

## 顶管机组生产油管的实践探索

何新田, 陈 静

( 武钢集团汉阳钢厂, 湖北 武汉 430035 )

**摘 要:** 为了充分挖掘现有顶管机组的生产潜力, 调整产品结构, 提高经济效益, 武钢集团汉阳钢厂对采用顶管机组生产 J55、N80 I 类钢级油管进行了有益的探索, 介绍了 J55、N80 I 类钢级油管主要的生产技术难点、所采取的相应工艺技术措施和取得的效果。经检测及用户使用表明, 产品的化学成分控制良好, 几何尺寸精度高, 力学性能优良, 表面质量好。

**关键词:** 顶管机组; 油管; J55; N80 I; 技术难点; 工艺技术措施; 生产效果

**中图分类号:** TG333.8; TE931+2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-2311(2007)05-0031-05

## An Approach to Producing Tubings with Push Bench Pipe Mill

He Xintian, Chen Jing

( Hanyang Steel Works, Wugang Group, Wuhan 430035, China )

**Abstract:** Hanyang Steel Works, Wugang Group has carried out an approach to producing tubings of in steel grades of J55 and N80 I, in a bid to tap the potential capacity of the push bench mill, restructure the product mix and enhance economic benefit. Described in the paper are the main technological difficulties and relevant technological countermeasures and the result in manufacturing the said tubings with the push bench mill. Relevant testing and the end-user's operation result show that the tubings are in possession of well-controlled chemical composition, high geometric accuracy, fine mechanical properties and good surface quality.

**Key words:** Push bench pipe mill; Tubing; J55; N80 I; Technological difficulties; Technological Countermeasures; Production result

### 0 前 言

石油钢管主要包括油井管和油气输送管两大类。油井管可分为套管、油管、钻杆、钻铤等。油管是抽取原油用的钢管, 一般占整个石油钢管消费量的 17%~22%。据权威部门预测, 未来几年时间内, 油管的生产与消费均存在着较大的增量, 每年约增 10 万 t。国内、国际市场油管用材需求量较大且油管利润空间大, 而能生产的厂家却不多, 因此油管市场前景看好。

武钢集团汉阳钢厂的无缝钢管机组是从前西德进口的二手 CPE 顶管机组, 只能生产以低档的 20 钢为主的结构管、流体能、中低压锅炉管这 3 个品

种, 其市场竞争能力较弱。根据市场需求, 从 2004 年 9 月开始用顶管机组试制生产 J55 钢级油管, 2006 年 1~2 月试制生产 N80 I 类钢级油管, 在 2004~2006 年期间共生产上述两类油管 10.9 万 t, 不仅比较充分地挖掘了顶管机组的生产潜力, 使该厂的产品结构成功实现调整, 而且获得了较大的经济效益。现将该厂用顶管机组生产油管的相关情况介绍如下。

### 1 主要技术难点及解决措施

#### 1.1 外 径

##### 1.1.1 椭圆度

用户要求椭圆度在 0.60% 以下, 而 API 5CT 标准未作硬性要求, 通常标准对普通管要求的椭圆度 < 1.60%, 本厂普通产品的椭圆度在 1% 左右,

何新田(1965-), 男, 工程师, 科长, 主要从事制管工艺技术的研究。

因此要生产达到用户要求的油管有很大的难度。

通过分析后认为, 油管椭圆度要得到较大改善, 需在微张力减径机的孔型设计、孔型装配与机架状况、孔型磨损这 3 个方面进行工艺攻关。

#### 1.1.1.1 微张力减径机的孔型设计

(1) 增设一个规圆孔型, 采用椭圆→圆→圆的成品变形设计。常规采用一个规圆孔型, 变形设计为椭圆→圆, 要确保圆孔型充满, 需给圆孔型一个较小的压下率变形, 故在理论及微观上钢管必然会产生“耳子”。因此, 增加一个同样尺寸的成品圆孔型即可消除这一多出的“耳子”。

(2) 减小道次最大变形量, 均衡专用机架变形

量。因油管钢种强度较高, 机架轧制负荷增大, 机架 3 个轧辊因负荷不均匀而出现弹跳增大, 致使钢管椭圆度增大, 故需对道次变形量适当减小, 将机架道次变形量调整为原变形工艺的 3/4, 同时专用机架道次变形量按最大变形量的约 2/3、1/3、1/6、0 进行分配。

(3) 减小倒数第 3、第 4 成型机架的椭圆度, 使椭圆得以平缓过渡至圆。

(4) 减小倒数 4 个成型机架的辊缝, 使辊缝的耳子效应减小。

Φ88.90 mm×6.45 mm 普通管和油管的孔型设计方案见表 1 和表 2。

表 1 Φ88.90 mm×6.45 mm 普通管的孔型设计方案

机架号	孔高 H /mm	平均直径 K /mm	孔半宽 A /mm	孔半高 B /mm	椭圆系数 Q	宽展 X1	压下率 δ /%	辊缝 Δ /mm
定径第 8 架	90.44	94.51	49.29	45.22	1.090	1.95	4.48	4.00
微张力减径第 1 架	90.68	92.49	47.15	45.34	1.040	1.93	2.10	2.40
微张力减径第 2 架	88.90	89.79	45.34	44.45	1.020	0	2.92	2.40
微张力减径第 3 架	88.90	88.90	44.45	44.45	1.000	0	0.99	2.40

表 2 Φ88.90 mm×6.45 mm 油管的孔型设计方案

机架号	孔高 H /mm	平均直径 K /mm	孔半宽 A /mm	孔半高 B /mm	椭圆系数 Q	宽展 X1	压下率 δ /%	辊缝 Δ /mm
定径第 8 架	90.44	94.51	49.29	45.22	1.090 0	1.95	4.48	4.0
微张力减径第 1 架	90.10	92.21	47.16	45.05	1.046 7	1.94	2.43	1.5
微张力减径第 2 架	89.90	90.88	45.93	44.95	1.022 0	0.88	1.44	1.5
微张力减径第 3 架	90.20	90.20	45.10	45.10	1.000 0	0.15	0.75	1.5
微张力减径第 4 架	90.20	90.20	45.10	45.10	1.000 0	0	0	1.5

注:  $Q = \frac{1}{(1-\delta)^{15}}$ , 考虑咬入因素, 将微张力减径第 1 架的 Q 有意放大至 1.046 7。

#### 1.1.1.2 孔型装配与机架状况以及孔型磨损

(1) 选用刚性好、稳定性好的机架轧制油管, 以减少因轧制时 3 个轧辊的不均匀负荷而引起的机架弹跳。

(2) 重视孔型测量前机架的装配质量, 并使用胀棒胀压孔型, 打击力度适中, 最大限度以静态模拟孔型轧制时的状态。

(3) 张力减径孔型采用 3 个轧辊单独车制组装, 尤其注重装配质量。精心装配、测量、调整, 采用对光测量孔型, 使测量棒在孔型中微受力并且保持平直, 按棒、辊接触点椭圆孔型在孔顶而圆孔

型在孔肩的原则进行孔型位置的调整。

(4) 因孔型磨损不均匀, 会逐渐加剧钢管的椭圆化, 故先确定了一个孔型的磨损不均值, 然后通过实际生产来测量磨损量, 再确定出一套孔型的限额轧制量以方便定期成套更换机架。在生产条件或轧辊材质有较大变化时, 重新确定出机架的限额轧制量。

#### 1.1.2 外径公差

用户要求的外径公差为 0~+0.79 mm, 不允许存在负公差, 这较 API 5CT 标准和普通管标准的要求高 1 倍, 对顶管机组而言也是一个难点。

经分析后采取了如下措施:

(1) 对于普通管, 最末道次孔型大小通常按成品管负公差进行设计, 而对于外径公差精度要求较高的油管, 则应按产品公差带的中间值进行选取。因此, 对  $\Phi 88.90$  mm 钢管的尺寸(冷尺寸)按  $\Phi 89.30$  mm 进行设计。

(2) 顶管机组定径、微张力减径的终轧热膨胀系数为 1.01 左右, 而在实际生产油管的过程中应准确测量出该值(在一定的终轧温度下), 成品孔型大小按钢管终轧时的热尺寸进行设计。

(3) 将再加热温度范围及温度不均性控制到最小, 轧辊冷却水控制适当并保持稳定, 确定出再加热温度在  $20$  °C 范围内变化, 温差不均  $\leq 14$  °C。

## 1.2 壁厚

### 1.2.1 壁厚不均

用户要求壁厚不均  $\leq 15\%$ , 而 API 5CT 标准未作硬性要求, 一般标准要求  $\leq 20\%$ 。本厂普通管的壁厚不均  $\leq 20\%$ , 因此要达到油管用户的要求有一定的难度。

针对这一问题采取了如下措施:

(1) 为了确保穿孔机毛管壁厚不均  $\leq 1$  mm, 制作了调整专用量规, 减少调车测量误差; 适当缩小抱辊抱毛管的孔型尺寸; 重视抱辊系统的中心线及生产过程中顶杆直度的确认。

(2) 为确保荒管壁厚不均  $\leq 11\%$  (对  $\Phi 88.90$  mm $\times 6.45$  mm 油管而言, 确保其壁厚不均  $\leq 0.7$  mm), 顶管机最后 2 个机架轧辊的孔型直径不宜比管径大得过多, 且其孔型大小调整一致, 而倒数第 3 个机架的孔型调整到比后两架孔型大  $0.5\sim 1.0$  mm。

(3) 加强芯棒表面处理。增加芯棒在轧机中被轧的次数, 保持 8 h 生产中轧次数不少于 2 次。重视对顶管机组孔型、芯棒的磨损检查并及时更换。

### 1.2.2 壁厚公差

用户要求壁厚公差为  $\pm 12.5\%$ , 而 API 5CT 标准要求  $\geq -12.5\%$  以上, 一般标准要求为  $^{+15}_{-12.5}\%$ 。顶管机组要达到上述壁厚公差要求的难度并不大, 但在实际生产过程中要注意对顶管长度、微张力减径长度及加热烧损的控制。

## 1.3 力学性能

### 1.3.1 J55 钢级油管

用户要求屈服强度为  $379\sim 552$  MPa, 抗拉强度  $\geq 517$  MPa, 延伸率  $\geq 18\%$ , 等效采用 API 5CT 标准。这对生产 37Mn5 钢油管而言较易达到, 但要获得更好的力学性能, 在冶炼过程中就需注意对钢的化学成分及纯净度的控制, 并在制管过程中重视对再加热温度的制订与控制。经对比试验, 确定将终轧温度控制在  $810\sim 830$  °C, 再加热温度控制在  $980\sim 1000$  °C。

### 1.3.2 N80 I 类钢级油管

继 2004 年 9 月成功生产出 J55 钢级油管后, 2006 年 1~2 月又进行了 N80 I 类钢级油管的试制生产。经分析后认为, 其难点体现在对化学成分和力学性能的控制方面, 并采取了针对性的措施。

#### 1.3.2.1 对化学成分的控制

在第 1 次试制时选择了常用的 33Mn2V 钢(化学成分见表 3), 并在微张力减径机终轧机架后面采用了多道次的水雾冷却。结果表明, 钢的强度、延伸率偏下限, 指标富余量不大, 轧后钢管的弯曲现象较严重。经分析后, 于 2006 年 2 月选用了 36Mn2V 钢, 提高其 C、Mn、V 的含量, 并将 Cr、Cu 等有害元素含量控制在较低的水平, 优化后的 36Mn2V 钢的化学成分见表 3; 取消了终轧后的水雾冷却。试轧结果表明, 轧后钢管的弯曲情况正常, 钢的强度、延伸率富余量较大, 数据分布合理, 化学成分控制理想。

表 3 33Mn2V 钢与 36Mn2V 钢的主要化学成分(质量分数)

钢号	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	V
33Mn2V	0.34~0.38	0.15~0.35	1.20~1.50	$\leq 0.025$	$\leq 0.020$	$\leq 0.25$	$\leq 0.25$	$\leq 0.25$	0.07~0.12
36Mn2V	0.35~0.40	0.20~0.35	1.40~1.60	$\leq 0.025$	$\leq 0.020$	$\leq 0.20$	$\leq 0.15$	$\leq 0.20$	0.10~0.16

#### 1.3.2.2 对力学性能的控制

用户要求屈服强度为  $552\sim 758$  MPa, 抗拉强度  $\geq 689$  MPa, 延伸率  $\geq 14\%$ , 等效采用 API 5CT

标准。经对比试验, 若采用 36Mn2V 钢优化后的化学成分, 其力学性能易达到要求, 但在制管过程中仍需注意对再加热温度与终轧温度的控制。经对

比分析后确定,将再加热温度控制在 970~990 ℃,终轧温度控制在 800~830 ℃。

## 2 生产工艺流程

武钢集团汉阳钢厂采用顶管机组生产油管的主要工艺流程为:电炉炼钢→炉外精炼→连铸→下定尺坯→管坯加热→穿孔机穿孔→顶管机顶管→再加热→8 机架定径机+20 机架微张力减径机定(减)径→冷床冷却→矫直→切管→检验(外表面质量、几何尺寸、无损探伤、理化检验)→标志→包装入库。

## 3 生产效果

在对顶管机组生产油管的工艺技术做了充分准备并采取了上述各项技术控制措施后,于 2004 年 9 月试制生产出 J55 钢级  $\Phi 88.90 \text{ mm} \times 6.45 \text{ mm}$  油

管近 200 t,2006 年 1~2 月试制生产出 N80 I 类钢级  $\Phi 88.90 \text{ mm} \times 6.45 \text{ mm}$  油管近 500 t。检测后均未发现油管有化学成分、力学性能、几何尺寸不合格而报废的现象。随即开始投入批量生产,仅在 2004~2006 年期间就生产了 2 个钢级(J55、N80 I 类),4 个钢号(37Mn5、30Mn2、33Mn2V、36Mn-2V),4 个规格( $\Phi 88.90 \text{ mm} \times 6.45 \text{ mm}$ 、 $\Phi 73.02 \text{ mm} \times 5.51 \text{ mm}$ 、 $\Phi 60.32 \text{ mm} \times 4.83 \text{ mm}$ 、 $\Phi 114.30 \text{ mm} \times 6.35 \text{ mm}$ )的油管共计 10.9 万 t。2005 年的油管产量占当年全厂钢管总产量的比例达 50%,2006 年达 84%。

### 3.1 化学成分

对所生产的 J55、N80 I 类钢的化学成分控制良好,其有害元素 P、S 含量是 API 5CT 标准允许含量的 2/3,见表 4 和表 5。

表 4 J55 钢(37Mn5)的主要化学成分(质量分数)

项目	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	%
实物水平	0.35~0.39	0.25~0.33	1.30~1.42	0.015~0.020	0.008~0.015	0.07~0.15	0.06~0.11	0.08~0.12	
用户要求	0.34~0.39	0.20~0.35	1.25~1.50	≤0.025	≤0.025	≤0.20	≤0.15	≤0.20	
API 5CT	-	-	-	≤0.030	≤0.030	-	-	-	

表 5 N80 I 类钢(37Mn5)的主要化学成分(质量分数)

项目	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	V	%
实物水平	0.36~0.39	0.24~0.33	1.45~1.60	0.015~0.020	0.007~0.013	0.07~0.15	0.06~0.12	0.07~0.13	0.11~0.16	
用户要求	0.35~0.40	0.20~0.35	1.40~1.60	≤0.025	≤0.020	≤0.20	≤0.15	≤0.20	0.10~0.16	
API 5CT	-	-	-	≤0.030	≤0.030	-	-	-	-	

### 3.2 几何尺寸

所生产油管的几何尺寸精度高,指标富余量约 20%,能满足用户的要求,见表 6。

### 3.3 力学性能

所生产的油管力学性能良好,指标富余量在

10%以上,能很好地满足 API 5CT 标准及用户的要求,见表 7。

### 3.4 表面质量水平

整体美观,除个别有划伤缺欠外,未发现外观缺陷,满足 API 5CT 标准及用户的要求。

表 6 油管几何尺寸对比

项目	外径公差/mm	椭圆度/%	壁厚公差/%	壁厚不均/%
实物水平	+0.70 +0.10	≤0.50	±10	≤12
用户要求	+0.79 0	≤0.60	+12.5 -10	≤15
API 5CT	±0.79	-	≥-12.5	-

表 7 油管的力学性能对比

项目	屈服强度/MPa		抗拉强度/MPa		延伸率/%	
	J55	N80 I	J55	N80 I	J55	N80 I
实物水平	420~510	610~700	580~750	790~910	21~25	17~22
用户要求	379~552	552~758	≥517	≥689	≥18	≥14
API 5CT	379~552	552~758	≥517	≥689	≥18	≥14

### 3.5 其他

涡流探伤 B 级合格率达 95% 以上, 水压试验、包装、标志均符合 API 5CT 标准及用户要求。

## 4 结论

(1) 采用新的孔型设计方法, 加强设备与工艺过程的控制, 可以生产外径公差  $^{+0.79}_0$  mm, 椭圆度  $\leq 0.60\%$ , 壁厚公差  $^{+12.5}_{-10}\%$ , 壁厚不均  $\leq 15\%$  的几何尺寸精度高的油管, 指标富余量约 20%。

(2) 经筛选优化后 N80 I 类钢级油管材质选

用 36Mn2V 钢, 其化学成分、力学性能良好, 指标富余量在 10% 以上。

(3) 顶管机组所生产的 J55、N80 I 类钢级油管, 经实测和用户使用表明, 其各项性能指标符合 API 5CT 标准及用户要求; 同时也证明用顶管机组是能够生产出高质量的油管的。

(4) 自生产油管以来, 武钢集团汉阳钢厂的产品结构有了显著改善, 经济效益有了极大提升。

(收稿日期: 2007-06-26)

## ● 信息

### 大港油田集团公司 $\Phi 219$ mm ERW 高频直缝焊管生产线建成投产

2007 年 7 月 28 日, 大港油田集团公司  $\Phi 219$  mm ERW 高频直缝焊管生产线正式建成投产, 标志着该公司的石油机械加工制造业务进入了新的发展阶段, 为打造中国石油天然气集团公司渤海湾地区重要的石油机械研发制造基地奠定了坚实基础。

大港油田集团公司  $\Phi 219$  mm ERW 高频直缝焊管生产线, 是近年来中国石油天然气集团公司投资 1.65 亿元在所属企业建设的唯一 1 条钢管生产线项目, 于 2006 年 3 月正式动工, 2007 年 5 月 16 日第 1 批 ERW 焊管成功下线。经检验, 所生产的 ERW 焊管的焊接质量、尺寸公差等各项指标均符合相关技术规范要求。该条高频直缝焊管生产线的主要机组采用了当今国际最先进的日本 F.F.X 成型工艺及技术装备和挪威 IGBT 焊接工艺及技术装备, 每年可生产  $\Phi 88.9\sim 244.5$  mm 高品质 ERW 高频直缝焊管 10 万 t。其高钢级(N80、X80)、大壁厚(厚径比达 1%~10%)的产品特点, 填补了我国中型 ERW 机组产品的空白, 从而使整条生产线实现了“技术国际领先、填补国内空白”的建设目标。该条生产线的建成投产, 不仅能够为大港油田集团公司现有油套管加工业提供可靠的上游产品保障, 也可为国内外油井管、管线管和结构管的加工、使用企业提供优质货源。

(天津大港油田集团新世纪机械制造有限公司 戴永生)

### 2007 年 1~8 月俄罗斯钢管产量同比增长 17.6%

在钢管月产量保持长时期增长后, 2007 年 8 月俄罗斯的钢管产量出现了同比下降的情况, 钢管月产量为 74.2 万 t, 比上年同期下降了 0.4%, 其中: 无缝钢管的月产量为 27.5 万 t, 比上年同期增长了 3.8%; 电焊钢管的月产量为 44.7 万 t, 比上年同期下降了 1.4%; 其他类焊管的月产量为 1.93 万 t, 比上年同期下降了 26.3%。2007 年 1~8 月俄罗斯的钢管总产量同比仍保持了高速增长态势, 总产量已达到 596.6 万 t, 比上年同期增长了 17.6%, 其中: 无缝钢管的产量为 214.3 万 t, 比上年同期增长了 10.7%; 电焊钢管的产量为 344.3 万 t, 比上年同期增长了 22.3%; 其他焊管的产量为 16.91 万 t, 比上年同期增长了 14.5%。

(攀钢集团成都钢铁有限责任公司 杜厚益)