

# 带钢无酸除鳞专利分析<sup>①</sup>

黄海花

(长沙矿冶研究院有限责任公司, 湖南 长沙 410012)

**摘要:** 从专利角度出发,对带钢无酸除鳞专利申请趋势、主要申请人进行统计分析,对典型的带钢无酸除鳞专利技术进行了探讨,并对带钢无酸除鳞技术未来的发展方向进行了展望,可为无酸除鳞研发和技术应用提供参考。

**关键词:** 带钢; 除鳞; 无酸除鳞; 专利分析; 氧化鳞皮

中图分类号: TG335

文献标识码: A

doi:10.3969/j.issn.0253-6099.2024.01.036

文章编号: 0253-6099(2024)01-0166-05

## Patent Analysis for Acid-Free Descaling of Strip Steel

HUANG Haihua

(Changsha Mining and Metallurgy Research Institute Co Ltd, Changsha 410012, Hunan, China)

**Abstract:** A statistical analysis was conducted for patents on acid-free descaling of strip steel in terms of the number of patents and main applicants, and those patents on typical acid-free descaling process for strip steel were specially discussed. Finally, the developing trend of acid-free descaling technology for strip steel in the future is presented, which can provide reference for R&D and application of acid-free descaling technology.

**Key words:** strip steel; descaling; acid-free descaling; patent analysis; oxidized scale

在现代工业中,带钢是一种广泛应用的重要材料。带钢在热轧处理过程中会在其表面形成一层由金属氧化物组成的致密覆盖物(俗称“鳞皮”)。鳞皮的存在一方面会使材料的表面裂缝不易被预先发现,从而使加工出的成品存在质量问题;另一方面容易将鳞皮压入钢材表面,造成表面质量问题;此外,坚硬鳞皮的存在会加速轧辊或机器的磨损。

为了消除氧化皮对带钢质量的影响,国内外普遍采用硫酸、盐酸或氢氟酸溶液,通过化学反应溶解金属表面的氧化物(俗称“除鳞”),但酸洗除鳞产生的酸雾等会严重污染周边环境和损害人体健康。此外,产生的废酸处理成本高、能耗高且回收困难。为了解决这些问题,国内外许多科研工作者开展了带钢无酸除鳞技术研究,已有许多文献报道<sup>[1-7]</sup>,为此也申请了诸多专利。专利能反映技术创新历程和现状以及技术创新的难点和热点<sup>[8-9]</sup>。目前尚无从专利角度分析带钢无酸除鳞技术研发历程和技术特征的文献,本文从专利角度出发,对带钢无酸除鳞技术专利申请趋势和主要申请人进行整体分析,并对典型的带钢无酸除鳞技术进行

特征分析,为未来的研发和技术应用提供参考。

### 1 检索策略及数据来源

本文检索策略:

1) 通过查阅带钢无酸除鳞相关的期刊、专业书籍、新闻报道、行业网站等提炼基本技术要素,将带钢除鳞分解为表面处理、氧化皮形成、除鳞方法和工艺、除鳞效果评价及性能影响,构建技术分解表,如表1所示。

表1 带钢无酸除鳞技术分解表

技术分解	一级分类	解析
	表面处理	带钢表面的清洁、改性和保护等处理方法,包括除鳞、抛光、喷涂等
	氧化皮形成	带钢表面氧化皮的形成机制,包括氧气与钢材的反应过程、氧化皮的组成和结构
带钢除鳞	除鳞方法和工艺	不同的除鳞方法和工艺,包括拉矫除鳞、刷辊除鳞、抛丸除鳞、水射流除鳞、磨料射流除鳞、激光除鳞、电解除鳞、其他新型除鳞技术
	除鳞效果评价及性能影响	除鳞后的表面质量和性能评价方法,包括表面粗糙度、清洁度、耐腐蚀性能、机械性能、涂层附着力等

① 收稿日期: 2023-10-07

作者简介: 黄海花(1984—),女,湖南长沙人,工程师,主要从事高压水射流技术研发工作。E-mail:149194284@qq.com

2) 通过技术分解确定检索主题词。

3) 通过检索词在国家知识产权局专利检索分析平台进行初步检索,找到若干相关专利文献。

4) 浏览说明书和权利要求,确定带钢无酸除鳞技术相关的同义词、近义词、主要分类号、申请人、发明人,并将这些进行组配,确定不同检索式,依次检索。

5) 根据检索结果阅读并分析专利,进行筛选和验证,将符合要求的专利存入分析库。

本文检索专利数据来源于国家知识产权局专利检索和分析系统,检索截止日期为 2023 年 9 月 5 日,共检索到带钢无酸除鳞技术专利 389 条。由于专利申请延迟公开的特点,2022 年和 2023 年的带钢无酸除鳞相关专利不作为趋势分析的对象。

## 2 中国带钢无酸除鳞专利申请总体情况分析

### 2.1 专利申请量年度趋势

近年来,随着国民环保意识的增强以及国家节能环保要求的提高,众多企业与研究机构都在努力寻找一种可有效替代酸洗的新型带钢无酸除鳞工艺,取得了许多成果和申请了众多专利。图 1 为中国带钢无酸除鳞专利申请量的年度分布。从图 1 可以看出,中国带钢无酸除鳞专利起步较晚,直到 20 世纪 90 年代才出现相关申请。2010—2015 年出现一个波峰,这是因为宝山钢铁股份有限公司申请了许多 BMD (Baostell Mechanical Descaling) 专利;2016—2020 年又出现了一个波峰,这是因为长沙矿冶研究院有限责任公司和杭州金固环保设备科技有限公司申请了许多相关专利。虽然出现波动,但整体还是呈现增长趋势,说明带钢无酸除鳞技术在钢铁行业的重要性和研究热度在逐渐提升。

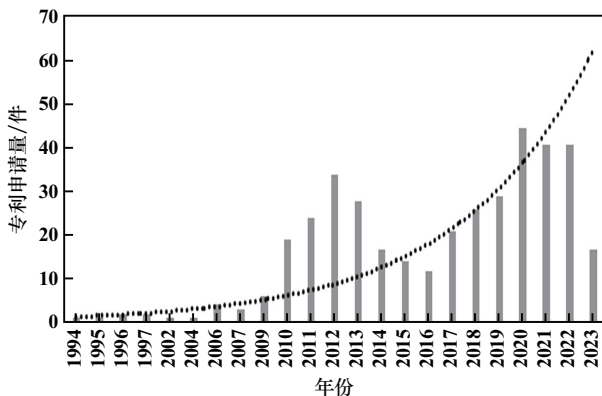


图 1 中国带钢无酸除鳞专利申请量年度分布

通过阅读分析带钢无酸除鳞专利,发现带钢无酸

除鳞技术的研发具有阶段性,不同阶段研究的技术也不尽相同。早期的专利技术主要关注物理方法,技术比较简单,如拉矫除鳞、机械刷洗和高压水喷射除鳞。随着科技的进步,越来越多专利开始涉及新型除鳞方法,带钢无酸除鳞技术也有所发展,如 EPS 除鳞(Eco-Pickleid Surface)、SED 除鳞(Steel Eco Descaling)等。

### 2.2 主要申请人

带钢无酸除鳞专利申请人各类机构属性如图 2 所示。各类机构及自然人共 116 家(位),企业申请超 300 件,占总申请量的 85%,高校和个人分别占总申请量的 9%和 6%。从专利申请人的角度来看,大多数专利是由企业申请的,高校和个人申请的专利数量相对较少。这可能是因为带钢无酸除鳞技术需要大量的资金、应用场景和设备支持,个人难以承担这样的研发成本。此外,企业通常具有更迫切的应用需求和动力,能更好地推动技术创新和工程应用。

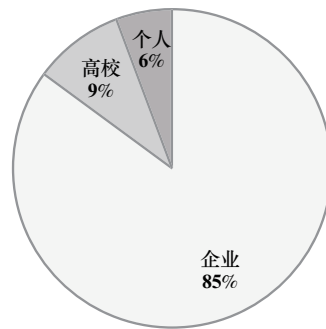


图 2 中国带钢无酸除鳞专利申请人各类机构属性

通过研究带钢无酸除鳞领域的主要申请人,可以分析企业的专利布局和技术创新能力,了解各个企业在该领域的地位和竞争优势,为企业制定战略决策提供参考。图 3 为中国带钢无酸除鳞专利排名前十的申请人。申请量最多的为宝山钢铁股份有限公司,申请了 80 件带钢无酸除鳞专利,专利技术为 BMD 除鳞技术,涉及磨料循环、供砂控制、清洗喷嘴、除鳞线、回收系统等;长沙矿冶研究院有限责任公司申请了相关专利 63 件,专利技术为 SED 除鳞技术,涉及喷头、抽砂系统、磨料输送系统、高压系统、清理回收、智能控制及除鳞生产线,这说明宝山钢铁股份有限公司和长沙矿冶研究院有限责任公司在带钢无酸除鳞领域创新性较高,综合实力较强。排名第三的是杭州金固环保设备科技有限公司,专利技术是该公司在 2019 年引进的美国 TMW 公司 EPS 技术,并在此基础上进行消化和更新,专利内容涉及湿式抛丸、除鳞系统和污水过滤等方面。

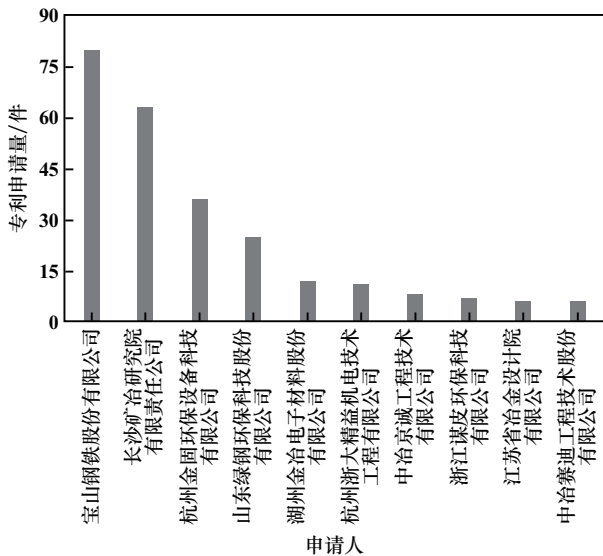


图3 中国带钢无酸除鳞专利排行前十的申请人

分析排名靠前企业的专利,发现带钢无酸除鳞工艺是一个庞大的系统,专利多围绕磨料系统、磨料回收、供砂系统、除鳞系统、喷嘴寿命、高压泵性能及除鳞效果等方面进行,许多企业已取得了较多成果,但系统庞大意味着复杂,对系统的故障率和稳定性、速度、效能、成本有更高的要求。

### 2.3 典型带钢除鳞专利技术

带钢无酸除鳞专利包括表面处理、氧化皮形成控制、除鳞效果评价及性能影响,其中大部分集中在除鳞工艺上。带钢无酸除鳞方法和工艺的技术功效创新主要体现在3个方面:提高除鳞效果、降低除鳞成本和降低除鳞过程对环境的影响。根据技术标引和分析,选取以下几种典型带钢无酸除鳞专利技术进行分析。

#### 2.3.1 拉矫除鳞

拉矫除鳞一般使用辊式机械将金属线材反复弯曲变形去除表面鳞皮。利用氧化皮与铁基体在弹塑性及破坏强度上的巨大差异,反复弯曲变形时,氧化铁皮不能适应铁基体形状的变化而发生破裂和剥离。拉矫除鳞的预破鳞作用显著,一般设置在酸洗机组入口,由弯曲辊、矫直辊、支撑辊、支座和锁紧机构组成。拉矫除鳞能疏松氧化皮,但不能彻底除鳞,需要配合酸洗、SED、EPS等后续工艺。

#### 2.3.2 辊刷除鳞

辊刷除鳞是通过刷辊表面与带钢之间的相对摩擦实现对表面氧化皮和杂质的清理。近年来,比较有代表性的辊刷除鳞技术为浙江谋皮环保科技有限公司研发的MEC(Mopper Ecology Clean)除鳞技术。MEC技术的创新点在于使用了除鳞辊柔性材料组合技术和除

鳞辊制作及配置技术,其原理如下:改性塑料、硬质磨料与结合剂按一定比例混合形成MEC除鳞辊柔性材料,按要求切段安装在除鳞辊上,制成缠绕式或环片式除鳞辊。分散的硬质研磨材料在除鳞辊上的附着是实现除鳞的基础和关键。这种除鳞技术的缺点是辊刷除鳞设备更换频繁、成本高及粉尘大需配合脱脂、清洗等工艺使用。

2003年,美国TMW(The Material Works)公司开发出SCS(Smooth Clean Surface)除鳞技术,第2年申请了中国专利CN1761537A。SCS生产线见图4。SCS除鳞专利的具体内容为:通过旋转研磨刷辊及合理控制带钢与刷辊的参数将表面的 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 和 $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 去除,剩下一层较薄的 $\text{FeO}$ ,无需涂油也具备优良的防锈性能和焊接特性。SCS除鳞技术主要利用2对刷辊进行同向刷洗,此工艺设备只能作为重卷模式的预除鳞设备单独使用而不能串联在酸洗机组之中,否则容易嵌入连续机组中导致张力无法控制。

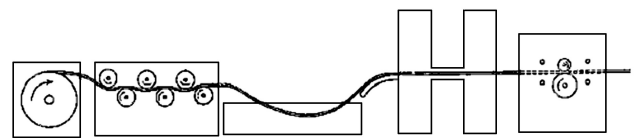


图4 SCS生产线示意图

拉矫除鳞与辊刷除鳞技术均为非完全除鳞技术,仅能清除带坏表面的部分鳞皮,因此还需进一步完善。

#### 2.3.3 抛丸除鳞

干式抛丸除鳞的原理为:采用电动机带动叶轮体旋转,通过离心力的作用以 $60\sim 80\text{ m/s}$ 的速度将磨料颗粒抛向工件表面,通过磨料颗粒对氧化鳞皮的打击实现除鳞,如专利CN203495769U、CN207900951U等。磨料颗粒可以是各种规格的砂、碳化硅颗粒、小钢球等。干式抛丸除鳞技术的优点是设备结构简单和使用简便,缺点是磨料速度低,除鳞后表面质量差且对高强度钢、特种钢无法除鳞,此外,处理过程中带钢会产生明显的热变形且存在大量粉尘污染。

由于干式抛丸除鳞存在诸多缺点,研究人员对湿式抛丸除鳞也做了大量研究,如美国TMW公司于2007年开发出EPS技术并市场化了EPS生产线,同时还在中国申请了专利CN200780033529和CN201080018624。EPS专利技术原理是在密闭的空间内采用特殊装置将一定比例钢砂和水混合形成料浆并输送至除鳞抛头,经电机叶轮旋转加速后的料浆以幕帘形式冲击带钢上下表面,使料浆中的磨料能对氧化皮进行打击和刷除,并在冲刷用的水体中添加一定的防锈物质以在冲洗的

同时避免带钢表面锈蚀。通过对除鳞抛头进行特殊设计及合理地布置位置,实现对整个板面的均匀除鳞。EPS 除鳞技术示意图见图 5。EPS 生产线一般由开卷机、EPS 专机、辊式矫直机、宽度控制器、自动化层控制仪、在线表面光度仪、静电涂油机、卷取机等组成。

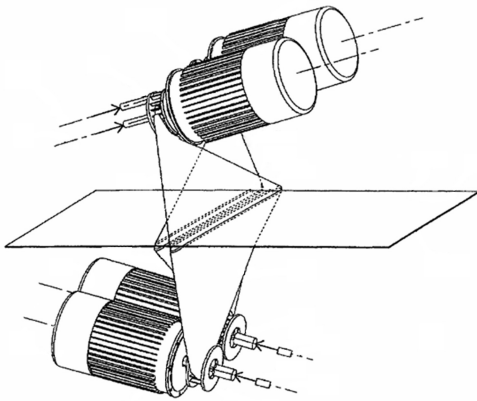


图 5 EPS 除鳞技术示意图

2014 年,杭州金固环保设备科技有限公司引进了美国 TMW 公司的 EPS 技术,并在此基础上进行了改进,研发了一系列湿式抛丸相关专利,如专利 CN210210042U 解决了湿式抛丸机中的耐磨板使用寿命低的问题;专利 CN110180282A 解决了湿式抛丸机工作腔内水蒸汽无法顺利排出的问题;专利 CN210704325U 解决了湿式抛丸机不具有冲洗功能的问题。

湿式抛丸除鳞虽然解决了粉尘和返锈问题,但抛丸原理决定了磨料速度,磨料的速度取决于抛丸器转速和材料耐磨性能。不同材质与强度的钢材都存在去除氧化皮的临界冲击力,只有大于临界冲击力才能去除氧化皮。根据动能公式,在抛丸器转速受限的情况下,只能增大磨料质量,即采用大粒度磨料,但磨料粒度存在上限,磨料越粗,表面粗糙度越大,表面质量就越差。因此可以推断,抛丸除鳞技术不适用于对表面质量要求高的高强钢、特种钢等钢材。

#### 2.3.4 水射流除鳞

水射流除鳞技术利用水为载体,通过液体增压原理经高压泵对水加压,其在流过管路和喷嘴后喷向带钢表面,将压力转化为动能<sup>[10]</sup>。这种技术的优点是绿色无污染,缺点是单个喷嘴处理面积小、处理速度慢,需要的压力等级高、能耗大、喷嘴寿命低。北京工业大学公开专利 CN102078884A 介绍了一种高压水射流带钢清洗装置,通过多柱塞高压水泵将水加压后产生强大的压力能,高压水通过安装在喷射梁上的特殊结构高压扇形喷嘴连续不断地对被清洗带钢基体上的残留

物进行打击和剥离进行除鳞,但无法完全清除带钢表面的鳞皮。

#### 2.3.5 磨料射流除鳞

磨料射流除鳞技术是对水射流除鳞工艺的改进,在水射流中加入磨料颗粒,利用高压水加速磨料颗粒,形成混合浆液高速喷向带钢表面,将表面氧化层去除<sup>[11]</sup>。长沙矿冶研究院有限责任公司研发的 SED 新型生态除鳞技术是典型的磨料射流除鳞技术。

SED 除鳞以高压水为动力,通过一定的技术手段使具有一定压力的高压水和一定浓度的钢丸在除鳞喷头本体的高耐磨混合腔内充分混合,把高压水射流的动能传递给钢丸,对钢丸进行加速,形成高能固液两相流。混合后的高能固液两相流从混合喷头喷出,在高压水流的驱动下,钢丸以 150~200 m/s 的速度打击钢板表面,将其表面的氧化物及其附着物打碎破裂。液滴中的水形成“水楔”对破碎的氧化物及其附着物进行剥离,带钢表面氧化皮、油、锈、盐在高速钢丸的打击、磨削和高压水流冲蚀作用下被清除干净。SED 除鳞技术原理见图 6,它主要由钢丸供给回收分选系统、高压水供给系统、除鳞系统、污水循环处理系统和智能控制系统构成。长沙矿冶研究院有限责任公司申请的专利涵盖磨料回收、供砂、喷嘴、高压泵、除鳞效果、智能控制、除鳞生产线等方面。根据 SED 除鳞原理,它的动能由高压泵提供,远高于抛丸器提供的动能,冲击速度上占优势,可以使用更细粒度的磨料颗粒,获得更佳的粗糙度和更高的表面质量,适用于表面质量要求高的特种钢和高强钢。

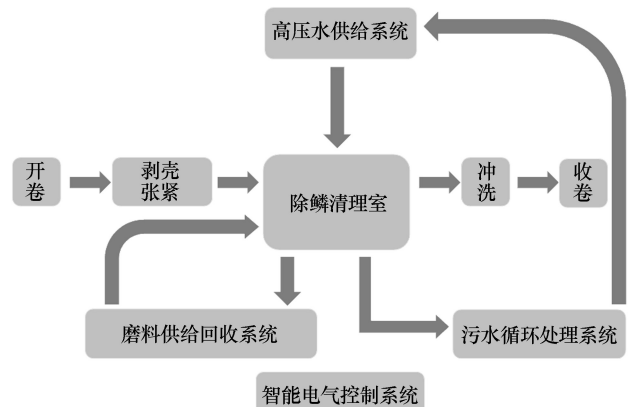


图 6 SED 除鳞技术原理

2020 年 10 月 1 日,由长沙矿冶研究院有限责任公司制定的行业标准 YB/T 4802—2020《钢材表面高压水射流喷砂(丸)清洗装置》由工业和信息化部正式颁布实施<sup>[12]</sup>。专利 ZL200910044036.9 在线高压水射

流喷砂表面清理系统荣获 2022 年第二十三届中国专利金奖<sup>[13]</sup>。长沙矿冶研究院有限责任公司依托 SED 技术开发出了带钢卷除鳞设备和除鳞生产线,清理带钢材质包含普碳钢、低合金高强钢和不锈钢带等,已在国内十余省市得到应用,推广 SED 无酸清理线数量超 100 台套。SED 除鳞的原理决定了磨料的喷射速度高于拉矫除鳞和抛丸除鳞,解决了传统机械除鳞效率低、费用高、耗能高、损伤基体、不能自动控制等缺陷,是目前已经市场化的典型带钢无酸除鳞代表技术。

### 2.3.6 BMD 除鳞

宝山钢铁股份有限公司研发的 BMD 除鳞专利技术主要是利用高压水泵或驱动电机的抛甩叶轮,通过高压水的压力和离心力控制水与磨料混合射流的冲击力,通过冲击和磨削实现除鳞。BMD 除鳞技术原理见图 7,整个系统由供砂系统、喷射除鳞系统、回收系统和过滤系统 4 个核心系统组成。供砂系统实现对钢砂等磨料的筛选、清理、回用和补充并提供给喷射除鳞系统;喷射除鳞系统通过高压喷射装置或离心甩射装置将一定比例的水和固体颗粒的混合物冲击在带钢表面以清除表面的氧化铁皮;回收系统收集磨料和鳞皮;过滤系统过滤污水、氧化皮和磨损的钢砂。相关专利为一种钢板表面处理方法及装置、一种后混合射流用磨料循环系统及方法、一种射流清洗的工艺布置及控制方法、一种冷态金属表面射流连续除鳞系统、一种带钢射流除鳞工艺控制方法、控制装置及设备。

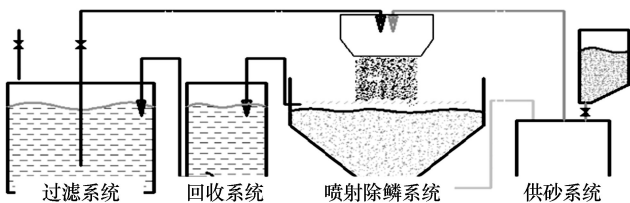


图 7 BMD 除鳞技术原理

### 2.3.7 PCS 除鳞

PCS(Physical Cleaning Surface)除鳞技术由山东绿钢环保科技股份有限公司于近年研发,其技术原理与 BMD 除鳞类似,采用“水+钢制磨料”的混合物作为除鳞介质,通过特定装置将混合物加速后冲击、磨削带钢表面,实现表面鳞皮的破碎与刮除。PCS 除鳞技术原理见图 8。PCS 除鳞专利涉及磨料供给、控制与回收、输送、烘干装置、除鳞机组、除鳞平台、除鳞系统及工艺方法,如 CN113211327、CN113145670A、CN113145672A 等。

### 2.3.8 小结

从主要申请人的专利申请方向看,虽然带钢无酸

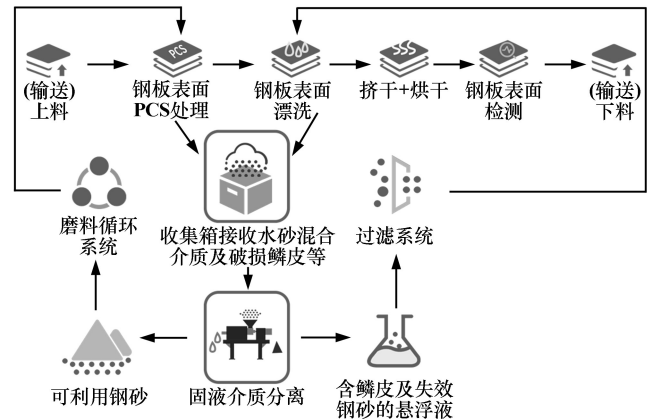


图 8 PCS 除鳞技术原理

除鳞系统庞大且复杂,但均与提高除鳞效果、提高稳定性和降低成本几个核心点有关。从专利技术种类看,磨料射流除鳞技术的专利数量占据了带钢无酸除鳞技术专利总数的大部分。这可能是因为磨料除鳞技术越来越成熟、应用广泛,且设备和工艺逐渐成熟。拉矫除鳞、辊刷除鳞、SCS 除鳞、抛丸除鳞等均因一些显著的缺点而逐渐被替代。新型无酸除鳞技术如 EPS 除鳞和 SED 除鳞具有相似的目的和各自的优点,但在原理、使用材料、工艺参数和适用范围等方面存在差异,各有特色,也是近些年比较热门的带钢无酸除鳞技术。

## 3 展望

带钢无酸除鳞专利的分析同时揭示了挑战和机遇:一方面,尽管已经有很多专利涉及带钢无酸除鳞技术,但在除鳞过程中避免对带钢基材造成损伤及有效去除鳞皮、提高除鳞系统的稳定性、进一步降低除鳞成本等方面仍具有挑战;另一方面,随着我国产业结构持续调整,钢铁需求结构发生了巨大变化,整体朝绿色化与智能化方向发展。钢材品种聚焦于高强度、轻量化、耐腐蚀、寿命长的高强钢、特种钢、不锈钢等高附加值品种,因此,这些品种无酸除鳞技术的开发具有不可估量的市场前景。

### 参考文献:

- [1] 宋紫棋,毛桂庭,侯奔.基于 YOLO 网络的无酸除鳞带钢表面缺陷实时检测[J].矿冶工程,2022,42(2):136-140.
- [2] 中国五矿成功研发环保无酸除鳞成套技术[J].设备管理与维修,2017(8):7.
- [3] 李小明.高压水除鳞系统在热轧型钢中的应用[J].冶金与材料,2021,41(6):93-94.
- [4] 雷武军.无酸除鳞技术在冷轧宽带应用的探索与实践[J].中国金属通报,2021(1):81-82.
- [5] 葛国军.钢板表面无酸处理新技术研究[J].冶金设备,2013(3):38-42.

(下转第 178 页)

励手段在稀土政策中的效能。稀土产业发展须统筹协调政府各部门工作,深化政策制定主体的协同,加强政府各部门间的联动效应以及各政策间的联动,加大资金、基础设施投入,优化税收政策,重视人才培养,发挥政府、企业等在稀土产业发展中的作用,全方位多角度地推动我国稀土产业发展。

### 参考文献:

- [1] WANG X, GE J, WEI W, et al. Spatial dynamics of the communities and the role of major countries in the international rare earths trade: a complex network analysis[J]. PLOS ONE, 2016,11(5):e0154575.
- [2] 吉力强,陈明昕,顾 虎,等. 轻稀土资源现状及在新能源汽车领域的应用[J]. 中国稀土学报, 2020,38(2):129-138.
- [3] 徐水太,马彩薇,朱文兴. “一带一路”稀土贸易网络结构及演化研究[J]. 黄金科学技术, 2022,30(2):196-208.
- [4] 李 期,郑明贵,罗宇文. 中国稀土贸易安全研究(1992—2018)——基于复杂网络分析方法[J]. 稀土, 2022,43(1):147-158.
- [5] 吴志军. 我国稀土产业政策的反思与研讨[J]. 当代财经, 2012(4):90-100.
- [6] 赵玉敏,童莉霞. 我国稀缺矿产资源贸易政策的演变与展望[J]. 宏观经济管理, 2016(5):72-76.
- [7] 周美静,黄健柏,邵留国,等. 中国稀土政策演进逻辑与优化调整方向[J]. 资源科学, 2020,42(8):1527-1539.
- [8] 边 璐,庄小央,刘朝晖,等. 产业政策调整对行业系统性风险溢出的影响——基于稀土产业 CoVaR 模型的研究[J]. 软科学, 2023,37(1):23-30.
- [9] 罗 翔,赖 丹. 产业链延伸视角下稀土全产业链效率测度与比较研究——基于三阶段 DEA 模型[J]. 科学决策, 2021(6):104-121.
- [10] 王玉珍. 我国稀土产业政策效果实证研究[J]. 宏观经济研究, 2015(2):39-49.
- [11] 罗 翔,李 政,赖 丹. 中国稀土矿产品价格波动的经济后果及影响因素研究[J]. 价格月刊, 2023(8):8-17.
- [12] 朱学红,张宏伟,李心媛. 中国稀土国际市场势力测度及政策有效性研究[J]. 国际贸易问题, 2018(1):32-44.
- [13] 高风平,张 璞,刘大成,等. 国际稀土市场新格局与中国稀土产业战略选择[J]. 国际贸易问题, 2019(7):63-81.
- [14] 易 璐,郑明贵. 中国稀土开采总量控制政策效应评估[J]. 有色金属科学与工程, 2021,12(2):120-126.
- [15] 宋 益,黄健柏,钟美瑞,等. 外部性成本内部化视角下战略性矿

产资源关税替代性政策研究——以稀土矿为例[J]. 资源科学, 2018,40(3):611-622.

- [16] 张满洋,陈洪章. WTO“两案”裁决后中国资源性产品出口政策调整[J]. 江西社会科学, 2018,38(5):84-90.
- [17] 朱学红,樊玉林,钟美瑞. 优势稀有金属关税的替代性政策效果评价及对定价权的影响分析[J]. 国际贸易问题, 2016(12):107-118.
- [18] 董 娟,郑明贵,钟昌标. 中国稀土产业发展财政支持效应及其影响因素[J]. 资源科学, 2020,42(8):1551-1565.
- [19] 罗 翔,赖 丹. 政府补助对稀土新材料企业技术创新效率的影响——基于杠杆率的门槛效应[J]. 工程管理科技前沿, 2023,42(4):81-88.
- [20] 陈子凤,陈媛媛,贾卫峰,等. 我国融合创新政策演进与评价研究[J]. 科技进步与对策, 2023,40(18):151-160.
- [21] 刘亚亚,曲 婉,冯海红. 中国大数据政策体系演化研究[J]. 科研管理, 2019,40(5):13-23.
- [22] 刘晓燕,侯文爽,单晓红. 基于多层网络的科技创新政策府际合作机理[J]. 科研管理, 2021,42(3):97-108.
- [23] 吴卫红,盛丽莹,唐方成,等. 基于特征分析的制造业创新政策量化评价[J]. 科学学研究, 2020,38(12):2246-2257.
- [24] Estrada M A R. Policy modeling: Definition, classification and evaluation[J]. Journal of Policy Modeling, 2011,33(4):523-536.
- [25] 卢照地,张正峰,冀增胜. 基于政策建模一致性指数模型的宅基地管理政策量化评价[J]. 中国土地科学, 2021,35(10):115-124.
- [26] 周文静,张瑞林. 基于 PMC 指数模型的冰雪产业政策量化评价及实证研究[J]. 武汉体育学院学报, 2022,56(4):42-48.
- [27] 董纪昌,袁 铨,尹利君,等. 基于 PMC 指数模型的单项房地产政策量化评价研究——以我国“十三五”以来住房租赁政策为例[J]. 管理评论, 2020,32(5):3-13.
- [28] 徐水太,袁北飞,陈 丽,等. 基于 PMC 指数模型的我国老旧小区改造政策量化评价[J]. 江西理工大学学报, 2022,43(6):52-60.
- [29] 任一鑫,苏海洋. 矿区资源循环绿色体系构建[J]. 矿冶工程, 2021,41(2):138-142.
- [30] 内蒙古自治区人民政府. 关于加快稀土产业转型升级若干政策的通知[EB/OL]. [https://www.nmg.gov.cn/zw/gk/zfxxgk/zfxxgkml/202012/t20201208\\_313627.html](https://www.nmg.gov.cn/zw/gk/zfxxgk/zfxxgkml/202012/t20201208_313627.html).
- [31] 易 璐,郑明贵. 中国稀土产业政策演进研究(1991—2021)——基于共词和社会语义网络分析[J]. 稀土, 2022,43(4):147-158.

引用本文: 朱文兴,胡恒祺,徐水太. 中国稀土政策演进分析及评价研究[J]. 矿冶工程, 2024,44(1):171-178.

(上接第 170 页)

- [6] 徐言东,顾 洋,马树森,等. 几种钢材表面的少酸化除鳞设备[J]. 轧钢, 2019,36(4):54-57.
- [7] 房 鑫,段明南,杨向鹏,等. 热轧带钢无酸除鳞技术综述[J]. 宝钢技术, 2019(1):7-14.
- [8] 余 武. 磨料水射流切割技术专利分析[J]. 科技创新与应用, 2019(35):12-13.
- [9] 张 帆. 高压水除鳞专利技术综述[J]. 山东工业技术, 2017(16):13.
- [10] 程效锐,张舒研,马亮亮,等. 高压水射流技术的应用现状与发展前景[J]. 液压气动与密封, 2019,39(8):1-6.
- [11] 吴 伟,唐 勇,袁 硕,等. 一种新型磨料射流除鳞喷头内外流场

的数值模拟及实验研究[J]. 现代制造工程, 2022(10):101-106.

- [12] 中华人民共和国工业和信息化部. 钢材表面高压水射流喷砂(丸)清理装置:YB/T 4802—2020[S]. 北京:中华人民共和国工业和信息化部, 2020.
- [13] 国家知识产权局. 国家知识产权局关于第二十三届中国专利奖授奖的决定: 国知发运字[2022]31号[EB/OL]. [2022-07-26]. [https://www.cnipa.gov.cn/art/2022/7/26/art\\_394\\_176899.html](https://www.cnipa.gov.cn/art/2022/7/26/art_394_176899.html).

引用本文: 黄海花. 带钢无酸除鳞专利分析[J]. 矿冶工程, 2024,44(1):166-170.