

· 工艺技术 ·

## T12 钢高压锅炉管 150 mm × 150 mm 连铸坯除鳞的工艺实践

任刚 肖国华 任根柱 袁野 李金波

(河钢邯钢技术中心, 邯郸 056000)

**摘要** 分析了在邯钢现有装备下,含 Cr、Ni、Mo 等合金元素 T12 钢氧化铁皮不易除净的原因。通过对加热工艺参数优化试验、除鳞水箱喷嘴优化改造,选出了最优工艺方法以解决高压锅炉管铸坯除鳞不净问题。经试验,150 mm × 150 mm 方坯加热时间控制在 90 ~ 100 min,炉内残氧控制在 2% 以内,采取将相互干扰除鳞水环喷嘴封堵,喷射角度由原 38° ~ 40° 减小至 33° ~ 35° 等工艺,连铸坯除鳞后表面无氧化铁皮残留,成品无表面缺陷。

**关键词** T12 钢 高压锅炉管连铸坯 除鳞 氧化铁皮 喷嘴

## Process Practice on Descaling of 150 mm × 150 mm Cast Billet for T12 Steel High Pressure Boiler Tube

Ren Gang, Xiao Guohua, Ren Genzhu, Yuan Ye and Li Jinbo  
(HBIS Group, Hangang Technology Center, Handan 056000)

**Abstract** The reason of the oxide scale of T12 steel containing Cr, Ni, Mo and other alloy elements in not being easy to be removed under the existing equipment of Hangang has been analyzed. Through the experiments of heating process parameter optimization, descaling water tank nozzle optimization, the optimal process method is selected to solve the problem of unclean descaling of high-pressure boiler tube casting billet. After the test, the heating time of 150 mm × 150 mm square billet is controlled within 90 ~ 100 min, and the furnace residual oxygen is controlled within 2%, blocking the water ring nozzle of mutual interference descaling and decreasing nozzle jet angle from original 38° ~ 40° to 33° ~ 35°, there is no scale residue on the surface of continuous casting billet after descaling, and there is no surface defect in the finished product.

**Material Index** T12 Steel, Casting Billet for High Pressure Boiler Tube, Descaling, Oxide Scale, Injector

邯钢在生产高压锅炉棒材管坯钢 T12 前期遇到铸坯除鳞不净的问题,残留氧化铁皮情况见图 1。铸坯除鳞后残留的氧化铁皮在轧制过程中会压入坯料中,继而在圆钢表面形成轧疤和凹坑缺陷。

邯钢一炼钢有 3 座 120 t 转炉,配有 2 座双工位 LF 和 1 座双工位 RH。棒材生产线为 23 架 Pomini 全连轧机组,侧装侧出步进梁式加热炉,全线采用连续无扭轧制,最大轧制速度 16 m/s。配有四辊减径机组,减径机组后设置光学测径仪。铸坯除鳞采用高压水除鳞法,水压设计上限 20 MPa。

邯钢 T12 棒材生产工艺为 BOF-LF-RH-方坯连铸(坯型 150 mm × 150 mm)-加热棒材轧制-入坑缓冷。

### 1 问题原因分析

连铸坯在加热炉加热过程产生的氧化铁皮为一

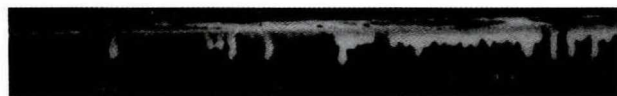


图 1 150 mm × 150 mm T12 钢铸坯除鳞后氧化铁皮残留  
Fig. 1 Oxide scale residue of 150 mm × 150 mm T12 steel billet after descaling

次氧化铁皮,厚度一般在 0.5 ~ 3 mm。随着温度升高和加热时间的延续,铸坯表面的氧化铁皮的厚度也逐渐增加,连铸坯在轧制之前,必须经除鳞箱中的高压水将其除去,否则残留氧化铁皮将压入到钢材成品上,影响成品表面质量<sup>[1-2]</sup>。邯钢生产 T12 棒材时,连铸坯氧化铁皮很难去除,主要原因为:(1)氧化铁皮粘结性较强;(2)除鳞设备能力不足。

#### 1.1 钢种合金元素影响

高压锅炉管坯 T12 钢化学成分见表 1。连铸方坯加热后方坯表面氧化铁皮致密,不易去除,主要原因为 Mo 在氧化过程中,本身并不能起到抗氧化作用,但与 Ni、Cr 同时存在时,会促进这两种元素的抗氧化作用。Ni 在氧化过程中,形成 NiO,并随含量的增加,氧化物形态逐渐形成不连续的网状结构。Cr 在氧化过程中,形成  $\alpha$ -Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,如果同时存在 Ni,还会形成 NiCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>,这些氧化物会在金属表面形成致密的层状结构。

T12 钢连铸坯在轧制生产过程中,经除鳞箱高压除鳞后铸坯表面残留大量氧化铁皮,经现场氧化铁皮取样,其氧化铁皮结构内含有 Ni、Mo、Cr 等元素的氧化物,这些氧化物形成网状结构,使氧化铁皮

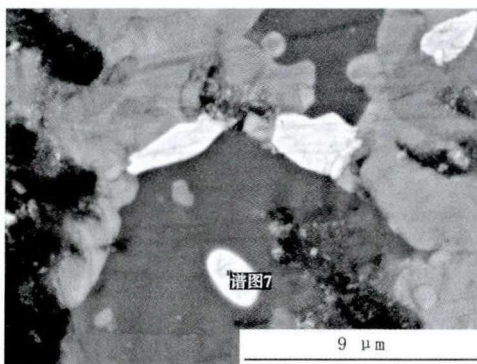
表 1 铸坯包晶钢 T12 化学成分 / %  
Table 1 Chemical composition of casting billet peritectic steel T12 / %

C	Si	Mn	Cr	Mo	V	Ni	Al <sub>t</sub>	P	S
0.09 ~ 0.13	0.20 ~ 0.35	0.40 ~ 0.60	1.00 ~ 1.10	0.46 ~ 0.55	0.15 ~ 0.30	0.01 ~ 0.03	≤ 0.020	≤ 0.020	≤ 0.010

致密,与钢坯粘结力变强。连铸坯加热后氧化铁皮电镜分析见图 2。

### 1.2 设备匹配性问题

高压水除鳞系统技术的引进,使得钢坯表面的质量得到改善,从而提高了成品的外观质量,减少了轧辊的磨损,为企业带来了更好的经济效益<sup>[3-5]</sup>。高压水使钢坯表面急剧冷却,使氧化铁皮与钢坯本体产生温差,使表面的氧化铁皮龟裂,再通过高压水产生的打击力清除钢坯表面的铁皮,使得钢坯表面质量达到初期效果,然后通过后续轧制最终达到客户对质量的要求<sup>[6-8]</sup>。



元素	百分数 / %	
	质量	原子
O, K	7.50	27.86
Cr, K	0.79	0.68
Fe, K	81.88	65.42
Ni, K	4.24	3.22
As, L	1.66	0.99
Mo, L	3.93	1.83
合计	100.00	100.00

图 2 T12 钢连铸坯加热后氧化铁皮电镜分析

Fig. 2 TEM analysis of oxide scale of T12 steel continuous casting billet after heating

邯钢棒材轧制生产线配备的高压水除鳞装置是固定的,除鳞水环为 430 mm × 430 mm 规格,设计适用铸坯尺寸为 200 mm × 200 mm。除鳞水箱设计压力 20 MPa,实际生产压力为 17 ~ 18 MPa。图 3 为除鳞水环示意图。邯钢高压锅炉管用钢 T12 连铸坯尺寸为 150 mm × 150 mm,由于铸坯断面变小,铸坯进除鳞水箱后,上侧及左右两侧除鳞水喷水距离会明显变远,从而造成打击力不够。同时,铸坯断面变小后,各喷嘴喷射水柱会形成相互干扰的扇形面,大幅降低了除鳞效果。由于除鳞水压实际压力较低(先进企业除鳞水压达 25 ~ 30 MPa),加上高压锅炉管用钢连铸坯本身表面氧化铁皮致密,从而导致氧化铁皮清除不净。

对加热后的钢坯进行除鳞操作是热轧棒线材生产工艺的关键工序,若除鳞不干净,将会使坯料产生麻面、凹坑等产品表面质量缺陷<sup>[9-11]</sup>。

邯钢棒材加热炉为侧进侧出步进梁式加热炉,燃气主要为混合煤气,其配比为焦炉煤气约 55%、高炉煤气 40% ~ 42%、转炉煤气 2% ~ 3%。加热炉分为预热、加热、均热 3 个阶段,通过控制各段空燃比,调整炉内温度和烟气成分。

目前工艺方面影响除鳞效果的因素有加热温度、加热时间、残氧等。加热参数主要影响铸坯生成氧化铁皮厚度,在加热温度、坯料材质等工艺参数已经确定的前提下,从加热时间、残氧参数进行试验。

试验条件:钢种 T12;连铸坯规格 150 mm × 150 mm 方坯;轧制规格 Φ80 mm;除鳞水压 17 ~ 18 MPa;均热段温度 1 110 ~ 1 130 °C;变量- 加热时间、炉内残氧量。

试验方案及结果见表 2。

试验结果:经过对加热时间、残氧量等加热参数

## 2 问题解决措施

### 2.1 加热工艺参数优化试验

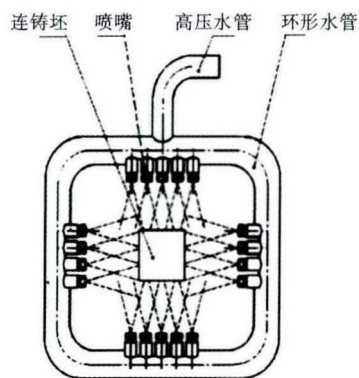


图 3 除鳞水环示意图

Fig. 3 Schematic diagram of descaling water ring

表 2 加热参数对炉内残氧含量和 Φ80 mm 轧材缺陷深度的影响

Table 2 Effect of heating parameter on furnace residual oxygen content and defect depth of Φ80 mm rolled product

总加热时间/min	均热温度/°C	残氧量/%	铸坯除鳞后氧化铁皮厚度(定性)	成品缺陷深度/mm
330 ~ 365	1 110 ~ 1 130	3	厚	0.1 ~ 0.3
90 ~ 100	1 100 ~ 1 130	4	薄	≤ 0.1
120 ~ 135	1 100 ~ 1 130	5	厚	0.1 ~ 0.2
90 ~ 100	1 100 ~ 1 130	2	薄	≤ 0.05
110 ~ 120	1 100 ~ 1 130	2	薄	0.05 ~ 0.15

试验调整,在原有除鳞设备条件下,控制较短加热时间明显减少氧化铁皮残留。较低残氧量,可有效控制氧化铁皮生成。固化工艺后,加热时间控制在90~100 min;通过控制空燃比,残氧量控制在2%以下。

## 2.2 优化除鳞水箱喷嘴

针对现有除鳞水压偏低、没有150 mm×150 mm方坯专用除鳞水环的问题,在基于主体除鳞设备不变的原则下,对除鳞水喷嘴进行优化。

### 2.2.1 优化喷嘴喷射角度

由于原除鳞喷射水柱会形成相互干扰的扇形面,大幅降低除鳞效果。针对此问题优化设计新的喷嘴,根据坯料规格150 mm×150 mm新设计一种在保证除鳞水无死区的前提下,减小喷射角部。喷射角度由原来的38°~40°减小至33°~35°,从而使喷射水柱扇形角度变小,扇形面积变小,从而有效减少水柱干扰。

对原喷嘴和环形水管的角度也进行了优化,由原来的顺轧制方向10°改为逆轧制方向5°,有效增加打击力。但逆轧制方向角部不易过大,防止水喷溅到加热炉出钢口。

### 2.2.2 堵喷嘴

从图3可见,各组喷嘴中都存在水空喷现象,加剧扇形水柱的相互干扰力。针对此问题采用可拆卸式堵头将两侧及上侧相互干扰喷嘴堵死,除鳞喷水效果明显改善。

## 2.3 优化后效果

试验条件:钢种T12;连铸坯规格150 mm×150 mm;轧制规格Φ80 mm;均热段温度1110~1130℃;加热时间90~100 min;炉内残氧量2%。除鳞水压17~18 MPa;除鳞喷嘴-新型喷嘴、上侧堵两端喷嘴、左右两侧堵上端喷嘴。

经试验,T12连铸坯表面无氧化铁皮残留,成品无表面缺陷,效果好。除鳞后铸坯效果见图4。

## 2.4 喷涂抗氧化涂料

针对高压锅炉管用钢连铸坯除鳞不净的问题,进行了喷涂抗氧化涂料的试验。连铸坯入加热炉前喷涂涂料,涂料组分为35% SiC、18% SiO<sub>2</sub>、15% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、

5% MgO、2% TiO<sub>2</sub>、5% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,余量为粘结性材料。

高压锅炉管连铸坯四面喷涂涂料后,设置加热时间为150~180 min,残氧4%,除鳞水环喷嘴未做封堵,除鳞水压17 MPa。

经生产试验后,连铸坯表面无氧化铁皮残留,效果良好。

此方法效果好,但成本较高,核算吨钢增加成本在60~80元。

## 3 结论

(1)高压锅炉管坯多为含Cr、Ni、Mo等合金元素钢种,铸坯加热后合金氧化物会在金属表面形成致密的层状结构,连铸坯表面氧化铁皮致密,不易去除。

(2)高压锅炉管连铸坯加热时间应控制在90~100 min,残氧控制在2%以下,可有效控制氧化铁皮残留。

(3)选用喷射角小、喷嘴流量大的除鳞水箱喷嘴,同时将互相干扰喷嘴堵死,连铸坯表面除鳞后无氧化铁皮残留,成品无表面缺陷。

(4)可采用喷涂抗氧化涂料的方法解决除鳞不净的问题,但成本较高。

## 参考文献

- [1] 陈连生,卢璐玮,宋进英,等.钢板表面氧化铁皮缺陷形貌及产生原因分析[J].钢铁钒钛,2013,32(1):86-92.
- [2] 陈永利,查显问,陈礼清,等.热轧中厚板氧化铁皮控制技术[J].东北大学学报(自然科学版),2011,32(7):960-963.
- [3] 姚永新,贾苓苓.除鳞机水系统改造[J].冶金设备,2018(2):68-71.
- [4] 罗祯伟.多规格方坯高效节能高压水除鳞系统的研究应用[J].南方金属,2019(2):14-16.
- [5] 刘畅.浅谈连铸机高压水泵直供系统对除鳞压力效果改善[J].装备制造技术,2013(8):6-9.
- [6] 刘宝山,李成志.高压水除鳞技术的应用与发展[J].冶金设备管理与维护,2019,37(5):26-33.
- [7] 梁博健,高殿荣.高压水除鳞喷嘴结构参数对喷嘴射流性能的影响[J].中国机械工程,2018,29(24):39-46.
- [8] 赵军.中板工序高压水除鳞系统的改进[J].冶金设备,2008,28(2):16-19.
- [9] 林翔,刘桓龙,王国志,等.扇形喷嘴的低压射流特性研究[J].机床与液压,2015,43(3):164-167.
- [10] 田磊,赵小康,张宏中.浅谈高压水除鳞系统[J].内燃机与配件,2018,39(3):140-141.
- [11] 禹言芳,李春晓,孟辉波,等.不同形状喷嘴的射流流动与卷吸特性[J].过程工程学报,2014,14(4):549-555.



图4 150 mm×150 mm T12 钢铸坯除鳞试验效果

Fig.4 Test effect of 150 mm×150 mm T12 steel billet descaling

任刚(1984-),男,硕士(2010年河北理工大学),技术主管,2007年河北理工大学(本科)毕业,特钢棒线材研究。

E-mail: rengangtv@163.com

收稿日期:2020-05-29