S135钢级石油钻杆钢的特殊性能研究*

董 珍,张建军,卢艳蓉,李培德,刘洪霞

(内蒙古包钢钢联股份有限公司技术中心,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章对包钢生产的S135钢级石油钻杆管体用钢的特殊性能进行了实验室研究,结果表明:该钢种具有良好的低温冲击韧性,当温度为-70 ℃时,平均冲击功仍可达到80 J以上;该钢种的平均抗扭强度为920 MPa、旋转弯曲疲劳极限应力为462 MPa、平均疲劳裂纹扩展速率为8.4×10^{-6} mm/cycle和19.7×10^{-6} mm/cycle、裂纹尖端张开位移为0.181 mm。

关键词: S135;石油钻杆钢;特殊性能

中图分类号: TF762 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2019)04-0056-03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2019.04.014

Study on Special Properties of S135 Grade Petroleum Drill Pipe Steel

Dong Zhen, Zhang Jian-jun, Lu Yan-rong, Li Pei-de, Liu Hong-xia

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

Abstract: In the paper, it is introduced the special properties of S135 grade petroleum drill pipe body steel produced by Baotou Steel have been studied in the laboratory. The results showed that it was with good low temperature impact toughness and the average impact energy could reach above 80 J when the temperature was -70 ℃; its average torsional strength was 920 MPa, fatigue limit stress of rotating bending was 462 MPa, average spreading rates of fatigue crack were 8.4×10^{-6} mm/cycle and 19.7×10^{-6} mm/cycle as well as the opening displacement of crack tip was 0.181 mm.

Key words: S135; petroleum drill pipe steel; special properties

石油钻杆是油(气)田勘探开发过程中传递动力、输送泥浆的重要工具,在油(气)井钻探过程中,钻杆既要承受拉伸、压缩、扭转、弯曲以及冲击等各种交变应力的作用,又要受到管子和井壁的摩擦作用,以及内部高压泥浆的冲刷和腐蚀作用,其使用工况十分复杂,工作条件极为恶劣[1],因此,钻杆质量与性能的优劣将直接关系到钻井作业的成功与否。目前,国内外许多厂家都采用API Spec 5DP标准生产石油钻杆,该标准对E级、X级、G级和S级四个级别的石油钻杆提出了相应的技术要求,其中S级钻杆属于该标准中最高强度级别的钻杆[2]。本文对包钢钢管公司生产的S135钢级石油钻杆管体用钢的低温冲击韧性、室温扭转、旋转弯曲疲劳、疲劳裂纹扩展速率、裂纹尖端张开位移等特殊性能进行了实验室研究,检验了包钢所生产的S135钢级钻杆管体用无缝钢管的综合使用性能。

* 收稿日期:2019-06-05

作者简介:董 珍(1969-),女,内蒙古呼和浩特市人,硕士,正高级工程师,现从事无缝管产品研发工作。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1　试验材料

试验材料取自包钢钢管公司生产的 S135 钢级热处理态无缝钢管。试验钢的化学成分见表 1，常规力学性能见表 2。

表 1　试验钢的化学成分(质量分数)　%

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Al
0.280	0.300	0.920	0.020	0.005	0.970	0.480	0.034

表 2　试验钢的常规力学性能

检验项目	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	延伸率/%	平均冲击功/J		
				(21 ± 3) ℃	(−10 ± 3) ℃	(−20 ± 3) ℃
实测值	1 040	1 100	22	99	96	99
API Spec 5DP 标准要求	931 ~ 1 138	≥1 000	≥12	≥43	≥33	≥80

2　试验方法及结果

2.1　低温冲击韧性试验

依据 GB/T 229—2007《金属材料夏比摆锤冲击试验方法》[3]，利用 NI750 型冲击试验机，对试验料在 −130 ~ 21 ℃温度范围内进行了冲击试验，所测得的平均冲击功与温度的关系见图 1。试验结果表明：S135 钢级的热处理态钢管具有良好的低温冲击韧性，当温度为 −70 ℃时，平均冲击功仍可达到80 J 以上。

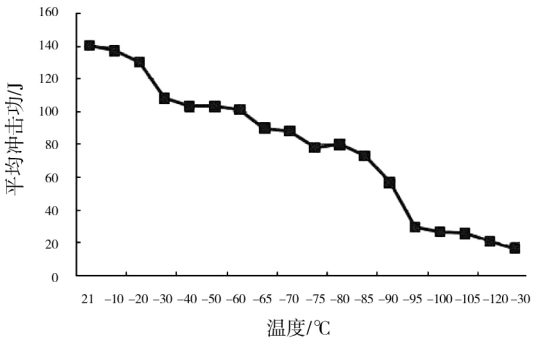


图 1　平均冲击功与温度的关系

2.2　室温扭转试验

依据 GB/T 10128—2007《金属材料室温扭转试验方法》[4]，利用 WNJ − 1000 型微机型控制扭转试验机，在室温条件下对试验料进行了扭转试验，测定了钢种的抗扭强度，试验结果见表 3。结果表明：该钢种的平均抗扭强度为 920 MPa。

表 3　试验钢的抗扭强度

试样编号	抗扭强度/MPa
1	920
2	915
3	925
4	920
5	925
平均值	920

2.3　旋转弯曲疲劳试验

依据 GB/T 4337—2008《金属材料疲劳试验旋转弯曲方法》[5]，利用 PQ1 − 6 型纯弯曲疲劳试验机，在室温条件下对试验料进行了旋转弯曲疲劳试验，测定了钢种的极限应力(S)与疲劳寿命(N)的关系图(见图 2)。结果表明：在室温条件下，当转速为5 000 r/min时，如设定循环次数大于 10^7 次、循环时间大于 33 h 不断裂为疲劳极限，则该钢种的旋转弯曲疲劳极限应力为 462 MPa。

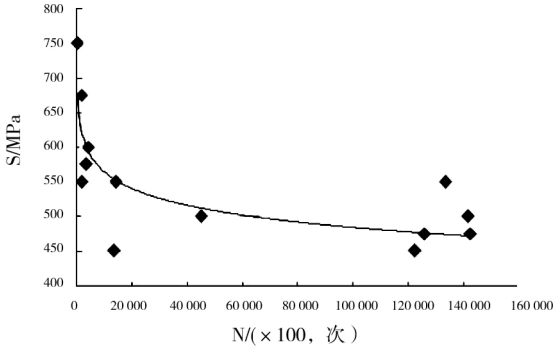


图 2　试验钢的 S—N 关系图

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

2.4 疲劳裂纹扩展速率试验

依据GB/T 6398—2000《金属材料疲劳裂纹扩展速率试验方法》[6]，利用810.25 MTS材料试验机，在室温条件下对试验料进行了疲劳裂纹扩展速率试验，试验结果见表4。结果表明：当应力强度因子为10 MPa·$m^{1/2}$时，该钢种的疲劳裂纹扩展速率平均值为8.4×10^{-6} mm/cycle；当应力强度因子为13.5 MPa·$m^{1/2}$时，该钢种的疲劳裂纹扩展速率平均值为19.7×10^{-6} mm/cycle。

表4 试验钢的疲劳裂纹扩展速率

试样编号	da/dN（$\times10^{-6}$ mm/cycle）	
	△k=10/(MPa·$m^{1/2}$)	△k=13.5/(MPa·$m^{1/2}$)
1	8.7	21.3
2	8.2	18.3
3	9.2	19.6
4	6.7	19.2
5	9.1	20.2
平均值	8.4	19.7

2.5 裂纹尖端张开位移试验

依据GB/T 21143—2007《金属材料准静态断裂韧度的统一试验方法》[7]，利用810.25 MTS材料试验机，在室温条件下对试验料进行了裂纹尖端张开位移试验，试验结果见表5。结果表明：当稳定裂纹扩展为0.2 mm时，该钢种的裂纹尖端张开位移为0.181 mm。

表5 试验钢的裂纹尖端张开位移

试样编号	$\delta_{0.2BL}$/mm
1	0.205
2	0.149
3	0.184
4	0.186
平均值	0.181

3 结论

（1）包钢生产的S135钢级石油钻杆管体用无缝钢管热处理态的常规力学性能满足API Spec 5DP标准的要求。

（2）包钢生产的S135钢级石油钻杆管体用钢具有良好的低温冲击韧性，当温度为-70 ℃时，平均冲击功仍可达到80 J以上。

（3）包钢生产的S135钢级石油钻杆管体用钢的平均抗扭强度为920 MPa、旋转弯曲疲劳极限应力为462 MPa。

（4）当应力强度因子分别为10 MPa·$m^{1/2}$、13.5 MPa·$m^{1/2}$时，包钢生产的S135钢级石油钻杆管体用钢的平均疲劳裂纹扩展速率分别为8.4×10^{-6} mm/cycle、19.7×10^{-6} mm/cycle。

（5）当稳定裂纹扩展为0.2 mm时，包钢生产的S135钢级石油钻杆管体用钢的裂纹尖端张开位移为0.181 mm。

参 考 文 献

[1] 曹建军，陈明安. 26CrMoNbTiB(S135)钻杆管热处理工艺的研究[J]. 金属材料与冶金工程，2007，35(2)：28-32.
[2] API Spec 5DP，Specification for Drill Pipe[S].
[3] GB/T 229—2007，金属材料夏比摆锤冲击试验方法[S].
[4] GB/T 10128—2007，金属材料室温扭转试验方法[S].
[5] GB/T 4337—2008，金属材料疲劳试验旋转弯曲方法[S].
[6] GB/T 6398—2000，金属材料疲劳裂纹扩展速率试验方法[S].
[7] GB/T 21143—2007，金属材料准静态断裂韧度的统一试验方法[S].

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net