

热点评论

高性能金属材料控制凝固与控制成形

谢建新 石力开



谢建新 教授

谢建新 教授, 博士生导师, 教育部长江学者奖励计划特聘教授, 国家杰出青年基金获得者, 国家973计划项目首席科学家, 北京科技大学副校长。主要从事高性能金属控制凝固与控制成形技术、金属挤压理论与技术、先进复合材料制备与加工、材料制备与加工

技术的智能化等方面的研究。发表学术论文180余篇, 被SCI, EI, ISTP收录100余篇。

材料的制备加工是决定其使用性能的重要因素之一, 也是材料科学与工程的重要组成部分。近20年来, 以薄板坯连铸连轧(CSP工艺)、喷射沉积、激光成形、半固态加工、复合铸造、等温成形、无模成形等为代表, 材料制备加工新技术新工艺的研究开发与应用受到国内外的广泛重视, 得到快速发展。由于高新技术发展对材料的使用性能的要求越来越高, 以及日益突出的资源与环境问题已成为制约全球经济社会可持续发展的关键因素, 在可预期的今后较长时间内, 材料制备加工技术的主要发展目标是实现“两高两低”, 即材料生产的高效率化、高性能化、低成本化、低负荷化。

实现材料高性能化的途径主要有两条: 一是研究开发新型材料, 满足高新技术发展对各种高性能材料的要求; 二是针对已有材料, 在不改变合金成分的前提下, 通过工艺与技术创新, 显著提高材料的使用性能。在凝固、成形、塑性加工与热处理等过程中, 对组织结构施加积极、精确的控制, 是研究开发新型材料、实现传统材料的高性能化的共性关键问题。为此, 本文提出高性能金属材料控制凝固与控制成形的思路。

高性能金属材料控制凝固与控制成形思路的特点是: 从材料(构件)的最终使用要求出发, 通过外场作用和工艺制度调控, 对凝固、成形、塑性加工、热处理等各个阶段的组织结构与形状尺寸的形成与遗传演化施加积极、精确的控制, 实现材料(或构件)的高性能、高质量、高效率制备加工。发展高性能金属材料控制凝固与控制成形技术的重要性主要体现在以下一些方面。

(1) 通过精确控制金属材料凝固过程中相的种类和组成、相的生成顺序、相的形状与分布、晶粒的大小与晶界形貌, 有可能在以下几个方面取得突破: ① 研究开发新材料, 例如, 结合成分设计, 通过精确调控凝固时相的生成顺序、形核与长大, 以及剩余液相的非晶形成能力, 制备具有工程塑性变形能力的内生韧性相/非晶复合材料; ② 显著提高金属材料的性能, 例如, 基于凝固过程控制的半固态铝合金材料、定向凝固高温合金材料, 其力学性能、耐高温性能等可得到显著提高; ③ 获得达到或接近使用要求的最终组织, 缩短乃至省略后续的组织调控加工处理过程, 实现短流程、近终形高效制备加工, 例如, 基于定向凝固原理开发的薄壁光亮铜管连铸技术, 可使精密电子铜管的生产工艺缩短60%, 节能40%, 成材率由传统工艺的60%提高到85%以上。

(2) 通过精确控制铸造过程中的温度场和金属流动, 可以在精确控制凝固过程、获得均匀无缺陷的组织的同时, 实现形状与尺寸的精确控制, 从而实现组织性能与形状尺寸的一体化精确控制, 发展高质量铸件、大型整体构件生产技术。

(3) 通过精确控制塑性加工过程中的金属流动、形变与组织(包括相变)的交互作用, 可以进一步改善凝固组织或发展特殊的凝固组织, 以获得具有特定高性能或优异综合性能的材料; 可以提高单次道次变形能力, 缩短工艺流程, 实现高效加工成形; 可以实现特殊部件或构件的精确成形。

(4) 发展凝固、成形、塑性加工与热处理等全过程的组织结构综合调控技术, 有利于在凝固或塑性加工等单一过程精确控制的基础上, 进一步提高材料的性能, 发展短流程高效制备加工技术。此外, 作者等人有关高硅电工钢的研究结果表明, 通过全过程的微结构精确调控, 可以逐步改善合金的脆性, 提高合金的加工性能, 实现难加工材料的高效加工成形。

总之, 发展高性能金属材料控制凝固与控制成形技术, 是实现金属材料的组织性能与产品形状尺寸精确控制、提高生产效率、减少制备加工过程中的资源和能源消耗的核心关键技术; 是提升传统材料产业技术水平, 开发高性能新材料的重要途径。