
我国科学家破解钛合金氮脆难题，强度塑性可兼得

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/34066.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！

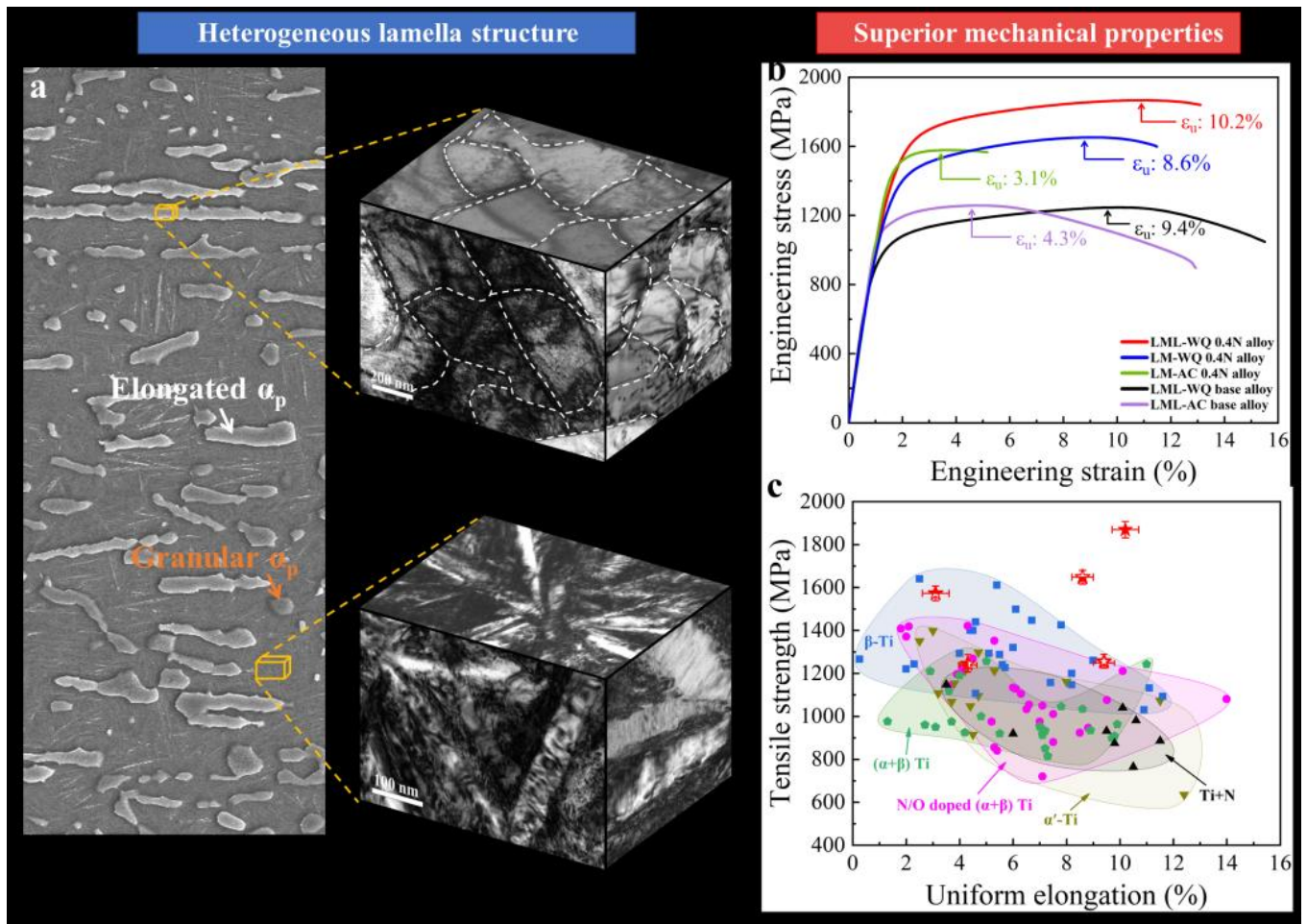
我国科学家破解钛合金氮脆难题，强度塑性可兼得。

近日，西安交通大学材料学院研究成果在线发表于Advanced Science（《先进科学》）上。西安交通大学材料学院博士生张崇乐和李轩哲分别为论文的第一和第二作者。西安交通大学金属材料强度全国重点实验室是该工作的唯一通讯单位。

双相钛合金（ $\alpha + \beta$ ）作为最重要的高比强度结构材料之一，可通过调控其主要组成相——HCP- α 相来获得广泛的力学性能。然而，高强度双相钛合金常常面临加工硬化率低（WHR， $\sigma_{\text{max}}/\sigma_{\text{TS}}$ ）的问题，从而导致有限的均匀延伸率（ ϵ_{u} ）。更为重要的是，上述原因引起的双相钛合金强度-塑性倒置问题，会因间隙原子（如N和O等）的毒化效应（即显著恶化拉伸塑性）而被进一步放大。如何有效利用N元素卓越的强化能力同时有效克服其脆化效应，仍然是开发高性能结构钛合金面临的重要挑战。

针对上述问题，团队证明了间隙N原子-位错交互的不利作用可以被逆转，从而协同提升双相钛合金的强度和塑性。

该策略的原理在于：间隙原子-位错相互作用不仅促进形成溶质偏聚的亚结构（如低角度晶界，L-AGBs）以实现强化，还能够在位错核心处偏聚以调控基体的相变行为。因此，团队通过简单的循环热轧与短时固溶工艺，在高温下控制N原子-位错交互作用，以调控Ti-2.8Cr-4.5Zr-5.2Al-0.4N（wt.%）双相合金的微观结构。



(a) Ti-Cr-Zr-Al-0.4N (wt.%) 合金的异质片层结构。(b) 不同组织结构的Ti-Cr-Zr-Al和氮掺杂Ti-Cr-Zr-Al合金室温拉伸应力-应变曲线。(c) 间隙氮强化的异质片层结构Ti-2.8Cr-4.5Zr-5.2Al合金的室温力学性能与目前报道的高性能钛合金（包括 β -Ti、($\alpha+\beta$)-Ti、N/O强化的($\alpha+\beta$)-Ti、 α' -Ti和N强化的钛合金)的抗拉强度、均匀延伸率对比。西安交通大学供图

?

基于此，构筑了一种异质层状结构，该结构包含：由富集N原子的LAGBs构成的层状 α_p 晶粒，以及由间隙N原子强化的 α' -TiNTNMs组成的 α' -Ti转变结构。这种异质层状结构将合金的流变应力提升至足以激活 $\langle c+a \rangle$ 位错的CRSS水平，导致富集N原子的LAGBs和 α' -TiNTNMs共格界面成为丰富的位错源，促进c轴变形和波状滑移；同时富集N原子的LAGBs与共格 α' -TiNTNMs界面可允许位错穿过以缓解应力集中。

这种利用N原子-位错交互作用设计的层状结构，赋予间隙N掺杂的Ti-Cr-Zr-Al双相钛合金优异的室温力学性能：超高屈服/抗拉强度~1532/1869 MPa和大的均匀延伸率 $\epsilon_u \sim 10.2\%$ ，同时具有高加工硬化能力 ($UTS - \sigma_y$) ~337 MPa，超过了目前报道的所有钛合金。团队提出的间隙原子-位错交互作用的双重功能以构建独特微观结构，可在间隙强化型钛合金中实现超高强度和大拉伸塑性，并有望拓展至其他高性能合金材料。（来源：中国科学报 李媛）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1002/advs.202502349>

作者：张崇乐等 来源：《先进科学》

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://www.iikx.com)转发