



电饭煲内胆用超深冲冷轧钢带开发生产实践

陈普,侯元新,孟海燕,朱爱美

(山东泰山钢铁集团有限公司,山东 莱芜 271100)

摘要:根据产品质量要求,确定总压下率为75%;确定退火工艺参数,(690~720℃)×(17~19h)、闷罩2h换罩;优化平整轧制力为2600~3200kN等,保证了产品的深冲性能,提高了板面及板形质量。成功开发出了电饭煲内胆用超深冲冷轧钢带。产品质量检验表明,产品的屈服强度200MPa,抗拉强度301MPa,断后伸长率47%,n值0.24,r值2.38,厚度偏差-0.01~0mm,宽度偏差0~+2mm,不平度≤2mm,表面质量达到一等品要求。

关键词:电饭煲内胆用钢;超深冲冷轧钢带;力学性能;尺寸偏差

中图分类号: TG335.5

文献标识码: A

文章编号: 1004-4620(2017)06-0015-04

1 前言

目前我国60%以上人口以大米为主食,传统的膳食结构使得电饭煲基本成为必需品,电饭煲市场基数非常大,城镇市场电饭煲普及率100%,农村市场普及率有望达到50%以上,使得电饭煲成为厨房小家电行业规模最大的品类。但一个优质的电饭煲最重要的是它的内胆。泰钢冷轧部结合冷轧系统的六辊HC可逆轧机、全氢光亮罩式退火炉和四辊平整机的装备特征,系统研究对深冲性能有较高要求的电饭煲内胆用超深冲冷轧钢带核心技术,解决长期困扰企业冷轧钢带深冲性能差的问题,以提高产品质量及生产效率,提高产品深冲性能。

2 产品开发及工艺优化

2.1 产品技术要求

产品的质量要求:物理性能,屈服强度≤230MPa,抗拉强度270~340MPa,断后伸长率≥45%,n值≥0.2,r值≥1.6,冲压无开裂;尺寸偏差,厚度-0.02~0mm,宽度0~+2mm;板形不平度≤2mm,钢带表面无肉眼可见黑斑、划伤、擦伤、辊印、粘结、划痕、烙印、结疤、裂纹、夹杂、氧化铁皮、铁锈和分层等缺陷。

2.2 酸洗表面质量控制

热轧钢带采用6段酸洗和5级逆流串级漂洗的推拉式盐酸酸洗机组酸洗,并对酸洗工艺进行了优化。通过优化酸洗盐酸的浓度、温度和漂洗水的理化指标,消除了酸洗钢带存在的欠酸洗、过酸洗和酸洗发黄等缺陷,提高了酸洗板表面质量。

2.2.1 提高酸洗浓度

提高盐酸的温度或浓度都可以提高酸洗速度,但提高浓度比提高温度效果好。将6号酸槽盐酸浓度由145~220g/L提高到180~240g/L,1号酸槽盐酸浓度由45~130g/L优化为100~120g/L。酸洗过程中,随着酸液中FeCl₂含量的增加,酸洗时间急剧减少到最小,此时FeCl₂的浓度低于饱和浓度;以后酸洗时间又急剧增加,一直到FeCl₂达到饱和,酸洗时间最长。为此将Fe²⁺含量由≤130g/L调整为≤120g/L。

2.2.2 优化酸洗温度

1580mm推拉式盐酸酸洗机组共分6段,每段有单独的外部加热系统和酸循环系统,通过控制每个酸洗段的温度,获得最佳的酸洗效果。6~1号酸槽盐酸温度控制范围:60~70℃、65~75℃、70~80℃、70~80℃、75~85℃、80~90℃。

2.2.3 控制漂洗水理化指标

通过提高漂洗水的温度提高被冲洗钢带的自身温度,使钢带在挤干水分之后更容易烘干,最后一级漂洗段漂洗水温度由60~80℃提高到75~90℃。为了防止钢带酸洗后的氧化锈蚀,严格控制钢带表面的残酸。经验表明,从最后一个冲洗槽出来的带钢表面残酸浓度≧50mg/L。更换达不到要求的挤干辊,保证挤干辊气缸压力,严格控制漂洗水的氯离子含量,氯离子含量由≤100mg/L调整为≤30mg/L。

2.2.4 提高热风干燥温度和吹边效果

提高加热蒸汽的压力为≥0.4MPa,热风干燥器吹风温度提高到了120℃以上,并且在热风干燥装置之前,利用酸洗钢带吹边装置专利技术,将积存在钢带两边的残液向钢带的外侧吹刷,使钢带边部易于干燥,消除了酸洗钢带边部带水的问题。

2.3 轧制表面质量控制

乳化液的清洁度对冷轧钢带表面质量有重要影

收稿日期:2017-09-04

作者简介:陈普,男,1979年生,1999年毕业于山东科技大学自动化专业。现为泰钢冷轧部工程师,从事冷轧工艺研究和产品质量管理等工作。

响,如果乳化液不清洁,将会在冷轧钢带板面形成黑斑、黄斑、乳化液斑等缺陷。通过控制六辊 HC 轧机乳化液的浓度、pH 值、电导率、杂油含量,提高乳化液吹扫效果;规范操作程序,控制乳化液喷溅。从而杜绝了黑斑、黄斑等缺陷,提高了冷轧钢带的表面质量。

2.3.1 乳化液浓度控制

浓度是乳化液最基本的理化指标。乳化液的浓度过低,起不到润滑作用,轧辊磨损严重,铁粉量剧增,乳化液发灰变黑,钢带表面残留物增加;乳化液浓度过高,油耗增加,并且不利于轧辊及钢带的冷却,不利于轧后乳化液的挥发。针对乳化液浓度波动影响产品质量的问题,利用乳化液配液装置专利技术,稳定了乳化液的浓度。

2.3.2 pH 值与电导率控制

乳化液在使用过程中,pH 值会发生变化。pH 值 <5 时,乳化液不稳定,可能产生变质酸败;pH 值 >7 时,乳化液的颗粒度变小,会导致冷轧时润滑困难,影响轧制速度。因此,乳化液的 pH 值控制在 $5\sim 7$ 。当乳化液的 pH 值突然下降,而电导率上升时,说明酸洗钢带表面残留的氯化亚铁进入了乳化液中。控制措施是每班检测酸洗漂洗水中氯离子含量,发现漂洗水的氯离子超标时及时排放并补充新水,并对磨损的挤干辊进行更换,将漂洗水中氯离子含量控制在 30 mg/L 以下。当乳化液的 pH 值突然上升,电导率也突然上升时,可能是含碱物质进入了乳化液。当乳化液的电导率超过 $100\ \mu\text{ S/cm}$ 时,及时加油、加水进行调整。

2.3.3 杂油含量控制

皂化值直接反映乳化液中活性油的含量,皂化值低,说明活性油含量少,杂油含量高。杂油主要是从机架内泄漏的液压油、轴承油及其他润滑油。由于杂油不可皂化,使乳化液中活性油的成分降低,不利于轧制时的润滑,并且破坏乳化液的稳定性,导致油耗增加。利用一种箱内浮动式螺栓调节撇油器专利技术,有效撇除了乳化液中的杂油,乳化液中铁皂值控制在 0.5% 以下,提高了乳化液的清洁度。

2.3.4 轧后板面乳化液残留控制

在产品生产初期,冷轧板面残留大量的乳化液,在高速轧制时尤其突出。钢带表面残留的乳化液在经过退火处理后,由于不能完全挥发掉,在高温下与钢带发生氧化反应,形成黑斑、黄斑、积炭等缺陷,成为影响产品质量的一大难题。通过观察和分析,造成轧后乳化液残留的主要因素是乳化液吹扫效果差、操作程序不规范、乳化液喷溅等。

1)提高乳化液吹扫压力为 $\geq 0.65\text{ MPa}$,增加侧吹喷嘴,提高侧吹效果,减少钢带两侧板形不良区乳

化液残留。调整喷嘴的吹扫角度与钢带表面的夹角为 45° ,以吹尽板面残留乳化液。

2)对乳化液喷射与吹扫操作顺序进行调整,在本道次钢带尾部降速停止前,提前关闭乳化液,并延时 30 s 关闭吹扫装置;下一道次轧制前,提前打开压缩空气进行吹扫,轧制结束后延时 30 s 关闭吹扫装置。减少乳化液残留。

3)轧机在高速生产过程中,除了因离心力作用使轧辊辊面的乳化液被甩飞溅外,中间辊及工作辊的辊间同时会涌出大量的乳化液,导致钢带板面乳化液残留。通过在轧机入口、出口牌坊间增加防乳化液喷溅挡板,将喷溅的乳化液分流到轧机两侧,减少了钢带表面的喷溅量。

采取上述改进措施后,乳化液的各项理化指标满足了电饭煲内胆用超深冲冷轧钢带生产工艺要求,达到了冷轧钢带表面光洁的效果。

2.4 冷轧板形质量控制

六辊 HC 可逆冷轧机具有中间辊弯辊横移、工作辊正负弯辊及轧辊倾斜等板形调节技术,但产品在生产初期肋浪缺陷突出,而且肋浪缺陷形成的原因较复杂。

2.4.1 肋浪缺陷形成原因

对肋浪缺陷形成的原因从人、机、料、法、环等方面进行了查找分析,主要原因:1)因轧机乳化液喷嘴数量少,轧制时钢带润滑冷却效果不良,轧制温度过高($90\text{ }^\circ\text{C}$ 以上),在冷却不良部位出现肋浪缺陷。2)因中间辊倒角尺寸小,无法满足工作辊弯辊要求,弯辊量超过 100% ,影响板形调整。3)对轧机左右卷取机中心线测量可知,1#卷取机偏差 0.65 mm ,2#卷取机偏差 0.8 mm ,超过标准要求,导致卷形不齐,板形难以控制,形成肋浪缺陷。

2.4.2 肋浪缺陷控制措施

1)增加乳化液喷嘴数量,在工作辊上下喷射梁两边部 260 mm 处各增加 5 个乳化液喷嘴共计 20 个,同时取消喷射梁内的隔板,均匀流量,提高了冷轧钢带肋部冷却效果,减少了肋浪缺陷。

2)根据倒角弧度和宽度要求,在中间辊上磨削弧度为 5° 、宽度为 90 mm 的倒角。解决了因倒角不准确造成的肋浪缺陷。

3)对轧机左右卷取机的中心线进行找正,使左右卷取机中心线偏移控制在 0.6 mm 以内,保证左右卷取机在中心线上,保证了卷取质量,从而提高了板形质量。

2.5 冷轧总压下率的确定

随着冷轧压下率的增加,再结晶温度明显降低。这主要是由于随冷轧压下率的增加,位错密度增加,

而钢板 80%~90%再结晶储能是以位错的形式储存于变形钢板中。形变储能越高,组织向低能量转变的倾向越大,即在再结晶退火过程中再结晶驱动力越大,可以使再结晶过程提前,降低了再结晶开始和结束的温度。同时,形变储能的增加也使形核率和长大速度相应增大,并且随着冷轧压下率的增加也相对延长了晶粒长大过程。但当压下率增加到一定程度之后,再结晶温度趋于稳定。在实际生产中为保证最终成品具有良好的深冲能力,对深冲钢采用 75%左右的总压下率进行轧制。

2.6 退火工艺分析

超深冲冷轧钢带成形能力相对较好,是由于较粗大的晶粒有利于提高其成形性能,而这主要取决于退火工艺。退火工艺参数的不稳定和退火不充分是成品产品深冲性能不佳和不稳定的一个重要影响因素。热轧钢带经较大压下率冷轧后位错密度急剧升高,钢板强度可达 600 MPa,而冷轧产生的加工硬化只有通过再结晶退火才能消除,最终获得理想的深冲性能。

由于罩式退火炉内不同位置的钢卷和同一钢卷的不同部位温度都不相同,存在温度最高点热点和最低点冷点,极易出现同一钢卷冷热点温差过大导致力学性能不均的现象,退火过程应严格保证保温和冷却时间。

2.6.1 退火升温速率

较低的升温速度可以保证罩式退火炉中钢卷温度的均匀性,在一定程度上可以提高产品的深冲性能。在退火升温过程中,升温至 470 °C 设置 2 h 的保温平台,温度 >470 °C 后升温速率按照 40~45 °C/h 设定,以保证产品良好的深冲性能。

2.6.2 保温温度

退火温度偏高,退火再结晶晶粒粗大;退火温度偏低,退火再结晶不完全,晶粒偏细。晶粒过大,则塑性降低,在冲压成形时易在变形较大的部位出现破裂,而且在制件表面还容易产生粗糙的桔皮;晶粒过细,则钢板强度高,塑性降低,回弹现象增加,且冲压变形时易加工硬化,冲压性能差。

1) 保温温度对试样硬度的影响。当温度高于 560 °C 时,深冲钢的硬度值开始明显下降,此阶段钢板已发生回复和再结晶;在 560~690 °C 之内,硬度值显著下降,这表明在该温度范围内再结晶过程进行激烈,并随着温度的升高再结晶晶粒大量形核并长大,随着温度的继续升高,硬度值下降缓慢,此时钢板内的冷加工组织已消除,晶粒已完全再结晶。

2) 保温温度对金相组织的影响。当温度加热到 500 °C 时,钢的组织仍为冷加工纤维状原始组织;当

温度升高到 560 °C 时,原始组织中开始出现少量的再结晶晶粒,随着温度的升高,再结晶晶粒的形核速率加快并同时伴随晶粒长大;当温度达到 620 °C 时,钢板组织内已有大量的再结晶晶粒,但此时晶粒细小,晶粒度 10 级,并且不均匀;当温度为 690~720 °C 时,原始组织内的晶粒已全部发生再结晶,晶粒度 8 级。

2.6.3 保温时间

1) 保温时间对试样硬度的影响。钢卷在 690~720 °C 的保温再结晶退火过程中,随着保温时间的增加,钢的显微硬度值仍较低并且变化不大。这说明以低速连续升温到 690~720 °C 的过程中,钢带内的晶粒已经全部发生再结晶;当保温时间达到 17~19 h 时,钢板硬度已降至最低,此时保温时间再延长,其硬度基本不变。由此可见,在深冲钢退火过程中,退火温度是关键因素,当钢板内晶粒充分再结晶后,保温时间的影响很小。

2) 保温时间对金相组织的影响。连续升温到 690~720 °C 时,钢板内晶粒已全部发生再结晶,晶粒细小。随着保温时间的延长,晶粒逐渐长大,保温 17~19 h,晶粒已充分长大,晶粒度 6~8 级。

2.6.4 闷罩时间

根据冷轧钢带粘结产生机理,确定控制冷却速度,即增加一段带罩冷却时间,闷罩 2 h 换罩,从而控制冷却速度,减少冷却过程中钢卷冷点温度与热点温度之差。通过重卷机组卸张,减少钢卷层与层之间的压力,从而避免了粘结缺陷的产生。

2.7 平整工艺

2.7.1 平整延伸率对材料性能的影响

材料的屈服强度及断后伸长率随着平整延伸率的升高而逐渐升高。影响屈服强度变化的主要因素除材料晶粒尺寸大小及第二相分布密度外,晶粒中的位错密度也会对材料的屈服强度及伸长率产生影响。材料经过平整后,晶粒内部必然会产生部分新的位错,位错密度随着平整延伸率的增加而增大,从而导致材料的屈服强度也随着平整延伸率的增加而增大。

由于平整延伸率增高,晶粒内部的缺陷密度也逐渐增大,从而相对增大了拉伸试验过程中的缺陷,这也是材料伸长率随着平整延伸率的增加而降低的原因。但由于抗拉强度的取值为断裂拉伸强度,<1%的平整延伸率不会对材料的抗拉强度造成较大的影响。

为保证产品具有良好的板形及赋予材料必要的表面粗糙度,以保证深冲材料的冲压性能,经过退火的材料必须经过平整处理。在保证平整延伸率能够

满足钢带表面粗糙度及调节板形的前提下,尽量降低,控制在0.5%~0.6%,以降低钢带的屈服强度并提高材料的断后伸长率。经大量的试验生产,平整力控制在2 600~3 200 kN时,产品性能满足要求。

2.7.2 平整板面粗糙度

冷轧钢带板面粗糙度直接影响材料的冲压成形及金属的流动特性,钢带通过在粗糙面的低谷中残留部分加工油,可减少冲压过程中的摩擦力,改善冲压的润滑性能,降低冲废率。此外,带有粗糙度的钢带有利于提高后序工艺中喷漆或涂漆的结合力。但表面粗糙度过高,在凹部储存的油量增加的同时,向凸模供油的效果会变差,从而造成钢板表面流动性变差。表面粗糙度控制在 $\leq 0.8 \mu\text{m}$ 。

冷轧钢带表面的粗糙度是钢带在平整时,将平整机工作辊经抛丸毛化处理经过轧制复印到钢板表面形成的不同形貌。为了探索抛丸工作辊毛化钢带的粗糙度衰减规律,用粗糙度为 $0.8 \sim 1.2 \mu\text{m}$ 的毛化辊进行钢带平整毛化试验,用手持式粗糙度仪测量板面粗糙度。平整后板面粗糙度为 $< 0.8 \mu\text{m}$ 时,符合用户要求。

2.8 厚度精度控制

为了保证产品的厚度精度,主要采取了以下措施:1)每3卷对测厚仪小标定一次,每半月对测厚仪大标定一次,并且对产品取样检测9点厚度差,与测厚仪检测值进行对比,如果偏差较大,对测厚

仪进行检查和维护。2)根据平整前产品厚度测量值调整轧制预留量和平整轧制力。3)轧辊上线前对锥度和凸度进行检查,规定支撑辊的锥度控制在0.02 mm以内,凸度控制在0.01 mm以内,并保证装配精度,杜绝因支撑辊磨削和装配精度影响产品厚度精度。4)对轧机中间辊的倒角尺寸进行优化,由以前的70 mm优化到 $(90 \pm 5)\text{mm}$,解决了钢带边部减薄的问题。

3 产品实物质量分析

根据开发及优化的生产工艺实现了电饭煲内胆用超深冲冷轧钢带的批量生产,产品质量检验表明,钢带的屈服强度为200 MPa,抗拉强度为301 MPa,断后伸长率为47%, 180° 弯曲试验完好, n 值为0.24, r 值为2.38,厚度偏差 $-0.01 \sim 0 \text{ mm}$,宽度偏差 $0 \sim +2 \text{ mm}$,不平度 $\leq 2 \text{ mm}$,表面质量达到一等品要求,各项指标达到了电饭煲内胆用超深冲冷轧钢带技术要求。

与常规冷轧钢带相比,产品具有良好的深冲性能,适用于制造各种类型的电饭煲内胆,目前已广泛应用于美的、九阳、威王等知名电饭煲生产企业,满足了客户对电饭煲内胆用超深冲冷轧钢带质量要求,产品畅销山东、江苏、上海、河北、福建、天津等省市,赢得了良好的质量信誉,受到了广大用户的好评,产品具有广阔的市场前景。

Development and Production Practice of Ultra Deep Drawing Cold Rolled Steel Strip for Inner Liner of Electric Cooker

CHEN Pu, HOU Yuanxin, MENG Haiyan, ZHU Aimei

(Shandong Taishan Iron and Steel Group Co., Ltd., Laiwu 271100, China)

Abstract: The ultra deep drawing cold rolled steel strip for inner liner of electric cooker was successfully developed according to the requirements of product quality. The total reduction rate was determined as about 75%. Annealing process parameters were determined $(690\text{--}720^\circ\text{C}) \times (17\text{--}19 \text{ h})$, stuffy cover for 2 h change cover. The rolling force was optimized as 2 600~3 200 kN and so on, the deep drawing performance of products can be ensured and the quality of plate and plate shape are improved. Product quality inspection showed that the yield strength is 200 MPa, tensile strength is 301 MPa, percentage elongation after fracture is 47%, n value is 0.24, r value is 2.38, thickness deviation is from -0.01 mm to 0 mm , width deviation is from 0 mm to $+2 \text{ mm}$, inequality roughness is less than 2 mm and the surface quality met the requirements for the first grade.

Key words: steel for inner liner of electric cooker; ultra deep drawing cold rolled steel strip; mechanical property; dimension deviation

学会动态

聚焦产业集群 助力创新驱动 促进转型升级

2017年12月20日上午,山东省科协工程学会群秘书长工作交流会在济南召开,省科协学会部葛玉芝部长出席会议并讲话。山东金属学会、山东机械工程学会、山东汽车工程学会、山东省自动化学会、山东电子学会、山东公路学会、山东内燃机学会、山东农业机械学会、山东省物联网协会等9个学会参加了会议并进行了交流,会议由工程学会群年度轮值学会-山东金属学会主办,

山东金属学会常务副秘书长顾大庆主持了会议。

各参会学会分别交流了自身建设情况以及在高端学术交流、承接政府职能、创新驱动工程、人才和成果评价、标准制定等方面的工作成效、典型经验和存在问题;对学科群如何加强合作、发挥作用、建立常态化机制提出了建议。

(山东金属学会秘书处)