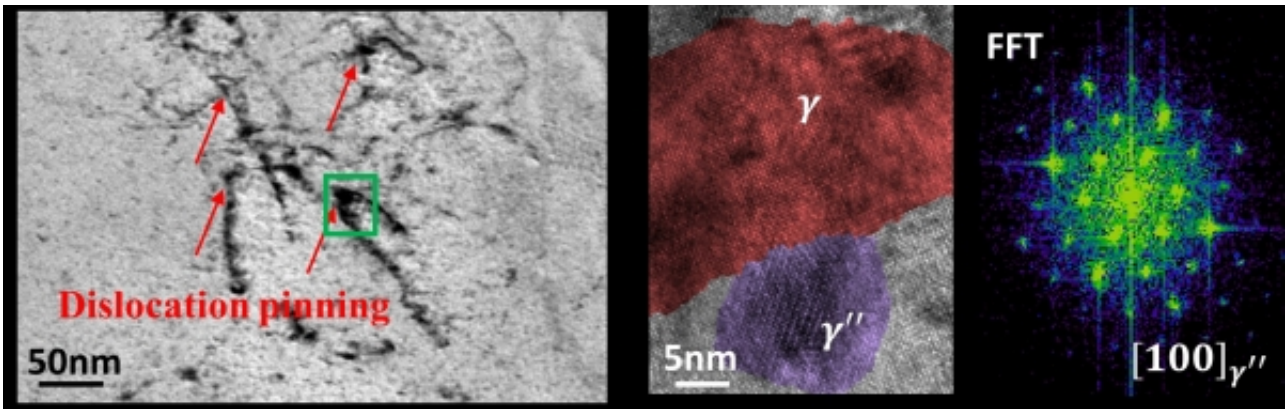


图6. 位错切过γ"共格沉淀TEM结构表征

作者：李统等 来源：《自然—通讯》

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转发