

# 850 MPa 旋挖机钻杆用管的材料特性分析

董 珍, 米永峰, 姜海龙, 姚晓乐, 孙文秀, 罗忠辉, 许博超

(内蒙古包钢钢管有限公司, 内蒙古 包头 014010)

**摘 要:**通过对包钢钢管有限公司生产的850 MPa旋挖机钻杆用无缝管进行力学性能、显微组织、韧脆转变温度、扭转强度、弯曲疲劳等材料特性的测试分析,结果表明:产品的力学性能、非金属夹杂物含量、晶粒度尺寸级别、带状偏析级别等技术指标均能满足850 MPa高强高韧旋挖机钻杆用管的使用要求。同时,材料还具有韧脆转变温度低、抗扭强度大、抗弯曲疲劳性好等优点。

**关键词:**850 MPa;旋挖机钻杆;材料特性

中图分类号: TG335.71

文献标识码: B

文章编号: 1009-5438(2022)03-0055-04

## Analysis on Material Characteristics of Pipe for 850 MPa Drill Pipe of Rotary Drilling Rig

Dong Zhen, Mi Yong-feng, Jiang Hai-long, Yao Xiao-le,  
Sun Wen-xiu, Luo Zhong-hui, Xu Bo-chao

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

**Abstract:** The material characteristics of seamless pipe for 850 MPa drill pipe of rotary drilling rig manufactured by Baotou Steel Tube Co., Ltd. such as mechanical properties, microstructure, ductile-brittle transition temperature, torsional strength and bending fatigue are tested and analyzed. The results showed that its such technical indexes as the mechanical properties, content of nonmetallic inclusions, grades of grain size and banded segregation could all satisfy the requirements of applying 850 MPa high strength and high toughness drill pipe of rotary drilling rig. Moreover, it is with such advantages as low ductile-brittle transition temperature, high torsional strength and good resistance to bending fatigue.

**Key words:** 850 MPa; drill pipe of rotary drilling rig; material characteristics

旋挖机也称“旋挖钻机”、“打桩机”,是建筑施工工程中常用的一种取土成孔作业的机械设备。该设备可适应各种复杂地层;施工时成孔的速度快,钻进辅助时间短,可极大地提高施工作业率;钻具可快速装卸,操作维修简单,使用灵活方便;孔口掉泥及沉渣少,不用循环取渣,对钻孔桩的影响小;可快速灵活转场,工程造价低;可使施工现场保持绿色环保

的施工环境。它的作业方式主要以钻杆带动回转斗和钻头进行钻进、破碎并切削岩土,再靠提升装置把钻杆和钻头提出孔外进行卸土,如此反复循环作业,最终达到施工所要求的设计深度。

旋挖机钻杆由许多节直径不同的无缝管套装在一起所组成的,是旋挖钻机配套的重要工作装置之一,是旋挖机输出和传递动力的关键部件。在实际

施工过程中,因旋挖机钻杆所处的工作环境较为恶劣,而且在工作中的受力情况较复杂,除了受到加压力、起拔力,同时还会受到冲击、扭转、振动等因素的影响,很容易出现被损坏的现象,其主要失效形式为疲劳裂纹的扩展而导致的断裂、扭转变形或弯曲变形。因此,良好、稳定、可靠的钻杆质量是旋挖钻机提高工作效率、提高施工质量的重要前提和保障<sup>[1-3]</sup>。

本文通过对包钢钢管有限公司生产的 850 MPa 高强高韧旋挖机钻杆用无缝管进行取样,检测分析了该产品的强度、塑性、韧性、硬度、显微组织、韧脆转变温度、扭转强度、弯曲疲劳等材料特性指标。检

测结果表明,产品的各项技术指标均能满足用户的使用要求。

## 1 试验材料

检测试验所用的试样取自包钢钢管有限公司  $\phi 460$  mm 机组生产的 850 MPa 旋挖机钻杆用无缝管。钢管的生产工艺流程为:铁水预处理→顶底复吹转炉冶炼→钢包炉外精炼→真空脱气处理→圆坯连铸机浇注→铸坯切割→加热→穿孔→轧制→定径→冷却→热处理→矫直→无损探伤检验→质量检查→包装入库。试样的化学成分见表 1。

表 1 试样的化学成分(质量分数)

C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Mo	%
<0.35	<0.40	<1.70	≤0.015	≤0.015	<0.10	<0.40	<0.25	

## 2 试验结果

### 2.1 显微组织

表 2 为调质态钢管的非金属夹杂物、晶粒度尺

寸级别、带状偏析级别等金相检验结果。可以看出,钢管的洁净度高,各类粗系非金属夹杂物为 0 级,各类细系非金属夹杂物不大于 0.5 级,组织为回火索氏体,晶粒度细小,带状组织不明显。

表 2 钢管的金相检验结果

项目	晶粒度	带状组织	非金属夹杂物								D <sub>s</sub>
			A 粗	A 细	B 粗	B 细	C 粗	C 细	D 粗	D 细	
检验结果	9	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0	0	0.5	0
协议要求	≥6	≤4	1.5	≤2.0	≤1.5	≤2.0	≤1.5	≤2.0	≤1.5	≤2.0	≤2.0

### 2.2 力学性能

沿钢管纵向取样,按照 GB/T 228.1—2021《金属材料拉伸试验第 1 部分:室温试验方法》<sup>[4]</sup> 标准的要

求,对所取试样进行了加工制备和力学性能检验。表 3 为钢管的屈服强度、抗拉强度、断后伸长率、断面收缩率、冲击功、布氏硬度等力学性能的检验结果。

表 3 钢管的力学性能

项目	屈服强度 /MPa	抗拉强度 /MPa	断后伸长率 /%	断面收缩率 /%	-20 °C 纵向全尺寸 冲击功/J			平均布 氏硬度
检验结果	942	1 029	29.5	59	90	92	90	299
协议要求	≥835	≥980	≥12	≥45	≥34			260 ~ 360

### 2.3 低温冲击韧性

沿钢管纵向取样,按照 GB/T 229—2020《金属材料夏比摆锤冲击试验方法》<sup>[5]</sup> 标准的要求,对所取试样分别在 19 °C、0 °C、-20 °C、-30 °C、

-40 °C、-45 °C、-50 °C、-55 °C、-60 °C、-65 °C、-70 °C、-75 °C、-80 °C 等不同温度条件下进行了系列低温冲击试验。图 1 是不同温度下平均冲击功与温度的关系。从图中可以看出:该钢种

在 -50 ℃ 时冲击功仍可达到 55 J, 有良好的低温冲击韧性, 韧脆转变温度为 -50 ℃, 可用于低温工况条件。

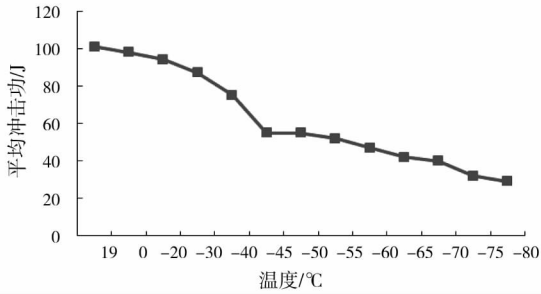


图1 不同温度下平均冲击功与温度的关系

### 2.4 扭转力学性能

沿钢管纵向取样, 按照 GB/T 10128—2007《金属材料室温扭转试验方法》<sup>[6]</sup> 标准的要求, 对所取试样加工完成后, 在室温下测定材料的扭转力学性能, 并对断裂后的扭转试样在扫描电镜下进行断口的宏观和微观的形貌观察和分析。从表4 扭转力学性能的检验结果可以得出: 该钢种的规定非比例扭矩平均为 135.06 N·mm, 最大扭矩平均为 168 N·mm, 规定非比例扭转强度平均为 700 MPa, 抗扭强度平均为 869 MPa。从图2 扭转试样的微观断口形貌可以看出, 断口是韧性断裂, 说明材料具有良好的塑韧性。

表4 钢种的扭转试验结果

试样编号	规定非比例扭矩/(N·mm)	规定非比例扭转强度/MPa	最大扭矩/(N·mm)	抗扭强度/MPa
1	135.28	701	167.73	865
2	132.76	688	165.72	859
3	134.46	697	166.39	863
4	137.92	715	171.83	886
5	134.88	699	168.33	873
平均值	135.06	700	168.00	869

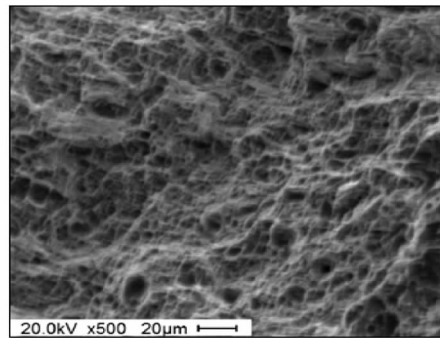
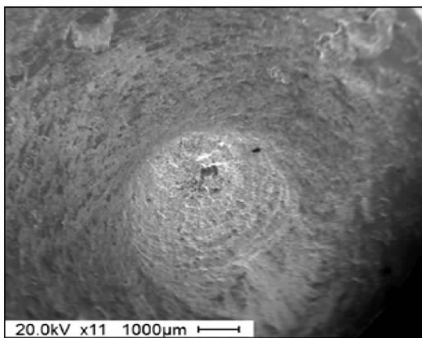


图2 微观断口形貌

### 2.5 旋转弯曲疲劳性能

沿钢管纵向取样, 按照 GB/T 4337—2008《金属材料疲劳试验旋转弯曲方法》<sup>[7]</sup> 标准的要求, 在实验室进行了该材料的室温旋转弯曲疲劳特性试验, 试验规定当疲劳寿命大于 10<sup>7</sup> 次以上不断裂时所测得的最大应力为该材料的旋转弯曲疲劳极限应力, 并根据检测数据绘制出该钢种的最大应力(S)与疲劳寿命(N)曲线关系图(见图3)。图4 是旋转弯曲疲劳试样断裂后在扫描电镜下所采集的断口微观形貌。试验结果表明: 该钢种的旋转弯曲疲劳极限应力为 294 MPa, 疲劳试样的断口为韧性断裂。

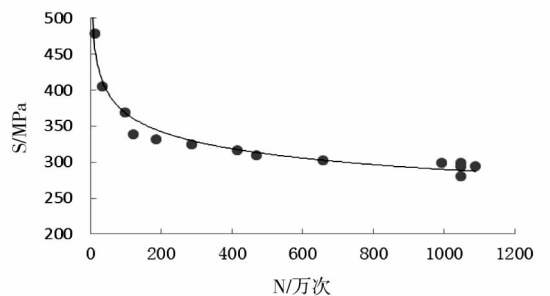


图3 S—N 关系图

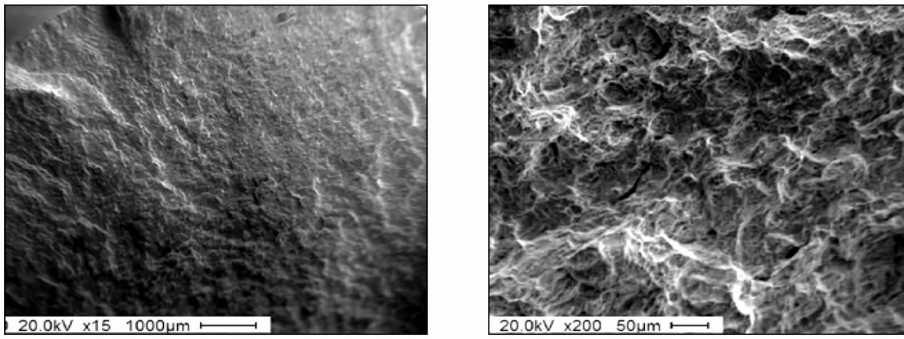


图 4 试样断口形貌

### 3 结论

(1) 产品的力学性能、非金属夹杂物、晶粒度尺寸级别、带状偏析级别等指标均能满足 850 MPa 高强高韧旋挖钻机钻杆用管的使用要求。

(2) 产品具有韧脆转变温度低、抗扭强度大、抗弯曲疲劳性好等优点。其韧脆转变温度为  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；平均抗扭强度为 869 MPa；旋转弯曲疲劳极限应力为 294 MPa。

### 参 考 文 献

[1] 张震. 旋挖钻机钻杆失效研究[D]. 西安: 长安大学, 2010.

[2] 张启君. 国内旋挖钻机的现状与施工技术点[J]. 交通世界, 2005, (7): 40-43.

[3] 翁炜, 黄玉文, 胡继良, 等. 旋挖钻机钻杆失效形式分析及制造工艺[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2005, 32(10): 38-39, 49.

[4] GB/T 228. 1—2021, 金属材料拉伸试验第 1 部分: 室温试验方法[S].

[5] GB/T 229—2007, 金属材料夏比摆锤冲击试验方法[S].

[6] GB/T 10128—2007, 金属材料室温扭转试验方法[S].

[7] GB/T 4337—2008, 金属材料疲劳试验旋转弯曲方法[S].

(上接第 54 页)

通过上述试验, 得出以下结果: 涂装性能与粉末涂覆厚度、粉末烘烤固化时间、粉末存放时间有关, 相同粉末和烘烤时间, 粉层厚度小于  $50\text{ }\mu\text{m}$  的结合力优于粉层厚度不低于  $50\text{ }\mu\text{m}$  的结合力; 相同粉末和粉层厚度, 烘烤时间 15 min 的粉层结合力优于烘烤时间 10 min 的结合力; 相同粉层厚度和烘烤时间, 新粉粉层结合力优于旧粉。

### 5 结论

(1) 家电板对盐雾性能的要求一般为 72 h 腐蚀面积不大于 5%, 同时考虑工业生产波动带来的影响, 无铬钝化膜重控制在  $(0.9 \pm 0.2)\text{ g/m}^2$ , 即可节约成本又可保证盐雾性能。

(2) 对于变形复杂的零件, 在保证基板性能的

前提下, 为了得到更优的冲压性能, 在选择表面处理方式时, 可以考虑添加蜡乳更多的耐指纹钝化产品。

(3) 在保证粉末质量的情况下, 控制粉层厚度小于  $50\text{ }\mu\text{m}$  和烘烤时间不小于 15 min, 可以提高无铬钝化板的涂装性能。

### 参 考 文 献

[1] 杨芄, 潘燕芳. 家用电器热镀锌钢板的无铬耐指纹钝化[J]. 材料保护, 2011, 44(3): 40-42.

[2] 吴海江, 陈锦虹, 卢锦堂. 镀锌层无铬钝化耐腐蚀机理的研究进展[J]. 材料保护, 2004, 37(3): 43-46.