

转炉-精炼-连铸-连轧生产60Si2Mn工艺实践

杜显彬, 周平, 李希海

(莱芜钢铁集团有限公司技术中心, 山东 莱芜 271104)

摘要: 莱钢采用转炉—精炼—连铸—连轧工艺生产60Si2Mn弹簧扁钢, 经改进完善生产工艺, 产品性能指标符合GB/T1222-84标准要求, 尺寸精度高, 表面质量好, 而且有效地降低生产成本, 提高了生产效率。

关键词: 弹簧钢; 转炉; 精炼; 连铸; 连轧

中图分类号: TF762+.5 文献标识码: B 文章编号: 1004-4620(2000)06-0001-03

Technical Practice for Producing 60Si2Mn Steel by Converter-Refining-Continuous Casting and Continuous Rolling Process

DU Xian-bin, ZHOU Ping, LI Xi-hai

(The Technical Center of Laiwu Iron and Steel Group Co., Ltd, Laiwu 271104, China)

Abstract: 60Si2Mn spring flat is produced by the process of converter refining continuous casting continuous rolling in Laiwu iron and steel Co., Ltd. Through improving the production technology the product property indexes accord with GB/T1222-84 standard. The product has high accuracy and good surface quality, as well as decreasing production cost and increasing productivity.

Keywords: spring steel; converter; refining; continuous casting; continuous rolling

目前国内60Si2Mn弹簧钢的生产, 大多采用电炉+炉外精炼+模注(或连铸)工艺。为了提高生产效率, 降低生产成本, 充分发挥莱芜钢铁集团有限公司(简称莱钢)炉外精炼、合金钢连铸机及中小型轧钢车间等新建项目的优势, 从1998年开始小批量试制生产60Si2 Mn弹簧扁钢。通过不断改进完善生产工艺, 产品质量逐步提高, 各项性能指标均能达到GB/T1222-84标准要求。经多家用户使用后, 反映良好。

1 主要技术指标

60Si2Mn弹簧扁钢的化学成分和力学性能要求分别见表1、表2。

表1 60Si2Mn熔炼成分要求 %

化学成分	C	Si	Mn	P	S
标准要求	0.56~0.64	1.50~2.00	0.60~0.90	≤0.035	≤0.035
内控要求	0.57~0.64	1.60~1.90	0.70~0.90	≤0.035	≤0.030

表2 60Si2Mn力学性能要求

热处理工艺			力学性能(≥)			
淬火 温度 T /℃	淬火介质	回火温度 T /℃	屈服强度 s/MPa	抗拉强度 σ b/MPa	延伸率 δ/%	断面收缩率 ψ/%
870±20	油	480±50	1176	1274	5	25

2 生产工艺

60Si2Mn弹簧扁钢的主要生产工艺流程为：

25t转炉冶炼→LF精炼→连铸→中小型轧机轧材→检验入库

2.1 冶炼

要求铁水S小于0.05%、P小于0.07%，铁水温度不低于1250℃，带渣量少于0.5%。废钢多采用切头及自产废钢，要求干燥、洁净。石灰CaO含量大于85%，装入量要求控制准确，误差不大于0.6t。

供氧采用恒压变枪操作，造渣时根据铁水情况，选用单渣或双渣操作。当铁水P大于0.06%，采用双渣操作；一般前期渣碱度为2.0~2.5，吹炼3~4min后倒渣，力求多倒初期渣；终渣碱度按3.5~4.0配加渣料，终点前3min加完。

氧气顶吹转炉冶炼周期短、节奏快，终点成分和温度控制是其冶炼的关键。冶炼60Si2Mn弹簧钢，采用高拉补吹法控制终点碳含量。终点碳控制得好坏直接影响钢的成分、钢中的[O]、合金回收率及钢中夹杂物数量，对钢水质量影响很大。终点碳控制得高，则可减少增碳剂加入量，降低增碳剂对钢液造成的污染。同时可避免钢水过氧化，为提高合金回收率和减少钢中夹杂创造有利条件。但是终点碳控制过高，又会影响钢水的脱硫效果，另一方面，60Si2Mn的合金和脱氧剂加入量较大，出钢脱氧和合金化温降也大，拉碳过高，钢液温度不能保证。因此冶炼过程中，在保证脱硫、升温的前提下，终点碳应尽量控制得高一些。一般终点成分要求C大于0.15%，S小于0.025%，P小于0.015%，温度为1680~1700℃。冶炼60Si2Mn弹簧钢，由于精炼炉不能脱磷，而且出钢及精炼过程中都有不同程度的回磷，因此脱磷必须在转炉内完成。为此，在铁水磷含量高时，要采用双渣操作，在吹炼初期加强去磷效果，保证终点磷含量不大于0.015%。另外，出钢时采用挡渣球或挡渣帽挡渣，以减少下渣量，降低出钢及以后的精炼过程中钢水回磷量。

采用Mn-Si合金、Ba-Si合金进行脱氧合金化，增碳剂使用SiC，合金和脱氧剂均需烘烤干燥。出钢前先向包内加入部分SiC，其余部分随脱氧剂和合金一起加入钢包内，出钢1/4时开始随钢流加入，出钢3/4时加完。

转炉出钢后，转至LF进行精炼。精炼的主要目的—是进行成分微调，根据转炉粗钢液成分，加入适量合金，将钢液成分控制在规格范围内，并尽量缩小各炉之间的成分波动；其二是钢包吹Ar，均匀钢水成分和温度，同时促进气体和夹杂上浮；三是在还原气氛、碱性渣的情况下进行精炼。由于钢包底部吹Ar搅拌，为脱硫创造了优越的动力学条件，这样可把钢中硫化物和硫的氧化物减少到较低的程度；四是通过电极加热控制钢水温度。其工艺过程如下：钢包吊入座包工位，接好Ar气管进行底吹Ar，然后开至加热工位，降炉盖，测温取样，然后降电极升温，同时根据温度、渣量及渣况确定加入适量的合成渣。精炼渣碱度要求R为2.5~3.5，渣况成泡沫状黄渣或白渣，增碳选用沥青焦，增硅选用SiC或低Al硅铁。当钢液成分和温度满足要求后即出钢上连铸，出钢温度要求为：连铸第一炉：1580~1600℃；连拉炉次：1560~1580℃。

2.2 连铸

采用由意大利达涅利公司引进的合金钢小方坯连铸机进行连铸，四机四流，弧型半径8m，连铸坯断面尺寸

为150mm×150mm方坯;中间包容量13t,弧型结晶器,长度780mm。

中间包使用前要烘烤,保证温度不低于800℃,同时要加覆盖剂保温,一般要求中间包钢水温度控制在1490~1510℃之间,钢水过热度20~40℃,拉速控制在1.2~1.5m/min。

浇注60Si2Mn弹簧钢,由于其中Si含量较高,容易产生二次氧化,与空气中的氧反应生成SiO₂高熔点夹杂,影响了钢水纯净度,同时连铸时易造成水口套眼,极大地影响了生产。试制初期,由于没有采用保护浇注,造成钢水二次氧化,连铸水口套眼现象非常严重,连拉炉次很低,而且连铸坯质量差,表面夹渣也很严重。采用长水口+塞棒+浸入式水口+保护渣全过程保护浇注后,问题基本解决,连铸坯质量得到明显改善,连拉炉次平均为10炉,最高达到20炉。

应用电磁搅拌技术能够均匀钢水成分和温度,有利于排出结晶器内钢液中的气体与夹杂,扩大等轴晶带,减少铸坯中心偏析与疏松,从而极大地改善连铸坯内部质量。生产过程中,取电磁搅拌与非电磁搅拌的连铸坯进行解剖对比,可以看出前者内部质量明显好于后者。

2.3 轧制

莱钢中小型轧制生产线是从意大利达涅利公司引进的一条全连轧生产线。加热炉为步进梁三段式连续加热炉,温度和压力可自动控制。轧机由粗轧机组,中轧机组和精轧机组各6架组成,采用平立交替布置,实现轧件在轧制过程中无扭转。在1~8架轧机之间采用微张力轧制,8~18架轧机之间采用活套轧制。通过合理设定微张力及活套高度,可使机架之间达到微张力状态,有利于保证轧件断面尺寸,使产品尺寸精度更高。

冷床为齿条步进式,配有成迭、拆迭装置。当弹簧扁钢上冷床时,由升降裙板和夹持装置成迭放置,下冷床时将成迭的弹簧扁钢拆成单片。

3 产品质量情况

3.1 化学成分

60Si2Mn弹簧钢精炼成分指标情况见表3。可以看出,具有碳的控制稍差,主要原因是转炉粗钢液的碳控制较差。利用转炉配炉外精炼生产60Si2Mn弹簧钢,转炉粗钢液化学成分控制是一个很关键的环节,对于减轻精炼炉负担,促进转炉、精炼、连铸之间的相互衔接,加快生产节奏,具有很重要的作用。从表3中可以对比看出,转炉成分控制不甚理想,其中碳的控制与要求的0.52%~0.58%相关较大。主要由于冶炼时加入合金较多,包内合金化导致钢液温降大,因此经常需要拉低碳升温,势必造成钢水出现过氧化现象;另外,有时挡渣效果差,大量氧化性炉渣进入钢包,这两方面的原因都会引起增碳剂和合金回收不稳定。另一方面,出钢量不准确也直接影响成分控制的准确性。因此要控制好转炉粗钢液成分,必须加强炉前操作,装入量、出钢量要准确;控制废钢加入量,最好不超过10%,尽量防止拉低碳造成钢水过氧化,加强挡渣,减少下渣量。

表3 转炉、精炼炉成分控制情况 %

成分	转炉成分			精炼炉成分				
	C	Si	Mn	C	Si	Mn	P	S
最小值	0.40	1.00	0.55	0.56	1.53	0.63	0.006	0.001
最大值	0.62	1.80	0.74	0.64	1.85	0.83	0.034	0.020
平均值	0.535	1.545	0.68	0.59	1.652	0.705	0.019	0.008
均方差	0.065	0.156	0.066	0.02	0.076	0.041	0.0055	0.0036

3.2 连铸坯质量

由于采用了电磁搅拌、液面自动控制以及选用合适的保护渣等措施,连铸坯表面质量较好,诸如表面夹杂、结疤等缺陷大大降低。连铸坯解剖检验结果显示,铸坯的内部组织较致密,没有中心缩孔,只有轻微的疏松。取样对连铸坯化学成分偏析情况分别进行四组检验,偏析情况较小,具体结果见表4。

表4 连铸化学成分偏析检验情况 %

炉号	试样	C	Si	Mn	P	S
993-5099	熔炼	0.57	1.58	0.71	0.024	0.009
	1	0.561	1.58	0.68	0.020	0.007
	2	0.588	1.57	0.70	0.024	0.011
	3	0.592	1.54	0.68	0.030	0.010
	4	0.590	1.55	0.70	0.021	0.011
	平均值	0.583	1.56	0.69	0.024	0.010
993-5101	熔炼	0.58	1.55	0.70	0.015	0.010
	1	0.621	1.55	0.67	0.018	0.011
	2	0.585	1.52	0.71	0.017	0.010
	3	0.585	1.59	0.71	0.017	0.010
	4	0.573	1.56	0.68	0.020	0.011
	平均值	0.591	1.56	0.69	0.018	0.010

注:表内1、2、3、4表示取样部位,距离连铸坯表面分别为5、20、50、75mm。

3.3 低倍组织

一般疏松、中心疏松和偏析均满足标准要求。试制初期,曾经发现个别炉次的低倍试片上有缩孔残余和中心增碳现象,这主要是由于初期电磁搅拌应用不正常,而且浇钢温度和拉坯速度控制不好等因素引起的。随着电磁搅拌工艺的正常应用,并通过加强控制钢水过热度 and 拉速,缩孔和中心增碳现象基本消除。

3.4 扁钢表面质量

存在的主要表面缺陷有结疤、裂纹、划伤等。其中结疤和裂纹大部分是由于连铸坯缺陷造成的;而划伤是由于输送辊道的辊子经磨损后,凹凸不平,加上成品机架距离冷床较长,辊子数量多而造成的。针对这种情况,及时对辊子进行处理,对磨损较轻的进行修补,再用打磨机打磨,磨损严重的及时更换。另外,对成品轧辊进行精车,并控制成品辊轧钢量,及时换辊,以保证用户对扁钢粗糙度的要求。

3.5 脱碳

脱碳对弹簧的疲劳寿命和抗弹减性影响很大。生产实践表明,随着钢材表面脱碳层深度的增加,疲劳寿命不断下降。60Si2Mn是一个脱碳比较敏感的钢种,这主要是由于硅含量较高,硅使钢中碳的活度提高,从而导致钢的脱碳倾向增加。

从理论上讲,脱碳层的深度取决于加热时的炉内气氛、加热温度和时间。要减轻钢的脱碳层厚度,应严格控制炉内气氛和压力及加热温度和加热时间。生产过程中采用三段连续式加热炉,对以上参数控制较好,因此钢材的脱碳较轻,合格率达到100%。

3.6 机械性能

热轧材硬度规定不得超过HB321, 生产检验合格率达到100%。力学性能检验分析结果如表5 所示。其中一次合格率抗拉强度为100%;屈服强度为98.3%;断面收缩率为98.3%;延伸率为96.7%;力学性能一次合格率为96.2%。各项指标复验合格率为100%。

表5 扁钢力学性能检验情况

性能指标	抗拉强度 σ_b /MPa	屈服强度 σ_s /MPa	延伸率 δ /%	面缩率 ψ /%
最小值	1300	1170	4.5	21
最大值	1870	1770	9.5	40
平均值	1453	1298	7.0	30
均方差	98.0	104.6	1.03	3.34

4 结论

4.1 采用转炉—精炼—连铸—连轧工艺生产60Si2Mn弹簧扁钢, 可有效地降低生产成本, 提高生产效率, 经济效益显著。

4.2 该工艺生产的60Si2Mn弹簧扁钢尺寸精度高, 表面质量好, 各项性能指标均满足GB1222-84标准要求; 用户使用效果良好。

4.3 为了保证弹簧扁钢的质量稳定, 应进一步提高炉前操作水平, 严格控制转炉成分, 准确控制装入量和出钢量。

4.4 坚持采用保护浇注和电磁搅拌技术, 充分保证连铸坯质量, 从而有效提高钢材表面质量

[返回上页](#)