小方坯生产SWRH82B高碳硬线研究与实践

董 捷[1,2]、陈 林[1]、吕 刚[1,2]

(1. 内蒙古科技大学材料与冶金工程学院,内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古包钢钢联股份有限公司技术中心,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章结合包钢小方坯工艺生产SWRH82B炼钢生产实践,阐述了炼钢原辅材料、转炉冶炼、钢包精炼、连铸各工序控制点对SWRH82B钢质洁净度的影响。通过实践表明,该工艺提高了SWRH82B高碳硬线钢钢质洁净度,满足了用户拉拔需求。

关键词: SWRH82B; 洁净度; 拉拔需求
中图分类号: TG142.41 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2017)02-0035-03
DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2017.02.012

Research and Practice of SWRH82B High-carbon Hard Wire for Billet Production

DONG Jie[1,2], *CHEN Lin*[1], *LV Gang*[1,2]

(1. *School of Material and Metallurgy, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou* 014010, *Nei Monggol, China*;
2. *Technical Center of Steel Union Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp., Baotou* 014010, *Nei Monggol, China*)

Abstract: In the paper, it is expounded the influence of the control points for steelmaking raw and auxiliary materials, converter smelting, ladle refining and continuous casting process on the cleanliness of SWRH82B steel, which based on the steelmaking production practice of SWRH82B using billet process of Baotou Steel. Through practice shows that this technology can improve the steel cleanliness of SWRH82B high-carbon hard wire steel and meet the drawing requirements of users.

Key words: SWRH82B; cleanliness; drawing requirements

高强度低松弛预应力混凝土结构用钢丝和钢绞线一般应用于高架公路、大跨度桥梁和高层建筑等国家重点工程,具有高强度、高韧性、低松弛等性能,因而PC钢丝及钢绞线生产的各个环节都相当关键。在生产工艺稳定的情况下,凡遇断头率高,成品性能不合格等情况,通常与原料SWRH82B热轧盘条的质量有关,因此SWRH82B热轧盘条应具有洁净的钢质、稳定的化学成分、高精度尺寸、良好的力学性能及索氏体化率高的金相组织,尤其是钢质的洁净度更是需要重点控制,其目的就是控制钢中的有害元素及夹杂物[1]。本文结合包钢小方坯工艺生产SWRH82B生产实践,阐述了洁净度满足用户要求的SWRH82B钢的炼钢生产工艺。

1 炼钢原材料

1.1 原材料类型

炼钢用原材料分为主原料、辅原料和各类铁合金,主原料主要是铁水和废钢,辅原料通常是指造渣

收稿日期: 2017-01-19
作者简介: 董 捷(1987-),女,内蒙古包头市人,在读硕士,工程师,现从事新产品开发工作。

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

剂(白灰、萤石、白云石、合成造渣剂)、冷却剂(铁矿石、氧化铁皮、烧结矿、球团矿)、增碳剂以及氧气、氮气、氩气等。铁合金主要有锰铁、硅铁、硅锰合金、金属铝等。炼钢原材料的质量直接决定了炼钢生产工序的稳定和产品质量的稳定。

1.2 原材料要求

为保证SWRH82B产品质量,其铁水要求:w[Si]:0.3%~0.7%,w[S]≤0.06%,w[P]≤0.120%,w[Ti]≤0.10%。石灰要求:块度20~60 mm,粉末不得大于10%,烧透率大于92%,活性度大于等于300,过烧小于等于3%,氧化钙大于等于85%。SiO_2小于等于10%. P、S小于等于0.05%。水分小于等于0.3%。铁皮球、废钢、萤石等原料要求干燥,水分不得大于0.5%。增碳剂应采用低氮增碳剂,各种原辅材料均应满足国标要求。

2 转炉冶炼

2.1 国内生产高碳硬线钢工艺情况

2.1.1 高拉碳补吹法

生产硬线钢一般使用100%铁水+专门废钢,吹炼前期倒掉炉渣(去磷),吹炼到钢中碳含量大于0.60%时倒炉取样,然后根据温度成分进行补吹,再倒炉测温取样,视情况出钢或补吹。此方法优点是增碳量小,碳粉加入量小;钢中氧含量少,缺点是前期倒炉温度损失大,冶炼周期长,需多次等样。其生产关键是高拉碳时,钢水中P含量较低。

2.1.2 低拉碳增碳法

即吹炼前期倒炉倒渣,然后将钢中碳一次拉到0.07%~0.15%,出钢时加碳粉增碳。此方法优点是终点温度控制较高,渣中FeO含量高,利于去磷且铁水磷含量不用太低;倒炉次数少,冶炼周期短。缺点是增碳量大,增碳剂带入的夹杂气体多,钢中氧含量高[2]。

2.1.3 两种生产工艺的利弊

如果采用高拉补吹工艺,生产节奏难以控制,根据包钢情况铁水w[P]相对较高,很难保证w[P]≤0.120%的目标要求,因此采用低拉碳增碳法,但保证出钢碳w[C]≥0.10%,与高拉碳出钢还存在较大差距。

2.2 包钢转炉工艺控制

转炉装入量控制102 t左右,铁水95t,废钢7 t,出钢量控制在93 t左右,终渣碱度按3.0左右控制,因为磷含量相对较高,采用双渣操作。出钢终点w[C]≥0.10%,w[P]≤0.010%,出钢温度1 610 ℃左右,严禁下渣,防止回磷过量。出钢所加合金要求符合国标要求,块度10~50 mm,水分要求小于等于0.5%,采用低铝、低钛合金。增碳剂采用低氮增碳剂(w(N)≤0.05%),要求干燥水分小于等于0.5%。

3 LF炉精炼

3.1 LF精炼的目的

LF精炼主要是调节钢液成分、温度以及去除夹杂物,是冶炼高碳硬线洁净钢的重要环节。研究表明精炼过程可以去除钢液中80%左右的夹杂物。

3.2 LF精炼控制

根据硬线钢的拉拔使用要求,对精炼提出要求如下:控制w[O]≤20×10^{-6},不允许Al_2O_3类脆性夹杂存在。

气体搅拌是LF精炼过程最为简单的精炼方式,通过气体搅拌使钢渣充分混合,再通过向钢液面加入一些合适的合成渣可以将钢液中的磷、硫以及非金属夹杂物脱除到渣中,然而,氩气量过大会使空气进入钢液,造成钢液的二次氧化,最终导致合金收得率低、吸氮及卷渣。因此在LF精炼生产时严格控制氩气流量,保证弱氩搅拌,不得使钢液面外露,精炼后软吹时间必须保证15 min以上,满足夹杂物上浮和聚合下沉的时间。

LF精炼炉精炼过程中炉渣有很高的化学活性,可以很好的吸收夹杂物,来保证钢水洁净度。为尽量减少Al_2O_3脆性夹杂物大量产生,保证高碳硬线钢的拉拔性,脱氧剂采用无铝脱氧剂,采用硅钙钡脱氧,并进行夹杂物变性处理,控制合适的w[Ca]/w[S]比值,使长条形MnS转变成为直径较小的点球状硫化物,使夹杂物对基体的影响程度减低到最小程度,白渣精炼时间≥20min。

精炼过程中,适当添加石灰、萤石、石英砂等造渣料调渣,碱度控制目标2.0左右,使钢中复合夹杂物转变成为低熔点、半塑性的夹杂物满足高碳硬线钢拉拔需求。

3.3 电解法对钢中夹杂物进行分析

由于采用金相法分析夹杂物受人工选取视场的主观性和取样的随机偶然性影响,分析结果存在一定误差。因此,用电解法分析钢中各非金属夹杂物含量及总的含量,从另一角度对钢中夹杂物的情况进行分析,以求探讨不同的脱氧方式对钢中夹杂物的影响情况。表1为电解法分析非金属夹杂物含量结果。

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

表 1　非金属夹杂物含量(质量分数)　　$10^{-4}\%$

脱氧		总夹杂	FeO	SiO_2	CaO	MgO	TiO_2	Al_2O_3
无铝脱氧	范围	30.11～48.45	0.95～2.67	3.88～7.54	0.14～1.19	0.66～2.62	0.09～0.8	19.33～38.87
	平均	41.02	1.53	5.52	0.6	1.56	0.33	31.12
有铝脱氧	范围	69.51～72.7	1.24～2.38	7.14～8.86	0.81～0.92	0.78～4.74	0.57～1.06	55.00～55.84
	平均	71.11	1.81	8	0.87	2.76	0.82	55.42

由表 1 可以看出，采用无铝脱氧工艺钢中各非金属夹杂物含量及总含量都要低，特别明显的是钢中的 Al_2O_3 的含量降低了很多，其平均值比有铝脱氧时降低了 30.09%。无铝脱氧剂硅钙钡镁中铝含量微乎其微，在脱氧时消除了由于脱氧剂的原因而带来铝从而使脱氧产物中 Al_2O_3 增多的因素，在最终的产品中铝含量显著减少。

3.4　非金属夹杂物对 SWRH82B 拉拔性能的影响

非金属夹杂物对 SWRH82B 拉拔性能影响程度不但取决于钢中夹杂物大小和数量，而且还取决于夹杂物的组成、分布及形态。为了弄清楚硅钙钡镁无铝脱氧剂对 SWRH82B 钢中夹杂物的变性作用，对试样的夹杂物进行了扫描电镜及能谱分析。发现钢中的夹杂物主要有三种组成形式，即 Al_2O_3—MgO—SiO_2—CaO 系、Al_2O_3—MgO 系和金属氧化物与硫化物的复合夹杂(见图 1—图 3)。

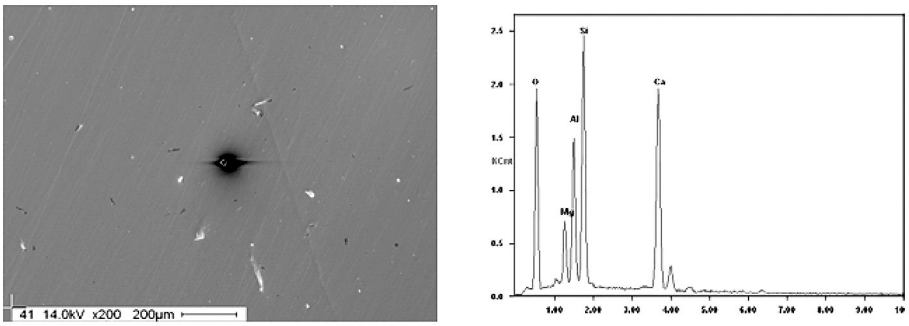


图 1　钢中 Al_2O_3—MgO—SiO_2—CaO 系氧化物夹杂

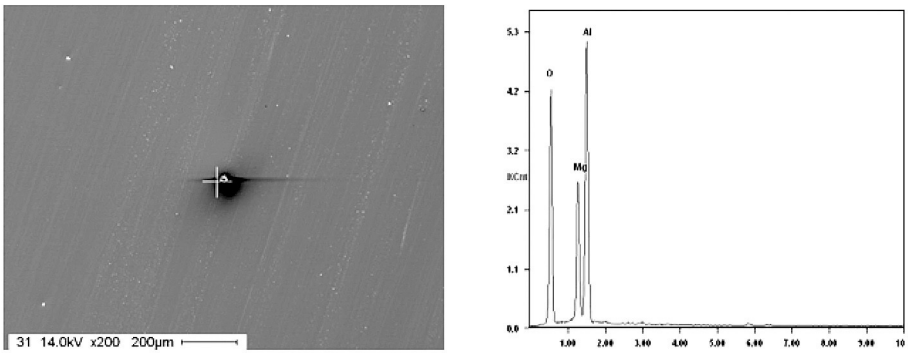


图 2　钢中 Al_2O_3—MgO 系氧化物夹杂

图 1—图 3 中的夹杂物形状为细小的圆球形，且呈弥散分布。图 3 中的夹杂物以 Al_2O_3—MgO—SiO_2—CaO 为中心，周围包裹着 MnS 夹杂，且呈鱼眼状，钢液在凝固过程中高熔点的氧化物成为核心，使后形成的低熔点 MnS 附着在其表面。通过以上三个扫描图片可以看出，采用无铝脱氧工艺使尖状脆性 Al_2O_3 夹杂颗粒在 Ca、Mg 系脱氧剂的作用下，改变了外形以半塑性圆球形状存在。(下转第 48 页)

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

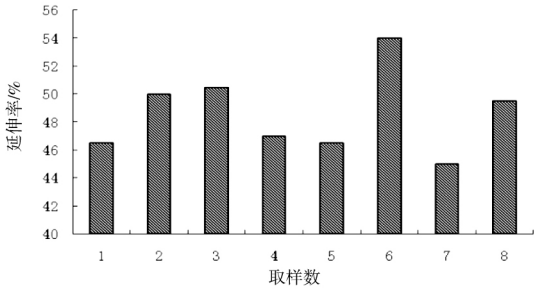


图4 DC04热轧原料延伸率分布图

表4 DC04热轧原料力学性能对比

力学性能	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	延伸率/%
主要分布范围	172～191	297～318	46.5～54.0
平均值	182	308	48.5

3 结束语

本文以保证钢带达到超低碳、减小出现夹杂物的概率及间隙原子充分固定、控制热轧板的组织和析出物的形貌为目的，设计超深冲用钢DC04热轧原料的化学成分及热轧工艺。通过实验室实验及工业试制，确定了可以满足技术要求的化学成分及工艺参数，产品性能符合技术要求。

参 考 文 献

[1] 于守巍. IF钢碳、氮含量控制研究[D]. 沈阳：辽宁科技大学，2011.
[2] 谢华. 高延伸率热轧深冲钢的生产实践[J]. 轧钢，2001，(2)：22－23.
[3] GB/T 5213—2008，冷轧低碳钢板及钢带[S].

(上接第37页)

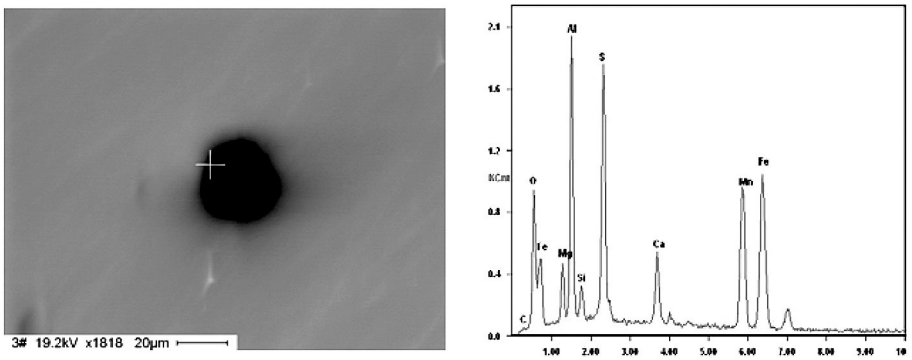


图3 钢中Al_2O_3—MgO—SiO_2—CaO系与MnS复合夹杂物

4 连铸

连铸采用小方坯铸机，铸机断面150 mm×150 mm，长水口和浸入式水口保护浇注，并加强密封，防止钢水二次氧化。连铸操作时采用恒拉速浇注，拉速控制1.9 m/min，过热度控制小于30 ℃，避免结晶器液面波动和过强的结晶器电磁搅拌，防止保护渣的卷入，凝固末端加电磁搅拌。

5 结束语

通过高碳钢盘条中氢及非金属夹杂物对盘条性能影响的研究，逐步解决了小方坯工艺生产高碳钢盘条质量波动的问题，尤其是连铸、拉速、过热度等工艺优化，保证了盘条力学性能和拉拔性的稳定。包钢共计生产SWRH82B盘条10 000余t。进厂检验及批量投料使用结果表明：产品表面质量好、尺寸精度高、机械性能稳定，可满足用户预应力钢丝及钢绞线生产要求。

参 考 文 献

[1] 施一新. 82B优质硬线生产的质量控制[J]. 金属制品，1998，(5)：11－12.
[2] 邵主彪. 转炉生产高碳硬线钢的工艺实践[J]. 河南冶金，2006：146.

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