

扭出的“强筋硬骨”可抵御金属“慢性病”

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/32660.html>

本文仅供学习交流之用，版权归作者所有，请勿用于商业用途！

扭出的“强筋硬骨”可抵御金属“慢性病”。

金属也会有“慢性病”——其受到外力，悄然积累形成不可逆转的裂纹，甚而突然断裂——不易被发现，但后果严重。

对此，中国科学院金属研究所（简称金属所）沈阳材料科学国家研究中心卢磊团队，提出新的设计思路，使材料在保持高强度、高塑性的同时，大幅提升了抵御“慢性病”即棘轮损伤的能力。

这种结构就像给金属内部构筑了“强筋硬骨”，让它能够抵御长期的更高应力冲击。

相关成果4月4日在线发表于《科学》。

Science

Current Issue

First release papers

Archive

About ▾

Submit manuscript

HOME > SCIENCE > VOL. 388, NO. 6742 > SUPERIOR RESISTANCE TO CYCLIC CREEP IN A GRADIENT STRUCTURED STEEL

🔒

RESEARCH ARTICLE

METALLURGY

🦋

in

🐼

🗨️

✉️

Superior resistance to cyclic creep in a gradient structured steel

QINGSONG PAN

🔗

KUNQING DING

🔗

SONG GUO

🔗

NING LU

🔗

NAIRONG TAO

🔗

TING ZHU

🔗

AND

LEI LU

🔗

Authors Info & Affiliations

SCIENCE

• 3 Apr 2025

• Vol 388, Issue 6742

• pp. 82-88

🔔

🔖

”

🔑

CHECK ACCESS

“不可能”成可能

金属材料在循环载荷下的疲劳失效，是威胁重大工程安全的隐形杀手。

在航空航天领域，发动机涡轮叶片每秒钟承受上万次高温高压冲击，起落架在每次起降时都经历剧烈载荷变化；在跨海大桥建设中，悬索桥主缆需承受百万吨级动态荷载——这些国之重器的安全运行，都亟需突破金属材料的抗循环蠕变瓶颈。

在金属的世界里，有一个“不可能三角”：强度、塑性和使用过程中的稳定性。强度让金属坚固，塑性使金属被塑造成各种形状，而稳定性则确保它在长期使用中不会失效。

然而，这3种特性往往难以兼得：提高强度会牺牲塑性和稳定性，增加塑性又降低稳定性。

不稳定的原因在于，金属中的原子并非完美整齐排列，其中一种缺陷就是位错。当金属受到外力时，位错会移动，悄然积累形成不可逆转的变形和裂纹，最终导致突然的断裂，即棘轮损伤。这种损伤破坏了材料的稳定性，就像是金属的“慢性病”。

卢磊团队领衔研制出的结构设计，成功让材料在保持高强度、高塑性的同时，大幅提升抗棘轮损伤能力。

师法自然

文章共同通讯作者卢磊向《中国科学报》打了个比方：“人体筋骨结构就很奇妙，骨骼的主要成分是脆硬的矿物质和柔韧的蛋白质，两者在空间上巧妙梯度结合则赋予了骨骼独特的‘刚柔并济’特性。”她认为这次发表成果可谓“师法自然”。

科研人员通
过在传统304奥氏体不锈

钢中[src=http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2025/4/](http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2025/4/)

引入空间梯度序构位错胞结构，使材料屈服强度提升2.6倍，与相同强度的不锈钢及其他合金相比，其平均棘轮应变速率降低了2~4个数量级，突破了结构材料抗棘轮损伤性能难以提升的瓶颈。

引入空间梯度序构位错胞结构的方式，就是将金属材料往复扭转，就像“拧麻花”。

科研人员通过控制“拧麻花”的特定工艺参数，在其内部引入一种空间梯度有序分布的稳定位错胞结构，它可以阻碍位错的移动，相当于在金属材料内植入了亚微米尺度的三维“防撞墙”筋骨网络，甚至赋予金属“遇强更强”的能力。

当外力来袭时，这些“防撞墙”既能像弹簧一样吸收变形能量，又能在原子层面触发形态转换，如同给金属的筋骨网络内又注入了会自动修复的纳米“减震器”。

尤其是，整个强化过程均匀发生，避免了局域变形导致破损。

普适性强应用潜力广

这种梯度位错结构，作为一种普适性强的韧化策略，在多种工程合金材料中展现出广泛的应用潜力，有望为航空航天等极端环境下关键部件的长寿命和高可靠性服役提供重要保障。

[src=http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2025/4/](http://news.sciencenet.cn/htmlnews/2025/4/)

这是该团队继2021年发表梯度梯度位错结构合金材料中高强度、高塑性成果、2023年发表低温超高应变硬化成果之后，进一步发现了梯度序构位错不锈钢通过激活超细共格马氏体相变，成功实

现高强度与优异抗循环蠕变性能的协同提升。

论文共同第一作者、金属所研究员潘庆松介绍，该成果已申请了包含11个专利在内的国际专利包，并开始进入应用示范项目。

相关论文信息：https://www.science.org/doi/10.1126/science.adt6666?_refluxos=a10

作者：张楠 来源：中国科学报

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