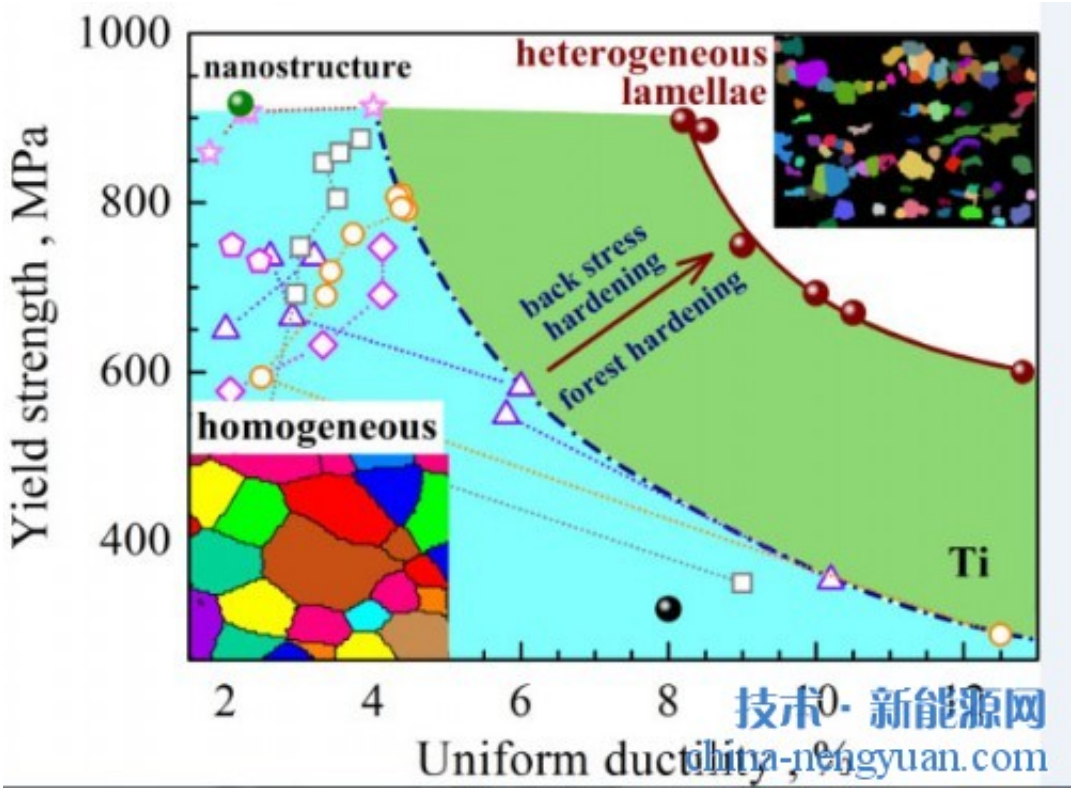
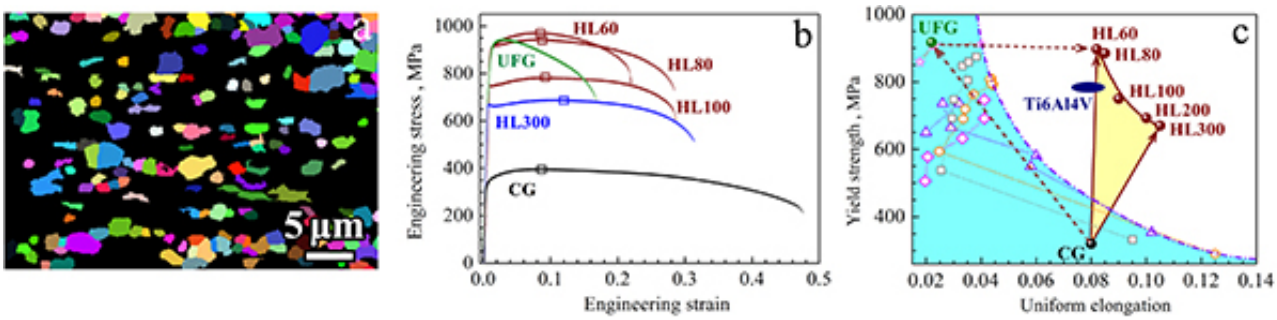
力学所等在金属钛中同时获得超细晶的强度和粗晶的塑性





(a) EBSD图片，晶粒尺度1-5μm的再结晶晶粒层片分布于纳米晶基体(黑色衬度)；(b)“软-硬”层片微结构钛(HL)具有超细晶(UFG)的强度与粗晶(CG)的塑性；(c)“软-
硬”层片微结构钛屈服强度和塑性的协同特性，综合力学性能比典型的钛合金还要优异。

金属有两个重要的力学性质，即强度和均匀拉伸伸长率（简称塑性）。高强度可使金属在发生塑性变形之前承担大的载荷，而大塑性则可使其在破坏之前进行较大的塑性变形，避免发生突然的破坏。材料的强度和塑性取决于内部晶粒尺寸的大小，传统的粗晶具有很大的塑性，随晶粒尺寸减小到纳米尺寸时，强度显著提高，却几乎丧失了全部的塑性。人们面临的极大挑战是怎样同时获得这两个极端的性能，即纳米晶金属的高强度与粗晶的大塑性，这在高强度端尤其难以实现。 最近，中国科学院力学研究所纳米金属力学行为课题组与美国北卡州立大学的科研人员合作，在金属钛中研制出一种新的微观结构，不仅具有超细晶结构的高强度，同时具有传统粗晶的大塑性。他们利用异步轧制技术和退火，把常规金属钛变形成为一种“软-硬”复合的层片状微结构，其中高强度的超细晶“硬”层片为基体，弥散分布着体积分数约为25%、大塑性的再结晶晶粒的“软”层片。

“软-硬”层片微结构的一个显著特点是很大的加工硬化能力，甚至超过了粗晶结构，这是以前从未观察到的。通过拉伸卸载/再加载实验，他们发现“软-硬”层片表现出显著的包申格效应。他们指出这是由于背应力硬化效应所导致的，并提出了背应力形成机理，即“软-硬”层片在拉伸变形时塑性变形不协调，大量的塑性变形由“软”层片来承担。这种应变再分配在“软-硬”层的界面形成了几何必需位错和位错塞积，产生了背应力硬化。相比之下，均质微结构中只存在林位错硬化，而观察不到背应力硬化。

更特别的是，虽然“软”层片的体积分数达到了25%，总的强度仍可达到超细晶的强度，这一违背教科书常识的结果来源于背应力强化。当外应力达到“软”层片屈服强度的时候，它们试图开始塑性变形。但是它们被“硬”层片完全包围而无法变形，导致几何必需位错塞积在“软-硬”层片界面，形成很大背应力强化，直到“硬”层片开始屈服。换句话说，“软”层片在背应力作用下变得与“硬”层片几乎一样强。

他们的工作提出了一种可同时获得超细晶的高强度和粗晶塑性的新思路，这样的力学性能完美结合是以前从未实现的。同时，这种思路具有很大的可能性来适用于其它的金属材料。更由于“软-硬”层片微结构是通过工业上最普遍的冷轧成型技术得到的，所以很容易在工业上得到规模化生产和应用。

他们的研究工作已在《美国科学院院刊》(Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America)上在线发表(Heterogeneous Lamella Structure Unites Ultrafine-Grain Strength with Coarse-Grain Ductility. 武晓雷, 杨沐鑫, 袁福平, 吴桂林, 魏宇杰, 黄晓旭, 朱运田)，研究工作得到了国家自然科学基金和“973”纳米专项经费的资助。

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/85384.html