

YF40MnV 易切削非调质钢的试制

鲁欣武¹, 严国卫¹, 杜建新²

(杭州钢铁集团公司 1. 技术中心, 浙江 杭州 310022 ;
2. 电炉炼钢厂, 浙江 杭州 310022)

摘要: 介绍了杭州钢铁集团公司试制 YF40MnV 易切削型非调质钢的情况。采用 80 t 超高功率电弧炉冶炼, LF 精炼处理及 700 ×1/650 ×3 三辊横列式轧机轧制, 生产出的 YF40MnV, 其各项技术质量指标完全符合用户要求。采用高品位的硫铁作增硫剂及喂硫铁线工艺, 是改进 S 含量控制的方向。

关键词: YF40MnV; 非调质钢; 易切削; 超高功率电弧炉

中图分类号: TF761 **文献标识码:** B **文章编号:** 1002-1043(2006)02-0019-04

Trial manufacture of easy-cutting non-quenched and non-tempered steel YF40MnV

LU Xin-wu¹, YAN Guo-wei¹, DU Jian-xin²

(1. Tecnology Center of Hangzhou Iron & Steel Group Corporation,
Hangzhou 310022, China; 2. EAF Steel-making Plant of Hangzhou Iron & Steel
Group Corporation, Hangzho 310022, China)

Abstract: The present paper introduces the trial manufacture of free-cutting, non-quenched and non-tempered steel YF 40MnV in Hangzhou Iron & Steel Corporation. The steel products, smelted in a 80t UHP electric arc furnace, refined in a ladle furnace and then rolled at a 700 ×1/650 ×3 three-high mill, can completely satisfy the customers' technical and quality requirements. It's proved that application of higher sulphur bearing pyrites as sulphur promoter and feeding of pyrite wire for refining YF 40MnV is a better way to control the S content in the steel.

Key words: YF40MnV; non-quenched and non-tempered steel; free-cutting; UHP EAF

YF40MnV 是一种易切削型的非调质钢牌号, 钢中含有适量的 S, 以改善切削性能, 这在冶炼时给化学成分、纯净度的控制带来了一定的难度。杭州钢铁集团公司采用 80t 超高功率电弧炉冶炼、LF 精炼处理、连铸及 700 ×1/650 ×3 三辊横列式轧机轧制, 成功试制了 YF40MnV 非调质钢。

1 试制方案

根据用户的特殊质量要求, 在 GB/T15712-1995 非调质钢标准基础上, 签订了 YF40MnV 非调质钢的技术协议, 加严和新增了一些技术内容。

1.1 生产工艺流程

电炉冶炼 LF 精炼 连铸 中轧轧制

1.2 工艺装备

电炉炼钢厂:

80 t 超高功率直流电弧炉一座(实际出钢量为 100 t), 从法国克莱西姆公司引进, 变压器功率为 80 000 kVA, 底电极为水冷铜钢复合结构。配有机械手控制的炉门碳氧喷枪, 采用 EB T 偏心炉底出钢; LF 钢包精炼 1 座, 变压器功率 15 000 kVA, 三相交流供电; 合金钢方坯连铸机一台, 从奥钢联引进, 4 机 4 流, 曲率半径 9 m, 刚性引锭杆, 配备了奥钢联专利技术的 Diamond 结晶器、Co60 同位素结晶器液面自动控制装置, 拉矫采用连续矫直技术。可浇注 150 mm ×150 mm、200 mm ×200 mm 两种断面的连铸坯。

中型轧钢厂:

蓄热式加热炉一座,加热能力 130 t/h。轧制机组为 700 ×1/650 ×3 三辊横列式轧机。所轧圆钢直径范围为 45 ~ 130 mm。

1.3 试制工艺

1.3.1 EAF 初炼

80 t 超高功率直流电弧炉装料时配加 30 % 的生铁,采用炉门碳氧喷枪营造泡沫渣,终点 $w(\text{C})$ 控制 0.10 %,EBT 出钢时严格控制下渣量。

1.3.2 LF 精炼

大包进入 LF 工位,通氩搅拌,降下电极升温,造渣精炼并精调成分。

(1) 顶渣控制

冶炼常规钢种时,LF 精炼炉需要用石灰 + 电石造一层高碱度、强还原性的顶渣,具有很强的脱氧和脱硫作用,钢液最终 $w(\text{S})$ 可降至 0.010 % 以下。但在冶炼 YF40MnV 时,要考虑将 S 含量控制在一定的范围,顶渣的成分控制和冶金作用需作适当的调整。

LF 造渣工艺要点:

用石灰 + 碳化硅代替石灰 + 电石作为造顶渣的基料;同冶炼常规钢种相比,石灰加入量减少 30 % ~ 40 %。

(2) 增硫

LF 精炼后期,在其它成分调整到位后,用硫精矿 ($w(\text{S}) = 28.9\%$) 进行增硫。

硫精矿加入量:根据硫精矿的含 S 量和钢水增硫前的含 S 量,以不计损耗配 S 至钢种成分规定的上限 0.075 % (质量分数) 进行计算。

硫精矿加入后,适当调大钢包底吹氩气流量,使 S 在钢液中迅速扩散均匀。但要严格控制氩气强搅拌时间,避免 LF 顶渣与钢液之间的界面反应过于强烈,提高并稳定 S 的回收率。

(3) 喂线处理

在 LF 精炼的最后,进行喂硅钙线处理,以起到脱氧、使夹杂物变性、提高钢水流动性的作用,但同时也会对钢液也会有脱 S 的作用,因此硅钙线的喂入量酌减,从常规钢种的每炉 300 m 减至 100 m。

1.3.3 连铸

连铸坯断面为 200 mm × 200 mm;连铸采用全程保护浇注;连铸钢水过热度控制在 25 ~ 35 ;拉速则根据过热度的高低控制在 1.3 ~

1.5 m / min;二冷配水采取弱冷模式。

1.3.4 轧制

考虑到 YF40MnV 的 $w(\text{Mn})/w(\text{S})$ 一般在 20 以上,热脆性不太明显,因而轧制工艺不在常规钢种基础上进行大的调整,开轧温度控制在 1 120 ~ 1 180 ,终轧温度控制在 900 以上。

2 试制结果

2.1 试生产过程情况

按照试制工艺技术要求,组织了小批量的试生产,在电炉厂试炼了 5 炉 YF40MnV,并由中型厂轧制成 60、75、80、85、90、100 mm 共 6 个规格。

电炉厂 80 t DC EAF 的冶炼、连铸及中型厂的轧制生产过程均正常。

电炉厂 LF 精炼过程中,发现钢成品 S 含量的控制比较困难,很不稳定。一次增 S 命中率很低,往往需要第 2 次补加硫精矿才能使 S 含量进入标准范围。据计算,S 的回收率波动较大,高的炉号超过了 80 %,低的还不到 50 %。

在第 3 炉的 LF 精炼过程中,因一次增 S 未命中,二次增 S 时硫精矿的补加量稍大了些,结果钢的 $w(\text{S})$ 达到 0.088 %,超出标准上限,只好重新进行处理,大量喂入硅钙线并调大钢包底吹氩气流量进行强搅拌,将 S 含量降至标准范围内。由于处理时间过长,导致连铸中断。

2.2 YF40MnV 试验钢的质量状况

(1) 化学成分

如表 1 所示,全部达到了标准和用户协议的要求,炉与炉之间主要元素含量的差异很小,C、Mn、Si、V 的波动范围(质量分数)分别只有 0.02 %、0.02 %、0.04 %、0.01 %。但 $w(\text{S})$ 量的控制不如 C、Mn、Si 精准,波动范围相对较大,为 0.025 %。

(2) 铸坯质量

仔细检查 5 炉 YF40MnV 试验钢连铸坯外观,端正平直,无脱方、鼓肚、凹陷、弯曲等现象,铸坯表面无结疤、翻皮等缺陷。

每炉钢坯割取一个低倍试样,进行低倍检验,发现铸坯组织致密,无皮下气泡、夹杂、裂纹、缩孔等缺陷。如图 1 所示。

(3) 钢材表面质量

对 6 个规格的 YF40MnV 圆钢进行逐支检验,发现表面质量较好,未发现有折迭、夹杂、裂

表 1 YF40MnV 试验钢化学成分(质量分数)

项 目	C	Mn	Si	S	P	V	Cu	Cr	Ni
试验钢成分	0.39	1.32	0.32	0.038	0.010	0.07	0.11	0.04	0.03
波动范围	~0.41	~1.34	~0.36	~0.063	~0.025	~0.08	~0.14	~0.07	~0.04
平均值	0.40	1.33	0.34	0.052	0.016	0.07	0.12	0.05	0.04
GB/ T15712-1995	0.37	1.00	0.30	0.035		0.06			
标准要求	~0.44	~1.50	~0.60	~0.075	0.035	~0.13	0.30	0.30	0.30
用户协议要求	0.39	1.20	0.30	0.035		0.06			
	~0.44	~1.50	~0.50	~0.075	0.030	~0.10	0.20	0.25	0.25



图 1 YF40MnV 连铸坯低倍组织

纹、翘皮等缺陷。

(4) 热顶锻

在 GB/ T15712-1995 标准中 YF40MnV 是易切削型的非调质钢,对热顶锻性能不作要求。但由于用户的加工工艺是先热锻后切削,必须保证热顶锻性能,因此对 YF40MnV 试验钢进行了热顶锻试验。

6 个规格的 YF40MnV 圆钢热顶锻试验全部合格,试样在锻后均为完好,无任何缺陷,说明圆钢的表面质量和内在质量是比较好的。

(5) 圆钢低倍组织

对每个轧制批号的 YF40MnV 圆钢进行低倍组织检验,钢材横截面酸浸低倍组织试片上未发现缩孔、气泡、裂纹、夹杂、翻皮和白点等缺陷,低倍组织级别完全符合标准和用户协议的要求。判定结果见表 2:

表 2 YF40MnV 试验钢低倍组织检验结果 级

项目	一般疏松	中心疏松	链型偏析
实际检测结果	0.5~1.0	0.5~1.0	0.5
GB/ T15712-1995 标准要求	3.0	3.0	3.0
用户协议要求	2.0	2.0	2.0

(6) 钢材的夹杂物级别、全氧含量及晶粒度抽样检测夹杂物级别,结果如表 3 所示。

表 3 YF40MnV 试验钢夹杂物级别、全氧含量检测结果

轧制规格/mm	轧制批号	夹杂物级别				w(T.O)/10 ⁻⁶
		硫化物	氧化物	硅酸盐	球状	
60	Z01-1137	2.5	0	0	0	13
		3.0	0	0	0	
75	Z02-0017	3.5	1.5	1.5e	0	
		3.5	2.5	1.5e	0	
80	Z02-1359	4.0	1.0	0	0	20
		3.5	1.0	0	0	
85	Z02-1328	4.0	0.5	0	0	19
		3.5	1.0	0	0	
90	Z01-1090	3.5	1e	0	0	21
		3.5	0	0	0	
100	Z01-1095	3.0	1.5e	0	0	26
		3.5	0	0	0	
用户协议要求		4.0	3.0	2.0	2.0	

从表 3 可看出,钢的氧化物、硅酸盐、球状三类夹杂控制较好,级别较低,硫化物夹杂级别较高,为 2.5~4.0 级,但均属合格范围。

检测 YF40MnV 试验钢的全氧质量分数为 (13~26) × 10⁻⁶,说明钢的纯净度还是比较好的。

用户要求 YF40MnV 的实际晶粒度不粗于 5 级,经检测, YF40MnV 试验钢的实际晶粒度为 6~7 级,达到了协议要求,如图 2 所示。

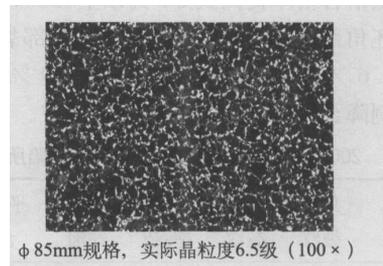


图 2 YF40MnV 试验钢实际晶粒度

2.3 用户试用情况

6 批 YF40MnV 圆钢全部发售出厂,用户是

国内一家生产汽车轴叉类部件的大型机械制造企业使用。试用结果如表 4 所示。

表 4 YF40MnV 试验钢用户试用情况

序号	规格/mm	轧制批号	锻打产品	锻打件数	锻打产品质量检验结果
1	60	Z01-1137	凸缘叉	75	探伤 75 件均无缺陷
2	90	Z01-1090	滑动叉	265	探伤 105 件无缺陷,其余被认为合格,不再进行探伤
			凸缘叉	534	
3	100	Z01-1095	焊接叉	258	探伤 258 件均无缺陷
			焊接叉	385	

切削加工性能,据反映要优于调质状态的 45 钢。

该企业对抗钢 YF40MnV 圆钢的质量和加工性能表示满意。

3 分析和讨论

从产品最终的质量状况和用户使用情况看, YF40MnV 非调质钢的试制应该是成功的,但在冶炼工艺上尚需改进,尤其是增硫环节,存在以下问题:

(1) 所用的增硫剂硫精矿, $w(S)$ 仅为 28.9%, 太低, 导致加入量过大, 每吨钢须加 3~4 kg, 不仅加大了钢液温降, 且在增 S 的同时也将大量杂质带进钢液, 污染了钢质。

(2) S 的回收率波动大, 一次增 S 命中率, 直接影响冶炼生产。这主要是硫精矿的比重小于钢水, 加入到钢包中时首先要同 LF 顶渣接触和反应, LF 顶渣虽已调整, 仍有较高的碱度(实测 R 为 2.0~2.5), 仍有一定的脱 S 能力, 且脱 S 效果难以估计, 导致钢成品 S 波动较大, 难以控制。

计划对增硫工艺作如下改进:

(1) 80 t DC EAF 装料时配加一部分高硫生

铁, 减轻 LF 工序的增 S 负担。

(2) 改用高品位的硫铁 ($w(S) = 50\%$) 作增硫剂, 减少加入量。

(3) 一次增硫未能命中标准范围的, 采用喂硫铁线的方法进行微调, 通过包芯线载体穿越渣层进入到钢液中, 避开 LF 顶渣的脱 S 作用, 提高 S 的回收率。

预计在增硫工艺改进之后, 冶炼 YF40MnV 时 S 的控制会趋于精准。

4 结 语

(1) 采用 80 t 超高功率直流电弧炉冶炼, LF 精炼, 连铸及 700 × 1/650 × 3 机组轧制, 生产的 YF40MnV 非调质钢, 其化学成分、表面质量、热顶锻性能、夹杂物和晶粒度等技术质量指标可完全达到标准要求, 满足用户的需要。

(2) 冶炼 YF40MnV 非调质钢时 S 含量较难控制, 采用高品位的硫铁作增硫剂及喂硫铁线工艺, 是改进 S 含量控制的方向。

(收稿日期: 2005-06-03)

(上接第 15 页)

3 效 果

经过采取相应的措施, 取得了显著的效果, 20 管钢低倍合格率提高到 86% 以上, 2004 年 20 管钢铸坯角部裂纹比例降至 4.2%, 边部裂纹比例降至 4.6%, 非金属夹杂比例降至 1.9%, 皮下气泡比例降至 0.02%。具体情况见表 7。

表 7 2003 年、2004 年 20 管钢各低倍缺陷所占比例 %

时间	角部 裂纹	边部 裂纹	非金属 夹杂	皮下 气泡	平均低倍 合格率
2003 年	10.80	24.60	13.60	4.40	68.80
2004 年	4.20	4.60	1.90	0.02	90.98

注: 此数为 2004 年 1~8 月的平均数。

4 结 语

边部裂纹、角部裂纹、非金属夹杂和皮下气泡等是 20 管钢铸坯常见的缺陷, 影响因素较多, 只有从工艺、设备和操作等方面严格控制, 才能逐步减少低倍缺陷发生的几率。

(1) 通过分析, 影响 20 管钢低倍合格率的主要缺陷为角部裂纹、边部裂纹和非金属夹杂。

(2) 通过提高设备精度和规范操作工艺, 铸坯缺陷可以得到有效控制。

(3) 通过攻关低倍合格率得到显著提高。

[参 考 文 献]

[1] 黄希祐. 金属学[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 1991.

(收稿日期: 2005-04-25)

