

科技进步奖推荐号：107-403

项目名称	精品板带二次冷轧与平整及涂镀关键技术的开发
提名单位（专家）	秦皇岛市科学技术局
项目简介	<p>在新的环保要求与市场形势下，冷轧板带持续向节约型高强减薄方向发展。生产精品板带，促进产品升级与结构优化，是河北省乃至全国的重大战略需求和发展方向。二次冷轧类精品板带因具有厚度薄、硬度高、晶粒度细、耐冲压性能好、附加值高等优点，成为国内外各大钢铁企业竞相研发与生产的对象。但与日本、韩国等发达国家相比，国内由于历史原因，二次冷轧工业起步较晚，基本设备及工艺模型主要依靠引进。项目开展前，在二次冷轧及后续平整过程稳定轧制与缺陷控制上与国际水平存在很大的差距；与此同时，由于轧制不稳定导致涂镀产品镀层均匀性差，锡、铬、锌等金属消耗多。为此，项目组立足精品板带关键轧制与涂镀技术自主开发，历经十余年持续攻关，最终突破了精品板带生产的技术瓶颈，实现了精品板带二次冷轧与平整及涂镀过程高效稳定工业化生产。取得了以下四大技术创新：</p> <ol style="list-style-type: none">1、二次冷轧乳化液管路在线直混及喷淋润滑系统 开发了气雾混合和油水管道的乳化液制备新技术，提出了乳化液喷淋架喷嘴安装特性参数优化方法，首次研发了一套二次冷轧乳化液管路在线直混及喷淋润滑系统，攻克了传统润滑系统不能实现乳化液流量与浓度同时在线调整的技术难题。2、精品板带二次冷轧过程润滑工艺及稳定轧制技术 基于在线直混及喷淋润滑系统，建立了乳化液浓度、流量、初始温度等工艺参数综合优化模型，提出了二次冷轧机组板带大变形与小变形两种条件下以稳轧为目标的工艺润滑与轧制参数优化方法，突破了传统的压下范围，并保证了产品质量。3、精品板带平整工艺与产品质量综合控制技术 提出了轧辊辊径大小头补偿方法，以定量补偿代替定性控制，提高了特定轧辊周期内固定位置的板形质量；构造出工作辊全服役周期表面粗糙度衰减模型，形成了基于成品表面粗糙度控制的轧制压力设定技术，实现了对带钢与轧辊表面质量的综合治理。4、精品板带涂镀产品超薄镀层关键控制技术 揭示了精品板带表面微观波峰波谷处镀层沉积机理，提出了超薄镀层(小于 0.1 μm)的表面质量表征方法、镀液健康状态评价与调控方法，优化了镀锡技术，实现了超薄镀层精准均匀控制；研发了阳极泥微量合金元素协同控制技术，实现了镀液零排放。 <p>该项目已获授权发明专利 31 项，其中 12 项成功实施技术转让；发表学术论文 32 篇，其中 17 篇被 SCI、EI 检索；出版专著 2 部；获得软件著作权 25 项。项目成果已被推广应用到宝钢、唐钢、首钢等企业 20 余条生产线，应用效果显著：最高平均轧制速度达 1500m/min；板形控制在 2-4I，板形封闭率控制在 0.5%以内；表面质量缺陷控制在 0.3%以内；镀层孔隙率小于 1.0mg/dm²，并实现了镀液循环使用。彻底打破了日本新日铁、韩国浦项等国外公司的技术垄断。生产出了以高等级电池钢、食品包装容器用钢、高端家电板等为代表的精品板带，并出口美国 Ardagh、欧洲 Silgan, Crown 及泰国 Swan, Lohakij 等国家和地区，取得了显著的经济和社会效益。</p>

	<p>经专家鉴定，该项成果总体达到国际先进水平，其中二次冷轧与润滑工艺综合控制技术达到国际领先水平。</p>
<p>主要完成单位及创新推广贡献</p>	<p>1、燕山大学 燕山大学主持完成精品板带二次冷轧与平整及涂镀关键技术开发的所有研发工作。主要创新工作如下：开发了气雾混合和油水管道混合的乳化液制备新技术，首次研发了一套二次冷轧乳化液管路在线直混及喷淋润滑系统，攻克了传统润滑系统不能实现乳化液流量与浓度同时在线调整的技术难题。建立了乳化液浓度、流量、初始温度等工艺参数综合优化模型，提出了二次冷轧机组板带大变形与小变形两种条件下以稳轧为目标的工艺润滑与轧制参数优化方法，突破了传统的压下范围，并保证了产品质量。提出了轧辊辊径大小头补偿方法，构造出工作辊全服役周期表面粗糙度衰减模型，形成了基于成品表面粗糙度控制的轧制压力设定技术等。燕山大学通过该项目被授权多项发明专利，并从创新思想、研究方法、设计能力等全面培养了一批优秀的科研人员，促进了高端人才科研能力的提升，并带动我国钢铁科技水平的提高，为保障国家能源、实现绿色经济做出了突出贡献。</p> <p>2、东北大学 东北大学全面参与精品板带二次冷轧与平整及涂镀关键技术开发的所有研发工作。通过理论研究解释了电镀液中氟离子、铬离子对阳的极协同腐蚀机制。揭示了电场作用下无锡钢生成过程中铅基阳极材料的内应力形成过程及其影响因素。掌握了铅基阳极表面物理状态、电解质溶液离子对内应力原位形成的影响规律，形成了超薄镀层耐蚀性表征技术。首次提出以镀锡工艺副产品锡泥为原料，基于热力学耦合原理和掺杂改性，开发锡泥中微量合金元素协同、耦合调控技术。实现锡基甲烷、甲醛、二氧化硫和氨气等气体传感器纳米敏感材料工艺技术突破。</p> <p>3、唐山钢铁集团有限责任公司 唐山钢铁集团有限责任公司全面参与该项目的研发工作，同时是该项目研究成果的主要应用单位。主要负责精品板带平整、涂镀生产过程关键工艺技术的推广实施工作，制定了技术实施方案。优化了板带产品结构、加快了产品转型升级、提升了综合竞争力，实现了精品板带高精度、高质量、高效化批量稳定生产，填补了国内高强度汽车及家电用板等高端板带缺口，为该项目工艺模型与技术的完善以及现场的成功应用做出了突出贡献。</p> <p>4、河北工程大学 河北工程大学全面参与该项目的研发工作，主要创新工作如下：建立了二次冷轧轧辊表面油膜厚度模型，提出了二次冷轧机组带钢下表面润滑工艺补偿方法，开发了二次冷轧机组乳化液体积分数在线控制技术，为二次冷轧乳化液管路直混润滑系统设计及关键设备选型做出了创新性贡献。</p>
<p>应用情况及效益情况</p>	<p>从 2008 年开始，该项目的相关技术成果逐步在宝山钢铁股份有限公司二次冷轧、平整、涂镀等相关机组进行调试、试验、完善以及可重复性验证等工作；从 2015 年开始，该项目的相关技术成果逐步在唐山钢铁集团有限责任公司平整、涂镀机组与首钢京唐钢铁联合有限责任公司平整兼二次冷轧机组进行调试、试验、完善以及可重复性验证等工作。2017 年完成项目整体技术的推广应用。</p> <p>该项目近三年所产生的经济效益主要来源于宝山钢铁股份有限公司与唐山钢铁集团有限责任公司生产精品带钢产品所产生的销售额与利润。近三年共创经济效益超过 20 亿元。</p>

主要知识产权和标准规范等目录

1. 发明专利，一种乳化液在线混合装置及其零件选型方法，ZL201910485611.2，2020.06.19，燕山大学，白振华；李秀军；刘超智；崔亚亚
2. 发明专利，DCR 机组大变形下以稳轧为目标的轧制参数优化方法，ZL201810313762.5，2019.10.11，燕山大学，白振华；张立更；钱承；刘亚星；刘超智
3. 发明专利，一种六辊轧机辊径大小头缺陷补偿方法，ZL201410620597.X，2017.08.11，燕山大学，白振华；刘亚星；侯彬；杜江城；骆国玲；宋和川
4. 发明专利，一种双平整机组基于成品粗糙度控制的轧制压力设定方法，ZL201810313793.0，2019.09.27，燕山大学，周莲莲；崔熙颖；白振华；刘超智
5. 发明专利，二次冷轧机组以油耗控制为目标的乳化液工艺优化方法，ZL201710777359.3，2019.05.28，燕山大学，白振华；李秀军；崔亚亚；崔熙颖；蒋青林；姜明光
6. 发明专利，一种二次冷轧机组乳化液喷嘴喷射方向角的优化方法，ZL201711282110.1，2019.07.26，燕山大学，李学通；任淏；王葛；陈继刚；崔亚亚；刘亚星；钱承
7. 发明专利，一种二次冷轧机组乳化液浓度在线控制方法，ZL201911108803.8，2020.10.27，燕山大学，白振华；翟乾俊；林威；崔熙颖
8. 发明专利，一种 DCR 机组带钢下表面乳化液流量补偿方法，ZL201911108804.2，2020.11.13，燕山大学，白振华；张佳胜；钱承；崔熙颖
9. 发明专利，二次冷轧机组小变形条件下工艺润滑参数优化设定方法，ZL201810275209.7，燕山大学，白振华；刘超智；钱承；刘亚星
10. 发明专利，一种乳化液喷淋架上喷嘴间距与喷嘴数量综合优化方法，ZL201711281968.6，燕山大学，白振华；崔亚亚；崔熙颖；刘亚星；张立更

主要完成人情况表（排名、姓名、技术职称、工作单位、对本项目技术创造性贡献、曾获奖励情况）

排名	姓名	技术职称	工作单位	完成单位	贡献	曾获奖励情况
1	白振华	教授	燕山大学	燕山大学	项目总负责和总策划，具体负责乳化液管路在线直混及喷淋润滑系统、二次冷轧润滑工艺及稳定轧制、平整工艺与产品质量控制技术的开发。	2005 年国家科学技术进步奖一等奖；2020 年中国冶金科学技术一等奖；2015 年河北省技术发明二等奖。

2	李建中	教授	东北大学	东北大学	负责精品板带超薄镀层关键技术的开发，解决了板带表面表能低、锈蚀以及覆膜铁涂层结合力差的棘手性问题。	2020 年中国冶金科学技术一等奖。
3	刘亚星	博士生	燕山大学	燕山大学	负责二次冷轧机组带钢下表面乳化液流量与浓度补偿技术与辊径大小头缺陷补偿技术的开发。	2019 年中国机械工业科技进步一等奖；2015 年河北省技术发明二等奖。
4	周莲莲	高级实验师	燕山大学	燕山大学	负责平整机组基于成品粗糙度控制的轧制压力设定技术以及项目试验与技术实施方案的制定。	2015 年河北省技术发明二等奖。
5	崔熙颖	博士生	燕山大学	燕山大学	负责二次冷轧机组以油耗控制为目标的乳化液工艺技术、适用于二次冷轧机组小变形条件下轧制稳定校核技术的开发。	2020 年中国冶金科学技术一等奖。
6	李秀军	博士生	燕山大学	燕山大学	负责二次冷轧乳化液管路直混润滑系统设计及关键设备选型、二次冷轧直喷系统轧前带钢表面析出油膜厚度模型及其影响因素研究	无
7	李学通	副教授	燕山大学	燕山大学	负责二次冷轧机组乳化液喷嘴喷射方向角的优化、乳化液直喷系统喷嘴喷射高度优化、平整过程工艺参数综合优化等研究内容	2020 年中国冶金科学技术一等奖。
8	王 朝	助理工程师	唐山钢铁集团有限责任公司	唐山钢铁集团有限责任公司	负责平整机组辊型优化技术的开发	无
9	崔亚亚	讲师	河北工程大学	河北工程大学	负责二次冷轧机组乳化液管路直接混合润滑系统与乳化液体积分数在线控制技术的研发	2018 年中国机械工业科技进步二等奖
10	王云祥	博士生	燕山大学	燕山大学	负责二次冷轧机组轧制变形区带钢上下表面油膜厚度模型的开发	2019 年河北省技术发明二等奖。

完成人合作关系说明

白振华（第 1 完成人）、崔熙颖（第 5 完成人）、李秀军（第 6 完成人）与崔亚亚（第 9 完成人）以共同知识产权方式合作，产出发明专利“二次冷轧机组以油耗控制为目标的乳化液工艺优化方法”；白振华（第 1 完成人）、周莲莲（第 4 完成人）与崔熙颖（第 5 完成人）以共同知识产权方式合作，产出发明专利“一种双平整机组基于成品粗糙度控制的轧制压力设定方法”；刘亚星（第 3 完成人）、李学通（第 7 完成人）、崔亚亚（第 9 完成人）以共同知识产权合作，产出发明专利“一种二次冷轧机组乳化液喷嘴喷射方向角的优化方法”；白振华（第 1 完成人）、李建中（第 2 完成人）与王云祥（第 10 完成人）以共同科技成果合作，产出科技成果“超薄宽幅高品质板带冷轧及超薄镀层高效生产关键技术开发”；白振华（第 1 完成人）、刘亚星（第 3 完成人）、李学通（第 7 完成人）

与王朝（第8完成人）以共同立项合作，产出唐山市科技计划项目“高强钢薄带产品核心生产工艺与典型缺陷综合控制技术的研究”。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者	合作时间	合作成果	备注
1	共同知识产权	白振华/1 崔熙颖/5 李秀军/6 崔亚亚/9	2015~2020	发明专利-二次冷轧机组以油耗控制为目标的乳化液工艺优化方法	
2	共同知识产权	白振华/1 周莲莲/4 崔熙颖/5	2015~2020	发明专利-一种双平整机组基于成品粗糙度控制的轧制压力设定方法	
3	共同知识产权	刘亚星/3 李学通/7 崔亚亚/9	2014~2020	发明专利-一种二次冷轧机组乳化液喷嘴喷射方向角的优化方法	
4	共同科技成果	白振华/1 李建中/2 王云祥/10	2014~2020	科技成果-超薄宽幅高品质板带冷轧及超薄镀层高效生产关键技术开发	
5	共同立项	白振华/1 刘亚星/3 李学通/7 王朝/8	2016~2020	唐山市科技计划项目-高强钢薄带产品核心生产工艺与典型缺陷综合控制技术的研究	

注：所填报内容必须与推荐书中提交的完全一致，否则责任自负，可自行调整行间距。