

3D打印钛合金抗疲劳设计制备取得突破

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/26265.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！

播放 暂停

进入全屏 退出全屏

00:00 00:00

- 3x
- 2x
- 1.5x
- 1x
- 0.75x
- 0.5x

1x

重播 请刷新试试

3D打印又名增材制造（AM），因得天独厚的自由成形能力满足了高端装备和构件对高集成性、多功能性、轻量化、一体化的需求，被认为是制造领域的颠覆性技术。因此3D打印材料在航空航天等领域得到关注和初步应用。然而，与传统制造技术相比，3D打印制备的材料在循环载荷下的疲劳性能普遍较差，制约了其作为结构承力件的广泛应用。因此，如何提升3D打印材料与构件的疲劳性能是国内外学术界与工程界热切关注的焦点问题。

近期，中国科学院金属研究所研究员张哲峰带领的材料疲劳与断裂团队，在前期疲劳损伤机制和疲劳预测理论的指导下，与轻质高强材料研究部研究员杨锐团队合作，在3D打印钛合金抗疲劳设计制备方面取得了突破性进展，制备出具有优异疲劳性能的3D打印钛合金材料。2月29日，相关研究成果以*High fatigue resistance in a titanium alloy via near void-free 3D printing*为题，发表在《自然》（*Nature*）上。

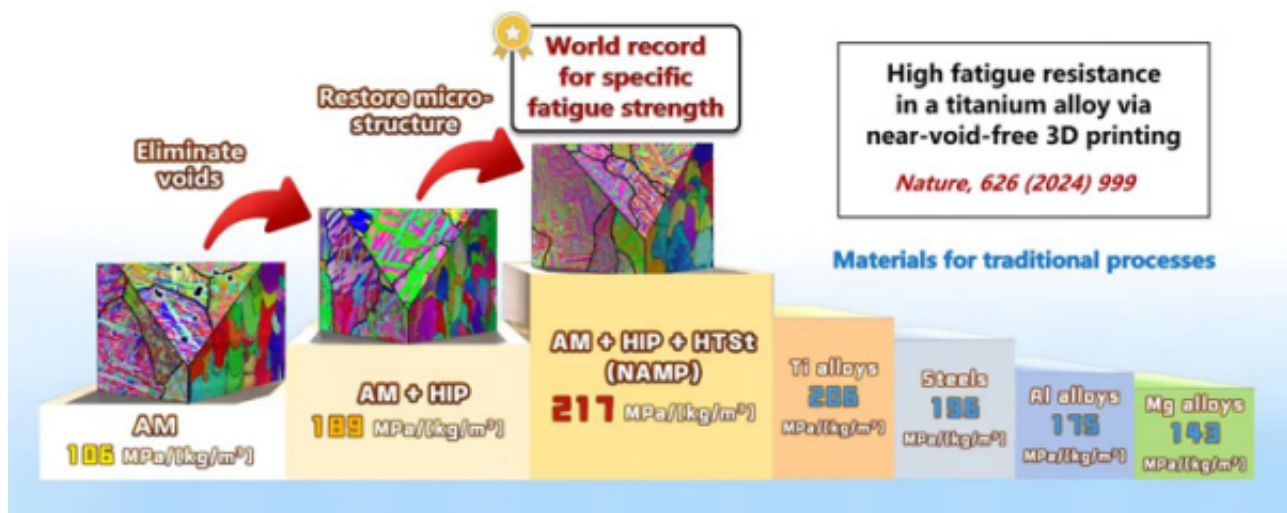
该研究首次明确提出理想状态下3D打印技术直接制备出的钛合金组织本身（称为Net-AM组织）应具有天然优异的疲劳性能，而打印过程中产生的气孔等缺陷掩盖了其自身组织抗疲劳的优点，导致实际测量的3D打印材料疲劳性能降低。因此，提升3D打印材料疲劳性能的关键在于消除打印气孔的同时，尽可能保留原始打印的组织状态。然而，目前消除气孔的工艺往往伴随组织粗化，而细化组织的处理又会带来气孔复现，甚至引发晶界 α 相富集等新的不利因素，可谓进退两难。研究在Ti-6Al-4V合金中首次发现，高温下3D打印态组织的晶界迁移及气孔长大与相转变过程表现出异步的特性。这意味着存在一个宝贵的热处理工艺窗口，既可实现板条组织细化，又能有效抑制晶界 α 相富集及气孔复现。为此，科研人员巧妙地利用这一工艺窗口，发明了缺陷与组织分步调控的NAMP新工艺（Net-Additive Manufacturing Process），制备出几乎无气孔的近Net-AM Ti-6Al-4V合金。

大量疲劳实验表明，这一近Net-AM钛合金有效避免了从打印气孔、粗大板条及 α 相富集晶界等多种疲劳短板处开裂，展示出3D打印组织自身所特有的高疲劳抗性：其拉-拉疲劳强度从原始态的475 MPa提升至978 MPa，增幅高达106%。对比发现，这种近Net-AM组织Ti-6Al-4V合金不仅在所有钛合金材料中具有最高的拉-拉疲劳强度，而且在目前已报道的材料疲劳数据中具有最高的比疲劳强度（疲劳强度除以密度）。

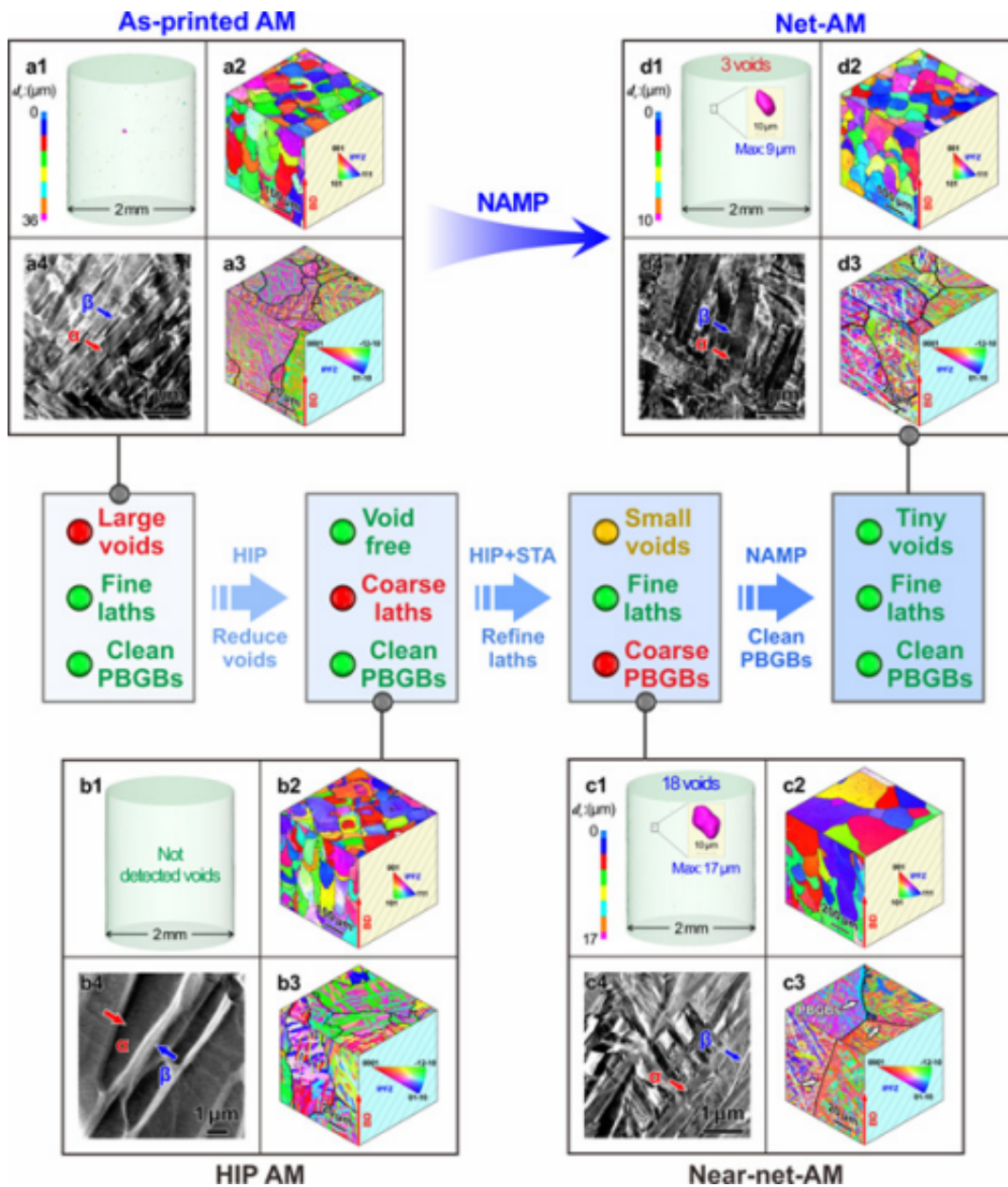
上述成果更新了科学家以往对3D打印材料疲劳性能不高的固有认识，揭示了3D打印技术在抗疲劳制造方面的优势，展现了3D打印材料作为结构承力件在航空航天等领域的应用前景。

该研究由金属所和美国加利福尼亚大学伯克利分校合作完成。研究工作得到国家自然科学基金、中国科学院王宽诚国际合作项目以及中国科学院青年创新促进会等的支持。

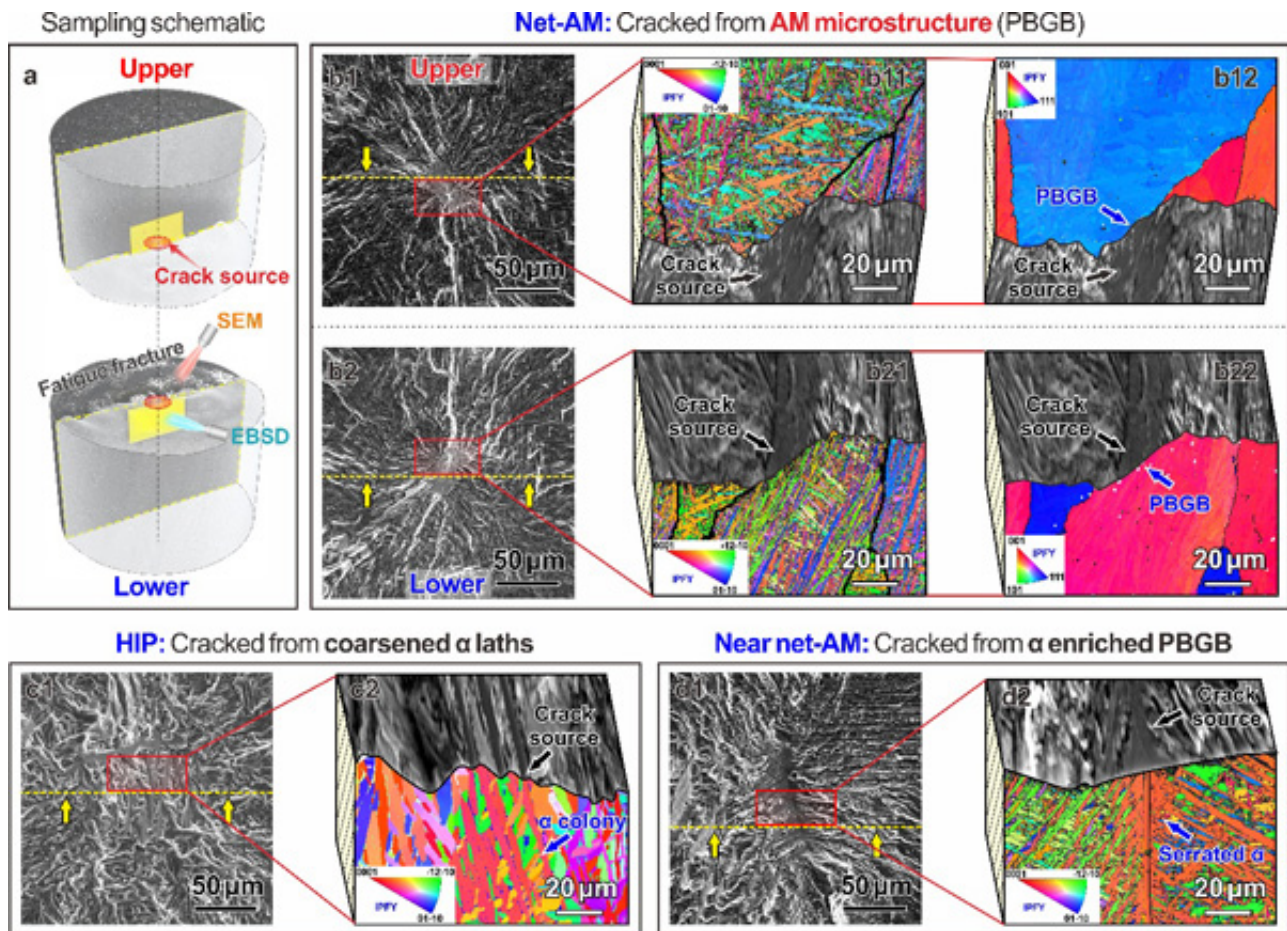
[论文链接](#)



3D打印钛合金抗疲劳设计制备取得突破



打印态、NAMP态以及其他两种典型状态3D打印钛合金组织和缺陷特征：（a）打印态；（b）热等静压（HIP）态；（c）Near-net-AM态；（d）Net-AM态。



不同组织疲劳裂纹萌生典型位置。(a) 疲劳裂纹萌生位置表征的尖角逐层磨抛方法示意图；(b) Net-AM状态；(c) HIP状态；(d) Near net-AM状态。Net-AM状态的疲劳裂纹均在干净的初生 β 晶界(PBGBs)处萌生，避免了从缺陷和粗大组织开裂，从而表现出极高的疲劳抗力。

研究团队单位：金属研究所

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