

附件：

2022 年度重庆市科学技术奖提名成果公示材料

一、项目名称

高品质特殊钢洁净化与杂质行为的调控机制

二、提名单位及等级

涪陵区科学技术局，自然科学奖二等奖

三、项目简介：

高品质特殊钢是国家重大装备制造、重大工程建设和航空航天等关键领域所需核心材料，而洁净度是衡量特殊钢材料总体质量水平的重要指标。最大限度地针对非金属夹杂物（尤其是氧化物）在高品质特殊钢生产过程中的尺寸、形态、成分、空间分布等多项物化性质进行精确调控，可有效提升钢材的塑韧性、成形性、抗疲劳等性能。基于此，本项目丰富了稀土系非金属夹杂物的热力学数据，构建了高品质特殊钢中夹杂物析出的耦合模型，在非金属夹杂物的变质、弥散、吸收等方面形成了系统的研究方法和应用基础理论，开发了面向生产实际应用的热力学计算程序，对高品质特殊钢中非金属夹杂物的合理调控具有重要科学价值与指导意义。主要发现点为：

1. 测定了含稀土三元液相体系，构建出可定量描述复杂稀土/液相夹杂物析出与溶质元素微观偏析的耦合热力学模型；揭示了稀土钢浇铸温度及凝固过程中夹杂物的演变行为；成功将钢液中夹杂物变质为大尺寸液相夹杂物，为解决稀土钢的水口结瘤问题奠定了理论基础。

2. 阐明了多个含镁含钙多元特殊钢钢液体系中典型夹杂物的稳定存在区域，为镁处理、钙处理在各钢种中的广泛应用提供了坚实的热力学基础；揭示了在无缝隙钢精炼过程中，精炼处理强度与钢液中元素含量呈现出的定量作用关系；构建了精确控制钢液中夹杂物的热力学模型，在借助工业大数据手段加以佐证及优化后，进而编制出了具有自主知识产权的在线智能控制软件。

3. 创新性的利用有效反应区域理论、离子和分子共存理论以及自由能最小

原理构建了多相反应耦合模型，结合大量实验室及工业实验，最终阐明了高品质特殊钢精炼过程中，各主要元素在空气-耐火材料-精炼渣-钢液体系间的迁移规律。此成果可准确预测出多相复杂反应条件下钢液中杂质元素含量及非金属夹杂物成分的演变规律，为高品质钢中杂质含量及夹杂物的定制化控制打下基础。

依托本项目，完成人在国际陶瓷、MMTB、ISIJ 等材料与冶金行业权威期刊发表学术论文 30 余篇，获得多位同行专家学者的引用和正面评价。获 CSST2018 青年学者高水平论文奖，涪陵区自然科学优秀学术论文一等奖、二等奖各 1 项；授权发明专利 11 项，并获软件著作权 2 项。

四、代表性论文（专著）目录

序号	论文（专著）名称	刊名	作者
1	Liquid inclusions in heat-resistant steel containing rare earth elements	Metallurgical and Materials Transactions B	Yandong Li, Chengjun Liu, Tongsheng Zhang, Maofa Jiang, Cheng Peng
2	Transient behavior and thermodynamics of inclusions in Al-Ti-deoxidized and Ca-treated steel	Metallurgical and Materials Transactions B	Tongsheng Zhang, Yandong Li, Chengjun Liu, Maofa Jiang
3	Effect of Mg on behavior and particle size of inclusions in Al-Ti deoxidized molten steel	Metallurgical and Materials Transactions B	Tongsheng Zhang, Chengjun Liu, Maofa Jiang
4	Thermodynamic corrosion behavior of Al ₂ O ₃ , ZrO ₂ and MgO refractories in contact with high basicity slag	Ceramic International	Wanlin Wang, Liwen Xue, Tongsheng Zhang, Lejun Zhou, Junyu Chen, Zihang Pan
5	The influence of MgO/ZrO ₂ /Al ₂ O ₃ refractories on the refining process of Ti-containing steel based on kinetic study	Ceramic International	Wanlin Wang, Liwen Xue, Tongsheng Zhang, Heping Liu, Hongguang Xiao, Qunbao Sun

五、主要完成人情况：

李言栋、张同生、刘承军、王万林、姜茂发

六、主要完成单位

长江师范学院、东北大学、中南大学