

---

# 金属所在铝合金中受限晶体结构的扩散行为研究中获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/15057.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！*

原子扩散是自然界的常见现象，也是材料制备加工过程中调控材料结构性能的基本过程。金属材料中原子扩散速率显著高于具有共价键或离子键的陶瓷和化合物，利用金属的高扩散速率可以在较低温度下大幅度调控金属材料的结构和性能，获得良好的综合性能。而高扩散速率会使金属材料在高温下结构失稳，导致较多优异性能丧失，如较多金属的强度在高温下会显著下降。如何有效降低金属和合金中的原子扩散，提高材料结构和性能在高温下的稳定性，是材料科技领域的重要科学难题，也是发展高性能金属材料的技术瓶颈。实际上，提升高温合金耐热温度的本质是如何有效降低合金中的原子扩散以增强其结构的高温稳定性。以往研究表明，通过适当的合金化和减少晶界等结构缺陷可在一定范围内降低原子的扩散速率，但降低幅度有限。尤其是在接近材料熔点的高温下，降低原子扩散速率十分困难，这是由于在接近熔点时金属原子振动加剧，晶格中的平衡空位浓度急剧升高，导致原子扩散大幅提升。

近日，中国科学院金属研究所沈阳材料科学国家研究中心纳米金属科学家工作室在上述科学难题研究中取得重要进展。金属所博士后徐伟、研究员张波与李秀艳，以及中科院院士卢柯等发现，Schwarz crystal（受限晶体）结构可以显著降低铝镁合金中的高温原子扩散速率，在该合金平衡熔化温度附近Schwarz crystal结构的表观晶间扩散速率比同成分材料的晶界扩散降低约7个数量级。8月6日，相关研究结果发表在《科学》上。该研究揭示了Schwarz crystal结构的一种全新原子扩散行为，并表明金属材料的高温原子扩散速率可以利用这种新型亚稳结构得到大幅度降低，为发展高性能高热稳定性金属材料开辟了全新的途径。

Schwarz crystal结构是该研究团队于2020年发现的新型亚稳结构【Science, 370 (2020) 831-835】，是一种具有孪晶限制的极细多晶体结构，其中晶粒之间的界面具有一种极小界面结构特征，称为Schwarz-

D界面，其平均曲率为零。因此，这种结构具有极高的热稳定性和力学稳定性，纯铜Schwarz crystal结构的晶粒长大温度接近铜的平衡熔点。受限晶体结构的发现为探索固态物质结构基本特征及其新性能开辟了全新空间。继Schwarz crystal结构发现后，研究团队利用自主研发的低温塑性变形技术，将过饱和Al-15%Mg合金薄片的晶粒尺寸细化至10nm以下并获得Schwarz crystal结构。科研人员利用这种Schwarz crystal结构，探究了该合金在升温过程中的三种原子扩散控制的结构演化过程：金属间化合物的析出过程、晶粒长大过程和熔化过程。结果表明，在接近合金熔点的高温下，Schwarz crystal结构可以有效抑制这三种结构演化过程，甚至使合金的熔化温度比平衡熔点提升了69K，表现出超低的原子扩散速率。该现象源于平均曲率为零的极小界面结构，具有极高的高温结构稳定性，改变了界面原子的振动模式，从而抑制了原子的扩散。

研究工作得到国家重点研发计划和中科院科学家工作室计划的资助。

[论文链接](#)

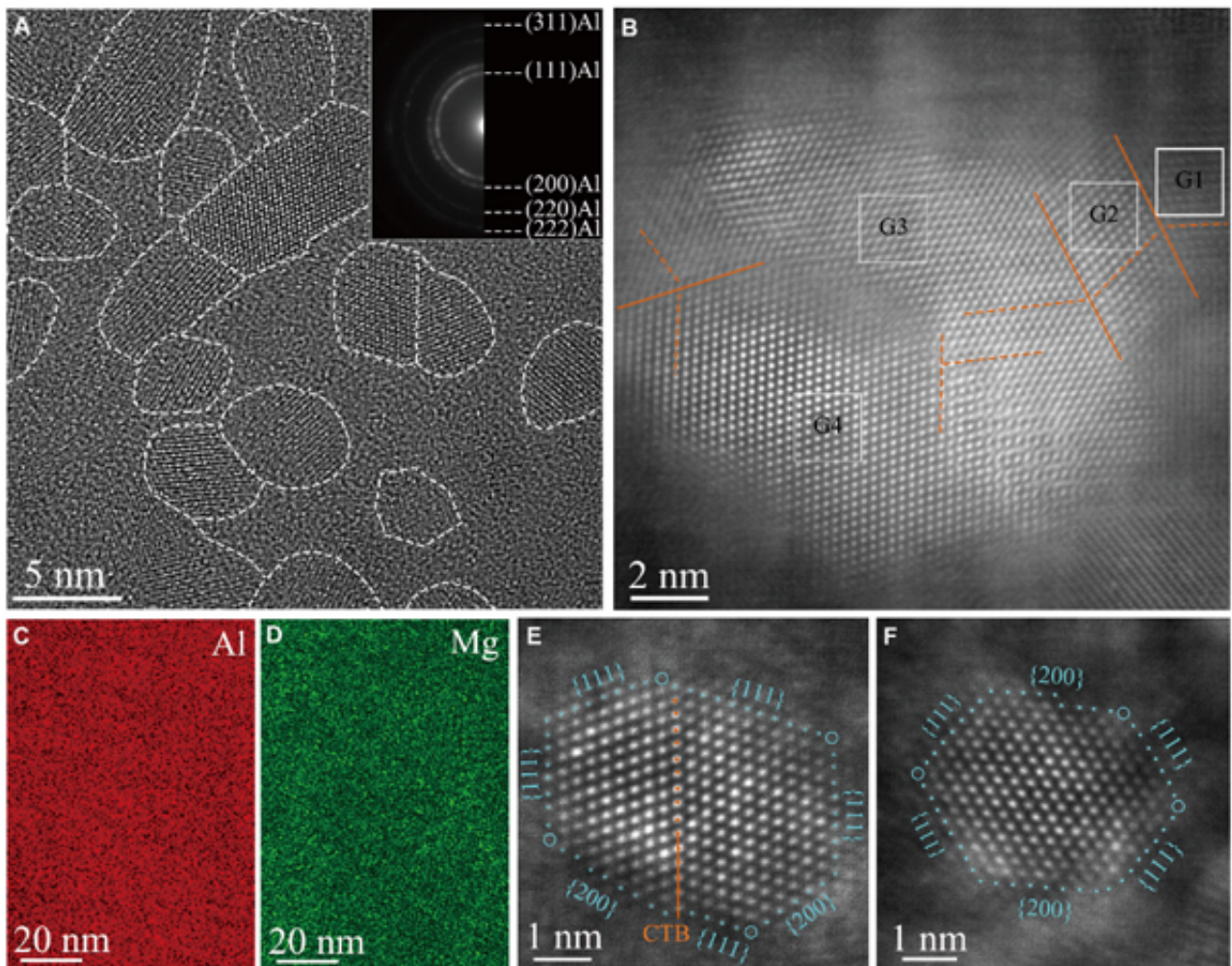


图1 受限晶体Al-Mg合金的结构与成分

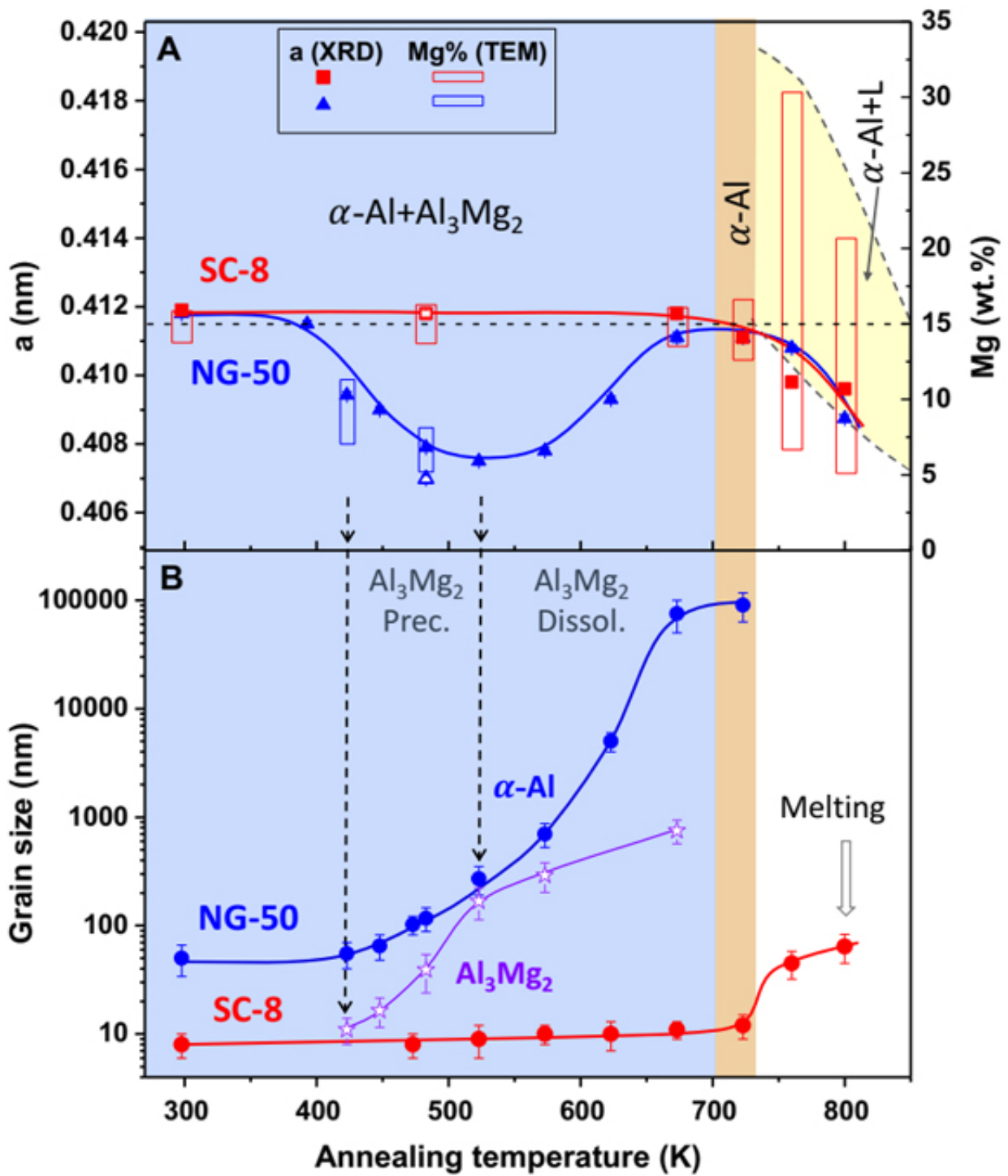


图2 Al-Mg合金受限晶体的 (SC-8) 晶格常数、晶格中镁含量及晶粒尺寸随退

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](http://iikx.com)转发