

# 《无序固体的力学行为》专题序

蒋敏强<sup>1)</sup> 戴兰宏

(中国科学院力学研究所非线性力学国家重点实验室, 北京 100190)

无论是在自然科学还是社会科学范畴,“有序(order)”是人们相对熟悉并为之追求的一种特殊状态,然而“无序(disorder)”才是物质或社会学体系的普遍状态。但是,对于以电子共有化方式成键的金属材料,这一认知似乎恰恰相反。几千年来,金属材料总是以化学成分和拓扑结构的有序方式呈现在人们面前。直到 1960 年,一种具有原子排列长程无序的非晶合金在《自然》杂志被首次报道,才使人们重新认识到有序可能不是金属的本征状态。到如今,各类非晶合金大量涌现,几乎涵盖了元素周期表中的所有金属元素。此外,基于多主元设计理念制备的高熵合金近年来被广泛报道,证实金属材料也可以形成组元原子晶格随机占位的化学无序状态。

拓扑无序的非晶合金和化学无序的高熵合金作为典型的无序固体,极大地挑战了固体力学、凝聚态物理、材料科学中一些传统认知、概念,甚至经典理论。比如,基于位错、解理等微观机制的固体塑性和断裂理论无法适用于非晶合金;固溶强化、层错能等概念在高熵合金中的应用也变得十分困难。另一方面,由于固有的无序特性,非晶合金和高熵合金表现出一系列优异的力学、物理、化学性能,使其作为先进结构或功能材料在国防、空天等领域显示出广阔的应用前景。因此,这两类无序固体具有重要的科学和应用价值,越来越受到国内外科技界的广泛关注。

《力学学报》组织的这一《无序固体的力学行为》专题,旨在反映我国科研机构 and 高等院校的科研人员在这一方向的最新研究进展,包含 3 篇综述论文和 5 篇研究论文,供相关领域的读者参考。

第 1 篇综述论文由中国科学院力学研究所王云江等撰写,详细讨论了“结构决定性能”这一经典范式在非晶态无序固体中是否成立。他们发现,结构的空间关联和受限,而不是局域结构本身,是非晶态固体结构-性能关联的隐藏主控因素,并给出了评价非晶态固体结构预测性能有效性的普适定量方法,从而为建立广义无序固体的结构-性能关系提供了筛选准则。

第 2 篇是由西南交通大学康国政等撰写的关于非晶合金复合材料变形行为以及本构关系的综述论文。他们首先简要回顾了非晶合金材料的变形行为、失效机理以及本构关系的研究进展;然后,着重从实验研究和数值模拟两方面对非晶合金复合材料变形行为与失效机理的研究成果进行了总结;接着,对非晶合金复合材料本构关系的最新研究进展进行评述;最后,对这一方向未来值得进一步研究的关键问题进行了总结。

第 3 篇论文是关于高熵合金力学性能和变形行为的研究进展综述,作者是清华大学李晓雁等。这篇论文

1) E-mail: mqjiang@imech.ac.cn

引用格式: 蒋敏强,戴兰宏.《无序固体的力学行为》专题.力学学报,2020,52(2):301-302

Jiang Minqiang, Dai Lanhong. Preface to the special topic “Mechanical Behaviors of Disordered Solids”. *Chinese Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, 2020, 52(2): 301-302

从高熵合金独特的结构特征出发,对近年来针对不同类型高熵合金力学性能、变形行为方面的研究成果,特别是强韧化机制以及相关的原子尺度模拟,进行了较为全面的综述.最后,作者总结和展望了高熵合金未来研究中的一些主要问题和挑战.

接下来 5 篇是有关非晶合金力学行为的研究论文,涉及的研究内容包括:动力学弛豫机制和高温流变行为(作者:西北工业大学乔吉超等)、塑性流动基本事件的原子尺度预测(作者:中国科学院力学研究所肖攀等)、剪切带时空动力学和锯齿流动行为(作者:中国科学院物理研究所孙保安等)、基于热塑成形的非晶合金理想裂纹预制方法(作者:武汉大学刘泽等)、基于表面机械加工的非晶合金断裂韧性提高方法(作者:上海大学王刚等).

本专题 8 篇综述或研究论文在展示最新研究进展的同时,也指出了非晶合金和高熵合金力学行为研究方面一些悬而未决的关键难题.例如,对于拓扑无序或化学无序体系的全面深刻认知和定量描述;能否打通无序结构-原子振动-动力学弛豫-宏观变形和破坏的全过程?如何建立适用于拓扑/化学无序系统且物理自洽的固体本构理论?是否有可能实现以化学或拓扑无序主导和时空调控的固体强韧化新途径?显然,这些问题的解决亟需力学、材料、物理等领域学者的协同创新和联合攻关.

最后,特别感谢所有论文作者以及审稿专家对本专题出版的重要贡献和大力支持!

doi:10.6052/0459-1879-20-051