150 mm × 150 mm 方坯连铸二次冷却工艺的优化

刘 欣
(济南钢铁集团石横特殊钢厂,肥城 271612)

摘 要 石横特钢厂由 R9 m 4 机 4 流连铸机连铸 150 mm × 150 mm 碳素和合金结构钢、高碳钢和焊条钢。通过优化二冷段工艺,将 0.5 ~ 0.8 MPa 水压、0.80 ~ 1.30 L/kg 比水量和 3 段手动水冷工艺分别改成 0.20 ~ 0.30 MPa 水压、0.25 ~ 0.75 L/kg 比水量和 4 段自动(水 + 气)水冷工艺后,杜绝了中间裂纹和鼓肚缺陷,并使脱方、缩孔、疏松缺陷降低了 50% ~ 80%。

关键词 150 mm × 150 mm 方坯连铸 二次冷却 工艺优化

Optimization of Secondary Cooling Process for 150 mm × 150 mm Billet Concasting

Liu Xin
(Shiheng Special Steel Works, Jinan Iron and Steel Group Corp, Feicheng 271612)

Abstract The 150 mm × 150 mm billet of carbon and alloy constructional steel, high carbon steel and welding rod steel casts by R9 m 4 strand concaster at Shiheng Special Steel Works. Through optimized secondary cooling process modified 0.5 ~ 0.8 MPa water pressure, 0.80 ~ 1.30 L/kg water ratio and 3 section manual water cooling process to 0.20 ~ 0.30 MPa water pressure, 0.25 ~ 0.75 L/kg and automatic (water + gas) - water cooling process, the middle crack and bulging defects were eliminated and the rhomboidity, dispersed shrinkage and shrinkage cavity defects decreased by 50% ~ 80%.

Material Index 150 mm × 150 mm Billet Concasting, Secondary Cooling, Processing Optimization

济南钢铁集团石横特殊钢厂(简称石横特钢厂)拥有 R9 m 4 机 4 流连铸机 1 台(表 1),浇注碳素、合金结构钢、高碳钢、焊条钢等钢种(表 2),生产 150 mm × 150 mm 方坯供高速线材车间。

1 存在问题

在生产优钢过程中,由于二次冷却制度不当,出现铸坯缺陷有(1) 在二冷区各段冷却不均匀,部分回温太大,或冷却强度大,所导致的内部裂纹;(2) 二冷区铸坯四个面的非对称性冷却,造成某两个面比另外两个面冷却得更快,在冷面产生沿对角线的压力,加重铸坯扭转,产生菱变;(3) 二次冷却太弱,铸坯表面温度过高,发生蠕变而产生鼓肚;(4) 二冷不当,矫直时铸坯表面温度低于 900 ℃,刚好位于"脆性区",再有AlN、Nb(CN)等质点存在,容易在振痕波谷处产生表面裂纹。

表 1 方坯连铸机的主要技术参数
Table 1 Main parameters of billet concaster

流数	弧型半径/mm	浇注断面/mm^2	浇注速度/$m \cdot min^{-1}$	定尺长度/mm	冶金长度/m	中间罐容量/t	流间距/mm
4	9 000	150 × 150	1.8 ~ 2.8	2 800 ~ 12 000	16.438	25	1 250

表 2 典型钢种的化学成分/%
Table 2 Chemical compositions of typical steel grade /%

钢种	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	$[O]/10^{-6}$	$[N]/10^{-6}$
45	0.43 ~ 0.46	0.20 ~ 0.30	0.55 ~ 0.65	≤0.025	≤0.020	≤0.05	≤0.05	≤0.12	≤30	≤50
72A	0.70 ~ 0.74	0.15 ~ 0.25	0.47 ~ 0.57	≤0.020	≤0.020	≤0.05	≤0.05	≤0.10	≤20	≤40
HRB400	0.20 ~ 0.25	0.40 ~ 0.60	1.30 ~ 1.45	≤0.040	≤0.040					
ML35	0.32 ~ 0.36	≤0.15	0.47 ~ 0.57	≤0.025	≤0.020	≤0.20	≤0.20	≤0.20		
H08Mn2SiA	≤0.10	0.65 ~ 0.85	1.70 ~ 2.00	≤0.030	≤0.030	≤0.20	≤0.20	≤0.20		

2　二次冷却工艺的优化

2.1　不同钢种二冷配水制度

对于中、高碳钢和合金钢,为改善铸坯冷却组织,防止内部裂纹,应采用弱冷制度冷却铸坯。经过长期摸索,归纳出了各钢种的冷却强度(表 3)。

表 3　不同钢种的比水量

Table 3　Water ratio for different steel grade

钢种	80	82B	70	72A	40Cr	45	60	65	ML35	20CrMo	20	35	HRB400
比水量/L·kg^{-1}	0.25	0.25	0.3	0.3	0.35	0.45	0.4	0.4	0.4	0.35	0.5	0.5	0.6

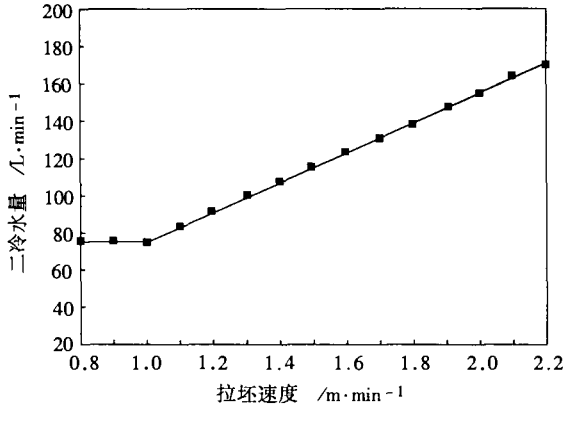

图 1　45 钢 150 mm × 150 mm 方坯拉速-二冷水量曲线

Fig.1　Curves of casting speed - secondary cooling water rate for 150 mm × 150 mm billet of 0.45C steel

线为强冷,各曲线符合以下公式:

$$Q = 172 \times a \times v (v \geqslant 1.0\ \text{m/min})$$

或　$$Q = b (v < 1.0\ \text{m/min})$$

式中:Q-二冷水量/L·min^{-1};v-拉速/m·min^{-1};a-比水量/L·kg^{-1};b-初始水量/L·min^{-1}。

表 4 为各配水曲线对应的二冷参数。

2.3　二冷区喷淋系统参数选择

一般认为,二冷区喷水总长度为冶金长度的 35% ~ 65%,铸坯表面冷却速度不大于 200 ℃/m,拉坯方向温度回升不超过 100 ℃/m[1]。

由于石横特钢厂连铸机的弧型半径较大,空冷时间较长,二冷水选择4段设置,总长度为冶金长度的 30%。二冷水除设总过滤器外,在各段各流设二级过滤器,由此方便过滤器的清理和水质的改善。表 5 为二冷区喷淋系统的设置情况。二冷工艺优化前后工艺的变化情况见表 6。

表 4　各配水曲线对应的二冷参数

Table 4　Secondary cooling parameters for each water supply curves

项目	配水曲线							
	1	2	3	4	5	6	7	8
比水量/L·kg^{-1}	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60
初始水量/L·min^{-1}	43	51	60	68	77	85	94	99

2.2　不同拉速二冷水量的配置

根据石横特钢厂不同拉速的低倍组织检验,得出二冷配水量与拉速成线性关系(图 1)。

由实践经验,共设计 8 条配水曲线,水量由小至大,1 ~ 3号线为弱冷,4 ~ 5号线为中冷,6 ~ 8号线为强冷,各曲线符合以下公式:

表 5　二冷区喷淋系统的技术参数

Table 5　Technical parameters for spray system at secondary cooling region

冷却段	长度 /m	喷嘴数	喷嘴间隔 /mm	喷嘴形状	冷却方式	气压 /MPa	水压 /MPa
足辊段	0.3	24	140	全锥	水	-	0.3
1 段	1.53	32	220	全锥	气-水	0.2	0.2
2 段	1.75	20	430	全锥	气-水	0.2	0.2
3 段	1.35	16	450	全锥	气-水	0.2	0.2

表 6　二冷工艺优化前后主要工艺参数对比

Table 6　Comparison of main process parameters between before and after optimization of secondary cooling process

阶段	冷却段数	长度 /mm	水压 /MPa	配水方式	冷却形式	比水量 /L·kg^{-1}
优化前	3	4.38	0.50 ~ 0.80	手动	水冷	0.80 ~ 1.30
优化后	4	5.53	0.20 ~ 0.30	自动	水冷 + 气-水	0.25 ~ 0.75

3　优化后生产优钢的质量

根据石横特钢厂 150 mm × 150 mm 铸坯生产的钢种建立了配水工艺模型,在采用自动配水模型后,显著改善了铸坯低倍组织,杜绝了中间裂纹、鼓肚等缺陷,使铸坯脱方、疏松、缩孔等缺陷降低了 50% ~ 80%。说明该配水模型较为适合该厂的 R9 m 连铸机。

参考文献

1　蔡开科.连续铸钢原理与工艺.北京:冶金工业出版社,1994

刘　欣(1974-),男,工程师,1998 年包头钢铁学院毕业。从事连铸技术管理工作。

收稿日期:2005-06-03