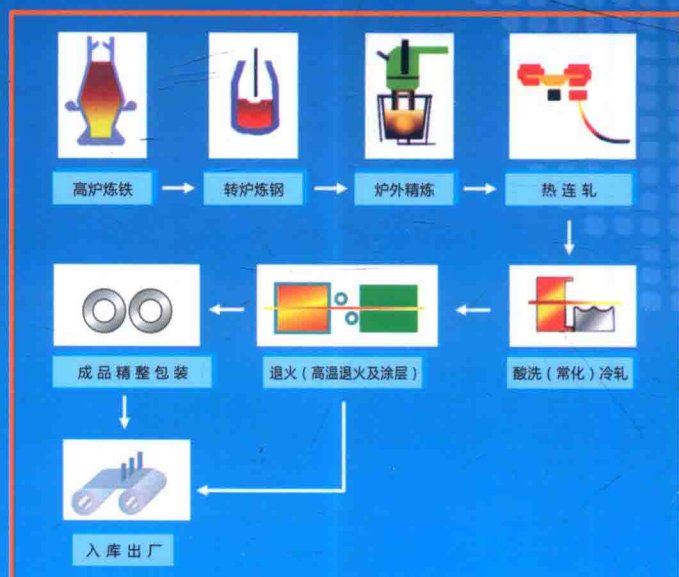


2015

ESCSM 第十三届中国电工钢学术年会

论文集

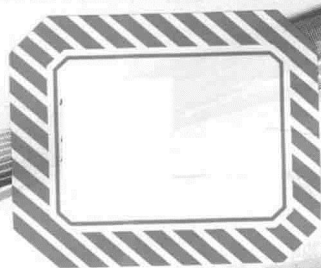
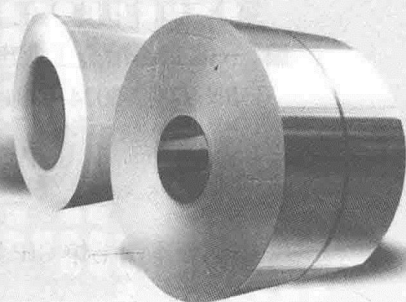
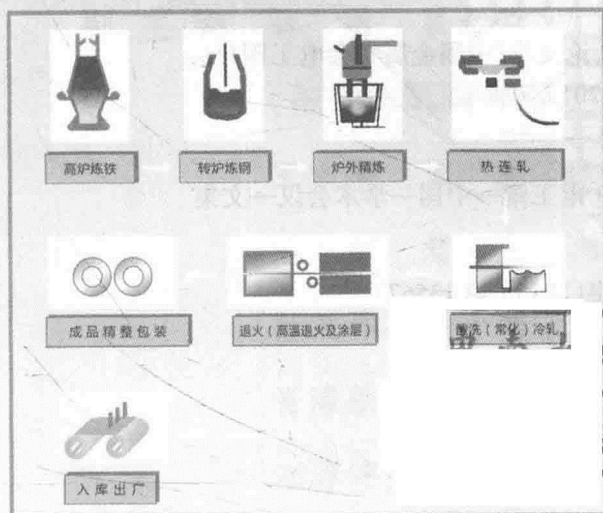
中国金属学会电工钢分会 编



2015

ESCSM 第十三届中国电工钢学术年会
论文集

中国金属学会电工钢分会 编



北京
冶金工业出版社
2015

内 容 提 要

《第十三届中国电工钢学术年会论文集》共录用论文 50 篇,其内容包括取向电工钢生产技术、无取向电工钢生产技术、综述与设备、检测与应用四个部分。

本届年会论文反映了近三年来我国电工钢生产与技术进步的情况以及发展中存在的不足。本论文集可供从事电工钢生产、研究、教育、设计、营销和管理等人员学习参考。

本届年会由中国金属学会电工钢分会主办,山东以利奥林电力科技有限公司协办。

图书在版编目(CIP)数据

第十三届中国电工钢学术年会论文集/中国金属学会电工钢分会编. —北京:冶金工业出版社, 2015. 7

ISBN 978-7-5024-6981-8

I. ①第… II. ①中… III. ①电工钢—中国—学术会议—文集
IV. ①TM275-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015) 第 135673 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcbbs@cnmp.com.cn

责任编辑 李培禄 于昕蕾 美术编辑 吕欣童 版式设计 孙跃红

责任校对 王永欣 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-6981-8

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷

2015 年 7 月第 1 版, 2015 年 7 月第 1 次印刷

210mm×297mm; 18.25 印张; 4 彩页; 603 千字; 282 页

180.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)



首钢股份公司迁安钢铁公司
SHOUGANG QIAN'AN IRON & STEEL COMPANY



节能环保为首 精细苛求做钢

Every coil of electrical steel is made meticulously just for making our living better

【公司简介】

首钢股份公司迁安钢铁公司是首钢实施搬迁调整率先启动建成的大型钢铁基地，是首钢由传统长材向高端板材转型的管理和技术引擎，作为京津冀一体化协同的先行者、实践者，迁钢公司历经十年发展，实现了从200万吨到450万吨再到800万吨的跨越，实现了从单一方坯产品到热轧板卷并拥有高端冷轧电工钢的跨越，实现了从默默无闻到崭露头角和具有较强品牌影响力的跨越，成为备受国内外同行、市场客户尊重和信赖的钢铁企业。

电工钢是首钢三大战略产品之一，产品引进目前世界最先进的生产装备和工艺技术，2014年产销量突破120万吨，跻身国内前三。首钢电工钢作为后来者，从投入市场至今不到5年时间，在广大客户的支持下，产品研发及产品质量取得很大的突破，客户群体不断扩大，成为天威保变、特变电工、西变、格力、美的、西门子、艾默生等300余家企业的重要供应商，得到众多客户的高度认可，产品磁性能、尺寸精度、涂层质量等居于国内领先水平。

首钢电工钢始终秉承“以人为本、客户至上”的理念，不断提升全流程质量控制水平，引入一体化质量管理等多种先进方法，搭建产销研一体化管理平台，以市场为导向，以客户为驱动，着力建设全国电工钢示范工厂。

【用户服务】

为用户提供优质便捷的服务是首钢电工钢一贯的宗旨，我们的技术人员通过贴身服务了解客户的产品需求，开发更有竞争力的产品；我们的客户代表致力于为客户提供高效、便捷的售前、售中及售后服务。





【取向硅钢产品】

取向硅钢产品质量瞄准世界企业水平，产品定位于高磁感取向硅钢，目前已具备0.15~0.35mm规格产品（含激光刻痕）的生产能力。



■ **高磁感取向硅钢** 高磁感取向硅钢以其优异的电磁性能而著称，可用于叠铁芯与卷铁芯变压器制造，用它制作的变压器产品具有空载损耗低、噪声小、变压器设计灵活等特点，广泛应用于各种大、中型变压器与节能型变压器的制造。



■ **细化磁畴取向硅钢** 以高磁感取向硅钢为原料，表面采用激光刻痕技术用以细化磁畴，其铁损性能更加优异，在保持磁感基本不变的前提下可比刻痕前铁损低一个牌号。它可应用于各种大、中型变压器、节能型变压器及电抗器的制造。

【无取向硅钢产品】

无取向硅钢经过产品研发和市场开拓，目前形成四大系列的产品体系。



■ **通用产品** 具有高磁感等特征，主要应用于家电、EI行业和中小电机，产品适用范围广，用途多，能够满足高速冲床冲压的特点，加工效率高。



■ **高效产品** 高效产品具有低铁损、高磁感等特征，广泛使用于冰箱压缩机、高效电机等领域。



■ **消除应力退火产品** 针对用于铁芯做700℃以上退火工艺的用户开发的退火后具有铁损低特点的产品，为用户节约了成本，提高了产品效率。



■ **中频薄带产品** 为满足用户个性化和一些特殊用途等领域的使用要求，厚度规格最薄可做到0.2mm，最厚可做到1mm。同时具备高频下低铁损产品的开发生产能力。



山东以利奥林电力科技有限公司
打造专业的变压器配套产业跨国集团



变压器一站式服务

全国服务电话 **400-059-0699**
(Website): www.elolam.net E-mail: elec@elolam.com.cn

24h 服务热线 **0538-8932689**
0538-6611222



山东以利奥林电力科技有限公司
打造专业的变压器配套产业跨国集团



智者远见·赢天下——核心竞争力

取向电工钢被誉为钢铁中的“工艺品”，是电力工业发展中的重要原材料之一。硅钢生产工艺复杂，过程控制严谨，做好硅钢需经过长时间的技术积累与工艺不断的完善，目前我公司已初步具备生产硅钢的能力。我公司经过15年的精心打造，变压器综合配套产业已趋于完善，我们在稳固国内市场的基础上，放眼于国际市场，为未来发展带来广阔的市场空间。为此，我们愿与同行及客户建立战略合作，共谋发展，为中国的电力发展贡献力量。



节能环保 - 取向电工钢

北京大正恒通金属科技有限公司 Beijing Dazheng Hengtong Metallic Technology Co., Ltd.



北京大正恒通金属科技有限公司是一家以设计、研发、制造成套精密金属带材生产装备为主的高新技术企业。

公司拥有一支经验丰富、专业配套齐全的科技队伍。这支以教授级高级工程师苗德纯为首的设计研发团队曾先后设计制造国内第一台具有世界先进水平的30辊轧机（最小成品厚度为0.001mm）以及具有独创性的14辊轧机和结构先进合理的20辊轧机。先后荣获北京市科学技术一等奖和北京市科技进步三等奖等多项奖励。

现已研发投产的12辊、14辊及20辊轧机，其可轧制的金属材料品种和型号琳琅满目、种类繁多，包括有色金属及合金、精密合金、无取向硅钢、取向硅钢以及不锈钢等，其带材规格涵盖0.001~2mm×50~1300mm范围内的各种不同精度等级、不同金属性能的高端金属精密带材，广泛应用于机械、电子、通讯、汽车、航空、航天、军工等领域。另外，还配套研发了与轧制带材生产相适应的各类辅机，其中有带材连续光亮卧式退火机组、连续光亮立式退火机组、连续除油清洗机组以及平整机、拉弯矫直机组等精整设备。

近年来已有近70台套设备在国内外运转，其中有于2011年在苏州投产的可成卷轧制0.03~0.3mm×300~350mm极薄高精度冷轧取向硅钢的DZ-400型20辊轧机，由此开创了我国用国产装备冷轧生产高端（宽度大于300mm）极薄取向硅钢的先河，其轧机性能可与国外同类轧机相媲美。另外，可轧制0.2~2.0mm×700~1300mm带材的DZ-1450mm 20辊轧机已投入生产。

公司地址：北京市通州区经济开发区东区创益西二路9号

电 话：010-89562990

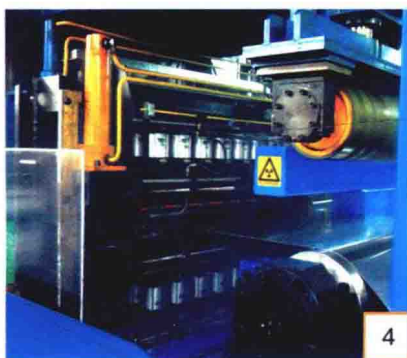
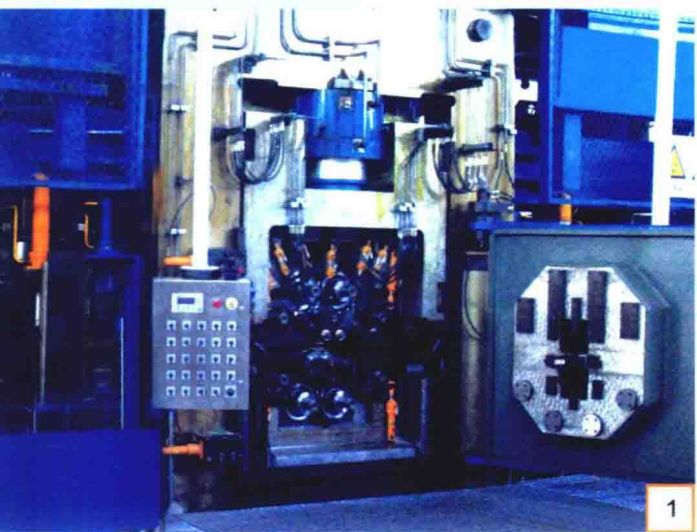
手 机：13901163723

公司网址：www.dzhtmetal.com

邮编：101106

传真：010-61518743

E-mail: dzht@dzhtmetal.com



北京大正恒通金属科技有限公司

Beijing Dazheng Hengtong Metallic Technology Co., Ltd.

图1: DZ-1450mm20辊轧机

图2: 生产运行中的DZ-1450mm20辊轧机

图3: DZ-1400型12辊轧机

图4: DZ-1450mm20辊轧机进出口段设备

图5: DZ系列20辊轧机、14辊轧机

图6: DZ-1450mm20辊轧机

图7: DZ系列立式连续光亮热处理机组

图8: DZ系列卧式连续光亮热处理机组



细纯 (CE-PURE®) 陶瓷

——为钢带连续热处理服务的技术



中硅细纯 (CE-PURE®) 辊道是陶瓷制品，应用于钢带连续热处理设备中，如硅钢带热处理线、镀锌炉和各类退火线等。由中硅所开发的这种艺术性产品代表着热处理钢带达到高质量要求的最终解决方案。

产品特点：

中硅辊道的特性使热处理钢带有更好的质量和最优的生产。

***钢带表面质量得到提高。**

使用中硅辊道防止氧化物粘附在钢带上。成品上的斑点和质量品质降低就会得到避免，从而减少您的运作成本。

***中硅辊道更容易安装**

细纯 (CE-PURE®) 陶瓷的线膨胀系数极低 ($0.6 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$)，使我们的辊道有很高的热震稳定性。这允许快速安装辊道而不必等到窑炉完全冷却。这种快速更换的结果是您的生产产量得到了提高。

***增加抵抗变形的能力**

热稳定性高的材料避免在长时间工作后辊道的任何变形。这就保证钢带在炉子中的传送正确定位。

***降低能耗**

当使用中硅的水冷辊道时，由于轴套的绝热性，可以降低冷却水的流速。耗能减少意味着辊道的投资回报增多。

***灵活性与钢带宽度**

钢带宽度的任何变更均不会有任何印记，因为在辊道表面没有任何磨损。

***减少驱动问题**

当使用中硅辊道时，轴承的温度明显降低。这意味着允许较少的润滑并避免驱动问题。

***维护减少**

中硅辊道最大优点之一是减少重新磨削和清理，因此可以节省可观的炉子辊道维护的成本。

结论：细纯 (CE-PURE®) 陶瓷辊能极大地推动中国有关行业的技术进步：

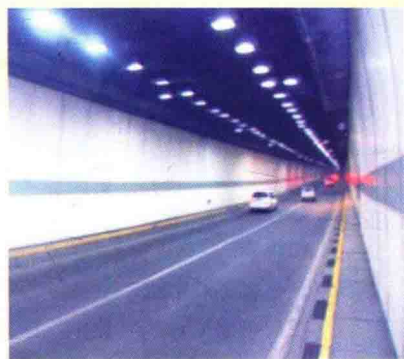
在金属带材（如硅钢、不锈钢和镀锌铁板）热处理炉中代替石墨辊和陶瓷涂层辊作为炉底辊使用，可有效地解决氧化和积瘤问题，使用寿命延长，而且可提高热处理温度以提高金属带材的档次和质量。

辊道规格参数：

细纯（CE-PURE®）陶瓷：	物理性质：	热特性：		
化学成分：SiO ₂ >99.6%	计算密度	1.9kg/dm ³	260℃	0.36 kcal h ⁻¹ m ⁻¹ °C
	表面孔积率	≥13.0%	540℃	0.51 kcal h ⁻¹ m ⁻¹ °C
结晶度：	线膨胀系数	0.6 x 10 ⁻⁶ / °C	815℃	0.64 kcal h ⁻¹ m ⁻¹ °C
白硅石/白石英 <2%	断裂模数	20N·mm ²	1090℃	0.88 kcal h ⁻¹ m ⁻¹ °C

四川朗尼照明科技有限公司

四川朗尼照明科技有限公司是国内以研发、生产和销售“第四代”新型光源、高频无极荧光灯、等离子投光灯等高科技产品为主的知名光源企业之一，已被四川省科学技术厅评定为高新技术企业。公司具有自主知识产权的著名品牌“宝石牌”已经在国内申请了七项专利，并通过3C、CE、UL、KE等国际认证。



工厂
公路
教室
隧道

第四代高频无极荧光灯

20世纪90年代以来，人类致力于“第四代”新型光源高频无极荧光灯的研发，由于其独特的发光原理，使其具有了高效节能、绿色环保、超长使用寿命、无频闪、显色性好等特点，并已逐渐在世界范围内形成了取代传统光源的趋势。与各类传统电光源相比，高频无极荧光灯的节电率高达40%~75%，目前已广泛应用于市政道路、隧道、工矿、商场、广场、学校、运动场馆、码头等场所，真正达到了节能环保的目的，是世界照明领域的一场革命。高频无极荧光灯是利用H型放电原理制成的新型光源，其结构由高频发生器、功率耦合线圈、无极荧光灯管三部分组成。高频发生器产生的高频能量通过功率耦合线圈耦合到灯管内的等离子体中，激发等离子体并通过荧光粉转换发光。

地址：成都市二环路北一段10号万科加州湾1-3-618

电话：13980909279（赵先生） 传真：028-87683330



Creates Wonders for Silicon World



图 1：济南银丰硅制品有限责任公司厂区图

济南银丰硅制品有限责任公司（济南银丰化工）创立于 1995 年，致力于硅溶胶、金属硅粉、金属硅与其他硅制品的研发、生产及销售。创立二十年来，济南银丰一直以“成为中国硅制品行业的领跑者，为世界硅行业发展提供优质原材料”为目标，并专注于以下四个关键性的优势：

- （1）从报价到生产的迅捷反应
- （2）高水准的用户支持
- （3）提供产品应用方案
- （4）提供产品增值服务

在过去的 20 年中，济南银丰一直生产并为国内外各行业客户供应优质硅溶胶。

在硅钢表面涂层行业中，硅溶胶作为绝缘涂料的配合材料，对降低硅钢叠片引起的涡流起着重要的作用。硅溶胶由于其本身具有的优异性质，能够提高产品的结合性、耐磨性及耐污染性。通过与众多硅钢表面涂层制造企业，以及和相关学术机构的互动沟通，济南银丰积累了大量的硅钢表面涂层专业知识，并掌握了硅溶胶在硅钢表面涂层中的应用知识。

济南银丰致力于为国内外客户提供高质量的硅溶胶产品和应用解决方案，成为国内外客户的可靠合作伙伴。

济南银丰硅制品有限责任公司

网址: <http://www.silicon-china.com>
地址: 山东济南化工产业园舜兴路中段
服务电话: 400-6017-122
总经理电话: 13905316580
国内销售部: 0531-85600541 85604298
E-mail: yfsilicon@126.com
国际销售部: 0531-62313502
E-mail: silicon@silicon-china.com

银丰硅钢涂层用硅溶胶参数

主要参数	JN-20II	JN-30L	SW-20
平均粒径 nm	6~8	10~20	10~20
w% 氧化硅	19~21	29~31	19~21
w% 氧化钠	0.6~0.7	≤0.28	≤0.05
pH 值	9~11	9~10	2~4
黏度 mPa·s	<5	<5	<5
密度 g/cm³	1.13~1.14	1.19~1.21	1.12~1.14
外观	澄清透明	澄清透明	澄清透明

表：银丰硅钢涂层用硅溶胶主要参数

银丰质量控制



图 2：银丰实验室

图 3：MALVERN 激光粒度分析仪

济南银丰投资建设了具有齐全检测仪器的实验室，包括坎德拉电镜扫描仪、马尔文 PSA、美国 Thermo ICP-OES 光谱仪及其他先进的检测仪器，济南银丰现在拥有所有相关测试项目的内部测试能力。质量管理严格按照 ISO9000 标准在每一个关键点进行，包括原料，工艺，半成品，成品和发货前等环节。



图 4：Thermo ICP 7000 系列 ICP-OES 光谱仪

《第十三届中国电工钢学术年会论文集》

编 委 会

主 任 邹继新

副 主 任 王一德 侯安贵 曹 阳

主 编 陈 卓

副 主 编 林 勇 裴大荣

编 委 (按姓氏笔画排序)

王立涛 王 波 王建伟 王贵仁 毛卫民

毛炯辉 刘 杰 刘沿东 刘 静 刘 燕

孙茂林 李小刚 杨秀军 杨明春 杨 路

肖海航 吴 英 吴建华 吴 彬 辛宪诚

汪淳淬 宋和平 张开坚 张文康 张均生

张润国 张维林 陈伟华 陈 晓 陈凌峰

陈曙光 苗 晓 罗 理 金文旭 周千定

周国伟 周栋承 孟凡亮 赵 宇 赵和明

骆忠汉 夏兆所 徐东生 徐继斌 郭振岩

黄锐良 曹 伟 龚明达 梁宗仁 潘 瑛

薄丹青 霍 岩

编 审 胡守天 黎世德 张新仁 姚腊红 朱业超

执行编辑 孙 竹

前 言

在“十二五”规划收官之年，我们迎来了第十三届中国电工钢学术年会的召开。

近三年来，我国电工钢产业发生了巨大的变化，有喜有忧，电工钢产业紧跟时代步伐，全面适应中国经济新常态，创新驱动，增强电工钢产业发展的活力，积极化解产能过剩矛盾，大力开发高端产品，调整品种结构及提升产品质量，改善市场环境，共同遵守诚信，认真执行标准，创新科技进步等，特别是在电工钢学术交流方面取得了明显的效果及成果。

本次年会是我国电工钢产业最高级别的学术交流盛会，也是电工钢上下游产业链互动的舞台。电工钢业界人士和相关工作者将紧紧围绕电工钢生产、新工艺、新技术、新设备、质量攻关、产品研发、测试及涂层技术等专业领域开展广泛的学术交流。同时，还邀请了国内外相关专家、学者作专题报告。

本次年会得到了各委员单位的大力支持，以及电工钢生产、科研、应用、设备、原材料、贸易、教育、传媒等相关单位的通力协作，内容涉及取向电工钢生产技术、无取向电工钢生产技术、综述与设备、检测与应用等多方面，涵盖面较广。大会就取向电工钢及无取向电工钢生产技术两个主题进行交流。

由于论文征集、编辑出版工作量大，如有疏忽和错误，敬请谅解。

编委会
2015年7月

目 录

取向电工钢生产技术

低温热轧取向电工钢中的高斯织构演变	杨佳欣, 黎世德, 李长一, 等	3
回复处理工艺对低温铸坯加热取向电工钢的影响	李 军, 赵 宇, 喻晓军	12
氧化镁在取向电工钢生产中加热工艺探讨	洪泉富, 郑瑜滨	17
T2 绝缘涂层对取向电工钢表面性能影响的研究	蔡 伟, 孟凡娜, 洪泉富, 等	20
氮含量对高磁感取向电工钢初次再结晶行为及磁性能的影响	付 兵, 项 利, 王海军, 等	24
合金元素及温度对取向电工钢中 γ 相含量的影响	项 利, 付 兵, 王海军, 等	31
高磁感取向电工钢生产过程中碳的形态演变及其作用	董爱锋, 吴细毛	39
取向电工钢织构控制技术的变化及新型取向电工钢制备技术探索 ...	杨 平, 刘恭涛, 刘志桥, 等	44
激光刻痕对取向电工钢磁畴及刻痕形貌的影响规律研究	薛志勇, 古凌云, 杨富尧, 等	51

无取向电工钢生产技术

高牌号无取向电工钢第二相析出物与组织和磁性能的关系研究	高振宇, 陈春梅, 罗 理, 等	61
CSP 流程生产无取向电工钢组织特征及微量元素对磁性能的影响	王立涛, 董 梅, 张乔英, 等	68
脱氧方式对无取向电工钢连铸坯夹杂物的影响	吕学钧, 陈 晓	75
钼酸铵对无取向电工钢环保涂层性能影响的研究	李登峰, 刘德胜, 黄昌国, 等	81
无取向电工钢在精炼过程的夹杂物演变规律	罗 艳, 张立峰, 陈凌峰, 等	87
迁钢公司连续退火炉气氛控制与铁损改善研究	张保磊, 胡志远, 刘 磊, 等	96
热轧工艺温度对冷轧无取向电工钢 50W800 磁性能的影响	叶 铁, 卢志文, 仲志国, 等	100
常化温度对无取向电工钢织构和磁性能的影响	谢 利, 王立涛, 裴英豪, 等	105
相变法制备 {100} 织构电工钢的研究	杨 平, 谢 利, 夏冬生, 等	112
常化和退火工艺对冷轧无取向电工钢高频磁性能和强度的影响	林 媛, 苗 晓, 张文康	120
冷轧连退电工钢横折印缺陷原因分析及控制对策	丁美良, 郭德福, 孙 林	126
Sn 含量对 CSP 流程高磁感无取向电工钢磁性能的影响	裴英豪, 施立发, 王立涛, 等	130
保护气氛对半工艺无取向电工钢磁性能的影响	裴陈新, 王立涛, 裴英豪, 等	136
常化温度对 1.3% Si 无取向电工钢磁性能影响关系研究	施立发, 裴英豪, 王立涛, 等	140
宁钢无取向电工钢热轧板板宽精度的控制	罗石念, 刘万善, 周德锋, 等	145
无取向电工钢的冲片性与韧脆比的关系研究	冯大军, 石文敏, 杜光梁, 等	150
电工钢废钢资源再利用及其品质优化生产实践	张 峰, 王 波, 赵 科, 等	154

综述与设备

高效节能电机发展及产业对策..... 黄 坚 161

电工钢连续退火线自动化控制系统..... 邵元康 166

电工钢退火工艺设备的国产化..... 张 毅, 乔 军 171

近二十年在我国申请取向电工钢专利预警分析..... 孟凡娜, 蔡 伟 177

冷轧电工钢浅槽紊流酸洗工艺及设备介绍..... 李 娜, 刘船行, 赵有明 182

电工钢现代化的热处理（无取向电工钢 NGO）
..... Sun Jingchang, Wolfgang Egger, Peter Wendt, et al 186

2015 年国内取向电工钢现有产能的分析 杨莲龙 189

我国机器人的快速发展对电工钢需求的浅析..... 陈 卓, 苗延涛 193

6.5% Si 高硅电工钢的制备技术及发展前景 方泽民, 汪汝武 197

我国非晶态合金材料发展现状浅述..... 张 华 206

薄规格高磁感取向电工钢（HiB）生产中的轧辊和纵剪刀具质量的研究 卢 涛 209

UCMW 轧机横向辊印研究与控制 刘玉金, 周晓琦, 陈 伟, 等 213

一种新型电工钢消除应力退火用罩式炉..... 向 前, 黄柏华, 李忠武, 等 218

切割铣样机在电工钢冶炼制样中的应用与参数优化..... 王明利, 陈 刚, 杨 毅, 等 222

检测与应用

方圈试样搭接方式变化对取向电工钢磁性能测量结果的影响..... 姚腊红, 朱业超 231

探索无取向电工钢室温拉伸试验方法..... 张 旭, 黄 双, 邱 忆, 等 237

直流偏磁对无取向电工钢片磁性能的影响研究..... 石文敏, 刘 静, 王小燕, 等 245

定转子产生高度差的原因及对电机性能的影响分析..... 李广林, 胡志远, 陈凌峰, 等 249

试样的张紧力对电工钢反复弯曲检测结果的影响..... 沈 杰, 周 星, 张关来 252

铁基非晶带材工频磁性能单片法国际循环比对试验（第 1 轮）相关情况介绍
..... 周 星, 邹学良, 马长松, 等 256

关于电工钢表面绝缘电阻测量的探讨..... 向 前, 张献伟, 黄 双, 等 262

电机用取向电工钢不同角度磁性能的探讨..... 张俊鹏, 黄 双, 邱 忆, 等 267

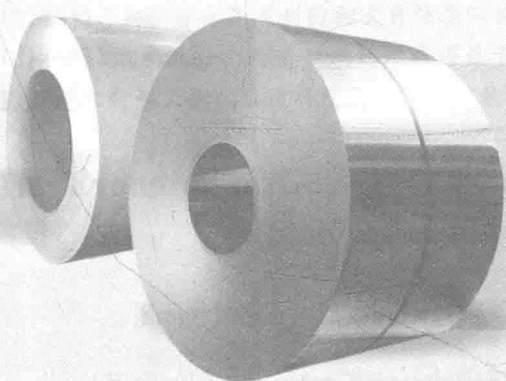
蓄热式燃烧机在吸入式辐射管烧嘴上的应用研究..... 蒯 军, 谢 宇, 张 亮, 等 273

铁基非晶薄带冷却速率估算..... 马长松, 黄 杰, 孙焕德, 等 278

低温热轧取向电工钢中的高斯织构演变

李洪波, 李洪波, 李洪波, 李洪波, 李洪波

摘要: 低温热轧取向电工钢中的高斯织构演变



取向电工钢生产技术

QUXIANG DIANGONGGANG
SHENGCHAN JISHU