

# L360M 管线钢夏比摆锤冲击和落锤撕裂试验分析

徐 强<sup>1</sup>, 赵美英<sup>1</sup>, 史文义<sup>1</sup>, 葛浩楠<sup>2</sup>, 谭晓东<sup>1</sup>, 张吉忠<sup>1</sup>

(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化检验中心, 内蒙古 包头 014010)

**摘 要:** 文章对 11.00 mm 厚度规格的 L360M 管线钢卷板进行了夏比摆锤冲击试验和落锤撕裂试验。试验结果表明, 同板幅相应位置的韧性差异较小。从 DWTT 试验试样断口的宏观形貌可以看出, 试样挠度越大, 锤断后断面呈现的试样扭曲越明显, 甚至会有个别试样因为翘曲导致无法彻底锤断。

**关键词:** 夏比摆锤冲击试验; 挠度; 落锤撕裂试验

中图分类号: TG115.5

文献标识码: B

文章编号: 1009-5438(2025)01-0056-04

## Analysis on Charpy Pendulum Impact Test and Drop Weight Tear Test of L360M Pipeline Steel

Xu Qiang<sup>1</sup>, Zhao Meiyong<sup>1</sup>, Shi Wenyi<sup>1</sup>, Ge Haonan<sup>2</sup>, Tan Xiaodong<sup>1</sup>, Zhang Jizhong<sup>1</sup>

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

2. Chemical Inspection Center of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou 014010,  
Inner Mongolia Autonomous Region, China)

**Abstract:** In the paper, it is introduced the Charpy pendulum impact test and drop weight tear test (DWTT) of L360M pipeline steel coil plate with the thickness specification of 11.00 mm. The test results showed that the differences of toughness at relevant positions of the same plate are smaller. It can be seen from the macroscopic morphology of fracture of samples for DWTT that the bigger the deflection of samples, the more obvious the distortion of samples for fracture after hammering to breakage, even some samples could not be hammered to breakage completely because of warping.

**Key words:** Charpy pendulum impact test; deflection; drop weight tear test

在石油管线建设的早期, 发生过很多管体或焊缝处脆断事故。为了防止脆性断裂事故发生, 人们进行了大量的研究工作。20 世纪 60 年代中期, 在 API 会议上提出并开始采用落锤撕裂试验方法对管线钢进行断口剪切面积的评定。随着管线钢冶炼和

轧制技术的提高, 人们逐渐认识到普通夏比冲击试样尺寸过小, 不能反映实际构件中的应力状态, 而且结果分散性大, 不能满足一些特殊要求, 因此科研人员提出用落锤撕裂试验的锤断能量值来代替夏比冲击功值, 这种能量测试方法更接近材料的使用状态,

反映其断裂的真实情况<sup>[1]</sup>。

本文对 11.00 mm 厚度规格的 L360M 管线钢卷板进行了夏比冲击试验和 DWTT 试验，并分析了试样挠度对 L360M 管线钢落锤撕裂试验的影响。

## 1 试验材料

本试验选取稀土钢板厂生产的 L360M 管线用钢,钢板厚度为 11.00 mm,表 1 为试验钢实测化学成分。

表 1 试验钢实测化学成分(质量分数)

表 1 试验钢实测化学成分(质量分数)													%	
C	Si	Mn	P	S	Nb	Ti	Cr	Mo	Ni	Cu	Al <sub>t</sub>	Ca	N	
0.078	0.131	1.358	0.013	0.004	0.019	0.098	0.031	0.006	0.019	0.023	0.029	0.003	0.004	

## 2 试验过程

### 2.1 夏比摆锤冲击试验

夏比摆锤冲击试验在 NI750 试验机上进行,试验温度为 -40 ℃,在轧制方向同一板幅不相邻的位置取冲击试样。通过夏比摆锤冲击功的值,可直接看出是否能满足相关标准及用户的要求,进一步反映出同板幅韧性差异大小。其宏观断口可直观看断裂方式,预判管线钢产品是否需要进一步做 DWTT 试验。取样位置简图见图 1,冲击功见表 2。

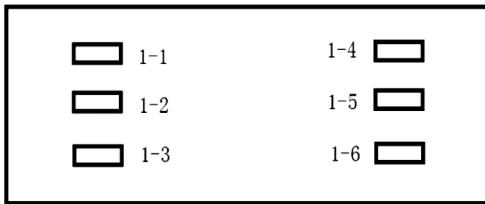


图 1 冲击试样取样位置示意图

表 2 -40 ℃ 冲击功 J

试样编号	冲击功			平均值
1-1	366.4	364.2	362.7	364.4
1-2	364.8	365.3	364.8	365.0
1-3	363.9	367.2	361.4	364.2
1-4	367.4	368.9	362.4	366.2
1-5	364.8	361.8	365.3	364.0
1-6	362.8	364.7	367.2	364.9

由表 2 冲击试验结果可知,L360M 管线钢板冲击功极差为 7.5 J,平均值为 364.78 J,重复性为 2.06%。

### 2.2 落锤撕裂试验

依据夏比摆锤冲击试验结果,按图 2 所示位置取落锤试样毛坯料。在做落锤撕裂试验前,将试样毛坯料压平。利用实验室现有的压平设备进行落锤试样挠度的预矫直,该试验产品厚度较薄,所以挠度设置以产品原始挠度为基础,以 1 mm 为间隔,直到挠度小于 1 mm 为止。经机械加工后,落锤试样尺寸为 305.0 mm × 76.2 mm。试样缺口分人字形缺口和压制缺口,压制缺口是利用专用压头压制出 V 形缺口,人字形缺口是用机加工的方式加工出人字形缺口,压制缺口的裂纹萌发载荷明显大于人字形缺口<sup>[2]</sup>。这是由于试样单边在被专用压头压制的过程中,在缺口部位产生了局部硬化,所以在裂纹萌发时载荷会变大。本试验中落锤撕裂试样缺口为压制缺口。

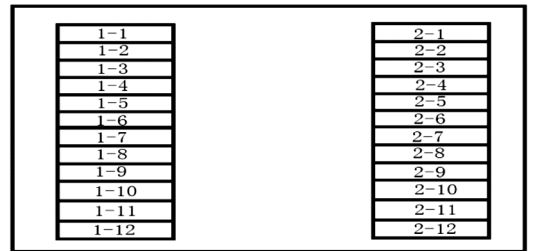


图 2 落锤试样取样位置示意图

落锤撕裂试验在 DIT504C 型机器上进行。先将加工好的试样放入有适量无水乙醇的低温试验箱内,降温到 -40 ℃,保温时间为 15 min,落锤锤头的高度为 1.25 m。试验结束后,根据 SYT 6476—2017 标准对断后剪切面积进行判定。每一个试样号挠度的测量值及落锤试验后断面剪切面积 SA% 见表 3。

表 3 挠度测量值及落锤试验后断面剪切面积 SA%

试样号	挠度/mm	SA/%	试样号	挠度/mm	SA/%
1-1	10.15	100	2-1	5.31	100
1-2	10.19	100	2-2	5.27	100
1-3	10.16	100	2-3	5.26	100
1-4	9.24	100	2-4	4.36	100
1-5	9.18	100	2-5	4.28	100
1-6	9.20	100	2-6	4.67	100
1-7	7.98	100	2-7	3.18	100
1-8	7.86	100	2-8	3.11	100
1-9	7.61	100	2-9	3.23	100
1-10	6.59	100	2-10	2.69	100
1-11	6.69	100	2-11	2.61	100
1-12	6.66	100	2-12	2.57	100

管线钢的夏比摆锤冲击试验结果不能完全代表实际管线的受力分布状态。而落锤撕裂试验的结果与管材整体受压时状态接近,此类试验方法更接近管体断裂的真实过程。

通过试验结果及数据分析可对管线钢母材冶炼成分设计、轧制工艺等做出优化,从而实现成材后的管线管在做压力试验时,对破口的方式和大小进行预判及控制。

### 3 结果分析

由表 3 试验数据可知,厚度为 11.00 mm 的 L360M 管线钢卷板试样的挠度对落锤撕裂试验试样断口剪切面积百分数 SA% 结果无影响。DWTT 试验是对全截面钢板试样进行的快速、一次性冲断式试验,锤头击打的是压制缺口的对立面,在试样冲断的一瞬间,缺口顶端尖部受到较大的冲击作用力,从而裂纹在此处起裂并延展至断裂。在试样断裂瞬间,试样经历了裂纹萌发、稳定蔓延和失稳蔓延 3 个阶段。落锤撕裂试验后,试样断口可反映出冶炼和轧制工艺水平、断口性质、材料的抗破裂能力。断口剪切面积百分数 SA% 是韧性断裂区的面积与断裂后截面面积的比值。比值越高说明材料韧性越好。韧性断裂区外观形貌呈暗灰色纤维状,脆性断裂区外观形貌呈发亮的结晶状<sup>[3]</sup>。

典型的试样宏观断口形貌见图 3。从试样断口宏观形貌可看出,试样断口从预制压痕到锤击侧依次包含了起裂解理面、分离沟、韧性断裂面。试样挠度越大,锤断后断面呈现的扭曲越明显,甚至会有个别试样因为翘曲导致无法彻底锤断。因此,对于厚度为 11.00 mm 的 L360M 管线钢试样,应该尽量压平。

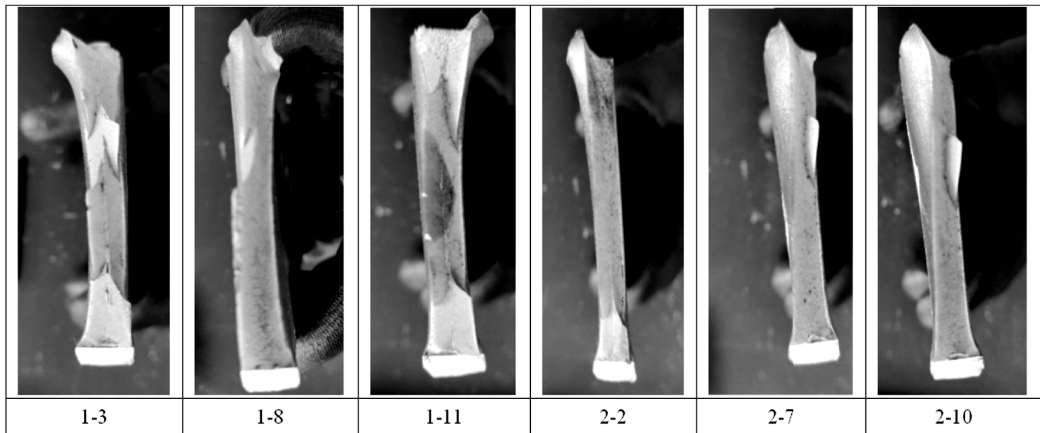


图 3 典型的试样宏观断口形貌

### 4 结论

(1) 由 11.0 mm 厚度规格的 L360M 管线钢夏比摆锤冲击试验结果可见,同板幅相应位置的韧性差异较小。

(2) 由 11.0 mm 厚度规格的 L360M 管线钢 DWTT 试验结果可见,挠度在 2.57 ~ 10.19 mm 时,挠度对断面剪切面积 SA% 无影响。

(3) 从 DWTT 试验试样断口的宏观形貌可以看出,试样挠度越大,锤断后断面呈现的扭曲越明显,

甚至会有个别试样因为翘曲导致无法彻底锤断。

形式的落锤撕裂试验研究[J]. 焊管, 2005, 28(6): 21-24.

### 参 考 文 献

[1] 王树人, 崔志新. 管线钢落锤撕裂试验的应用实践[J]. 焊管, 2004, 27(4): 62-63, 68.

[3] 马建坡, 徐科. 用示波落锤试验法评价 14MnVTiRE 钢的韧脆断裂行为[J]. 材料开发与应用, 2003, 18(2): 9-12.

[2] 张从会, 杨政, 董明海. 70 级管线钢不同缺口

## 欢迎订阅 2025 年《包钢科技》期刊

2025 年度《包钢科技》期刊(双月刊)开始订阅。

《包钢科技》创刊于 1974 年,是经国家科技部和国家新闻出版广电总局批准,由包头钢铁(集团)有限责任公司主管、内蒙古包钢钢联股份有限公司技术中心主办的科技类综合性刊物。本刊全国公开发行人,双月刊(每双月 25 日出版),已被“中国知网”“万方数据知识服务平台”“维普中文科技期刊服务平台”等数据库收录。

办刊宗旨:面向生产、结合实际,坚持为中国钢铁工业生产建设服务,以高水平的综述性文章,传播冶金行业科技工作者的创新知识,为冶金行业从业者提供科技信息,促进冶金工业的发展,推动冶金科技进步和学科发展。

主要栏目:专家论坛、生产实践与管理、品种质量与试验研究、设备与自动化、其他(建筑与施工、节能环保等)。

主要发行对象:中国钢铁工业协会理事单位、会员单位;冶金及相关行业企事业单位;大中小型钢铁企业;钢铁产业链及辅助设备企业;大专院校及科研、设计院所。

国内统一刊号:CN 15-1210/TF,国际标准刊号:ISSN 1009-5438。

全年 6 期,定价 90 元。

竭诚欢迎广大读者直接联系我刊订阅。

## 《包钢科技》期刊订阅回执

订阅单位				收件人	
邮寄地址				邮政编码	
联系电话		传真		订阅数	

收款方信息(仅限对公账户)

户 名: 内蒙古包钢钢联股份有限公司

开 户 行: 中国工商银行股份有限公司包头包钢支行

账 号: 0603013009022126613

联系方式: 内蒙古包头市昆区河西工业区包钢技术中心主楼 B 座 603 室《包钢科技》编辑部  
 邮政编码: 014010

联系电话: 0472-2666065 0472-2663081

E-mail: bgkj2005@126.com