

追求卓越 敬业勤奋 团结合作 求实创新

——轧制技术及连轧自动化国家重点实验室

坐落于沈水之滨、东北大学美丽校园的轧制技术及连轧自动化国家重点实验室(简称RAL),前身是于1954年建设的东北工学院轧钢实验室。1989年金属压力加工联合工业自动化、计算机应用、控制理论及应用4个博士点学科共同申报国家重点实验室建设项目获得成功。1995年通过国家验收,正式开放运行,成为我国轧制技术及其自动化领域惟一的国家重点实验室。2008年第2次通过了国家评估。

RAL现有科研、办公、实验用房7000 m²。实验室第5届学术委员会成员由材料成形、冶金工程、自动化、材料物理、冶金设备等领域的著名专家共计15人组成,其中院士9人。王国栋院士担任实验室学术带头人,吴迪教授担任实验室主任。



RAL 外景

1 研究方向

金属材料高质量、低成本轧制过程研究 低成本、高效能轧制工艺;理论与技术、轧制过程数学模拟;物理模拟与过程优化、高精度数学模型建模方法与在线应用;轧制过程模拟实验研究设备研制;满足多用途要求的低成本、高质量轧制产品研发等。

加工过程材料组织性能演变的模拟、预测与控制研究 加工过程对材料组织、性能的影响规律;成形过程中材料组织与结构演变的定量描述;建模与模拟、金属材料成分、组织结构与性能的关系;成形过程中材料组织性能预测与在线优化控制;控轧控冷机理研究与工艺开发等。

材料成形过程综合自动化研究 现代控制理论与智能控制方法在材料成形中的应用;多变量、快响应、深度非线性控制系统的辨识与建模;材料成形过程监测、故障诊断与质量控制,材料成形过程管理与控制综合自动化系统等。

材料的先进制备技术及高性能材料研究 高强度、长寿命、耐腐蚀的新一代钢铁材料设计与研发;复合材料、难加工材料、特殊性能材料的制备理论与方法;短流程、近终成形新理论、新工艺、新设备及其关键技术;节能、环保、减量化新成形工艺与新产品开发等。

2 研究成果

近年来 RAL 获国家科技进步奖 6 项,国家技术发明奖 1 项,省部级科学技术奖 36 项,发表研究论文 900 多篇,出版论著 30 余部。

表1 国家级获奖成果(2005~2011年)

序号	获奖项目名称	奖励类型及等级	时间/年
1	宝钢高等级汽车板品种、生产及使用技术研究	国家科技进步奖一等奖	2005
2	低碳铁素体/珠光体钢的超细晶强韧化与控制技术	国家科技进步奖一等奖	2004
3	提高 C-Mn 钢综合性能的组织控制与制造技术	国家技术发明奖二等奖	2007
4	国产 1450 热连轧关键技术及设备研究与应用	国家科技进步奖二等奖	2006
5	首钢 3 500 mm 中厚板轧机核心轧制技术和关键设备研制	国家科技进步奖二等奖	2005
6	冷轧板形控制核心技术自主研发与工业应用	国家科技进步奖二等奖	2011

超级钢开发及其产业化 通过对热轧过程中组织性能演变和强化机理的研究、热模拟实验、实验室热轧实验和现场工业实验,开发出 400~500 MPa 级超级钢,实现普碳钢强度翻番。获国家科技进步奖一等奖等多项奖励。到 2005 年已在我国推广超级钢 400 多万 t。本研究得到国家“973”计划和“863”计划的支持。

中厚板轧机核心轧制技术和关键设备研制 以首钢 3 500 中厚板轧机工程为背景,开发和集成了一系列具有自主知识产权的关键技术,实现了中厚板轧制技术和重大装备的集成基础创新,获国家科技进步奖二等奖等多项奖

励,研究成果已经在国内外 10 多家中厚板厂得到推广应用。

系列实验设备的开发与研制 利用多学科交叉优势,自主开发研制了系列研究设备。包括热模拟实验机、热轧实验轧机、冷轧实验轧机、控制冷却设备、退火模拟实验机等。已应用于宝钢、济钢、酒钢等企业的技术研发中心。

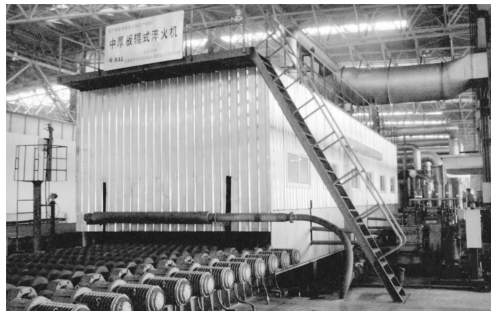
智能轧制技术及应用 结合宝钢等大型骨干钢铁企业的现场需求,从改进板带钢轧制过程软件入手,以刚塑性有限元、组织性能预测和人工智能技术为支撑,建立我国自有的连轧过程数模开发工具和模型参数调优工具,并形成独具特色的轧制过程优化与数模调优理论体系和实用方法。该项目获国家科技进步奖二等奖等多项奖励。

冷轧板形检测与控制 实现了我国冷轧板形测量系统核心技术的突破,形成了板形检测、控制系统核心技术体系,完成了国内第一套工业应用级的拥有完全自主知识产权的冷轧带钢板形测量和控制系统,技术成果整体上达到国际领先水平,填补了国内空白;打破了国外对冷轧板形控制系统的长期垄断,是我国冶金领域核心技术自主创新的重大进步。该项目获国家科技进步奖二等奖等多项奖励,相关成果已经在鞍钢等大型钢铁企业得到应用。

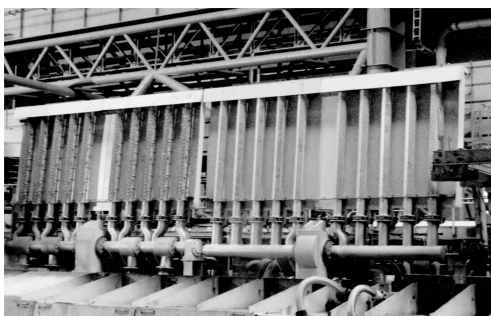
新一代 TMCP 技术的开发 通过采用以超快冷为核心的可控无级调节钢材冷却技术,综合利用固溶、细晶、析出、相变等综合强化手段,在保持或提高材料塑韧性和使用性能的前提下,80% 以上的热轧板材(含热带、中厚板、棒线材、H 型钢、钢管等)产品强度指标提高 50~200 MPa 以上,或钢材主要合金元素用量节省 30% 以上,实现了国内热轧钢铁材料的“资源节约型、节能减排型”等绿色制造工艺过程。该项研究得到国家科技支撑计划(十一五、十二五)的资源。目前,基于超快冷的新一代 TMCP 技术已在中厚板、热连轧、H 型钢、棒线材、钢管等热轧生产线取得了大规模工业应用。



RAL 开发的高刚度热轧实验机组



RAL 开发的国内首台套拥有完全自主知识产权的辊式淬火机



RAL 开发的热连轧超快冷设备



RAL 开发的薄带铸轧机组

实验室承担的国家自然科学基金委员会和上海宝钢集团公司联合资助的国家自然科学基金重点项目“基于双辊薄带连铸的高品质硅钢织构控制理论与工业化技术研究(批准号:50734001)”,针对薄带连铸制造硅钢流程的快速凝固、铸后冷却、热轧等显著区别于传统厚板坯流程的本质特点,围绕在硅钢制造中织构控制与优化这一核心问题开展研究,阐明了硅钢(包括取向和无取向)薄带坯连铸、热轧、冷轧和热处理过程中再结晶组织及织构形成、演变与遗传规律,揭示了取向硅钢抑制剂的析出、长大规律及其作用机理,据此建立了薄带连铸条件下硅钢(包括取向和无取向)织构及组织、取向硅钢抑制剂行为的全流程控制与系统优化理论,开发出基于双辊薄带连铸的高品质硅钢短流程、高效率、低成本工业化制造技术原型。2012 年 3 月 8 日通过了国家自然科学基金重点项目课题验收。

3 研究团队

实验室现有固定研究人员 58 人,其中教授 14 人(院士 1 人、博士生导师 8 人)、副教授 10 人、讲师 11 人、助

教 11 人、科学研究及实验技术人员 12 人(其中副高级以上 10 人)。固定研究人员中 45 岁以下的有 47 人,占 81%。是一支知识结构和年龄结构合理、学术水平高的精干队伍。

实验室尤其注重学科交叉人才的引进,注重在学科交叉点产生新的学术思想,形成新的学科增长点,强调树立“团队精神”和“群体意识”,形成了各具特色的学术梯队。

高质量板带轧制学术梯队 由实验室学术带头人王国栋教授引领。王国栋教授在连轧控制系统、有限元理论和应用、板带轧制自动化与智能化方面做出了创造性的研究成果。其中《板形控制和板形理论》被引用 104 篇次。该学术梯队在板带钢轧制研究领域做了大量高水平的研究工作,在宝钢、首钢、鞍钢等大型骨干企业都有突出的业绩,与韩国 POSCO,日本三菱等国际著名企业建立了合作关系,在国内外同行业中有重要影响。

塑性加工理论与智能轧制技术学术梯队 由实验室学术带头人刘相华教授引领。刘相华教授在刚塑性有限元基本理论及其在轧制中的应用方面取得了创造性成果,证明了刚塑性可压缩材料的变分原理,解决了奇异点处理、速度场与温度场耦合、FEM 软件程序开发等一系列难题。在智能化轧制技术、轧制过程的模拟与优化、热轧钢材组织性能预报与控制、新一代钢铁材料开发、连轧机组数学模型开发工具等方面均有建树。重视理论联系实际,是本学术梯队的特色,他们在利用现代塑性加工理论对轧制过程进行模拟与优化做出了突出的成果。

型材轧制理论与工艺技术学术梯队 由实验室学术带头人吴迪教授率领。吴迪教授擅长孔型设计、计算机模拟与仿真、辅助孔型设计等方面。曾从事 H 型钢轧制理论与工艺;高速铁路用重轨轧制研究;钢铁材料连铸-热轧过程组织性能预报;智能化信息处理系统的建立与应用研究;镀锡板退火及平整轧制工艺研究。

近终形成过程学术梯队 由实验室学术带头人邸洪双教授领导。邸洪双教授为解决双辊铸轧薄带钢工艺过程的稳定性、提高产品的质量,提出了复合电磁侧封的新构想,设计了两种结构的电磁侧封装置,并进行了有限元数值模拟研究和低熔点合金的实验研究。所开发的双辊铸轧高速钢薄带新工艺达到世界领先水平。

轧制过程自动化学术梯队 由实验室学术带头人张殿华教授引领。在冷连轧机、热连轧机以及中厚板轧机的计算机控制领域完成了多项重大科研项目,其中包括:东北大学国家重点实验室三机架冷连轧机分布式计算机控制系统、首钢中厚板轧机 AGC 计算机控制系统、新余钢铁公司热连轧计算机控制系统等。其中“首钢中厚板轧机液压 AGC 计算机控制系统”获冶金部科技进步二等奖和北京市科学技术进步二等奖。

4 交流与合作

自 2003 年起,实验室连续主办 4 届“先进结构钢及轧制新技术国际研讨会”,主办全国性学术会议 2 次(2006 年全国塑性加工理论与新技术学术会议和 2007 年全国塑性加工理论与新技术)、地区性学术会议 1 次(第八届东北三省塑性成形新技术)。有 6 人次在国际会议上做特邀报告,20 人次作为国际会议主席或分会场主席。

实验室近年来与日本首都大学(东京)、德国阿亨大学、澳大利亚伍伦贡大学、墨尔本大学、莫纳什大学等建立了学术交流关系。通过参观、访问、讲学,在国内外影响逐渐扩大,国际著名学者和同行来访逐年增多。

国内合作 实验室与钢铁研究总院、中科院金属研究所、北京科技大学、西北工业大学、燕山大学、辽宁科技大学等单位开展了实质性的科研合作,共同承担了 973 计划、863 计划、国家自然科学基金重大和重点项目、国家支撑计划等项目。与钢铁研究总院、北京科技大学等单位共同承担的 973 计划“新一代钢铁材料的重大基础研究”取得了标志性的成果,其中“低碳铁素体/珠光体钢的超细晶强韧化与控制技术”2004 年获得国家科技进步一等奖。同时,实验室还与有关企业共同组建联合研究室。联合承担企业的科研项目和技术改造项目,联合承担国家、地方和行业的重大、重点开发研究项目,为企业提供技术咨询、技术论证和技术信息,为实验室提供校外实验和实践基地,为企业进行技术培训和人才培养,通过项目合作为实验室发展提供资金支持。目前已经建成的联合研究室有上海宝山钢铁(集团)公司热轧板带联合研究室、鞍山钢铁公司轧制新技术研究中心等 9 家。

国际合作 在广泛开展国际学术交流的基础上,与韩国 POSCO 公司、美国奎克公司、日本住友金属公司、澳大利亚伍伦贡大学、日本首都大学(东京)等进行了实质性国际科研合作,建设长期战略合作伙伴关系。

5 访问学者制度

RAL 实行“开放、流动、联合、竞争”的运行机制,通过设立开放课题、建立访问学者制度、与国内外知名公司及研究单位成立联合研究室,从生产实践中发现问题,上升到理论高度开展研究,促进研究成果尽快转化为生产力。

在实验室访问学者基金的资助下,实验室在高层次创新人才凝聚和培养、高水平学术论文以及实验室科研环境改善等方面均取得了突出的成果。极大地推动了学科交叉、促进了学科发展。开辟了新的研究领域,进一步密切了与国外已有的合作关系。