包钢电池壳钢的研制

韩玉龙,廖 腾,高 军

(内蒙古包钢钢联股份有限公司薄板坯连铸连轧厂,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 电池壳钢用于生产电池钢壳,是一种高技术含量、高品质要求的精密冷轧产品,同时具备高速、深冲与减薄拉伸工艺、严格外观质量要求的产品。文章结合薄板厂现有技术装备特点,从成分设计、组织性能、生产工艺等方面制定方案,针对薄规格轧制稳定性、厚度偏差、表面粗糙度等方面进行攻关,试制产品实物质量完全符合客户需求,丰富了公司的钢铁产品种类。

关键词: 电池壳钢; 深冲; 表面质量

中图分类号: TG335.5 **文献标识码**: B **文章编号**: 1009-5438(2018)01-0001-05

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2018.01.001

Development of Battery Shell Steel in Baotou Steel

HAN Yu-long, LIAO Teng, GAO Jun

(*CSP Plant of Inner Mongolia Steel Union Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp., Baotou* 014010, *Nei Monggol, China*)

Abstract: Battery shell steel is used for the production of steel battery shell. It is the precision cold-rolled product with high technology content and high requirements for quality, and has high speed, deep drawing, thinning drawing process and strict appearance quality requirements. In the paper, based on the characteristics of existing technical equipment, the scheme is established from composition design, structure property, manufacturing technique and other aspects, and the stability, thickness deviation and surface roughness for thin gauge rolling are dealed with. The actual product quality of trial products meets the customer's requirements completely, enriching the company's steel products range.

Key words: battery shell steel; deep drawing; surface quality

电池壳钢对表面质量以及深冲性要求比较严格,常规的壳钢原板厚度为0.25~0.50 mm左右,要求双面达到"O5"板表面品质。目前,国内仅有宝钢、唐钢等少数几家可以生产。包钢薄板厂在进行充分市场调研的基础上,从细化转炉、精炼、铸机、热轧、冷轧、清洗、罩退、平整各工艺环节入手,制定方案,逐项攻关,并取得了阶段性成果。该产品的成功生产,整体提升了包钢冷板的工业制造水平。

1 电池壳钢的产品特性

在宝钢电池壳钢产品问世之前,国内市场基本由日本新日铁占领。目前,国内电池壳钢用户所用原材料主要来自日本新日铁SPCEN-SB和宝钢BDCK,国内电池壳钢需求量基本维持在7万t左右,宝钢市场份额约为1/3。但伴随着世界各国持续发展的以电动汽车为主力的新能源汽车,电池壳钢的发展也将迎来新的机遇。

* **收稿日期**: 2017-12-01

作者简介: 韩玉龙(1978-),男,天津宝坻县人,硕士,高级工程师,技术专家,现从事产品质量管理工作。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

电池钢壳所要求的变形程度超过了材料一次成形所允许的最大变形程度[1]，钢壳无法一次拉伸成形，所以电池钢壳冲制，由多道次拉伸与变薄拉伸构成，冲压变形过程见图1。电池钢壳生产流程复杂，主要包括电池壳冲压、电池封装，主要过程见图2。关键使用技术包括电池壳冲制技术、电池封装工序中的滚槽技术和卷边封口技术。电池壳钢的主要使用流程见图3。

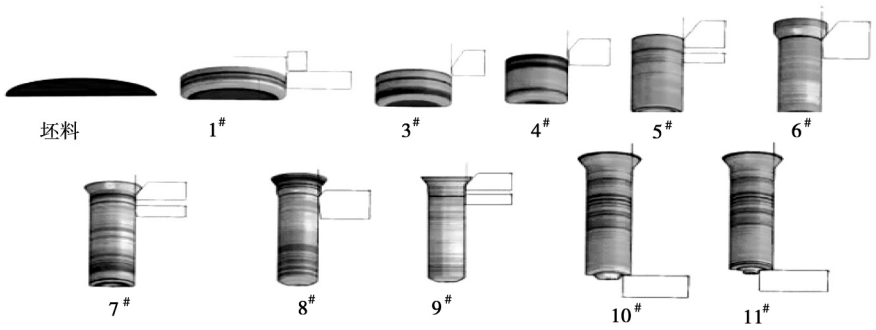


图1 电池壳钢冲压变形过程图

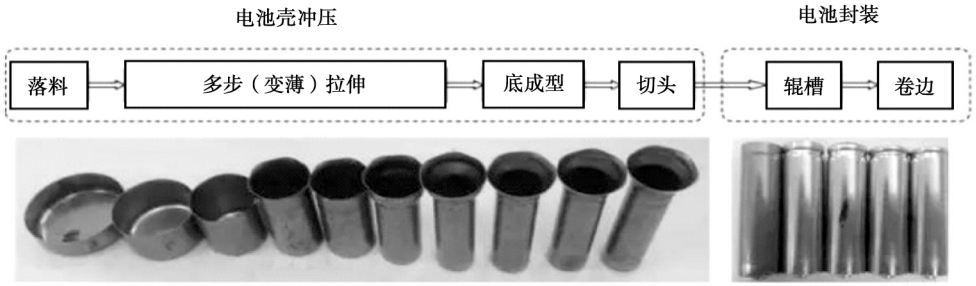


图2 电池壳钢冲压、封装示意图

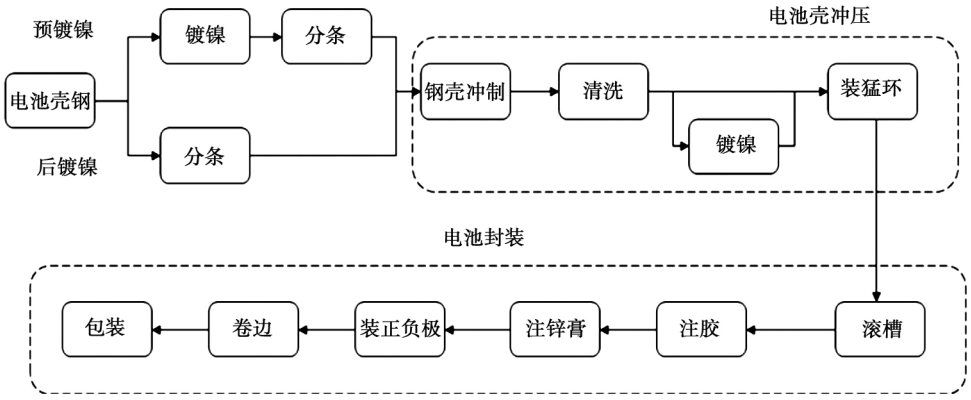


图3 电池壳钢使用流程图

电池壳钢的产品主要特性有：高的尺寸精度，毛面厚度精度正负0.01 mm，光面厚度精度为-0.007～-0.003 mm。高的表面质量，高纯净钢的特性，可以减少材质造成的“砂眼”缺陷，优良的材料内在质量特点，可以减少材质造成的“雪花点”缺陷，高等级表面质量和控制，可以减少材料给冲压带来的质量风险。良好的冲压成型性，具有深冲、减薄、制耳小等特点。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2　电池壳钢的工艺设计

2.1　工艺流程

生产电池壳钢的工艺流程为: 铁水脱硫→转炉冶炼→精炼→板坯连铸→加热→热轧→层流冷却→卷取→酸轧→清洗→罩退→平整→重卷分卷→打包→称重→入库。

2.2　成分设计

成分是钢板性能优劣的基础,对成型用钢也是如此,因此,在生产电池壳钢过程中,对成分的设计和严格控制至关重要。IF 钢具有最大的加工硬化指数,塑性应变比及较低的屈强比,从而使其具备较 08F、08AL 更加优异的深冲性能。IF 钢退火组织为等轴铁素体,随着晶粒尺寸增大, r、n 值提高。IF 钢依据合金元素的加入,可以分为 Ti – IF 钢、Nb – IF 钢、Ti – Nb – IF 钢。Ti – IF 钢的强度较低,延伸率、r 值和 n 值较高,但其在 450 方向的 r 值较低,导致各向异性差; Nb – IF 钢的强度较高,延伸率低,但是各向异性 $\triangle r$ 值基本为零; 而 Ti – Nb – IF 钢可获得前两者的综合性能,强度水平基本与 Ti – IF 钢一致, $\triangle r$ 值也显著降低[2]。依据电池壳钢的产品特性,将其成分设计为 Ti – Nb – IF 钢。表 1 为薄板厂采用 IF 钢为基料自行设计的电池壳钢成分。

表 1　包钢电池壳钢化学成分设计(质量分数)　%

化学成分	C	Si	Mn	P	S	Al_s
范围要求	≤0.004	≤0.03	≤0.25	≤0.020	≤0.020	≥0.020

2.3　炼钢工艺设计

IF 钢的主要特性为无间隙原子。因此,首先需在炼钢工序通过真空处理使碳、氮的质量分数降至 0.002% ~0.004%,在此基础上,通过添加钛和铌元素加强碳氮化合物形成,并固化间隙原子,形成碳氮化物析出。在炼钢阶段,通过炉外精炼使碳和氮尽可能低。同时,为了降低强度,提高延伸率,还要将锰、硅和磷等固溶强化元素控制在低的水平,并严格控制残余元素量。

2.3.1　钢的成分控制

成分设计完成后,如何使钢水成分稳定控制在狭窄的范围内,它直接影响到最终产品的性能。稳定的成分控制、先进的废钢管理、冶炼过程中生产人员的操作习惯对成分控制的稳定性都至关重要。生产电池壳钢,按照如下工艺特点进行冶炼控制: 采用低磷、高温铁水; 选用厂内自选优质废钢(严格控制有害元素质量分数) ; 吹炼时采用镁质石灰(保证整个吹炼过程平稳、无喷溅) ; 严格控制进厂原材料的质量稳定(保证吹炼平稳,提高转炉终点碳温双命中率) ; 新出钢口(保证气动挡渣效果) ; 转炉采用预脱氧(保证钢水纯净度) ; 保证进入炉外精炼站的钢水温度。表 2 为 RH 供连铸钢水成分。

表 2　RH 供连铸钢水成分(质量分数)　%

项目	C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	O	N
放行标准	≤0.004	≤0.030	0.04 ~0.20	≤0.015	≤0.010	0.02 ~0.06	0.05 ~0.07	≤0.0030	≤0.0040
目标	0.002	0.007	0.10	0.01	0.005	0.04	0.06	0.0020	0.0030

2.3.2　钢的洁净度控制

从电池壳钢的生产工艺来看,钢的洁净度控制主要体现在钢中夹杂物的控制,夹杂物严重影响到冷轧板的加工成型性。钢中的夹杂物基本上是在钢的冶炼、浇铸过程中产生的。因此,在冶炼过程中,应该控制以下方面: 转炉或者钢包老化,造成的炉衬剥落掉入钢水内; 炉料加入时间过晚或炉料颗粒过大,在钢水中未完全熔化; 脱氧产物未及时上浮,留在钢水内; 浇铸过程中保护渣卷入。最终钢的纯净度全氧的质量分数 $w[O] \leq 0.002\%$; 总杂质质量分数 $w[P + S + O + H + N] \leq 0.01\%$; 种类为塑性夹杂, Al_2O_3 夹杂的质量分数 $w[Al_2O_3] < 15\%$; 夹杂小于 20 m; 数量尽量少并均匀分布。最终铸坯检验要求低倍组织试片不得有目视可见的缩孔、气泡、裂纹、夹杂、翻皮、白点、晶间裂纹、连铸坯中心偏析不得大于 C 类 1.0 级,中心疏松不得大于 1 级。

2.4　热轧工艺设计

热轧工序影响电池壳钢的表面质量和组织性能,其主要工艺因素有: 加热炉气氛控制、开轧温度、终轧温度、冷却方式、卷取温度。热轧中,生产工艺参数总的控制原则是高温加热使氮化铝溶解; 在奥氏体区完成终轧; 高温卷取,以粗化渗碳体和氮化铝粒子。具体的参数控制见表 3,偏差范围为 ±20 ℃。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表3 热轧温度制度目标值 ℃

开轧温度	终轧温度	冷却模式	卷取温度
1 200	920	后分散	720

连铸坯的化学成分、表面质量要严格控制外，连铸坯的头、尾段不作为电池壳钢的原料，所有板坯表面缺陷需要使用火焰清理。热轧时除严格控制出炉温度、终轧温度和卷取温度外，高压水除鳞压力要保证前喷头18 MPa后喷头28 MPa，所有的辊子和辊道必须全部清理，不准破损和带有杂物，轧辊换辊周期为90 km。

2.5 冷轧工艺设计

冷轧变形量对织构的影响很大，通过织构直接影响到r值，在冷轧工序中，重要的工艺控制参数是压下率。从有利织构考虑，在机组能力、材料强度、加工硬化等因素的影响下，冷轧压下率应该尽量大，电池壳钢的冷轧压下率应该保持在80%以上。此外，IF钢表面氧化层比低碳铝镇静钢厚，为保证带钢酸洗效果均匀酸洗板面粗糙度，要降低酸液中铁的质量分数，酸洗线控制目标见表4；其次，为提高带钢表面反射率需要注意乳化液质量，乳化液控制目标见表5；最后，为了保障表面完整无损，需要对酸洗、轧机、清洗、平整各条线上的辊子要求严格，在生产电池壳钢之前要保持表面完整无损，不得沾有杂物，尤其是轧机和平整机的工作辊、支撑辊状态。

表4 酸洗线控制指标

指标	Ⅰ段	Ⅱ段	Ⅲ段
酸洗温度/℃	75～90	75～90	75～90
游离酸浓度/(g·L^{-1})	30～50	55～75	90～110

表5 乳化液控制指标

温度/℃	皂化值/(mg·g^{-1})	电导率/(μs·cm^{-1})	稳定性/%	灰分/10^{-6}	铁粉/10^{-6}	残油残铁/(mg·m^{-2})
52±2	175	≤300	8±2	≤1 000	≤500	≤390

电池壳钢采用罩式退火，主要是由于罩式退火工艺的优点是使被处理的板材具有“饼状晶粒”的组织特性，这一特征能够使钢材获得更低的屈服强度和更高的r值，对材料的深冲性能有利。提高退火温度可以更好地提升钢材的冲压性能，但同时会加重薄规格带卷粘连，为此通过控制罩式退火炉退火温度、保温时间、冷却速度以达到质量和性能的平衡点。罩式炉退火前要将炉台进行彻底清理，同时清理对流板。并在冷轧和罩退之间增加清洗工序，可以有效改善板面清洁性和板形。表6为清洗线生产电池壳钢参数表。

表6 清洗线控制指标

位置	温度/℃	电导率/(μs·cm^{-1})	烘干效果
碱喷洗	50～70	4 000～6 000	
碱刷洗	50～70	4 000～6 000	
电解清洗段	60～80	5 000～7 000	
漂洗段(喷洗+刷洗)	50～60	10～20	
干燥器	95～120		板面干燥无水

对于退火后的电池壳钢进行平整，主要目的是消除屈服平台、传递表面粗糙度、提高板面的平直度、改善板形。由于采用IF钢作为冷轧基料，所以不需要消除屈服平台，平整的目的主要是为了提高板形质量和传递粗糙度。生产电池壳钢使用湿平整工艺，湿平整可以将轧辊表面和带钢表面的脏物清洗干净，以减少钢带平整后的表面缺陷，提高成品板面清洁度；同时平整液具有润滑功能，能有效降低平整轧制力，减轻轧辊磨损，提高工作辊使用寿命。但在使用平整液时，必须要注意吹扫工艺和喷嘴的喷射角度、流量，防止出现平整液残留造成的斑迹，并要注意平整液的参数。表7为电池壳钢平整机延伸率设定。

表7 平整机工艺参数设定

厚度/mm	平整机延伸率/%
≤0.6	0.4
0.6	0.6

3 试制问题及解决措施

3.1 薄规格轧制稳定性

电池壳钢的厚度较薄，因此薄规格的轧制稳定

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

性是冷热轧共同面临的难题。热轧从控制铸坯的镰刀弯和楔形入手解决铸坯的稳定性、从调整燃烧效率和板坯加速点获得理想的开轧温度、从调整除鳞机压力等方面着手解决设备精度问题、从轧机配辊和活套角度控制等方面解决工艺控制问题获得了较好的效果。冷轧从调整焊机功率、焊接速度、提升焊机设备精度等方面降低了焊缝断带率,从轧制参数设定、轧辊修磨、机架张力分布等方面解决工艺原因造成的非焊缝断带,从调整轧机 HGC 缸的模式、机架间张力测量辊位置等方面解决设备原因造成的非焊缝断带。最终生产满足需求的薄规格产品。上述措施的实施,产品一次合格率稳定在 95% 以上。

3.2　粘连缺陷的控制

在冷轧工序中降低粘连缺陷的主要措施有保证板型及不松卷的前提下尽量减少卷取张力; 提高平整机开卷速度; 冷轧过程中在末机架使用毛化辊并控制钢带表面粗糙度[3]; 严格执行退火工艺制度(包括加热温度、保温时间、保温温度、冷却速度等)。多措并举,有效抑制了电池壳钢粘连缺陷的产生。电池壳钢退火曲线见图 4。

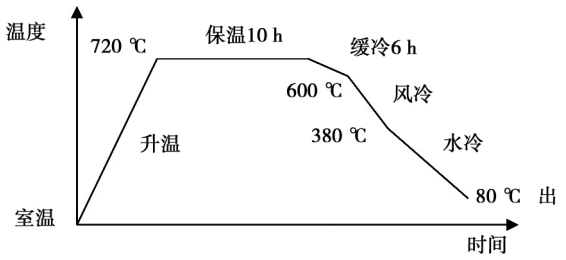


图 4　电池壳钢的退火曲线

3.3　表面缺陷的控制

生产电池壳钢的成品表面缺陷主要是色差,丝毛印等缺陷,该缺陷严重影响了成品表面质量,当下游用户为钢带镀镍时,钢带表面的色差经过镀镍会反衬的更加明显,大大降低了产品的合格率。产生色差与丝毛印的主要原因就是轧制压力与辊间压力分布不均匀,在实际生产过程中从优化平整机辊型曲线、轧辊配辊、延伸率、轧制参数调整上着手解决问题,提升了产品合格率。

4　结论

(1) 使用本文确定的工艺条件生产的电池壳钢钢质纯净、低倍组织致密、气体夹杂物含量极低,成分均匀,冶炼质量良好。

(2) 钢板经过热轧、冷轧、冷轧平整最终得到屈服强度 180 ~ 330 MPa、抗拉强度 300 ~ 350 MPa 的钢板,满足客户需求。

(3) 钢板最终厚度偏差光面 - 0.007 ~ 0.003 mm,毛面 - 0.01 ~ 0.01 mm,满足客户的需求。

参　考　文　献

[1] 吴首民,徐俊,韦晓. 双机架平整机电池钢表面质量控制与实验[J]. 轧钢,2015,32(增刊 2): 124 - 127.

[2] 钱健清,袁新运. 冷轧深冲钢板的性能检测和缺陷分析[M]. 北京: 冶金工业出版社,2012.

[3] 黄皆捷,吴彬. 宝钢冷轧板粘结成因分析及消除对策探讨[J]. 轧钢,1999,16(3): 13 - 16.

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net