

# 30MnCr25RE 含稀土石油套管开发与应用

李建元, 石晓霞, 张行刚

(内蒙古包钢钢管有限公司, 内蒙古 包头 014010)

**摘 要:** 文章通过研究合金元素在钢中的作用, 基于原钢种 30MnCr22 生产的调质 L80-1 钢级套管的性能特点, 研发了新钢种 30MnCr25RE 用以生产 L80-1 钢级石油套管。产业化抽检结果表明, 采用新钢种 30MnCr25RE 生产的 L80-1 钢级套管, 最小屈服强度为 570 MPa, 最大屈服强度为 625 MPa, 屈服强度波动范围控制在 55 MPa 以内, 相比较 30MnCr22 原钢种, 开发的新钢种屈服强度波动范围更窄, 性能更加稳定。相较于原钢种 30MnCr22 生产的调质 L80-1 钢级套管, 延伸率提高了 4 个百分点左右, 0 °C 冲击功不仅满足 API spec 5CT 技术规范要求, 同时满足用户严苛的技术要求。

**关键词:** 30MnCr25RE; 石油套管; L80-1

中图分类号: TU392.3

文献标识码: B

文章编号: 1009-5438(2022)01-0061-04

## Development and Application of 30MnCr25RE Oil Casing Containing Rare Earth

*Li Jian-yuan, Shi Xiao-xia, Zhang Xing-gang*

(Inner Mongolia Baotou Steel Tube Co., Ltd., Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China)

**Abstract:** In the paper, it is introduced the new steel grade 30MnCr25RE is developed for manufacturing L80-1 grade oil casing based on the performance features of hardening and tempering L80-1 grade oil casing manufactured with original steel grade 30MnCr22 by studying the effects of alloy elements in steel. The industrial casual inspection results showed that the minimum yield strength was 570 MPa and maximum yield strength was 625 MPa as well as its fluctuation range was controlled within 55 MPa for L80-1 grade oil casing manufactured with new steel grade 30MnCr25RE. Compared with the original steel grade 30MnCr22, the fluctuation range of yield strength for developed new steel grade is narrower and its performances are more stable. Moreover, the elongation increases by about 4 percentage points comparing with that of L80-1 grade oil casing manufactured with original steel grade 30MnCr22 as well as the impact energy at 0 °C could meet the requirements of API spec 5CT technical specification and rigorous technical requirements of users.

**Key words:** 30MnCr25RE; oil casing; L80-1

随着石油与天然气勘探开发力度不断增加, 我国钻井量已成为世界三大钻井量最多的国家(美国、加拿大、中国)之一<sup>[1]</sup>。油气开采领域中应用较为广泛的油套管产品主要有 J/K55、N80、L80-1 及

P110。调研显示, L80-1 钢级套管应用约占 API<sup>[2]</sup> 油套管的 1/10, 国内每年的市场需求在 80 万 t 左右。包钢年生产 L80-1 钢级套管 2 万 t 左右, 该类产品具有良好的市场需求基础。由于 L80-1 钢级

套管生产需要国际认证,产品交货验收及使用需严格执行 API 标准,另外油气田用户根据实际开采工况还会提出更为严苛的技术要求,因此该产品供货门槛相对较高,能生产该类产品的制造企业屈指可数。包钢 2008 年完成了 L80-1 钢级油套管产品的开发,设计的钢种为 30MnCr22。近两年来,随着中国石油天然气集团有限公司、中国海洋石油集团有限公司及中国石油化工集团有限公司招标技术文件对油套管力学性能技术指标要求的提高,采用 30MnCr22 生产的 L80-1 钢级套管在生产检验过程中问题频出,特别是大口径薄壁套管 0℃ 横向冲击功,实测值满足标准要求却不满足油田技术要求。鉴于以上原因,在 30MnCr22 石油套管用钢的基础上,结合稀土在钢中的积极作用,开发了 30MnCr25RE 含稀土石油套管用钢,来满足 L80-1 钢级套管技术升级要求。

## 1 钢种开发

钢中碳含量增加,屈服强度和抗拉强度升高,但塑性和冲击韧性降低<sup>[3]</sup>。L80-1 钢级套管需要调质处理来保证其良好的综合力学性能,碳含量不宜过高,碳含量超过 0.35%,调质过程容易产生淬火裂纹,不利于保证套管的成材率,因此该钢种碳含量应控制在 0.28%~0.32%。硅在炼钢过程中作为主要的还原剂和脱氧剂,一般加入量在 0.15%~

0.35%。锰在炼钢过程中是良好的脱氧剂和脱硫剂,碳锰钢及低合金钢中,需要添加 0.5% 以上的 Mn 作为合金元素与碳配合使用。碳钢及低合金钢中加入一定量的锰,能保证材料良好的韧性,且随着锰含量的增加,钢铁材料的强度和硬度也随之增加。另外锰含量的增加还能提高钢的淬透性,改善钢的热加工性能,但是锰含量过高会造成圆管坯成分偏析,形成富锰偏析带,不利于钢铁材料的热加工性能及各向异性。通常认为磷是钢中有害元素,磷含量增加会降低钢的塑性,特别是在低温环境下使用的钢,较高的磷含量在晶界偏聚会降低晶界的结合力,严重削弱钢的低温冲击韧性。硫有利于钢铁材料的易切削性,但硫含量达到一定程度,会使钢铁材料产生热脆性,降低钢的延展性和韧性,在轧制时易诱发裂纹,因此在成本允许的情况下,硫含量不大于 0.015% 为最佳。铬是提高钢淬透性的有效元素,研究发现,一定量的铬加入碳锰钢中,通过调质处理,不仅能提高钢的强度与硬度,同时能改善钢的韧性与延展性。铬铁价格相对较高,因此碳锰钢中加入铬铁,还需要考虑成本因素。钢中加入稀土,可以净化钢液,同时也可以改变钢中夹杂物的组成、形态、分布和性质,从而改善钢的韧性及加工性能等。根据化学元素在钢中的作用,开发的 30MnCr25RE 含稀土石油套管钢化学成分见表 1。

表 1 30MnCr25RE 含稀土石油套管钢化学成分(质量分数)

C	Si	Mn	P	S	Cr	RE
0.28~0.32	0.20~0.30	≤1.5	≤0.015	≤0.010	0.20~0.30	适量

## 2 生产工艺

套管生产工艺:铁水预处理→顶底复吹转炉冶炼→LF 炉精炼→VD 真空脱气→圆坯连铸→管坯加热→穿孔→轧管→定径→冷床冷却→热处理。

L80-1 钢级套管生产过程中,Sn、As、Pb、Sb、Bi 等残余元素对套管内外表面质量影响非常明显,而在冶炼连铸过程中,降低残余元素含量的技术手段有限,因此对来料铁水中五害元素提出要求,即 Sn、As、Pb、Sb、Bi 含量不大于 0.010%,五种残余元素总含量不大于 0.025%。为了保证钢中的硫含量,对来料铁水采用镁基脱硫进行预脱硫处理。转炉采用单渣工艺冶炼,终渣碱度不大于 3.0,同时采用硅

锰、锰铁进行脱氧合金化,并在出钢过程严格挡渣,出钢过程中加入适量白灰块造白渣。LF 精炼全程吹氩,采用逐渐升温方式,根据转炉钢水成分及温度进行造渣脱硫、调整温度及成分,离位进行 VD 抽真空处理,真空度要求不大于 0.1 kPa。抽真空时间保证不低于 13 min,抽真空结束后加入稀土合金,随后喂入适量的铁钙线,喂线结束后软吹 15 min 移钢到连铸台进行浇铸。为了保证圆管坯成分均匀性,同时破碎粗大的柱状晶,采用结晶器电磁搅拌及末端电磁搅拌技术在钢液凝固过程中进行电磁搅拌。对于规格不小于 200 mm 圆管坯,热切完成后堆垛缓冷,且避开风口。

将冷却后的圆管坯运送到热轧管生产线进行轧

制,根据管长及倍尺对圆管坯进行锯切,锯切后圆管坯在环形加热炉中加热到 1 250 °C 左右,并保温到圆管坯表面及心部温度均匀。采用菌式穿孔机穿孔成毛管,利用 PQF/MPM 连轧机组轧制成荒管,再通过定径制成轧态无缝管。为了保证无缝管晶粒度及组织均匀性,要求终轧温度控制在  $Ar_3$  以上,轧制结束后在冷床冷却,采用排锯进行锯切,然后进行内外表面探伤及尺寸检测。合格的 30MnCr25RE 无缝管产品用吊车运输到热处理生产线进行调质热处理,各项技术指标合格的 L80 - 1 钢级套管进行端部螺

纹加工,相应地还需要制造配套接箍,其生产流程与管体基本相同。

### 3 应用效果评估

30MnCr25RE 含稀土石油套管开发完成后,共为用户提供 L80 - 1 套管 12 000 余 t,抽检了规格为  $\Phi 244.48 \text{ mm} \times 11.99 \text{ mm}$  的 L80 - 1 钢级套管 50 组,与原钢种 30MnCr22 调质的同规格 L80 - 1 钢级套管屈服强度、抗拉强度、延伸率、0 °C 低温冲击功抽检结果进行对比分析,具体见图 1—图 4。

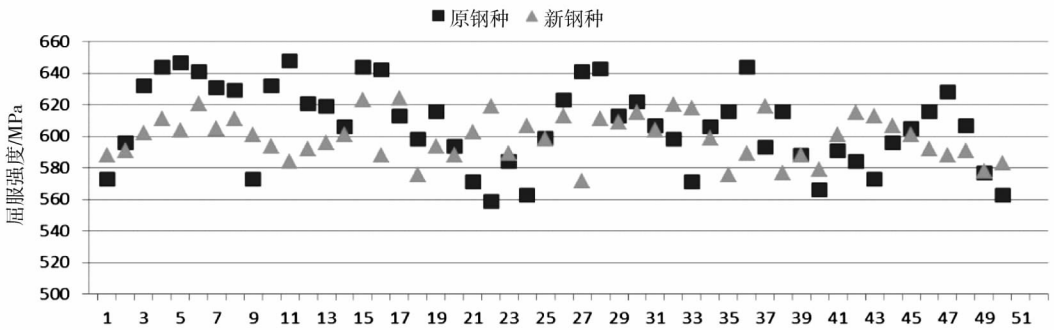


图 1 L80 - 1 钢级套管屈服强度抽检结果分布图

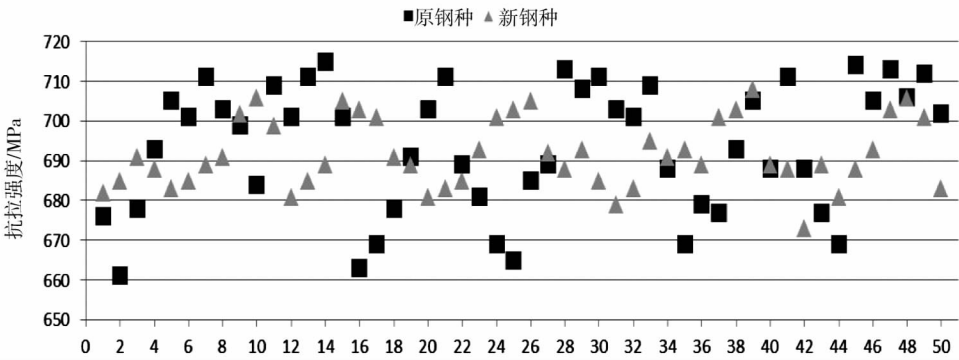


图 2 L80 - 1 钢级套管抗拉强度抽检结果分布图

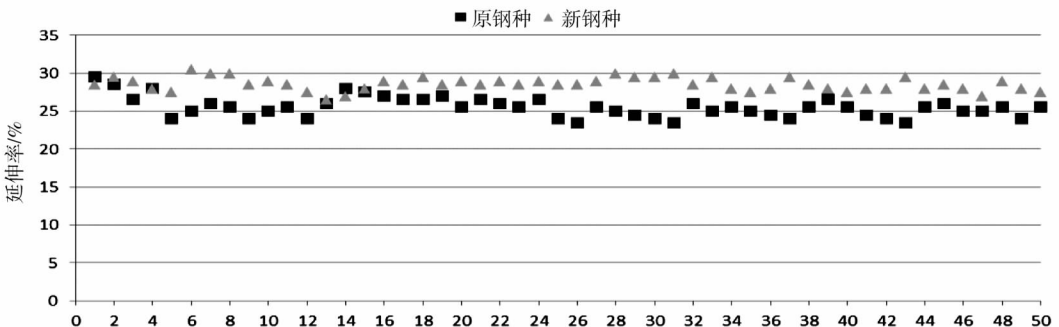


图 3 L80 - 1 钢级套管延伸率抽检结果分布图

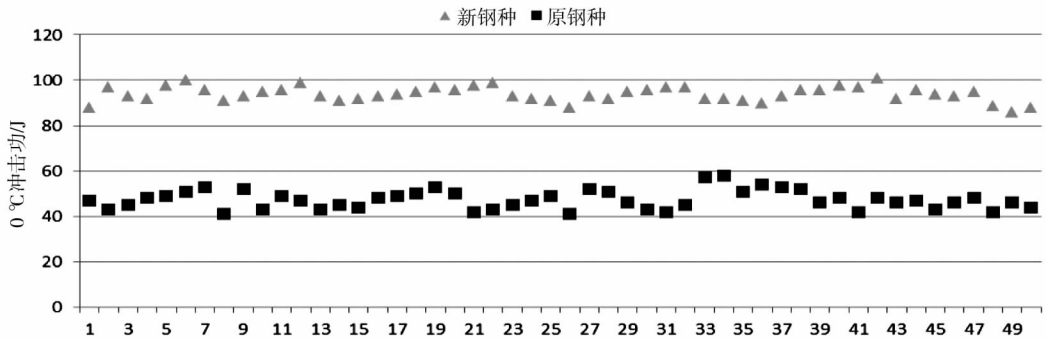


图 4 L80-1 钢级套管 3/4 尺寸 0 °C 横向冲击功抽检结果分布图

从图 1 可以看出,采用 30MnCr25RE 及 30MnCr22 生产的 L80-1 钢级套管,屈服强度均满足 API Spec 5CT 套管与油管技术规范要求。采用原钢种 30MnCr22 生产的 L80-1 钢级套管,最小屈服强度为 558 MPa,最大屈服强度为 649 MPa,屈服强度波动范围控制在 91 MPa 以内。采用新钢种 30MnCr25RE 生产的 L80-1 钢级套管,最小屈服强度为 570 MPa,最大屈服强度为 625 MPa,屈服强度波动范围控制在 55 MPa 以内。相比较原钢种,开发的新钢种屈服强度波动范围更窄,性能更加稳定。从图 2 可以看出,采用 30MnCr25RE 及 30MnCr22 生产的 L80-1 钢级套管,抗拉强度均满足不小于 655 MPa 技术规范要求。采用原钢种 30MnCr22 生产的 L80-1 钢级套管,最小抗拉强度 658 MPa,贴近技术指标下限要求。采用新钢种 30MnCr25RE 生产的 L80-1 钢级套管,最小屈服强度 672 MPa,且波动范围控制在 45 MPa 以内。从图 3 可以看出,采用 30MnCr25RE 及 30MnCr22 生产的 L80-1 钢级套管,延伸率均满足技术规范要求。相较于原钢种 30MnCr22 生产的 L80-1 钢级套管延伸率,采用新钢种 30MnCr25RE 生产的 L80-1 钢级套管延伸率提高了 4 个百分点左右。从图 4 可以看出,采用 30MnCr25RE 及 30MnCr22 生产的 L80-1 钢级套管 0 °C 冲击功均满足 API Spec 5CT 套管与油管技术规范要求。近两年来,用户对 L80-1 钢级套管 0 °C 冲

击功提出了更加严苛的要求,即横向全尺寸冲击功不小于 60 J,纵向冲击功不小于 80 J,规格为  $\Phi 244.48 \text{ mm} \times 11.99 \text{ mm}$  的 L80-1 钢级套管需检测横向 3/4 尺寸 0 °C 冲击功,冲击功要求不小于 48 J。采用原钢种 30MnCr22 生产的 L80-1 钢级套管冲击功大部分检测值不能满足技术要求,而采用新钢种 30MnCr25RE 生产的 L80-1 钢级套管冲击功最小值为 82 J,可满足用户技术要求。

#### 4 结束语

开发的新钢种 30MnCr25RE 生产石油套管,相较于原钢种 30MnCr22 生产调质 L80-1 钢级套管,屈服强度及抗拉强度波动范围窄,性能更加稳定。新钢种生产调质的 L80-1 钢级套管,相较于原钢种生产调质 L80-1 钢级套管延伸率提高了 4 个百分点左右,0 °C 冲击功不仅满足 API spec 5CT 技术规范要求,同时满足用户严苛的技术要求。

#### 参 考 文 献

- [1] 李平全,史交齐,赵国仙,等. 油套管的服役条件及产品研制开发现状[J]. 钢管,2008,37(4):6-11.
- [2] APISpec 5CT 10th,套管和油管规范[S].
- [3] 吴承建,陈国良,强文江. 金属材料学[M]. 北京:冶金工业出版社,2005.