

试论我国高品质 ERW 焊管发展的技术路线

彭在美¹, 窦树柏²

(1. 中冶辽宁德龙钢管有限公司, 辽宁 鞍山 114039;

2. 天津大港油田新世纪机械制造有限公司, 天津 300280)

摘要: 国内中小产量的 ERW 焊管生产线虽多, 但档次普遍不高, 且存在装备不全、技术能力薄弱等问题, 以焊接油井管和管线管为例阐述了高品质 ERW 焊管的发展对策。主要分析了 ERW 焊管的市场前景和产品定位; 提出了高品质 ERW 焊管产品的规格范围; 指出应完善 ERW 焊管生产线的工艺流程, 特别注意主线设备工艺与配套生产线(管加工、热处理)的相互衔接, 以构建一个完整的高品质产品产业链, 从而提高产品的竞争力。

关键词: ERW 焊管; 定位; 管线管; 油井管; 发展方向; 完整产业链

中图分类号: T-1; TG457.6 文献标识码: A 文章编号: 1001-2311(2008)03-0009-04

Discussion of Technical Orientation for Domestic Hi-quality ERW Pipe Development

Peng Zaimei¹, Dou Shubai²

(1. Zhongye Liaoning Delong Steel Pipe Co., Ltd., Anshan 114039, China;

(2. Tianjin Dagang Oil Field Xinshiji Machinery Manufacture Co., Ltd., Tianjin 300280, China)

Abstract: Although there are a lot of medium and small-scaled ERW pipe production plants, most of them are low technological level, incompletely equipped and poor in technical ability. Addressing this current situation, countermeasures are discussed, taking development of the ERW tubing and linepipe as an example. Also analyzed are the market prospect and restructuring of the product mix of the ERW pipes. The appropriate product size range is further defined so as to improve the manufacturing process flow of the ERW production line. Great care should be taken to the incorporation of the main operation line equipment and process with the mating operation lines (e.g., tube processing and heat treatment) for the purpose of setting up a production chain of hi-quality products, and thus enhancing the product competitiveness.

Key words: ERW pipe; Locating; Linepipe; OCTG; Development orientation; Complete production chain

0 前言

目前国内对 ERW 焊管品质的要求越来越高, 环保要求越来越严, 普通焊管在国内市场呈现结构性过剩状况, 出口受到严重限制。因此, 当前 ERW 焊管发展应面向高强度大壁厚高品质市场。本文以管线管和油井管为例就此提几点看法。

彭在美(1938-), 男, 教授级高级工程师, 高级顾问, 中国钢结构协会钢管分会副秘书长, 长期从事钢管生产设计研究工作。

1 我国焊管产业概况

2007 年我国焊接钢管产量为 2 361 万 t, 与 2006 年相比增长 11.3%。“十一五”期间预测钢管行业将由高速增长转为增长减缓的态势, 但石油天然气用管和油井管的市场需求仍然旺盛。石油、天然气用管市场分两大块: 一块是输送天然气和石油用管线管市场; 另一块是油田石油开采用油井管市场, 以套管、油管 and 钻杆为主。

1.1 管线管的市场分析

目前我国已经建立了完整的石油天然气工业体系。在全国范围内的东部、中部、西部、海域四大

油气区中, 已有油田 576 个, 输油管线 1.13 万 km。2005 年, 我国原油产量为 1.82 亿 t, 原油进口量已达 1.26 亿 t, 进口成品油 3 143 万 t, 对外依存度已上升到 44%。有关专家预测, 由于我国原油生产需求增长迅速, “十一五”末期, 我国石油消费量预计将增加到 3.3~3.5 亿 t, 缺口 1.5~1.6 亿 t。

随着天然气勘探水平的提高和探明储量的不断增长, 我国天然气产量也实现了较大增长。1949 年我国天然气产量仅有 0.1 亿 m³, 2004 年产量约 400 亿 m³, 2005 年已增加到近 500 亿 m³。“十五”期间, 我国天然气新增探明储量为 2.47 万亿 m³, 在全国范围内的东部、中部、西部、海域四大油气区中, 我国天然气田总数已达 182 个, 全国输气管线总长达 2.62 万 km。2005 年我国天然气产量 499.5 亿 m³, 比 2000 年增长 80.2%。2007 年一季度我国天然气产量 159.2 亿 m³, 与 2006 年同期相比增长 31.3%。天然气在我国目前的能源消费结构中所占的比例大约是 3%~5%。2010 年, 我国计划将这一比例提高到 8%~10%。根据政府相关部门的预测, 2010 年我国天然气消费量将达到 1 000~1 200 亿 m³, 2020 年将达到 2 000 亿 m³。

石油和天然气的发展, 推动了城市燃气管网的发展。由于天然气属洁净能源, 天然气的推广使用有利于环保。2005 年全国 168 个城市 7 000 万人使用天然气, 到 2010 年全国将有 270 个城市约 1.5 亿人使用天然气。这就需要大量的钢管来建设供气管道。例如: 截至 2005 年年底, 北京市居民燃气用户总数突破 400 万户, 天然气用量突破 30 亿 m³, 居全国各大城市之首。近年来, 随着北京市城市建设的发展, 燃气事业发展迅猛, “十五”期间北京市共投资 52 亿元, 相继完成了陕甘宁天然气进京市内工程、天然气管网扩建工程、支户线工程、煤改气工程及天然气加气站等工程; 北京城市地下燃气管网已形成了从市中心随城市道路的建设呈环状向外延伸到六环路, 北京市燃气供应能力迅速提高; 北京市燃气集团自 1999 年成立, 天然气的使用量从开始的 7.5 亿 m³ 飙升到 2005 年的 30.8 亿 m³, 并连续 7 年保持平均每年增长幅度 20% 以上; 北京城市燃气管网长度由 2001 年的约 2 000 km, 增加至目前的 7 290 km。

2006 年全国大口径(406 mm) 管线管的用量为 80 万 t, 2007 年达 100 万 t。天然气的下游市场即城市燃气是 ERW 中小口径(114~406 mm) 管

线管市场的一个重要部分, 年用量达到 100 万 t。

国外, 例如日本大力发展 ERW610 机组并改造到 ERW660 机组, 用以取代一部分直缝埋弧焊管(LSAW); 焊管壁厚由 20.0 mm 发展到 25.4 mm, 用以取代部分无缝钢管做高档结构管。这一趋势对我国 ERW 焊管发展有所启迪。

1.2 套管和油管的市场分析

在石油采掘工业用钢总量中, 油井管约占 40%。对油管和套管的消耗量分析可知, 273.05~508.00 mm(10³/₄~20 in) 的表层套管约占 10%~15%, 基本上都是 J55 钢级; 177.800~244.475 mm(7~9⁵/₈ in) 的技术套管约占 20%~25%, J55、N80 钢级居多; 114.300~168.275 mm(4¹/₂~6⁵/₈ in) 油层套管所占的比例最大, 约为 40%~45%, 以 N80、P110 钢级为主, 其次是 J55、C90、L80 等钢级;

60.325~114.300 mm(2³/₈~4¹/₂ in) 油管约占 20%~25%, 从钢级来看 N80 的消耗量约占 60%, 其余是 J55、P110、T95 等钢级。由于 ERW 套管在质量上日益完善, 正在被广泛使用, 取代了部分无缝钢管产品。国外 ERW 套管占石油套管的最高可达 50% 以上^[1]。

由于目前国际原油价格不断升高, 国内油价也随之升高, 刺激着我国石油行业的开采规模扩大, 因此石油开采用套管和油管的消耗量不断攀升。据不完全统计, 2005 年我国石油系统的钻井总进尺约 2 000 万 m, 油井套管产量达到 260 万 t; 2006 年油井套管产量约 310 万 t; 2007 年油井套管产量预计将达到 360 万 t。2007 年出口无缝钢管油井管 161 万 t, 出口 ERW 焊管油井管 19.8 万 t, 出口共计达到 180.8 万 t。

1.3 ERW 焊管原料及生产厂的概况

国内以前能生产管线管和油井管用板带的钢铁厂主要有宝钢股份有限公司、鞍钢股份有限公司、武钢股份有限公司、梅山钢铁公司、太钢股份有限公司等几家, 现在新建的一些热轧板带生产线也正在开发管线管品种, 如江苏沙钢集团公司、江苏南钢集团公司、邯郸钢铁股份有限公司、唐钢股份有限公司、莱钢股份有限公司等。国内已成功批量生产 X70 钢级钢板并在西气东输工程中应用, X80 钢级钢板在西气东输二线工程中应用。宝钢股份有限公司已成功开发出 X120 钢级钢板^[2]。

我国能生产 ERW 直缝焊接管线管的钢管厂家有宝钢股份有限公司、上海中油天宝钢管公司、浙

江金洲集团公司、宝鸡石油钢管有限责任公司、天津利达钢管公司、天津神州通钢管公司、上海埃力生钢管公司、番禺珠江钢管有限公司、海城钢管公司和北海钢管公司等 10 家钢管厂。另外，还有胜利油田华锐公司、天津大港油田新世纪机械制造有限公司、天津双街钢管公司和中冶辽宁德龙钢管公司等也可以生产 ERW 管线管和焊接石油套管。

2 高品质 ERW 焊管的产品定位

根据管线管和油井管的市场分析可知，把 ERW 产品定位于焊管的高端市场，绝大部分原料采用热轧宽带及中宽带钢和热轧板卷，专业生产焊接管线管、石油套管和油管等，不仅符合国家产业发展政策，而且投资收益较高。

2.1 管线管

管线管用于石油、天然气工业中的气、水、油的输送，目前通用的生产标准是 API Spec 5L；我国的标准是 GB/T 9711.1-1997 石油天然气工业输送钢管交货技术条件(第 1 部分：A 级钢管)，GB/T 9711.2-1999 石油天然气工业输送钢管交货技术条件(第 2 部分：B 级钢管)，GB/T 9711.3-2005 石油天然气工业输送钢管交货技术条件(第 3 部分：C 级钢管)。根据上述标准的相关规定，适合于 ERW 焊管机组生产的焊接管线管规格是：外径 60.8~660.0 mm，壁厚 4.8~25.4 mm，长度 6 000~18 000 mm；钢级主要有 X52~X70。

2.2 套管

ERW 焊管机组只生产 J55 钢级套管的光管，经调质处理后可以把碳锰钢级焊管调质热处理成 N80Q 和 P110 等钢级套管。适合于 ERW 焊管机组生产的套管规格是：外径 114.3~508.0 mm，壁厚 5.21~16.13 mm，长度 5 500~13 500 mm；钢级主要有 H40、J55、K55、N80Q、P110。

2.3 油管

碳锰钢级油管经调质处理后成为 N80Q、P110 钢级。由于目前国内的 N80-1 钢级热轧带钢还没有稳定的产品，因此最高钢级可生产到 N80Q 钢级。适合于 ERW 焊管机组生产的油管规格是：外径 60.3~139.7 mm，壁厚 4.24~8.00 mm，长度 6 100~12 800 mm。

3 高品质 ERW 焊管生产线的工艺优化

ERW 焊管生产线的工艺流程与带钢纵剪生产

线的工艺流程相比要复杂得多，整个焊接过程分成带钢准备段、成型焊接段、定径切割段和精整段。焊接油井管生产线还应配置管加工及热处理生产线。

3.1 带钢准备段

随着焊管壁厚的增加(壁厚 $t \geq 20.0$ mm，尤其是 $t=25.4$ mm)所用带钢的厚度也相应增大，造成储料活套的设备庞大且生产时的运行同步性差，因此活套设备可以考虑取消。日、韩等国采用非连续生产方式是可取的，也是可靠的。

3.2 成型焊接段

成型焊接段的设备是 ERW 焊管生产线的核心部分。在该段，带钢由平板形状逐渐弯曲成 U 形直至 O 形荒管，在荒管 V 形三角区域运用高频电流的集肤效应和邻近效应，把带钢两边部快速加热到 1 350~1 500℃，通过挤压机架把带钢熔融的两边焊合，并将在加热过程中伴生的氧化物挤出，再去除焊缝处的内外毛刺，成为成品管。

成型焊接段的主要设备有入口导向对中平台，粗成型机架、精成型机架、导向机架、高频焊机、焊接挤压机架，内毛刺刨刀、外毛刺刨刀，中频退火设备，定径机、矫直机及其液压系统和电气控制系统等。

为了克服辊式成型轧辊数量多等缺点，20 世纪 60 年代美国 YODER 公司发明了排辊成型技术(柔性成型)。目前这种技术还在进一步发展，广泛用于 114~630 mm ERW 直缝焊管生产线。现代排辊成型技术是在前部使用 2 个大直径轧辊的粗成型机架，后部使用由许多呈一定倾角的小直径轧辊组成的直缘成型梁，使经过粗成型的带钢在许多小辊子的作用下继续弯曲成型为 U 形，再由精成型机架弯曲成 O 形。与常规的二辊式成型技术相比，排辊成型技术使用大直径轧辊的粗成型机架少，换辊时间缩短，轧辊的消耗降低，而且自动化程度高，调整方便，可以稳定地生产 D/t 值为 20~80，钢级在 X70 以下的焊接钢管。目前国外有很多公司可以提供排辊成型成套的设备和技术，如 SMS(德国)、DMS(法国)、YODER(美国)、BRONX(美国)、VAI(奥地利)、MILL TECH(韩国)等；国内也有大连富地等设备厂家可以提供成套设备技术。

随着焊管技术的不断发展，焊管材质的钢级越来越高，焊管壁厚也越来越大。排辊成型技术在成型 X70 以上的高钢级钢管、 $D/t \geq 80$ 的薄壁管和

D/t=20 的厚壁管时有一定的困难。因此,日本中田制作所近 10 年来开发了 FFX 成型技术(从带钢的两边开始,逐段向中间弯曲带钢的一种连续卷贴式局部弯曲成型法)。FFX 成型技术的生产线可以生产 D/t=10~100,钢级最高可达 P110 的高品质 ERW 焊管。

3.3 焊缝在线探伤

ERW 焊管焊缝在线探伤的形式很多,有超声波在线探伤、涡流在线探伤等,国外还开发出超声波焊缝在线探伤+内毛刺清除效果检测功能的检测技术。国产的涡流探伤设备可以进行焊缝在线探伤,但没有内毛刺清除效果检测功能,需离线增加 1 台内毛刺修磨设备,对内毛刺清除效果不理想的管子进行离线修磨。即使引进了带有内毛刺清除效果检测功能的超声波焊缝在线探伤设备,对内毛刺清除效果不理想的管子也需要进行离线修磨。

3.4 推广使用节能技术

高频焊接应使用固态高频焊机,频率应在 150 kHz 以上。为了节能,应广泛推广接触焊方式。

对于生产管线管的 ERW 焊管机组,一般要求对焊缝进行在线中频退火处理。具有焊缝在线中频退火的机组,其空冷段都很长,一般为 60 m。中频退火设备是保证焊缝冲击韧性指标的重要设备,必要时还可以采用 Q+T(淬火+回火)工艺。

3.5 管加工

管加工生产线的主要设备有车丝机、接箍拧接机、水压试验机、测长称重喷印机、涂油机、带锯、辊道台架拨管机、电气控制系统等。

工艺流程:钢管上料 钢管通径 钢管头车丝 螺纹检验与修磨 涂螺纹脂 上接箍 水压试验 另一头车丝 螺纹检验与修磨 测长称重喷标记 涂油 上保护环 包装打捆 储存 运输。

3.6 调质处理

为了达到高性能的油套管要求,需做调质处

理。调质生产线的核心设备是加热炉、淬火装置、回火炉。加热炉采用步进式,加热温度均匀,调质后钢管的性能稳定;为使钢管在水冷过程中的内外冷却速度均匀,水淬装置采用在钢管高速旋转的同时进行内外喷水冷却。

钢管调质处理的主要设备有上料台架、步进式淬火加热炉、出料辊道、淬火装置、步进式回火加热炉、斜辊矫直机(带温矫直)、钢管中间冷却台架、取样锯、斜辊矫直机(冷矫)、钢管冷却台架、管体探伤、最终检验台架、喷印机、钢管收集框、打捆机、循环水冷却系统、除尘系统等。

4 结 语

国内 ERW 焊管机组的设计产能很大,但很少有钢管厂的实际产量可以接近设计产能,平均只能达到 50%~60%;中小产量的生产线虽多,但低档次产品占大多数,这些焊管生产线的设备装备不全,水平不高,技术能力薄弱,生产的焊管按国家标准检验合格率不高,质量难以保证,因此,建设高品质 ERW 焊管生产线是必要的。其技术路线的目标要从低附加值产品转变为高档产品,从价格成本竞争转向质量成本竞争,增强可持续发展能力,用高层次产品参与国际竞争,从而实现由焊管生产大国向焊管生产强国迈进。

5 参考文献

- [1] 张始伟. ERW 石油套管的应用及市场分布[J]. 焊管, 2008, 31(1): 12~15.
- [2] 李延丰. X120 钢级 914 mm×16 mm 直缝埋弧焊管制造技术研究[J]. 钢管, 2008, 37(1): 28~33.

(收稿日期: 2008-01-17)

信 息

法国 Vallourec 集团公司 2008 年 1 季度钢管产量情况

2008 年 1 季度,法国 Vallourec 集团公司无缝钢管产量为 65.81 万 t,同比下降 11.67%。同时,销售额同比下降 4.8%。造成下降的主要原因是美元贬值、原材料价格上涨和集团出售了部分汽车管业务。

(天津钢管集团股份有限公司 杨宗伟)