

46S20易切削钢的试制

黄肇信, 王庆贤, 张启柱, 亓奉友, 王秀波

(青岛钢铁有限公司, 山东 青岛 266043)

摘要: 青钢应用“转炉→小方坯连铸机→型材轧机”工艺流程试制46S20易切削钢。冶炼过程采用拉碳法吹炼、硫合金化、脱氧合金化、钢包底吹氩、喂丝、全过程保护浇注、结晶器电磁搅拌等工艺, 解决了硫合金化、铸坯角裂等问题; 轧制工艺制订了合理的加热制度, 解决了轧制劈裂等技术难题, 生产出各项技术指标均符合相应标准要求的46S20易切削钢。

关键词: 转炉; 易切削钢; 结晶器电磁搅拌; 开轧温度

中图分类号: TF761 文献标识码: B

Trial Manufacture of 46S20 Free-cutting Steel

HUANG Zhao-xin, WANG Qing-xian, ZHANG Qi-zhu, QI Feng-you, WANG Xiu-bo

(Qingdao Iron and Steel Co.Ltd., Qingdao 266043, China)

Abstract: Introduces the practice of producing trial-manufacture of 46S20 free-cutting steel by adopting the process flow of converter-small billet continuous casting-section mill. The catch carbon method, sulphur alloying, deoxidation technique, bottom blowing argon ladle, wire feed, protective casting in total process, electromagnetic stirring in mould are used during melting to solve problems of sulphuring and corner crack of billet, and reliable heating system is set up during rolling in order to solve rolling split, then the 46S20 free-cutting steel with every technical index coming up to its standard is produced.

Keywords: converter; free-cutting steel; electromagnetic stirring in-mould; temperature at the beginning of rolling

1 前言

46S20是国际标准的易切削钢牌号, 属硫系易切削钢, 广泛应用于生产钻夹头、轴、杆等产品, 一般采用模铸或大方坯连铸工艺生产。因含硫量高, 热脆问题突出, 在浇铸过程中极易产生裂纹, 严重时导致漏钢; 轧制过程中如果开轧温度控制不合适, 容易开裂。青岛钢铁有限公司(简称青钢)采用转炉、R5m小方坯连铸机、型材轧机以及钢包底吹氩、喂丝、保护浇注、结晶器电磁搅拌、限制拉速等新工艺、新技术, 成功试制出各项技术指标均符合标准要求的46S20易切削钢。

2 主要设备及工艺流程

主要设备包括: 4座350m³级高炉, 3座公称容量30t和1座公称容量20t的氧气顶吹转炉, 3台R5m和1台R8m

四机四流小方坯连铸机，1座煤气蓄热式加热炉， $\phi 500\text{mm}$ 三辊可逆轧机和 $\phi 350\text{mm} \times 3$ 三辊横列式及 $\phi 50\text{mm} \times 5$ 二辊横列式轧机。

工艺流程为：高炉铁水→氧气顶吹转炉→钢包底吹氩、喂丝→R5m小方坯连铸机→连铸坯表面质量检查→加热炉→型材轧机→成品检验、入库。

3 冶炼工艺

3.1 采用“拉碳法”吹炼工艺

本钢种属于中高碳钢，在冶炼上采用了“拉碳法”吹炼工艺，参考音频化渣系统做到全程化渣。第一次倒炉为高拉碳，用定碳杯快速定碳，根据碳含量确定补吹时间，确保终点温度及钢水碳含量合适。终点碳命中率可达80%以上。采用“拉碳法”吹炼工艺能有效避免钢水增碳所带来的碳不均匀等问题，而且能减少氧、增碳剂用量，提高金属收得率，从而降低生产成本（见表1）。

表1 拉碳法与增碳法对比

项目	耗氧量/ $\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$	增碳剂用量/ $\text{kg} \cdot \text{t}^{-1}$	金属收得率/%
增碳法	54.5	4.6	87.3
拉碳法	51.7	0.8	88.2
拉碳法与增碳法对比	-2.8	-3.8	0.9

注：统计炉数各为50炉。

3.2 硫合金化工艺

该钢种含硫量为0.15%~0.25%，为保证硫含量在规定范围内，必须对钢水进行增硫。通过多次试验，选择了一种合适的增硫剂并确定了一套完整的硫合金化工艺，使硫的回收率稳定在90%~95%，解决了硫回收率不稳定的关键问题。而且，由于硫回收率较高、较稳定，有效避免了环境污染，这是本钢种生产在工艺上的重大突破。

3.3 脱氧合金化工艺

在试制过程中发现钢水中[C]不容易控制，经常出现[C]偏低出格情况。分析认为主要是由于钢水终点[C]较低，钢水氧化性强，脱氧程度不容易控制造成的。而且加入的增硫剂对钢水中[C]也有影响。故改进了合金加入顺序、强脱氧剂的加入量以及对增硫剂的预处理等工艺，在此后的生产中未出现类似情况，熔炼成分合格率达到100%。见表2。

表2 改进工艺前后[C]合格炉数情况对比 炉

工艺	序号	总炉数	[C]出格炉数	合格炉数	合格率/%
改进前	1	2	1	1	50.0
	2	15	1	14	93.3
	3	25	2	23	92.0
合计		42	4	38	90.5
改进后	4	22	0	22	100.0

	5	27	0	27	100.0
	6	39	0	39	100.0
合计		88	0	88	100.0

3.4 钢包底吹氩、喂丝

钢包底吹氩是一种简捷、有效的精炼手段，通过底吹氩能使钢水在循环流动的状态中达到温度、成分均匀，上浮的氩气泡不仅能够吸收钢中的气体，还会粘附悬浮于钢液中的夹杂，把这些夹杂带至钢液表面被渣层吸收。通过向钢包内以一定的速度喂入硅钙包芯线，能对钢中非金属夹杂物进行变性处理，提高钢的纯净度。成品钢材中B类、C类、D类夹杂物最高级别分别为0、1.5、1.0级（标准要求不大于3.0级）。

3.5 连铸用全过程保护浇注和结晶器电磁搅拌

采用“大包→中间灌→结晶器”全过程保护浇注技术，中间灌内部采用性能优良的吸渣剂，结晶器内部采用本钢种专用保护渣，有效避免了钢水二次氧化，减少了钢中非金属夹杂及气体含量，铸坯表面质量优良，经逐支检查，一次合格率达到99.8%。结晶器电磁搅拌是控制铸坯凝固组织、改善铸坯内部质量的有效手段。它能消除铸坯内部裂纹，使缩孔级别明显下降，而中心疏松级别有所提高，这主要是由于在电磁搅拌的作用下铸坯心部钢水凝固时形成分散的缩孔（疏松）的缘故，但不影响成材的低倍质量。见表3。

表3 连铸坯低倍组织质量对比

缺陷	缩孔/级	中心疏松/级	中心裂纹/级	中间裂纹/级	皮下裂纹/级
有结晶器范围	0~0.5	1.0~2.0	0	0	0
电磁搅拌均值	0.3	1.2	0	0	0
无结晶器范围	0~4.0	0~0.5	0~1.0	0~2.0	0.5~2.0
电磁搅拌均值	2.5	0.3	0.5	0.6	1.3

注：试验炉数各为10炉。

3.6 解决了连铸坯角部振痕深处的裂纹问题

生产中出现过铸坯角部有较深的振痕现象，在振痕深处发现细小的横裂纹。轧制出的圆钢表面有“V”形裂纹。经深入分析认为连铸坯角部振痕深处裂纹与结晶器振动参数有关。高振频、小振幅有利于减轻振痕深度。通过试验确定了合适的振动参数，连铸坯质量大大提高。

3.7 试验确定合适的浇注温度

在试验初期，为了避免铸坯在拉矫机处产生热脆现象，在生产中适当地提高了中间罐钢液温度，达到1505~1525℃。根据该钢种液相线温度计算出最高过热度为45℃。由于结晶器内钢液温度较高，钢液流动性强，电磁搅拌起不到应有的效果，由此部分铸坯轧制出的圆钢经用户车削加工、酸洗后表面有簇状裂纹，经分析认为是浇注温度偏高导致铸坯内部产生缺陷造成的。针对这一问题，对浇注温度作了适当下调，使其更符合本钢种特点。

4 轧制工艺

4.1 制订合理的加热制度

硫系易切削钢由于含硫量高，轧制过程中容易产生热脆现象，900~1000℃是热脆敏感温度。在参考不同温度下Y15钢热塑性变化趋势图（见图1）的基础上，为了避开热脆敏感温度区域，采用高温加热并保温足够时间，将开轧温度控制在1100~1150℃之间，将终轧温度控制在1000℃以上，有效地防止了热脆现象的发生。

4.2 解决了K3轧卡问题

生产中屡次出现K3轧卡现象，轧制过程中在[CM(22)]离轧件尾部约2m左右的地方突然卡住，轧件在沟槽内打滑不前进。造成轧卡的原因为钢坯在加热炉内通条加热不均匀，在钢坯表面温度较高的部位会导致轧卡。针对这一问题，作了相关规定，当轧制作业线出现故障时，应及时调整加热炉况，将炉温保持在1000℃左右，避免因钢坯表面温度不均匀而产生轧卡。

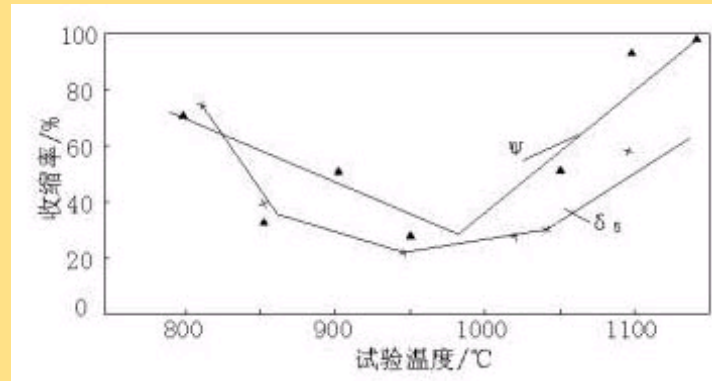


图1 Y15钢不同温度下的热塑性变化

4.3 轧制过程中劈裂问题

46S20硫系易切削钢。由于其本身具有热脆的特性，在轧制过程中易劈裂，特别是在φ500mm轧机处易发生坯头开裂现象。故制定了“高温、快轧”的操作工艺，在φ500mm轧机处适当加大轧机转数并减少这几道次的压下量，集“人、机、料、法、环”于一体，反复试验，终于攻克此难题，有效减轻了轧制过程中头部劈裂问题。

5 试验结果及分析

5.1 熔炼成分

熔炼成分结果见表4。

表4 熔炼成分结果 %

元素含量	C	Si	Mn	P	S
范围	0.43~0.48	0.18~0.23	0.89~1.02	0.021~0.036	0.17~0.23
均值	0.456	0.212	0.956	0.0297	0.191
标准要求	0.42~0.50	0.15~0.40	0.70~1.10	≤0.060	0.15~0.25

注：采用光谱分析法进行成分分析；统计炉数为100炉。

由表4可见，熔炼成分较稳定，特别是[C]、[S]较难控制的元素，波动范围较小。通过严格控制渣制

度、吹炼制度及铁水、废钢总装入量（上下波动不能超过0.5t），使终点温度及[C]能够控制在较理想范围。同时，又统一脱氧合金化及硫合金化操作，准确微调成分。加上钢包底吹氩、喂丝等措施，使钢水纯净，成分稳定、均匀，控制在一个较小的波动范围内。

5.2 低倍组织

在生产工艺中，通过准确控制熔炼成分、浇注温度、拉速、二冷水比水量等重要参数，并加以结晶器电磁搅拌，使连铸坯内部质量稳定，因而圆钢的内部质量也较好。低倍组织评级见表5。

表5 低倍组织级

项目	一般疏松	中心疏松	中心偏析
范围	1.0~1.5	1.0~1.5	1.0~1.5
均值	1.1	1.1	1.2
标准要求	≤3.0级		

注：统计炉数为100炉。

由表5可见，圆钢低倍组织中，一般疏松、中心疏松、中心偏析的级别均符合标准要求。

5.3 机械性能

圆钢的抗拉性能和硬度见表6。

表6 抗拉性能和硬度

力学性能	σ_b /MPa	δ_5 /%	ψ /%	硬度 (HB)
范围	650~720	16~24	25~36	180~198
均值	687.2	20.5	28.9	191.5
标准要求	550~760	≥14	≥20	≤223

注：统计炉数为100炉。

由表6可见，圆钢的各项力学性能及硬度适中。由于圆钢化学成分和低倍组织控制较好，加之轧制过程中，通过控制合理的加热温度、开轧温度，合适的压缩比以及冷床加盖保温罩等措施使圆钢的性能、硬度均符合标准要求。

6 结论

6.1 通过“转炉→小方坯连铸机→型材轧机”工艺流程完全能够生产出46S20易切削钢，各项技术指标均能满足标准要求。

6.2 采用“拉碳法”、钢包底吹氩、喂丝、保护浇注、结晶器电磁搅拌、限制拉速、冷床加盖保温罩等措施能使46S20易切削钢获得稳定的化学成分、良好的低倍组织及力学性能，满足车削加工需求。

6.3 选用合适的增硫剂并控制加入方法，使硫的回收率稳定在90%~95%，解决了硫回收率波动大的难

题，避免了环境污染。

[返回上页](#)