

## 高性能精/特钢材料磁控超常冶金制备技术-进展与思考

钟云波<sup>1\*</sup>, 雷作胜<sup>1</sup>, 郑天祥<sup>1</sup>, 沈喆<sup>1</sup>, 任忠鸣<sup>1</sup>, 李华刚<sup>2</sup>, 罗钢<sup>3</sup>, 任维丽

<sup>1</sup>, 郭逸丰<sup>1</sup>, 李强<sup>1</sup>, 丁彪<sup>1</sup>, 时培建<sup>1</sup>, 卢建东<sup>4</sup>, 程常桂<sup>5</sup>, 邓康<sup>1</sup>

1. 上海大学材料学院, 省部共建高品质特殊钢冶金与制备重点实验室; 2. 上海宝信软件股份有限公司;  
3. 湖南华凌涟源钢铁有限公司; 4. 浙江精瑞工模具有限公司; 5. 武汉科技大学冶金学院

精品钢和特殊钢材料广泛应用于能源、交通、智能制造、航空航天等领域, 在国民经济建设中作用和意义重大。但高端精/特钢材料及制备技术仍受限于发达国家, 如高等级硅钢、航母用钢、工模具钢、航空轴承钢等。本文认为, 精/特钢材料性能提升的关键在于如何提高其冶金质量。

二十余年来, 本文作者及合作单位一直致力于精/特钢材料冶金质量提升的研究工作。提出磁控超常冶金制备新思路, 采用多模式电磁场, 实现对连铸及电渣重熔结晶器中钢液流动行为进行调控, 最终对精/特钢冶金质量提升产生显著效果。

针对精品钢的连铸过程, 建立了独特的液态金属物理模拟装置, 成功获得连铸结晶器钢液流场的三维数据; 开发出独特的“多场多相多界面”全耦合的数值模拟方法, 对结晶器钢液流场结构形成了“可视化”的理解; 基于数值模拟和物理模拟结果, 建立了结晶器传输行为的评价指数。

针对特殊钢的电渣重熔过程, 阐明了电渣重熔除杂新机制和磁控电渣重熔工艺中凝固组织细化和均匀化的演变规律。

在数值模拟、物理模拟和实验研究基础上, 开发了结晶器电磁控流的系列关键装备, 形成主动、随动、复合电磁控流(磁控电渣重熔)等原型技术思路, 成功进行工业实践验证, 实现精/特钢连铸坯及电渣重熔锭坯材高洁净、高均质、三细化的高冶金质量目标。本文进一步提出了磁控超常冶金制备技术的未来展望和思考。