金属所生物力学与仿生材料研究取得新进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/3687.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！

金属所生物力学与仿生材料研究取得新进展。生物材料尽管由性能并不突出的简单组元在相对温和的条件下组装而成，但却表现出优异的综合力学性能和功能特性，这主要得益于其跨越不同尺度的复杂而巧妙的组织结构，特别是由此带来的独特的变形与断裂机制和强韧化机理。

近期，中国科学院金属研究所材料疲劳与断裂实验室生物力学与仿生材料研究组博士刘增乾带领研究团队在金属所“引进优秀学者”项目资助下，根据“认识自然–理解自然–学习自然”的思路，从材料科学角度揭示自然界中典型生物材料的组织结构及赋予其优异性能的关键机理，提炼天然与人造材料共性的优化设计原则，进而将其应用于人造材料体系，通过仿生设计实现人造材料的性能优化，从而改善并提高其抵抗疲劳断裂的能力。

该研究组在系统阐明天然生物材料梯度设计的形式、原则及其起到的作用与机制的基础上，首次提出了新型材料组织结构取向梯度的概念与设计原则，建立了组织结构取向以及变形过程中发生的结构再取向与材料力学性能之间的系统定量关系，阐明了梯度结构取向与再取向对力学性能的优化机理，提炼了改善材料综合力学性能的仿生设计新思路，即通过控制微观组织结构取向实现材料的局域刚度、强度与韧性的优化分布与相互匹配，从而提高材料整体的力学性能。同时，该研究组首次发现，材料在加载过程中发生的组织结构再取向不仅可以提高其变形能力，更能够为实现综合力学性能的改善提供有效的途径，如图1所示。通过调整自身的组织结构与所受外力之间的取向关系，材料在拉伸条件下的刚度和强度逐步提高，同时裂纹扩展路径逐渐偏离最大正应力方向，因而断裂韧性得以同步增强;而在压缩条件下，材料的力学稳定性与劈裂韧性也表现出同步增大的趋势。因此，材料可以利用有限的变形实现其刚度、强度、稳定性与断裂韧性的全面提升，而这些性能本身则往往体现出相互制约的关系。

此外，针对自然界长期“军备竞赛”形成的主要用作武器的天然生物材料，该研究组阐明了其主要的种类、形式与组织结构特征，从材料科学与力学角度揭示了其同步实现进攻与防护效果的性能优化机理，并提炼了共性的仿生材料设计原则，包括从宏观外形与尺寸到微纳米组织结构的多尺度设计、与局部应力状态相匹配的空间梯度设计、自适应与自修复功能设计，以及配套与支撑系统设计等。特别是研究发现，作为典型的自然武器材料，主要由无机矿物组成的大熊猫牙釉质能够在发生变形与损伤后在微纳米尺度进行显著的自动回复，这主要得益于其高密度的富含有机质的微观界面和巧妙的组织结构设计，即组成牙釉质的无机矿物单元在微纳米尺度均沿咬合方向规则排列，而矿物之间的界面以天然有机质填充，如图2所示。牙釉质的变形、损伤与自动回复微观上都是以界面为媒介实现的，水分子能够对自修复效应起到显著的促进作用，这主要归因于牙釉质界面中的天然有机质在水合条件下会发生溶胀、高分子链柔性提高、玻璃化转变温度降低等转变。

上述研究成果能够为新型高性能人造仿生材料设计提供有益的启示和指导。目前，该研究组正致力于利用上述原则设计研发新型的仿生材料，并且在人牙匹配型仿生复合义齿材料、高强高导电接触材料等方面取得了新进展，有望显著提升材料的性能和使用效果，更好地满足实际应用需求。

相关研究成果发表于Progress in Materials Science88 (2017) 467-498、Advanced Materials30 (2018) 1705220、Acta Biomaterialia44 (2016) 31-40、Acta Biomaterialia81 (2018) 267-277，以及Acta Biomaterialia(in press, doi: 10.1016/j.actbio.2019.01.010)，并被Materials Today和Advances in Engineering以新闻的形式报道。

报道链接：12



图1 材料通过微观组织结构再取向实现综合力学性能的全面同步提升

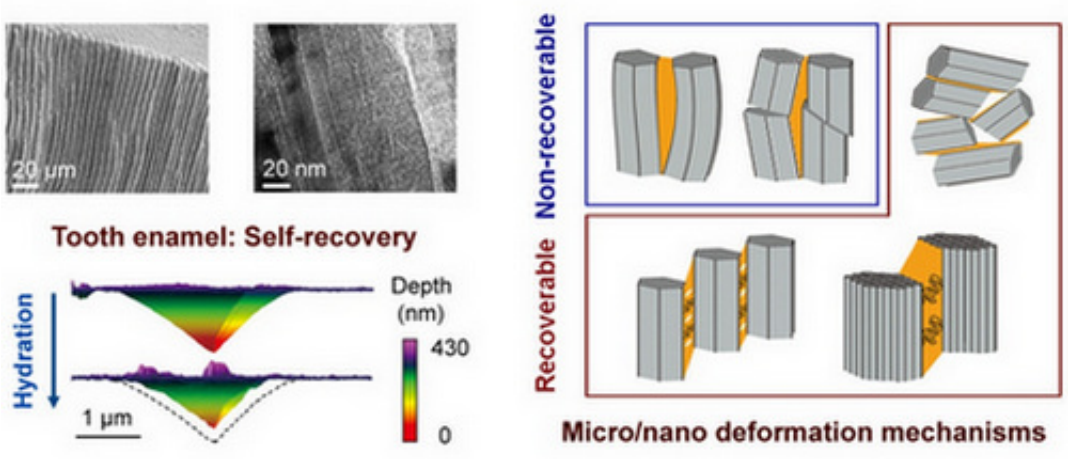


图2 大熊猫牙釉质微纳米尺度组织结构及其自修复效应与微观机制

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