

ISSN 1003-8620  
CN 42-1243/TF  
CODEN TESHEE

# 特殊钢®

*Special Steel*

# 1

2024  
Vol.45



特殊钢

第四十五卷

第一期

二〇二四年



中信泰富特钢集团股份有限公司 主管  
大冶特殊钢有限公司 主办

1980年创刊  
公开发行(双月刊)  
2024年1月30日出版  
第45卷第1期(总255期)

# 特殊钢

TESHU GANG  
冶金工艺和技术

中国冶金类优秀期刊  
湖北省优秀期刊  
中国CAJCED统计源期刊  
中国CJFD全文收录期刊  
波兰ICI收录期刊  
美国乌利希收录期刊

## 《特殊钢》杂志编委会

### 名誉主任委员:

殷瑞钰 杨树森 田志凌

### 主任委员:

刘正东 钱刚

### 副主任委员:

谢文新 蒋乔 梁剑雄 陈思联  
董瀚 刘建军

### 编委(按姓氏笔画排序):

丁华 王东 王郢 王磊英  
王海川 白云 龙杰 冯小明  
艾新港 包汉生 许晓红 孙宇  
孙久红 刘奎 刘勇 刘静  
刘光辉 刘剑恒 陈列 苏诚  
李强 李光强 李京社 李殿中  
汪凌松 张玉春 张立峰 张轩平  
张国忠 张艳龙 张福成 周立新  
赵雷 赵发忠 柳东明 姜周华  
姚家华 姚依群 袁本明 袁本雄  
高国华 郭爱民 黄震 黄镇  
惠荣 翟启杰 冀鸽

### 特邀编委:

王建英 林慧国 汪学瑶 蔡燮璜  
杨志勇

## 《特殊钢》杂志社

社长:周立新

主编:冀鸽

主任:陈颖

副主任:聂爱诚 闵金刚 余熙文

## 目次

### · 综述 ·

中间包等离子体加热技术研究进展及应用

……李京社,王存,陈永峰,杨树峰,刘威,白云,黄成永,孙焯(1)

### · 产品研发 ·

镍基高温合金U720Li在750℃不同氧化阶段的恒温氧化行为

……秦墨周,赵广迪,武金江,赵媛媛,王国安(12)

N含量对S32750双相不锈钢中二次奥氏体析出行为的影响

……吴晓涵,宋志刚,何建国,丰涵,郑文杰,朱玉亮(18)

8.8级非调紧固件用10B21盘条研究与开发……孔祥伟,白云,张剑锋(23)

超低温压力容器用9Ni钢的冶炼生产实践

……张天舒,黄治成,迟云广,杨建(27)

### · 冶炼与凝固 ·

IN718镍基高温合金熔体脱氮和TiN析出热力学研究

……罗小雨,郭靖,郭汉杰,李泽友(33)

基于多元线性回归的转炉石灰加入量计算模型

……陈君,苏春阳,姜亚清(42)

含钛焊丝钢水口结瘤原因分析及改进

……周健,李强,赵家七,张康晖(48)

不同钢包底吹氩模式对钢液精炼效果的影响

……杨风国,王晓英,周明星,郑冰,徐东(54)

中间包涂料对GCr15轴承钢洁净度的影响

……姜亚清,陈君,黄成钢,李博,李倩,江焱锋(61)

管线钢X65连铸过程絮流原因分析

……张新文,俞杰,轩康乐,印卫,施嘉凯,陈凯(65)

经济性Q355钢转炉冶炼实践

……黄高见,韦泽洪,宋欢,战东平,耿彬,杨永坤(70)

### · 形变与相变 ·

时效对超级双相不锈钢析出相演变的影响

……骆仁智,胡文豪,王福明,涂江平,陶应啟,沈伟(77)

20CrMnTiH连续冷却相变预测模型

……杨婷,段路昭,刘需,白丽娟,张云飞,孙力(82)

高温均匀化对GH4710镍基合金组织及性能的影响

……高首磊,徐晓卫,张宏,王立(87)

锅炉扁钢用免退火12Cr1MoV盘条控轧控冷工艺优化

……朱帅,李阳,王广顺,马春雨,陈猛,曹长法(94)

### · 应用与服役 ·

谐波减速器服役过程中柔轮断裂失效原因分析与工艺改进

……穆晓彪,张永奇,高明艳,杨国强,张朝磊(98)

Nb微合金化对Cr-Co-Ni-Mo系超高强度不锈钢腐蚀疲劳性能的影响

……田帅,张雪凌,刘振宝,王晓辉,王长军,孙永庆,杨志勇,齐越(103)

S含量对18CrNiMo7-6齿轮钢中夹杂物和疲劳性能的影响

……尉文超,谢地荣,时捷,王毛球(111)

▶ 国内邮发代号:38-183,国外发行代号:4502BM,广告许可证号:4202024000006,国内定价:40.00元(全年240.00元) ◀

主 管:中信泰富特钢集团股份  
有限公司

地 址:湖北省黄石市黄石大道316号  
大冶特殊钢有限公司

印 刷:黄石市精信彩印科技有限公司  
国内订阅:全国各地邮局

主 办:大冶特殊钢有限公司

电 话:(0714)6297386 (0510)80673212

国外发行:中国国际图书贸易集团有限公司

编辑出版:《特殊钢》编辑部

网 址:http://www.specialsteeljournal.com

北京市399信箱

邮政编码:435001

E-mail: tsghs@sina.com

刊 号:ISSN 1003-8620  
CN 42-1243/TF CODEN TESHEE

声明:本刊所载论文的版权归《特殊钢》杂志社所有,作者著作权使用费与本刊稿酬一并支付。

CN42-1243/TF \* 1980 \* B \* A4 \* 116 \* ZH \* P \* ¥40.00 \* 1300 \* 19 \* 2024-01

## CONTENTS

### • Overview •

Research and Application Progress of Plasma Heating Technology for Continuous Casting Tundish  
.....Li Jingshe, Wang Cun, Chen Yongfeng, Yang Shufeng, Liu Wei, Bai Yun, Huang Chengyong, Sun Ye (1)

### • Product Research and Development •

Isothermal Oxidation Behavior of Nickel-based Superalloy U720Li in Different Oxidation Stages at 750 °C  
.....Qin Mozhou, Zhao Guangdi, Wu Jinjiang, Zhao Yuanyuan, Wang Guoan (12)

Effect of N Content on Precipitation Behavior of Secondary Austenite in S32750 Duplex Stainless Steel  
.....Wu Xiaohan, Song Zhigang, He Jianguo, Feng Han, Zheng Wenjie, Zhu Yuliang (18)

Research and Development of 10B21 Wire Rod for 8.8 Grade Non-quenched and Tempered Fasteners  
.....Kong Xiangwei, Bai Yun, Zhang Jianfeng (23)

Steelmaking Production Practice of 9Ni Steel for Ultra-lowTemperature Pressure Vessel  
.....Zhang Tianshu, Huang Zhicheng, Chi Yunguang, Yang Jian (27)

### • Smelting and Solidification •

Thermodynamic Study on Denitrification and TiN Precipitation in IN718 Nickel Base Superalloy Melt  
.....Luo Xiaoyu, Guo Jing, Guo HanJie, Li Zeyou (33)

Calculation Model of Converter Lime Addition Based on Multiple Linear Regression  
.....Chen Jun, Su Chunyang, Jiang Yaqing (42)

Analysis and Improvement of Nozzle Clogging of Ti-bearing Welding Wire Steel  
.....Zhou Jian, Li Qiang, Zhao Jiaqi, Zhang Kanghui (48)

Effect of Different Argon Blowing Modes on Refining Effect of Molten Steel  
.....Yang Fengguo, Wang Xiaoying, Zhou Mingxing, Zheng Bing, Xu Dong (54)

Effect of Tundish Coating on Cleanliness of GCr15 Bearing Steel  
.....Jiang Yaqing, Chen Jun, Huang Chenggang, Li Bo, Li Qian, Jiang Yanfeng (61)

Analysis of the Causes of Flocculent Flow in the Continuous Casting Process of Pipeline Steel X65  
.....Zhang Xinwen, Yu Jie, Xuan Kangle, Yin Wei, Shi Jiakai, Chen Kai (65)

Practice of Economical Smelting of Q355 Steel in Converter  
.....Huang Gaojian, Wei Zehong, Song Huan, Zhan Dongping, Geng Bin, Yang Yongkun (70)

### • Forming and Phase Transition •

Effect of Aging treatment on the Evolution of Precipitates in Super Duplex Stainless Steel  
.....Luo Renzhi, Hu Wenhao, Wang Fuming, Tu Jiangping, Tao Yingqi, Shen Wei (77)

Continuous Cooling Phase Transformation Prediction Model of 20CrMnTiH  
.....Yang Ting, Duan Luzhao, Liu Xu, Bai Lijuan, Zhang Yunfei, Sun Li (82)

Effect of High Temperature Homogenization on Microstructure and Properties of GH4710 Nickel Base Alloy  
.....Gao Shoulei, Xu Xiaowei, Zhang Hong, Wang Li (87)

Controlled Rolling and Cooling Process Optimization of Non-annealed 12Cr1MoV Wire Rod Products for Boiler Flat Steel  
.....Zhu Shuai, Li Yang, Wang Guangshun, Ma Chunyu, Chen Meng, Cao Changfa (94)

### • Application and Service •

Fracture Analysis of Toughness Fracture Failure on Flexspline of Harmonic Reducers During the Service  
.....Mu Xiaobiao, Zhang Yongqi, Gao Minyan, Yang Guoqiang, Zhang Chaolei (98)

Effect of Niobium Alloying on the Corrosion Fatigue Properties of the Cr-Co-Ni-Mo Series of Ultra-high Strength Stainless Steels  
.....Tian Shuai, Zhang Xueling, Liu Zhenbao, Wang Xiaohui, Wang Changjun, Sun Yongqing, Yang Zhiyong, Qi Yue (103)

Influence of Sulfur Content on Inclusion and Fatigue Properties of 18CrNiMo7-6 Gear Steels  
.....Yu Wenchao, Xie Dirong, Shi Jie, Wang Maoqiu (111)



# 东北大学特殊钢冶金研究所 特种冶金成套装备与工艺技术

东北大学特殊钢冶金研究所主要从事高品质特殊钢和特种合金的装备、工艺和产品的研究。负责人姜周华教授是国际电渣炉标准制定者、首位获“IEC1906”国际标准大奖的中国专家。

目前，依托特殊钢先进冶金工艺与装备教育部工程研究中心，得到了快速的发展，在学科建设、人才培养、教学科研、产业化和科研平台建设（沈抚示范区东大工业技术研究院）等方面取得了丰硕的成果。近年来，为宝武特冶、中钢邢机、河钢舞阳、兴澄特钢、大冶特钢和通裕重工等100多家大型企业研发了300多台套电渣重熔炉、真空感应炉和多功能精炼炉等特种冶金装备。



## 高品质特殊钢绿色高效电渣重熔新技术 荣获国家科技进步一等奖

### 电渣装备研发

(0.1-300吨)

- 恒熔速气保电渣炉
- 半连续抽锭式电渣炉
- 双极串联电渣炉
- 三相电渣炉
- 空心管坯电渣炉
- 大型板坯电渣炉
- 真空/加压电渣炉
- 结晶器导电电渣炉



Φ1100×6000mm  
半连续抽锭式电渣炉



国内首套自主研发  
多功能加压电渣炉



世界最大断面  
50吨大型板坯电渣炉



国内首套自主研发  
全密闭气保恒熔速电渣炉

### 实验/中试炼钢装备研发

- 多功能电渣炉（气保/真空/加压/导电-定向凝固）；多功能真空感应炉；多功能中试炼钢炉；实验室直流LF精炼炉

### 电渣重熔预熔渣产品

- 稳定：可靠的炉渣成分和重现性
- 节能：起弧化渣容易，时间短
- 简化：取消或简化渣料烘烤工序
- 干燥：水分含量极低，减少增氢
- 环保：颗粒状渣料，低氯渣



### 特殊冶金工艺与技术服务

- 新一代电渣重熔装备与智能控制技术
- 传统电渣装备改造升级与智能控制技术
- 特殊钢新产品开发与技术服务（高温合金、耐蚀合金、精密合金、工模具钢、轴承钢、超级不锈钢等）
- 炼钢中试成套生产线的规划、设计与研制
- 钢的二次精炼和夹杂物控制技术

地址：辽宁省沈阳市和平区，东北大学钢铁楼，东北大学科技产业大厦 微信平台：特殊钢冶金研究所

负责人：姜周华 教授 联系人：董君伟 neuemta@163.com 13604181581



通讯地址：湖北省黄石市黄石大道316号大冶特殊钢有限公司《特殊钢》杂志社  
 邮政编码：435001 联系电话：0714-6297386 0510-80673212  
 电子邮箱：tsghs@sina.com  
 网址：http://www.specialsteeljournal.com

ISSN 1003-8620



9 771003 862230

02 >