

2023 年度天津市科学技术奖项目公示表

项目名称	提名奖项	提名等级	提名单位
大宽厚比矩形坯高拉速连铸 关键工艺与装备技术开发	科学技术 进步奖	三等奖	天津市宁河区 人民政府
主要完成单位	天津市新天钢联合特钢有限公司		
主要完成人	聂荣恩、罗森、王连全、王卫领、么旭林		
项目简介	<p>带钢是广泛用于建筑、工程、机械等领域结构件的基础原材料，其市场需求量大，经济价值巨大，是近年来钢铁市场重要的高额盈利产品。天津市新天钢联合特钢有限公司目前拥有 4 条带钢生产线，1#连铸机是新天钢联合特钢高品质宽规格带钢的主力机型，但受制于连铸机设计最大拉速 1.4m/min 限制，难以实现公司 1 机对 1 炉的生产规划和高效化生产。为此，针对新天钢联合特钢 1#矩形坯高拉速连铸生产需求，成立了新天钢联合特钢与东北大学联合攻关组，系统研发了高效、高均匀传热曲面结晶器及其工艺技术、高拉速结晶器熔池高稳定性流动控制技术以及铸坯低变形、超短液芯长度控制高拉速连铸二冷等关键技术，并获得了稳定化实施与应用，实现了 1#机的连铸拉速由技术实施前的 1.4m/min 提升至 2.4m/min 铸坯无缺陷稳定化高效生产，形成了如下一整套系统而全面的矩形坯高拉速连铸生产的关键工艺与装备技术。本项目主要研究内容和技术创新点如下：</p> <p>(1) 高效、高均匀传热曲面结晶器及其工艺技术开发 成功构建了耦合保护渣膜与气隙动态分布的“结晶器-坯壳”系统的结晶器内凝固坯壳热/力耦合计算模型，定量探明了高拉速连铸条件下结晶器内坯壳凝固过程动态变形、保护渣与气隙动态分布行为，成功研制出了“上部快补偿、中下部缓补偿”连续曲线结构变化的曲面结晶器及其配套冷却与锥度工艺。</p> <p>(2) 高拉速结晶器熔池高稳定性流动控制技术开发 系统研究了水口结构对结晶器内钢液流动和液面波动的影响规律，探明了铸坯断面尺寸与水口结构参数之间的匹配关系，创新性地提出了高拉速连铸水口设计的合理性评价参数（S 指数），首次理论上确定了水口合理性评价指标 S 处于 5~8 之间时，矩形坯结晶器内钢液流场分布合理和钢渣界面波动平稳。</p> <p>(3) 开发形成了铸坯低变形、超短液芯长度控制高拉速连铸二冷</p>		

	<p>技术</p> <p>成功构建出了连铸二冷三维凝固传热模型，研究探明了 1#连铸机不同拉速下铸坯温度场与坯壳凝固生长演变规律；研究获得了宽面与窄面协同超强冷却条件下的铸坯温度场与坯壳凝固生长规律，创新提出并实施了矩形坯铸流高拉速宽窄面协同控冷新工艺与装备技术。</p> <p>本项目实现了拉速 2.4m/min 大宽厚比矩形坯超短凝固液芯长度无缺陷稳定化生产，以中国金属学会秘书长王新江为首的专家团队认定该技术总体达到国际先进水平。研发过程形成专利 21 项，经济效益 3.88 亿元，吨钢能耗节约 5kgce，每年减少碳排放 7.1 万吨。项目对推进我国矩形坯连铸坯高效化生产技术进步、丰富连铸生产理论等均有积极意义。</p>
<p>创 新 点</p>	<p>(1) 高效、高均匀传热曲面结晶器及其工艺技术开发</p> <p>基于连铸结晶器多界面传热理论，首先构建耦合保护渣膜与气隙动态分布的结晶器内坯壳凝固动态多界面传热模型，以此建立“结晶器-坯壳”系统的结晶器内凝固坯壳热/力耦合计算模型。然后研究探明不同连铸拉速下结晶器坯壳凝固过程动态变形、保护渣与气隙动态分布行为，定量化计算获得高拉速结晶器内凝固坯壳收缩动态分布。揭示结晶器内腔结构形貌对结晶器传热的影响规律，明确大宽厚比矩形坯高拉速连铸结晶器高效传热限制性环节。基于此，创新设计大宽厚比矩形坯高拉速连铸用新型结晶器内腔铜板结构，并开发与新型曲面结晶器相配套的冷却与锥度工艺，保障最高连铸拉速 2.4m/min 的铸坯稳定生产。</p> <p>(2) 高拉速结晶器熔池高稳定性流动控制技术开发</p> <p>采用有限体积商业软件 Ansys Fluent，构建连铸结晶器多相流数学模型，首先研究高拉速矩形坯水口结构参数对结晶器内钢液流动和液面波动行为的影响，阐明了不同水口侧口面积、凹底深度、侧孔倾角和铸坯截面面积等对结晶器内的钢液流动、液面波动和卷渣的影响规律，然后提出用于高拉速连铸水口设计的合理性评价参数（S 指数），并结合新天钢联合特钢 1#矩形坯高拉速连铸工艺，明确水口评价标准“S 指数”的范围。最后，明确适用于大宽厚比矩形坯高拉速连铸水口结构尺寸，并通过工业生产应用实验验证 S 指数的准确性，确保大宽厚比矩形坯高拉速连铸结晶器液面高稳定性控制。</p> <p>(3) 铸坯低变形、超短液芯长度控制高拉速连铸二冷技术研发</p> <p>立足于现场生产实际，首先构建连铸二冷三维凝固传热模型，研究不同拉速下 1#连铸机矩形坯温度场与坯壳凝固生长演变规律。然后，研究分析连铸二冷喷嘴布置和铸坯宽面与窄面均实施超强冷</p>

	<p>却条件下的温度场与坯壳凝固生长规律，明确新天钢联合特钢 1#矩形坯最大连铸拉速 2.4m/min 条件下连铸坯凝固液芯限制在最后一个拉矫机位置所需的连铸二冷极限喷水能力。在此基础上，提出矩形坯连铸二冷配水管路改造方案，并设计高拉速连铸铸坯二冷宽窄面协同控冷工艺，确保大宽厚比矩形坯实现最大连铸拉速 2.4m/min 铸坯超短凝固液芯长度、宽窄面无明显鼓肚、表面无缺陷稳定化生产。</p>	
<b>主要 技术 支撑 材料</b>	技术合同	登记页及首页
	发明专利	一种外场协同控制作用下的均质化板坯连铸生产方法
	发明专利	一种钢液中颗粒移动的计算方法
	发明专利	一种钢液中枝晶移动的预测方法
	实用新型专利	连铸快换中间包水口滑道保护装置
	实用新型专利	一种连铸坯在线辅助切割装置
	实用新型专利	一种连铸机用大包盖悬挂装置
	实用新型专利	一种用于去除连铸坯上氧化铁皮的喷淋装置
	实用新型专利	一种用于连铸冷却水过滤在线清洗装置
	实用新型专利	一种结晶器零段总成及连铸机
	实用新型专利	连铸机辊道导位架
	代表性论文	高拉速连铸结晶器电磁控流技术发展_罗森
	代表性论文	高效连铸数字化发展思考_朱苗勇
	代表性论文	基于深度学习的连铸坯低倍质量评级_宋翰凌
	代表性论文	Multiphase field modeling of dendritic solidification of low-carbon steel with peritectic phase transition
	代表性论文	A GPU-accelerated 3D PF-LBM modelling of multi-dendritic growth in an undercooled melt of Fe-C binary alloy
	代表性论文	A detection model for corner cracks of continuous casting strand based on deep learning
	代表性论文	矩形坯高拉速连铸结晶器开发与应用
	代表性论文	高拉速小板坯连铸工艺优化与实践
	应用满一年证明	应用证明-联合特钢
	其他证明材料	应用证明-天钢集团
	其他证明材料	应用证明-天津铁厂
第三方评价证明	鉴定证书-国际先进水平	
第三方评价证明	查新报告	
直接经济效益证明	经济效益证明	