

加快新一代高钢级 HTP 管线钢管开发 迎接新一轮管线建设高潮

王晓香

(华北石油钢管厂, 河北 青县 062658)

摘要: 介绍了 HTP 管线钢的基本概念以及在国内外的开发应用情况。通过比较分析后指出, 我国有关部门应加强对 HTP 管线钢与管的专题研究, 采取有效措施加快开发步伐, 并使研发成果迅速推广应用, 为迎接新一轮管线建设高潮做好技术和物资准备。

关键词: 油气输送管; 管线钢; HTP 工艺; 开发应用; 比较; 建议

中图分类号: T-1; TE973 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-2311(2006)06-0001-03

Speeding up Development of New Generation of High-grade HTP Linepipe to Meet Another Tide of Pipeline Construction

Wang Xiaoxiang

(Steel Tube Plant Affiliated to Huabei Petroleum Administration, Qingxian 062658, China)

Abstract: Described in the article are the concept of HTP steel for linepipe-making and development/application situations of this kind of steel both at home and abroad. Based on relevant comparison and analysis it is concluded that to meet the next tide of pipeline construction domestic research on HTP steel and HTP steel-made linepipe needs to be further strengthened, and necessary measures need to be taken to gear up the development and spread up the application of relevant research achievements.

Key words: Distance oil/gas linepipe; Steel for linepipe; HTP process; Development and application; Comparison; Suggestion

1 HTP 管线钢

2006 年 1 月 22~27 日, 由巴西矿冶公司(CB-MM)和巴西矿业、金属与材料学会(TMS)共同组织的“微合金钢在油气工业中的应用国际研讨会”, 在巴西的铈都——阿拉莎召开。本次会议的一个热点是关于高钢级管线钢制造的 HTP (High Temperature Processing) 工艺。美国首条 X80 级管线在 HTP 管线钢技术方面取得的巨大进展令世界瞩目。

HTP 的概念是在 20 多年前提出的。研究发现, 降低钢中的 C 含量可增加 Nb 的固溶度, 在超

低碳钢(约 0.03%C)中, Nb 固溶量可达 0.10%。固溶 Nb 量增加使奥氏体再结晶温度显著提高, 在较高的温度区就可以获得热机械轧制的效果。HTP 管线钢中的 C、Mn 含量显著降低, 可以获得极好的韧性、塑性, 易于焊接并且减少偏析。这种含有约 0.03%C、0.10%Nb 和进行 Ti/N 处理的高温轧制钢称为 HTP 钢。

在 HTP 管线钢的化学成分中减少或取消昂贵的 Mo、V 等元素的添加量, 而且其终轧温度比常规管线钢高 100 ℃以上, 这样可以明显减小轧制力和减少待温时间, 增加轧机产能。HTP 工艺可用于制造 X65~X100 管线钢, 不仅能使管线钢获得良好的性能, 还能降低高钢级管线钢的冶炼和轧制成本, 同时使更多的厂家能够生产高钢级管线钢。这对保证高钢级管线钢的资源是十分重要的, 也将

王晓香(1946-), 男, 常务副厂长, 教授级高工, 中国金属学会轧钢学会焊管学术委员会主任委员, 石油管材专业标准化委员会专家委员, 《钢管》杂志编辑委员会副主任, 长期从事焊管学术研究和生产技术管理工作。

为未来管线建设带来巨大的经济效益^[1]。

2 HTP 管线钢在北美天然气管线上的应用

加拿大 IPSCO 公司早在 1971~1979 年就已将 HTP 管线钢应用于加拿大管线工程项目。1997~

1998 年, Pemex 公司在墨西哥湾卡特莱尔海底管道项目上首次大规模应用 HTP 管线钢制成 6 万 t X70 级 UOE 钢管获得成功。

在卡特莱尔管道 X70 级管线钢的化学成分中 Nb 含量达到 0.10%, 见表 1。

表 1 卡特莱尔管道 X70 级管线钢的主要化学成分(质量分数)

										%
C	Mn	Si	Nb	Cr	Cu	Ni	Ti	N	P _{cm}	C _{eq}
0.028	1.46	0.16	0.10	0.27	0.27	0.16	0.011	0.004	0.14	0.35

卡特莱尔管道工程应用 X70 级 HTP 管线钢的成功引起了美国管道界的注意。俄勒冈钢铁公司利用卡特莱尔工程剩余的 3 块板坯, 进行了 HTP 工艺的研究和性能评价, 在初步证实采用该工艺所生产管线钢具有高性能低成本的优越性后, 用不到 6 个月的时间完成了从轧板到制管以及现场焊接等全套技术的开发, 使该技术迅速从试验室试验发展到大批量应用于美国第 1 条、也是目前世界上最长的 X80 级输气管道——夏延输气管道。

这条管道于 2005 年建成投产, 投资 4.25 亿美元, 全部采用 HTP 成分设计的管线钢管, 成为 HTP 管线钢在天然气高压输送管道大规模应用的

标志性工程。管线全长为 612 km, 干线钢管外径为 914 mm, 壁厚 11.9 mm, 穿越段最大壁厚为 17.2 mm。总用量 18.1 万 t, 其中 14.3 万 t (79%) 为螺旋焊管, 由加拿大 IPSCO 公司提供; 其余 3.8 万 t (21%) 为直缝埋弧焊管, 由美国俄勒冈钢铁公司提供的含 Mo 的 HTP 管线钢板, 经美国 NAPA 公司采用 UOE 生产工艺制成。美国夏延输气管道 X80 级管线钢的化学成分见表 2。该管道施工十分顺利, 没有遇到技术上的难题, 整个工程按期圆满完工, 成本控制在预算之内。夏延输气管道的成功建设, 标志着 X80 级 HTP 管线钢的制造工艺和技术已趋向成熟^[2]。

表 2 美国夏延输气管道 X80 级管线钢的化学成分(质量分数)

										%
管型	C	Mn	Si	Nb	Cr	Mo	Ni	Ti	P _{cm}	C _{eq}
UOE	0.04	1.58	0.13	0.098	0.24	-	0.15	0.011	0.16	0.40
螺旋	0.03	1.68	0.27	0.095	0.03	0.30	0.02	0.019	0.17	0.38

由表 1 和表 2 可以看出, HTP 管线钢的化学成分具有典型的低 C、高 Nb 特征。X80 级夏延管线螺旋焊管采用加拿大传统的 Nb-Mo 微合金体系, 而 UOE 钢管采用了 Nb-Cr 微合金体系, 没有添加 Mo, 二者都获得了针状铁素体组织, 低温冲击性能良好, 管体夏比冲击功达到 300 J。后者成分中取消了昂贵的 Mo, 因而更加经济, 能够显著降低成本。

3 HTP 管线钢在世界范围内的开发

HTP 管线钢具有高性能低成本的优势, 对管线建设具有显而易见的巨大经济效益, 被称为新一代管线钢。世界各国都在加紧研究高钢级 HTP 管线钢的工艺技术。

在巴西矿冶公司(CBMM)的推动和支持下, 日本在 1983 年试制了 HTP 管线钢并在 13 家公司进行了轧制试验。巴西国家石油公司也进行了 X80

级 HTP 管线钢的开发、制管试验和性能评价。

在夏延输气管线成功建成的基础上, 美国又启动了更大规模的“西气东输”管道——落基捷运管道(Rockies express pipeline)建设。该输气管线全长 2 130 km, 管径 1 067 mm, 一期工程(1 142 km)计划于 2007 年开工、2008 年建成投产, 二、三期工程将在 2009 年建成, 并继续采用 X80 级 HTP 管线钢^[3,4]。

尽管近年来 HTP 管线钢在北美地区获得了广泛的应用, 但还未在其他地区高钢级管线上应用, 主要原因之一是过去的一些管线标准对管线钢中 Nb 的最高含量有限制(如有些标准限制 Nb ≤ 0.06%)。为了推广 HTP 生产工艺, 巴西 CBMM 公司特意组织了广泛的问卷调查, 征求是否同意将超低 C 微合金钢中 Nb 的最高含量限制提高到 0.10%, 已获得一致同意。这意味着高钢级 HTP 管线钢已为世

界各国广泛接受。在夏延管线和落基捷运管线建设的推动下, HTP 管线钢的应用将有大幅增长。这是值得我们关注的技术发展趋势。

4 HTP 管线钢在我国的发展

巴西 CBMM 公司和我国中信微合金技术中心于 2005 年 11 月和 2006 年 6 月先后两次在我国三亚和北京组织了 HTP 技术国际研讨会, 并支持国内冶金企业和研究院所研究开发 HTP 管线钢, 一年来取得了显著成绩。宝钢已完成了超低 C 高 Nb X70~X100 级 HTP 管线钢的实验室试验; 南京钢铁股份有限公司在美国 DGS 公司指导和北京科技大学协作下, 已进行了实物轧制试验, 取得了比较理想的结果, 并在巨龙钢管有限公司制成 HTP 型 X80 级钢管。试验结果表明, 采用 Cr-Nb 微合金系无 Mo 成分的 X80 级 HTP 热轧钢板制成的 JCOE 钢管性能全面满足 API 5L PSL2 和冀宁联络线 X80 级钢管性能要求, HTP 钢管的 DWTT 性能优于 Mo-Nb 微合金系常规 TMCP 热轧钢板制成的钢管, 证实了 HTP 工艺技术的可行性。

5 加快我国 HTP 管线钢与管的发展

据规划分析, 到 2010 年我国天然气供需缺口将接近 1 000 亿 m^3/a 。为满足我国未来天然气需求, 需从俄罗斯和中亚地区引进天然气, 建设西气东输二线等高压天然气管道。这些管道的设计输气量为 340 亿 m^3/a , 是西气东输一线管道的 2 倍以上, 其工作压力、管径和壁厚都有显著提高, 采用 X80 级钢管是比较现实的选择。而 HTP 技术的出现无疑对 X80 钢级的应用提供了有力的技术支持。

与国内外开发 HTP 管线钢的热潮相比, 我国管道界对 HTP 管线钢在未来天然气长输管线上的应用前景以及对相关技术的了解还不够充分, 研发工作相对滞后。如某些管线钢管标准(企标)对 Nb 的含量还有较严格的限制(如限制 $Nb \leq 0.08\%$); HTP 管线钢管应用的相关技术还未列入开发课题。一旦需要在长输管道上应用 HTP 管线钢管, 虽然有美国的经验可以借鉴, 但因其钢管口径和壁厚都小于我国未来的西气东输二线和中俄输气管道, 也没有实践经验和相关数据以及配套技术的开发, 将

会处于准备不足的被动局面。

美国从没有 X80 级管线到成功应用 HTP 技术一举建成夏延输气管线, 在 HTP 技术方面处于国际领先地位只用了不到两年的时间。美国管道界对 HTP 技术的敏感性、开发热情、有效的组织和惊人的开发速度值得我们学习。

当前我国能源紧缺, 供需缺口增大, 下一轮天然气长输管线建设高潮呼之欲出。如果我们能抓紧时间进行 HTP 管线钢与管的开发, 不仅将为未来管线建设节约大量资金, 而且也将为我国管道和冶金技术的进步, 赶超世界先进水平, 实现从钢管大国到钢管强国的转变提供一个理想的突破口和难得的机遇。

为此建议政府有关部门对 HTP 管线钢与管的开发进行专题研究, 采取有效措施加快开发步伐, 如组织我国管道界和冶金企业对相关标准进行研究和修订; 联合进行厚壁 HTP 型 X80 级管线钢板卷和宽厚板的研制开发; HTP 型 X80 级螺旋和直缝埋弧焊钢管以及冷热弯管的开发; 环缝焊接工艺及相应的焊接材料开发; 钢管实物性能检测和评价等。在研究开发的基础上适时安排一定批量的实物生产、环缝焊接以及试验段建设, 使研发成果迅速获得 100 km 级规模的实际应用, 为迎接下一轮管线建设高潮做好技术和物资准备。

6 参考文献

- 1 Klaus Hulka, Pascoal Bordignon, Malcolm Gray. Experience of low carbon steel with 0.06 to 0.10 percent niobium[J]. *Microalloying Technology*, 2004, (4): 13.
- 2 Doug Stalheim. 采用微合金钢生产钢板和板卷[A]. 高温轧制工艺(HTP)国际研讨会暨技术讲座报告集[C]. 北京: CITIC-CBMM 中信微合金化技术中心, USTB-CITIC-CBMM 铌钢研究实验室, 2006. 38.
- 3 Doug Stalheim. 采用微合金钢生产钢板和板卷[A]. 高温轧制工艺(HTP)国际研讨会暨技术讲座报告集[C]. 北京: CITIC-CBMM 中信微合金化技术中心, USTB-CITIC-CBMM 铌钢研究实验室, 2006. 55.
- 4 Kinder Morgan. Natural gas pipelines—rockies express pipeline[EB/OL]. [2006-06-27]. [Http://www.kindermorgan.com](http://www.kindermorgan.com)

(收稿日期: 2006-07-14)

欢迎订阅“中国期刊方阵”双效期刊·钢管 (双月刊)