

论坛九：铜合金论坛**分论坛主席：谢建新 杨斌****09-01****铜塑性功热转化的微观机理**

史荣豪

河南省科学院先进导体材料重点实验室

尽管有成熟的位错理论，但是铜塑性功转化成热的比例和微观机理还不清楚，留存冷功的微观分布也无法通过实验准确观测。通过分子模拟方法从微观上研究纯铜塑性变形产热的来源和机理：畸变晶格在恢复正常晶格的时候，原子势能会跌落并转化成动能而产热，因此不同的缺陷其产热密度也不同。高初始温度会降低位错形核激活能，最终导致体系的热转化率减少。高应变率会大量生成可湮灭的位错而提高热转化率。由于模拟中的热转化率范围与实验结果相符，并且观察到晶界里的留存冷功不可忽略，此模拟结果最终是实验现象的有力补充。

09-02**基于使役特点的微观结构宏观定向设计：一种解决材料性能难以兼容的新方案**

毛庆忠，赵永好*

南京理工大学材料学院纳米中心

结构和功能材料的重要性能多是相互不兼容甚至是完全排斥的，这就是所谓的材料性能悖论；它普遍地存在于自然界中，为人类科技进步设置了难以逾越的障碍。我们受大自然生物体材料微观结构特点的启发，提出根据材料具体服役特点而把材料的微观结构在宏观上进行定向精细设计的新概念，并成功解决了高铁铜导线的高强、高导的悖论难题。我们利用旋转模锻技术制备了具有沿轴向定向排列的超长、超细晶粒的铜导线。该铜线具有良好的导电性（97%的国际退火铜标准，IACS）和机械性能（屈服强度超过 450 MPa，高的断裂韧性、抗冲击性和耐磨性）。更为重要的是，随后的退火将导电率提高到 103%IACS，同时仍将屈服强度保持在 380 MPa 以上。沿轴向排列超长的超细晶为电子提供了导电通道，即通过减少晶界散射来提高导电性，而沿径向排列的亚微米超细晶界有效地阻挡了位错滑移和裂纹扩展（断裂），即提高了强度、抗冲击和断裂韧性，从而提供了优异的力学性能。我们的设计理念为解决材料性能悖论提供了别样的思路。通常机械设计工程师只在宏观上设计宏观结构，而材料学者则只在微观上设计微观结构。我们的微观结构宏观设计理念架起了从微观到宏观的桥梁，把上游材料的成分、微观结构设计和下游零部件的制造、使用进行通盘考虑、整体设计。上述结果发表于国际期刊 Nano Letters (2021, 21, 3191-3197)和 Nature 新子刊 Comm. Mater. (2021, 2, 46)以及 Composites Part B (2022, 231, 109567)。

关键词：高强，高导，铜合金