非调质 36Mn2V 钻探管用钢的开发*[1]

张学颖[1]，杜正刚[2]，郭智韬[1]，姜海龙[1]

（1. 内蒙古包钢钢联股份有限公司技术中心，内蒙古 包头 014010；
2. 内蒙古包钢钢联股份有限公司钢管公司，内蒙古 包头 014010）

摘 要： 文章提出了非调质 36Mn2V 钻探管用钢的成分设计方案，通过力学性能检测及金相等研究手段寻找出最佳成分范围，经过工业试验验证该成分钢管性能符合要求。

关键词： 非调质；36Mn2V；钻探管

中图分类号： TG142.1 **文献标识码：** B **文章编号：** 1009－5438(2019)01－0055－04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2019.01.014

Development of Non－quenched and Tempered 36Mn2V Steel for Drill Pipe

Zhang Xue－ying[1], *Du Zheng－gang*[2], *Guo Zhi－tao*[1], *Jiang Hai－long*[1]

(1. *Technical Center of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
2. *Steel Tube Co. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In the paper, the composition design scheme of non－quenched and tempered 36Mn2V steel for drill pipe is put forward and the optimum range of composition is found out through such research methods as mechanical property tests and metallographic analysis. The industrial tests prove that the performances of the steel pipe could meet the requirements.

Key words: non－quenched and tempered; 36Mn2V; drill pipe

地质钻探用无缝钢管是地质普查、矿产勘探、工程地质勘探、水文钻探、盐井钻探、矿泉水钻探、地热钻探、油气井钻探、煤炭勘探、固井等工程所必须的主体材料，用于传递钻采动力和输送泥浆[1]。国外地质钻探管用钢主要是 C－Mn－Si 系列钢，属于中碳合金钢。国内地质钻探管用钢目前主要是 C－Mn、C－Mn－Si、C－Mn－Mo、C－Mn－V、C－Mn－Mo－V 钢，都属于中碳合金钢。地质钻探管一般都需要调质热处理，本实验开发的钢管采用非调质钢，非调质钢的应用取代某些传统的调质钢（淬火＋回火），具有简化生产工艺、节约能源、减少生产周期、降低成本等诸多优点，与调质钢的生产相比可节约 20% 以上的总成本，因此在全球得到迅速发展和广泛的应用[2－4]。

1 化学成分设计

材料常规性能达到目标设计为 GB 9808—2008[5] 中 ZT520 地质管技术指标，见表 1。

* 收稿日期：2018－08－28

作者简介：张学颖（1980－），女，内蒙古包头市人，硕士，工程师，现从事无缝管产品研发工作。

中国知网 https://www.cnki.net

表1 材料技术指标

$R_{p0.5}$/MPa	R_m/MPa	A/%
≥520	≥780	≥15

钢管的性能主要取决于成品的组织状态。而材料的成分、加工工艺及热处理工艺等决定着其组织状态。材料设计拟定在中碳含锰钢中添加微合金元素V，通过获得细小铁素体+珠光体组织和弥散分布的V碳氮化合物方式来提高材料的强度和韧性。锰是改善非调质钢的强韧性的重要合金元素，增加Mn含量，将降低钢的共析成分碳的含量，导致珠光体的量增多，且细化珠光体团及珠光体的片层间距，同时能细化铁素体晶粒，从而提高钢的强韧性，但是Mn含量的增加，提高了珠光体的体积分数，使韧性降低，强韧性处于矛盾的状态。添加一定量的钒，钒在微合金非调质钢中是最主要的微合金化元素，这是由于与Nb、Ti等其它的微合金化元素相比，钢中V的碳氮化物在1 100 ℃以上温度锻造加热时，几乎全部固溶于奥氏体，因而在形变后的冷却过程中，V的碳氮化物的析出强化效果最好，其力学性能对锻造的加热温度的依赖性较小，因而在中碳非调质钢中多采用单独加V或是以添加V为主，V元素对非调质钢的强度和韧性及疲劳性能均有显著的影响[2-4]。综合上述因素考虑到生产的实际情况，将36Mn2V钢种设计了3种成分范围，见表2。

表2 钢种的化学成分设计(质量分数) %

编号	C	Si	Mn	P	S	V	Cr
1	≤0.40	≥0.17	≤1.20	≤0.025	≤0.025	≤0.12	
2	≤0.40	≥0.17	≤1.50	≤0.025	≤0.025	≤0.10	≤0.25
3	≤0.40	≥0.17	≤1.80	≤0.025	≤0.025	≤0.13	≤0.40

2 实验室冶炼轧制

试验用钢均为25 kg真空感应炉冶炼，冶炼后浇注成25 kg钢锭，去掉帽口，规格为Φ110 mm。浇注成型后空冷至室温，轧制成型以备材料物性试验使用。

2.1 温度控制

将试验用钢圆锭加热至1 280 ℃，保温120 min，在Φ550 mm四辊可逆热轧机上进行两阶段轧制，第一阶段开轧温度为1 200 ℃，终轧温度控制在1 100 ℃以上，第二阶段开轧温度在1 000 ℃，终轧温度控制在860 ℃以上。

将钢加热到奥氏体化温度，然后进行塑性变形，在奥氏体变形过程中和变形后自发产生奥氏体再结晶的温度区域中进行轧制，变形温度一般在1 000 ℃以上。在奥氏体再结晶区轧制，主要是为了充分细化奥氏体组织，并避免混晶出现和减少魏氏体组织形成几率。将试验钢的圆锭在加热炉中加热，加热温度为1 280 ℃，加热时间5 h后取出。

2.2 轧制工艺

采用Φ110 mm圆锭进行4道次粗轧，开轧温度为1 200 ℃，主要是为了模拟无缝管穿孔工艺要求，进行大压下量轧制，充分细化奥氏体组织，避免混晶的出现，粗轧4道次压下规程为：110 mm→95 mm→65 mm→35 mm→30 mm。精轧开轧温度为900 ℃，主要是模拟定径或张力减径工艺，进行小压下量轧制，精轧4道次压下规程为：30 mm→26 mm→22 mm→18 mm→16 mm→12 mm，在Φ550 mm四辊可逆热轧机上进行轧制，最终板厚12 mm。

3 实验室性能测试

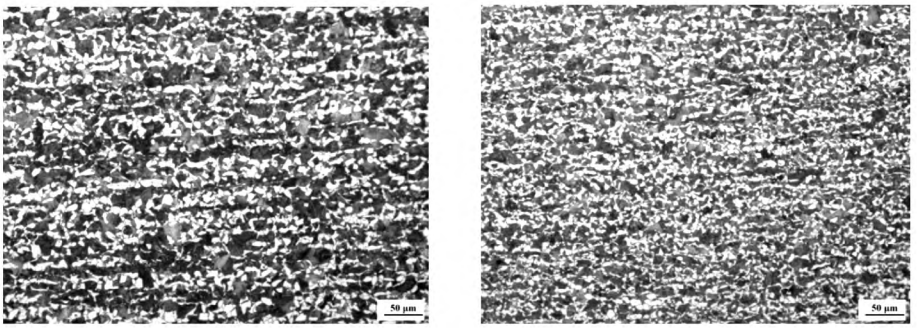
表3 试验用钢检测平均力学性能

编号	$R_{p0.5}$/MPa	R_m/MPa	A/%	冲击功/J
标准要求[5]	≥520	≥780	≥15	
1	568	792	22	30.8
2	601	823	27	33.6
3	638	852	27	35.0

从表3检测结果可见，这三炉试验用钢的各项力学性能均满足标准要求，虽然标准对冲击性能没做要求，为了研究材料的韧性指标，也对其进行了相关检测，结果显示冲击性能也很好。

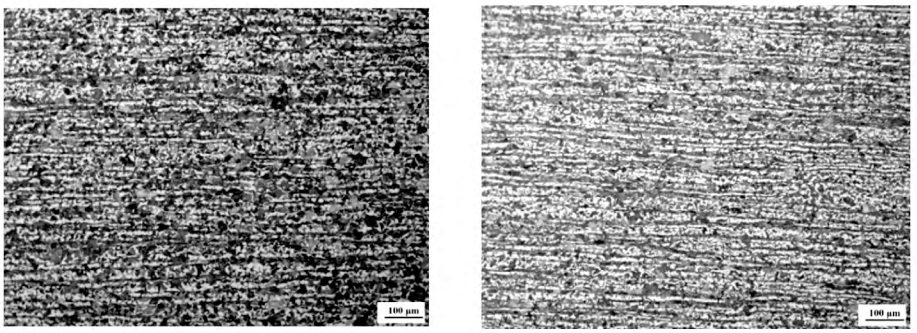
对力学性能较好的2#和3#试样进行了金相检验，结果见图1、图2。

中国知网 https://www.cnki.net



（a）2# 　　（b）3#

图 1　轧态金相组织



（a）2#8.5级　　（b）3#9.5级

图 2　轧态晶粒度

从图 1、图 2 可见：轧态组织为珠光体和铁素体组织。

资料研究显示，微合金元素 V 对高钢级非调质钢组织性能强化起着至关重要的作用。36Mn2V 非调质钢在高温形变诱导下析出 VCN 促进了晶内细小铁素体和珠光体的形成，反之细晶铁素体的形成促进了 VCN 沿界面弥散析出，使材料最终具有较好的综合性能[3]。

从结果看，3#试验钢具有较高的强度性能和较好的韧性，故 3#为最佳成分范围。

4　工业试验

圆坯生产工艺：高炉铁水→铁水预处理→转炉冶炼→LF 精炼→VD 真空处理→圆坯连铸。

无缝管生产工艺流程：管坯加热→穿孔→连轧→在线常化→张减径→冷却→锯切→人工检查→测长、称重、喷标→入库。

为保证钢质的纯净度，对铁水进行了预处理，转炉工位操作按照相关质量计划要求，采用单渣工艺冶炼，采用有铝脱氧。为了保证铸坯质量，连铸采用全程无氧化保护浇注、电磁搅拌工艺，浇注成 Φ210 mm的圆坯；钢水过热度控制在 30 ℃以内，在缓冷坑中进行缓冷，缓冷时间大于 48 h，缓冷后温度在 230 ℃左右。

连铸圆管坯取样进行硫印检验，结果见表 4，从表 4 可见硫印检验合格。

表 4　连铸圆管坯的硫印检验结果　　级

样号	坯号	中心裂纹	中间裂纹	皮下裂纹	夹杂物
1	304	0	0	0	1
2	404	1	0	0	1
3	504	0	0	0	1

5　成品钢管力学性能检验

成品钢管力学性能见表 5，其中冲击试验试样尺寸 7.5 mm×10 mm×55 mm，缺口形状为 V 形，试样方向为纵向，温度为 0 ℃。

中国知网　https://www.cnki.net

表5 36Mn2V力学性能

样号	$R_{p0.5}$/MPa	R_m/MPa	A/%	冲击功/J
标准[5]	≥520	≥780	≥15.0	
1	586	843	25.0	20,24,22
	579	837	24.0	19,23,22
2	581	833	24.5	26,29,30
	577	829	25.5	27,30,28
3	590	839	25.0	24,24,23
	582	837	25.0	22,25,24
4	586	835	26.0	23,20,20
	580	833	26.5	23,24,21
5	574	823	27.0	13,21,22
	582	833	26.5	23,26,35

由表5结果可见，本次工业试制36Mn2V地质钻探用管各项力学性能均满足相关要求。

6 用户使用意见

经用户反应，包钢开发的规格为Φ89 mm×9.5 mm、Φ73 mm×7.5 mm地质钻探管ZT520，严格控制在协议范围内，几何尺寸及内外表面质量稳定，P、S含量低，金相组织均匀，晶粒均匀且细小，各项性能及质量检查均达到用户的要求。

7 结束语

研制开发的钻探用无缝钢管36Mn2V化学成分设计合理，非调质钢生产成本低于国内普遍采用的调质钢管，产品的各项指标达到相关标准要求，已投入批量生产。

参 考 文 献

[1] 罗先登. 地质钻探用无缝钢管[J]. 钢管，1994，(3)：54－62.

[2] 李平全，史交齐，赵国仙. 油套管的服役条件及产品研制开发现状(下)[J]. 钢管，2008，7(5)：11－14.

[3] 李平全，史交齐，赵国仙. 油套管的服役条件及产品研制开发现状(上)[J]. 钢管，2008，37(4)：6－12.

[4] 谌智勇，辛广胜，成永久. 非调质N80级油井管的发展[J]. 包钢科技，2009，35(6)：9－11.

[5] GB/T 9808—2008，钻探用无缝钢管[S].

[6] 谭利. 铁素体－珠光体型非调质钢应用技术研究[D]. 昆明：昆明理工大学，2013.

(上接第31页)

B型混匀料场受检修时间、配料系统稳定运行、料条端头与端尾衔接时间等因素影响，堆料层数目前稳定在310层左右，很难进行更高的突破。

4 结论

(1) 料堆铺料层数越大，混匀效果越好。当铺料层数超过300～400层时，混匀效率指数ε达到0.95左右，从提高料层角度提高混匀效果已达到很好的标准；铺料层数超过500层后，ε值变化不大，说明再提高料层层数对提高混匀效果的作用已不明显。

(2) 当料层厚度不超过粉矿最大平均粒度的1.3倍时，毛塔粉、巴西粉、澳粉、钢渣等大粒度的原料滚落料堆底部情况严重，造成粒度偏析，严重影响混匀效果。因此，要保证堆料后期的料层厚度大于粉矿最大平均粒径的1.3倍即5.5 mm以上时，堆料层数又要达到300层以上，才能降低粒度偏析，才能获得较为理想的混匀效果，因此在料层厚度允许的情况下料流必须逐渐提高。

(3) 在B型料场开始采用合适的BLOCK堆料管理方式是造针对铁料来源广，成分波动大，粒度组成差的有效应对堆料方式。

参 考 文 献

[1] 王玉增，顾英妮，李建沛. 采用变流量技术降低混匀料粒度偏析[J]. 烧结球团，2005，(6)：24－26.

[2] 高长明. 矿物原料预均化[M]. 北京：中国建筑工业出版社，1983.

中国知网 https://www.cnki.net