



# 莱钢大H型钢生产线TM精轧机组减道次轧制

王俊生, 仝丽珍, 蒋海涛, 杨 栋  
(莱芜钢铁股份有限公司, 山东 莱芜 271104)

**摘要:**为提升产能,以BB1坯型的H350×350规格为研究对象,分析了莱钢大型H型钢生产线TM精轧机组减道次轧制的可行性。根据过程数据跟踪记录(PDA)及现场统计分析,各道次实际轧制负荷均在额定轧制力的60%以下,电机扭矩在额定扭矩的50%左右,道次伸长率一般仅为1.07~1.20(设计值1.30),减道次轧制完全可行,并进行了由7道次减为5道次的优化轧制实践。优化后,每根轧件TM轧制时间节省45s,班产量提高了27%,且降低了开轧温度,改善了产品质量。

**关键词:**大H型钢;精轧机组;减道次轧制;可行性分析;优化实践

中图分类号:TF335.4 文献标识码:A 文章编号:1004-4620(2009)01-0028-02

## 1 前言

莱钢大H型钢轧钢生产线主体设备从德国SMS公司引进,采用异型坯热送热装技术,轧机采用CCS(紧凑式滑移机架)技术,X—H轧制方法,年设计生产能力100万t。主要生产多种规格的H型钢,其翼缘最大高度为400mm,腹板最大宽度为1000mm,采用3种坯型BB1、BB2、BB3进行轧制。除了生产H型钢外,还可以用万能法生产工字钢,并预留了将来用二辊轧机孔型法生产其他型钢的可能。

生产工艺流程为:连铸—热装炉加热—高压水除鳞—开坯轧制—精轧机组连轧—分段、取样、切尾—冷却—矫直—成排收集—一定尺锯切—检查—合格品码垛—打捆—标识—入库。

粗轧机往复轧制7至11道次,万能精轧机机架布置为UR-E-UF,3架轧机呈连轧布置。BB1、BB2坯型在万能轧机组往复轧制7道次,BB3坯型轧制7或9道次。经过2a来对生产工艺持续不断的优化,该条生产线工艺性能基本稳定,班产1200t左右。为了降低吨钢消耗,提升产能,通过生产实践分析,在不影响产品质量与性能的前提下,减少轧制道次可以缩短轧制节奏,降低开轧温度,从而提高小时产量。为此,分析了将BB1坯型的TM精轧机组7道次轧制改为5道次轧制的可行性,并且进行了相应的现场生产检验。

## 2 轧制能力可行性分析

### 2.1 精轧机组的额定能力

TM精轧机组及其传动设备的额定设计能力如表1所示。

表1 TM轧机和传动设备的能力

轧机	平辊轧制力/kN	立辊轧制力/kN	电机扭矩/%
UR	10 000	6 000	90
E	3 000		50
UF	10 000	6 000	90

### 2.2 不同规格产品的实际轧制能力分析

对现场生产的所有规格产品的轧制能力参数进行了数据采集分析,仅以H350×350规格H型钢为例进行说明。根据顺轧状态过程数据跟踪(PDA)记录,统计分析了10支轧件的各道次轧机轧制力和扭矩,对应的平均值见表2。从表2可以看出,各道次轧机轧制负荷较小,均在额定轧制力的60%以下,电机扭矩在额定扭矩的50%左右,单道次轧制能力提升空间非常大,可以实现减道次轧制。

表2 H350×350的轧制力和扭矩统计平均值

轧机	各道次轧制力/kN							最大扭矩/%
	1	2	3	4	5	6	7	
UR平辊	6 267	4 167	4 033	2 067	1 667	1 233	1 300	52
UR立辊	2 367	2 800	3 133	3 467	3 633	3 533	2 533	
E	477	530	443	580	370	347	273	15
UF平辊	5 133	4 200	3 100	2 933	1 633	1 100	2 087	
UF立辊	2 467	2 200	3 133	3 133	3 567	3 400	2 667	57

## 3 减道次万能孔型变形的可行性分析

### 3.1 精轧各道次伸长率

轧制各道次伸长率的大小,决定了轧件在精轧机组能否由7道次减为5道次。现场统计分析表明,目前BB1大部分坯型的道次伸长率一般为1.07~1.20,而且遵循开始道次和最后道次伸长率小、中间道次伸长率大的规律,距离TM精轧机最大道次伸长率1.30的设计值还相差很远,将7道次轧制减为5道次轧制完全可行。

### 3.2 保持合适的翼缘和腹板伸长率比值

由H型钢的变形特点可知,H型钢单道次翼缘与腹板伸长率的比值必需大于1.00,以防出现腹板

收稿日期:2008-06-24

作者简介:王俊生,男,1971年生,1994年毕业于上海冶金专科学校金属压力加工专业。现为莱钢型钢厂轧钢车间主任,工程师,从事轧钢工艺技术工作。

波浪。对于宽翼缘规格产品,如该比值过大,翼缘将对腹板产生附加拉应力,容易使腹板中部变薄,出现腹板厚度不均匀现象,严重的会产生腹板孔洞;对于窄翼缘规格产品,该比值过大,会出现翼缘宽度波动,严重的会形成翼缘波浪。因此,选择合适的翼缘与腹板的伸长率比值至关重要。通过现场测试发现,在H型钢质量得到保证的前提下,翼缘和腹板伸长率比值一般应控制在1.01~1.05。基于型钢轧制原理,减道次实际上只是增加道次的变形量和轧制载荷,翼缘和腹板的伸长率将同步增加,不会影响它们的伸长率比。因此,减道次后翼缘和腹板的伸长率比值能保证在合适的范围内。

### 3.3 精轧机组轧机刚度系数的测定

在设计轧制程序表时,必需将伸长率转化为水平辊和立辊的辊缝,才能得到需要的轧件厚度尺寸。而轧件的厚度尺寸不但与轧辊的辊缝有关,还与设备的弹跳有关,其关系为轧件厚度=轧机辊缝+轧机弹跳( $t$ )。因此,轧机的弹跳值直接影响轧件的伸长率和产品的尺寸精度。通过现场轧机校准PDA的数据分析,测出该参数,测定结果见表3。从而可以掌握在不同的轧制力下辊缝的弹跳值,为设定辊缝、保证准确的伸长率提供了理论依据。

表3 各轧机水平辊和立辊方向的刚度系数 $t$  mm

UR水平辊缝	UR立平辊缝	E水平辊缝	UF水平辊缝	UF立平辊缝
400	150	250	400	150

## 4 TM精轧机组压下规程的优化实践

根据H型钢在孔型中的变形特点,结合已测定出的轧机刚度系数,开展减道次试验工作(以宽翼缘H型钢H350×350×12×19由7道次减为5道次为例)。表4为优化前轧制H350×350×12×19规格的7道次程序,从表4可以看出,各道次的腹板、翼缘伸长率较小,有减道次的空间。

万能轧机伸长率设计应当遵循以下总原则:第1道次由于BD来料形状较差,为了便于咬入,伸长率取值比较小,2~4道次较大,最后道次最小,以控制好成品尺寸。根据此原则,首先确定腹板各道次的伸长率。根据成品的腹板厚度、BD最后道次形状以及轧机的能力确定往复道次数及每道次的伸长率。最大的腹板伸长率不能超过1.3,一般用到1.20~1.25,开轧和终轧道次的伸长率在1.03~1.12。其次,确定翼缘各道次的伸长率。要根据腹板的伸长率设计翼缘的伸长率,不同的成品尺寸规格选择不同压下率差值。一般情况下,宽翼缘规格中间道次取上限(1.03~1.05),最后道次取下限(1.01~1.03)。优化后的轧制程序见表5。

表4 H350×350×12×19宽翼缘型钢7道次程序

道次	轧机	水平辊缝/mm	立辊缝/mm	腹板伸长率	翼缘伸长率	翼缘与腹板伸长率比
最后	BD	46.0	97.0			
	UR	44.8	95.0	1.02	1.02	1.00
1	E	46.5				
	UF	42.5	84.8	1.05	1.12	1.06
2	UF	39.2	75.2	1.08	1.13	1.04
	E	41.0				
3	UR	35.0	64.6	1.12	1.16	1.03
	UR	30.9	54.8	1.13	1.18	1.04
4	E	32.0				
	UF	27.5	47.5	1.12	1.15	1.03
5	UF	24.3	40.8	1.13	1.16	1.03
	E	25.5				
6	UR	22.0	34.5	1.10	1.18	1.07
	UR	19.7	29.8	1.12	1.16	1.04
7	E	20.5				
	UF	17.6	26.7	1.12	1.12	1.00
6	UF	16.0	23.7	1.10	1.13	1.02
	E	17.0				
7	UR	14.1	20.8	1.13	1.14	1.00
	UR	12.5	18.8	1.13	1.11	0.98
最后	E	14.0				
	UF	11.8	17.7	1.06	1.06	1.00

表5 H350×350×12×19宽翼缘型钢5道次轧制程序

道次	轧机	水平辊缝/mm	立辊缝/mm	腹板伸长率	翼缘伸长率	翼缘与腹板伸长率比
最后	BD	44.0	97.0			
	UR	42.8	90.5	1.03	1.07	1.04
1	E	44.0				
	UF	37.0	75.0	1.16	1.21	1.04
2	UF	31.2	60.5	1.19	1.24	1.05
	E	32.0				
3	UR	25.8	47.6	1.21	1.27	1.05
	UR	22.2	39.0	1.16	1.22	1.05
4	E	23.0				
	UF	19.0	31.8	1.17	1.23	1.05
5	UF	16.5	26.3	1.15	1.21	1.05
	E	17.0				
最后	UR	14.2	21.5	1.16	1.22	1.05
	UR	12.9	18.9	1.10	1.14	1.03
最后	E	13.5				
	UF	12.4	18.0	1.04	1.05	1.01

对比优化前后轧制力、扭矩PDA记录情况,优化后轧制负荷和扭矩虽略有增加,但由于轧制时间的缩短,轧件的轧制温降减少,所以负荷增加幅度不大,增加量一般为10%左右,但仍然在稳妥的设备能力范围之内,能保证轧机稳定高效运行。

## 5 优化效果

每根轧件TM轧制时间由工艺优化前的3 min 30 s降为2 min 45 s,节约45 s。班产量由工艺优化前的1 380 t提高到1 756 t,提高了27.25%。

通过减道次,缩短了轧件的轧制时间,从而减少了轧件轧制过程中的温降,为降低(下转第34页)

### 3.2 试验对比情况

试验选用高精度导爆管雷管。为了确保测试设备及生产安全,测试地点选择在距爆区正后方100 m处,对比孔间微差顺序起爆方式在降震方面的表现,定量评价爆破震动等级,以便采取相应措施。采用专用测震仪器进行了现场测试,对比试验分别在+120、+130、+140水平进行。

2007年10月份,利用14 d时间共进行试验对比6次,爆破试验对比测试结果如表1所示。

## 4 效果评价

自2007年10月份以来,通过采用孔间微差顺序起爆方式进行中深孔爆破试验,从爆破效果看,一是底根和大块率明显减少,减轻了二次爆破的频率;二是爆堆松散度也有显著改善,给后续挖掘工艺创造了良好条件;三是爆破后冲明显减小,最大后冲龟裂仅1 m,总体爆破效果得到改善。四是从

表1 爆破试验对比测试结果

起爆方式	排间微差爆破		孔间微差顺序起爆	
炮孔直径/mm	150	150	150	150
孔网参数/m	4×3.5	4×3.5	4×3.5	4×3.5
布孔方式	矩形布孔	矩形布孔	矩形布孔	矩形布孔
爆破方量/m <sup>3</sup>	3 680	4 600	2 720	4 800
超深/m	2.5	2.5	2.5	2.5
炮孔数量/个	24	29	18	33
充填高度/m	4~4.5	4~4.5	4~4.5	4~4.5
延期间隔/ms	0	0	25/65	25/65
总药量/kg	2 736	3 348	2 160	3 852
最大段药量/kg	380	396	120	138
延期时间/ms	175	350	680	705
震动速度矢量合成/(cm·s <sup>-1</sup> )	3.324	4.734	2.012	2.904

降震效果看,爆破震动速度大幅度降低,平均降低了39%,未发生重炮和起爆顺序颠倒等爆破地震事故,降震效果十分明显。爆破地震强度的减弱,为保护矿山边坡安全和矿山安全生产以及矿区周边房屋等建筑物的安全提供了保障。

## Application of Inter-hole Millisecond Order Detonation Technology in Lunan Mining Company

GAO Qing-rong, ZHENG Chang-li, CHEN Long-li

(Laiwu Iron and Steel Group Lunan Mining Co., Ltd., Yishui 276421, China)

**Abstract:** Lunan mining company adopted inter-hole millisecond order detonation technology for blasting tests and tested blasting vibration situation by special seismograph in field. The results showed that compared with inter-row millisecond blasting, inter-hole millisecond order detonation technology improved the blasting effect, reducing the bulk rate, increasing the degree of loose rock pile and reducing blasting vibration speeds of up to 39%.

**Key words:** inter-hole millisecond order detonation; row between millisecond blasting; inter-hole delay; blasting vibration

(上接第29页)轧件的开轧温度提供了条件。开轧温度由减道次前的1 280 ℃降低到1 260 ℃,煤气消耗同比降低5%。

减道次的本质就是在轧机能力范围内,保证轧件总延伸系数不变的原则下增加单道次的伸长率,因此细化了晶粒,提高了产品的力学性能。随机抽取了H350×350规格(Q235B钢种)优化轧制前后各100炉产品的力学性能,进行了统计分析(见表6),优化轧制后产品的力学性能略有提高。

表6 减道次前后型钢力学性能对比(100炉)

项目	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	延伸率/%	冲击功/J
优化前	274	411	30.5	112,113,111
优化后	279	415	32.0	114,115,111

在此基础上,在BB1坯型全规格推广该项目,从而使占大型生产线一半产量的规格实现了TM精轧机组减少轧制道次轧制,产能得到大幅提升,月产量提高了12%。同时带动各项指标迅速提高,为大型H型钢创造了巨大的经济效益。

## Reduction Pass Rolling in TM Finishing Mill Train of Laiwu Steel's Large H-beam Product Line

WANG Jun-sheng, TONG Li-zhen, JIANG Hai-tao, YANG Dong

(Laiwu Iron and Steel Co., Ltd., Laiwu 271104, China)

**Abstract:** In order to promote productivity, making the H350×350 specifications of BB1 billet as research object, authors analyzed the feasibility of reduction pass rolling in TM finishing mill train of Laiwu Steel's large H-beam product line. The tracked recording process data(PDA) and statistics analysis showed that each load of actual pass rolling was less than 60% of rated rolling force, the motor torsion was about 50% of rated torsion and the elongation of pass was only 1.07~1.20 in general (the design value is 1.30). Then reduction pass rolling was feasible entirely and the rolling test reduced to 5 passes from 7 passes was done. After optimization, the TM rolling time of each rolled piece was saved by 45 seconds and the output per shift was increased by 27%, at the same time, lowering rolling starting temperature and improving product quality.

**Key words:** large H-beam; finishing mill train; reduction pass rolling; feasibility analysis; optimizing practice