

# 提名河北省科学技术进步奖项目公示

一、项目名称：多复合坯轧制高品质难焊接大单重特厚钢板关键技术开发与应用

二、提名单位：河北省金属学会

三、申报奖种：科技进步奖

四、奖励等级志愿：仅一等 二等及以上 三等及以上。

五、项目简介（不超 1200 字）：

所属科学技术领域：金属材料

主要技术内容及创新点：

**主要技术内容：**根据大型设备制造业的发展和市场需求，高强度、高等级、高技术含量和高附加值的特厚板逐渐成为宽厚板企业的主打产品，而特厚板的低成本、高品质、环境友好型的制备技术也越来越被企业所推崇。目前单重超 40 吨、厚度超 200mm 的高品质、大单重、特厚板的市场前景广阔。唐山文丰特钢公司与东北大学合作建成国内最大真空焊接室复合坯生产线，采用氮气保护焊前预热+真空加热恒温焊接制坯、差温加热和差温轧制等多项技术。实现两坯复合、三坯复合和四坯复合，生产出国内最大单重的复合钢板，进一步满足国内大型设备制造业的发展和市场需求。

**创新点：**

1、开发了复合坯表面高速刨铣、氮气保护炉焊前预热、真空焊接室内红外补热、双电子枪的水平真空电子束焊接、焊后缓冷及堆垛缓冷工艺，解决了最大坯料厚度超过 1000mm 的 45 钢和 Cr-Mo 模具钢等复合坯的可靠封装问题。

2、研发了阶梯加热工艺，解决了升温过程中产生的复合坯温度和应力不均问题。

3、开发了差温轧制和阶梯轧制工艺，保证心部（复合层）变形渗透，改善复合效果，使轧制压力充分渗透到轧件心部，促使轧件心部（复合层）充分变形。

4、研发了四坯复合（两坯复合+两坯复合）技术，在国内首次生产出大单重高强度特厚钢板（厚度 320mm，宽度 3800mm，单重 71.5 吨）。

**技术经济指标：**

1、45#特厚复合钢板最大厚度 460mm，探伤 GBT 2970 国标一级，厚度方向断面收缩率 21~37%，抗层状撕裂性能达到 Z15 以上。

2、 P20 塑料模具钢特厚复合最大厚度 350mm，探伤 GBT 2970 国标一级，整板复合粘结率达 100%，钢板厚度方向硬度值达到 HRC28~32。

3、 超高强度大单重特厚钢板 Q460D,钢板厚度达到 120mm,宽度 3800mm,长度超过 15000mm，探伤符合国标一级，满足用户对超高强度、大单重、超宽超长特厚钢板高内部质量的特殊要求，理化性能到国际先进水平。

4、 采用四复合生产的高强度 S355J2+N 大单重特厚钢板，最大厚度 320mm、最大宽度 3850mm 、最大单重 71.5 吨。钢板机械性能满足标准要求，其中厚度方向抗层状撕裂性能达到 Z35 以上，钢板探伤结果达到欧洲标准 EN10060 S3 E2 水平。

#### **应用情况及应用效果，经济及社会效益情况：**

该复合坯生产线 2019 年到 2021 年连续三年生产复合钢板 5.54 万吨，钢种包括 Q355D、Q460D、P20 和 42CrMo 等 11 个品种。实现销售收入 3.16 亿元，创效 6260 万元；采用复合坯生产较钢锭轧制成材率提高 12.5%，实现创效 2630 万元，累计实现创效 8890 万元。普通碳素结构钢特厚复合钢板主要用于制造大型钢结构、大型工程底座、框架等；低合金高强度结构钢特厚复合钢板主要用于制造大型工程结构用低合金高强度大单重特厚钢板，如大型牌坊、海洋工程；优质碳素结构钢和铬钼合金模具钢特厚复合钢板主要是制造于制造大型模架，大型高精度模具，以及大型透平机叶轮、压缩机活塞、轴、齿轮、蜗杆等。

### **六、主要完成单位及创新推广贡献：**

**1、唐山文丰特钢有限公司：**负责项目的组织实施、研发及调试，为项目提供人力资源配备，技术开发实验设施以及工作人员的场所等。对本项目的贡献主要为：**1）**采用氮气保护炉进行复合坯的焊前预热、真空焊接室内红外补热、双电子枪的水平真空电子束焊接封装，完成 45#和 Cr-Mo 合金模具钢等难焊接复合坯的可靠封装；**2）**通过差温加热技术解决快速升温产生的复合坯焊缝应力过大问题以及复合坯心部温度低问题，保证升温过程焊缝区不开裂和提复合坯心部透烧；**3）**采取差温轧制技术，轧制过程利用差温冷却系统形成轧件心部和表面温差，采用低速大压下进行轧制，使轧制压力充分渗透到轧件心部，促使轧件心部复合层充分变形，提高复合效果；**4）**采用多次复合（两坯复合+两坯复合）生产大单重特厚钢板，解决了四块板坯直接焊合原始厚度大、轧件心部变形渗透差等技术难题。。

**2、东北大学：**利用轧制技术及连轧自动化国家重点实验室的科学研究资源，为项目开展提供坚实的设备和良好的试验场地。对本项目的贡献主要为：**1）**提出了真空轧

制复合技术的工艺原理以及界面愈合机理等基础理论； 2) 开发出了具备焊前预热、焊中保温以及焊后缓冷的真空电子束焊制坯核心装备及工艺技术,解决了高碳当量的难焊接特厚复合板封装难题； 3) 开发出了坯料高速表面铣削、快速精准组坯等关键装备及技术,为高效地获得高性能复合界面提供了保障； 4) 提出开发多坯、大单重特厚复合钢板的现场工艺技术路线,为现场开发出高性能复合板产品提供了强有力的技术支持。

### 七、主要知识产权和标准规范等目录：（总数不超 10 项）

序号	知识产权（标准）类别	知识产权（标准）具体名称	国家（地区）	授权号（标准编号）	授权（标准发布）日期	证书编号（标准批准发布部门）	权利人（标准起草单位）	发明人（标准起草人）	发明专利（标准）有效状态	是否包含河北省完成单位/完成人
1	发明专利	一种多复合板坯生产大单重特厚钢板的工艺	中国	ZL201710703642.1	2020-03-31	3737170	唐山文丰特钢有限公司	肖金刚、李建立、刘作东、于健	有效	是
2	发明专利	用于制备高碳当量特厚钢板的真空焊接装置及其制备方法	中国	ZL201810142150.4	2020-11-11	4097100	东北大学	骆宗安, 谢广明	有效	否
2	实用新型专利	一种特厚复合板焊接装置	中国	ZL201921660636.3	2020-08-07	11173526	唐山文丰特钢有限公司	肖金刚	有效	是
3	实用新型专利	一种钢坯真空焊接用复合面打磨装置	中国	ZL202020840847.1	2021-04-20	13005607	唐山文丰特钢有限公司	刘建星、郭早勤	有效	是
4	实用新型专利	一种钢坯真空焊接用预热装置	中国	ZL202020865047.5	2021-03-16	12706846	唐山文丰特钢有限公司	郭早勤、刘建星	有效	是



## 八、主要完成人情况：

姓名	排名	技术职称	工作单位	完成单位	对该项目技术创新贡献	曾获科学技术奖励情况
邬早勤	1	高级工程师	河北文丰特钢有限公司	河北文丰特钢有限公司	作为课题负责人，全面主持该课题，总体部署，确定总体研究方向、技术路线和工作方法。结合多年宽厚板的轧制经验，制定并优化了高碳、高合金难焊接复合坯的加热工艺、轧制工艺、缓冷工艺，为高碳、高合金难焊接复合坯的开发奠定了坚实基础，对本项目的第2个及第3个创新点做出了突出贡献。	
谢广明	2	教授	东北大学	东北大学	提出了难焊接特厚板的真空电子束焊核心制坯工艺及后续轧制工艺，为多坯、大单重复合板开发提供工艺技术指导，对创新点 1, 2,4 做出重要贡献。	
李建立	3	高级工程师	河北文丰特钢有限公司	河北文丰特钢有限公司	负责制定工艺方案、工艺技术推广应用，以及工艺技术管理。组织制定并优化了高碳、高合金难焊接复合坯的加热工艺、轧制工艺、缓冷工艺，为高碳、高合金难焊接复合坯的开发奠定了坚实基础。对创新点 2, 3, 4 做出重要贡献。	河北冶金（钢铁）科学技术三等奖，河北冶金科学技术二等奖。
骆宗安	4	教授	东北大学	东北大学	提出了真空轧制复合理论并设计了制备装备以及进行安装调试，提供核心专利及相关科研成果，对创新点 1 和 2 做出重要贡献。	热力模拟实验技术与装备-MMS 系列热力模拟实验机的研制与开发：冶金科技进步二等奖
肖金刚	5	高级工程师	河北文丰特钢有限公司	河北文丰特钢有限公司	负责工艺技术推广应用，组织工艺试验，发明专利。总体负责采用多复合坯生产低合金高强度大单重特厚钢板的工艺研究，对创新点2、3、4 做出重要贡献。	河南省平顶山市技术成果一等奖、省技术成果三等奖、市五一劳动奖章。
苏海龙	6	高级实验师	东北大学	东北大学	负责全线的自动化设备安装及调试，对创新点 1 做出重要贡献。	

于健	7	工程师	河北文丰特钢有限公司	河北文丰特钢有限公司	负责产品研发和试制生产管理,参与本项目的研发、生产过程控制。对创新点2、3、4 做出重要贡献。	
冯莹莹	8	副研究员	东北大学	东北大学	参与自动化调试工作,参与焊接过程中的红外补热设计工作,对创新点 1 做出贡献。	
牛军强	9	高级工程师	河北文丰特钢有限公司	河北文丰特钢有限公司	参与本项目的研发、生产。。对创新点2、3、4 做出重要贡献。	
刘建星	10	工程师	河北文丰特钢有限公司	河北文丰特钢有限公司	参与本项目的研发、生产。。对创新点2、3、4 做出重要贡献。	

## 九、完成人合作关系说明及完成人合作关系情况汇总表:

### 完成人合作关系说明

“多复合坯轧制高品质难焊接大单重特厚钢板关键技术开发与应用”项目是由第一完成人邬早勤全面负责、主持完成；东北大学谢广明、骆宗安、苏海龙提供理论支持和技术指导；唐山文丰特钢有限公司李建立、肖金刚、于健和牛军强等负责组织新工艺技术的应用和研究改进。通过合作开发，获得授权专利 12 件，其中发明专利 2 件，具有自主知识产权，拓展了国内用复合坯生产大单重钢板的市场空间。具体合作如下：

#### 1. 专利及论文合作完成说明

2016 年 1 月-2011 年 7 月，肖金刚、李建立、于健等人合作对多复合板坯生产大单重特厚钢板的工艺进行研究，合作申请并授权发明专利 1 项“一种多复合板坯生产大单重特厚钢板的工艺”。

2017 年 1 月-2020 年 11 月，骆宗安，谢广明等人合作对高碳当量特厚钢板的真空焊接方法进行研究，合作申请并授权发明专利 1 项“用于制备高碳当量特厚钢板的真空焊接装置及其制备方法”。

2018 年 5 月~2020 年 3 月，邬早勤、于 健等人合作对特厚钢板差温轧制工艺进行研究，并合作发表论文“特厚钢板差温轧制工艺的研究与应用”在《宽厚板》2020 年第 26 卷第 3 期发表。

2019 年 3 月~2021 年 5 月，邬早勤、于 健、 谢广明、骆宗安等人合作对大厚度 P20 高合金模具钢复合轧制工艺进行研究，并合作发表论文“大厚度 P20 高合金模具钢复合轧制工艺开发与研究”在《宽厚板》2021 年第 27 卷第 6 期发表。

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	证明材料	备注
1	合作专利	骆宗安, 谢广明等	2017.01-2020.11	用于制备高碳当量特厚钢板的真空焊接装置及其制备方法	ZL201810142150.4	东北大学
2	合作专利	肖金刚、李建立、于健等	2016.01-2011.7	一种多复合板坯生产大单重特厚钢板的工艺	ZL201710703642.1	唐山文丰特钢有限公司
3	合作论文	邬早勤、于健等	2018.5~2020.3	特厚钢板差温轧制工艺的研究与应用	《宽厚板》2020年第26卷第3期27页	唐山文丰特钢有限公司, 东北大学
4	合作论文	邬早勤、于健、谢广明、骆宗安、等	2019.3~2021.5	大厚度 P20 高合金模具钢复合轧制工艺开发与研究	《宽厚板》2021年第27卷第6期	唐山文丰特钢有限公司, 东北大学
5	成果评价报告	邬早勤、谢广明、李建立、骆宗安、肖金刚、苏海龙、于健、冯莹莹、牛军强、刘建星、	2016.2~2021.12	多复合坯轧制高品质难焊接大单重特厚钢板关键技术开发与应用	冀金(评价)字【2022】第002	河北省金属学会
6	共同立项	邬早勤、谢广明、李建立、骆宗安、肖金刚、苏海龙、于健、冯莹莹、牛军强、刘建星、	2016.5~2017.8	东北大学轧制技术及连轧自动化国家重点实验室	联合共建文丰-东北大学 RAL 先进钢铁轧制技术实验基地协议书	唐山文丰特钢有限公司, 东北大学