试样缺口底部缺陷对 J55 套管冲击性能的影响*[1]

詹 飞[1,2], 赵丽萍[1], 石晓霞[3]

(1. 内蒙古科技大学研究生院, 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;
3. 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: 文章通过对包钢 J55 钢级套管冲击性能检测结果异常的原因分析, 发现因不当加工所造成的冲击试样缺口底部缺陷的存在, 导致在冲击试验过程中, 试验力在试样缺口底部缺陷处再次形成应力集中。冲击试样缺口处的正应力在试样发生变形之前超过了材料的内聚强度, 从而导致试样更易于趋向脆性断裂, 造成材料在实际检测中冲击功的减小。

关键词: 冲击性能; 缺陷; J55; 套管
中图分类号: TG115.5 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009 - 5438(2019)01 - 0073 - 04
DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2019.01.018

Effects of Defects at Bottom of Notch of Specimen on Impact Property of J55 Casing Pipe

Zhan Fei[1,2], *Zhao Li - ping*[1], *Shi Xiao - xia*[3]

(1. *Graduate School of Inner Mongolia University of Science and Technology, 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*;
3. *Technical Center of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In the paper, it is found out that the defects at bottom of notch of impact specimen caused by improper processing lead to the test force forms stress concentration again at bottom of notch of specimen in the impact test through analyzing the reasons for the abnormal test results of impact property for J55 casing pipe of Baotou Steel. The normal stress at the notch of impact specimen exceeds the cohesion strength of material before the specimen deforms so that the specimen is easy to tend to brittle rupture and the impact energy of material is decreased in the actual detection.

Key words: impact property; defect; J55; casing pipe

石油套管是油井管的一种, 是石油钻探行业用的主要器材之一, 它与油管、钻杆不同, 不可以重复使用, 属于一次性消耗材料, 其消耗量占全部油井管的 70% 以上[1]。石油套管在钻井后插入井孔里, 用水泥固定, 用来隔开岩层和防止井眼坍塌, 保证钻探泥浆循环流动, 以便于钻探开采, 起到固定石油和天

* 收稿日期: 2018 - 08 - 28
作者简介: 詹 飞(1985 -), 男, 内蒙古包头市人, 在读硕士, 工程师, 现从事钢铁材料物理检测工作。

中国知网 https://www.cnki.net

然气油井壁或井孔的作用，是维持油井运行的生命线。在石油开采过程中主要使用三种类型的套管，即表层石油套管、技术石油套管及油层石油套管。表层石油套管用于保护钻井，使其避免受浅水层及浅气层污染，支撑井口设备并保持套管的其他层重量；技术石油套管，用于分隔不同层面的压力，以便钻液额度正常流通并保护生产套管，同时便于在钻井内安装反爆裂装置、防漏装置及尾管；油层石油套管，用于将石油和天然气从地表下的储藏层里导出，以及保护钻井，将钻探泥浆分层。根据井深及油气田实际工况条件，一般采用 API spec 5CT 套管和油管规范[2] J55－Q125 钢级套管，根据美国石油协会统计数据[3]，石油套管约有 50%～60% 为 J55（含 J55）钢级以下的套管。近年来随着各大油田对石油管产品质量的要求不断提高，产品的冲击性能要求开始受到用户的广泛关注。Φ139.7 mm×7.72 mm 的 J55 钢级套管是包钢钢管公司的主要套管产品之一，广泛用于国内各大油气田。该产品的冲击吸收能要求为 18 J，包钢钢管公司出厂检测值多在 20～40 J的范围。近期包钢钢管公司接到多起用户冲击检测结果偏低的反馈，为此通过对冲击试样缺口底部缺陷进行分析，查找冲击性能检测结果偏低的原因。

1 试验方法

包钢钢管公司生产的 J55 钢级套管的钢种为 34Mn6（化学成分见表 1），轧态交货。取样套管规格为 Φ139.7 mm×7.72 mm，本试验截取 300 mm 管样，冲击试样取样按照 API spec 5CT 套管和油管规范[2] 规定的取样位置进行，如图 1 所示，取样方向为纵向。冲击检验标准执行 ASTM A370—17 钢制品力学性能试验的标准试验方法和定义[4]，冲击试样为夏比（简支梁）A 型（V 型缺口试样），试样尺寸 5 mm×10 mm×55 mm。

表 1 J55 钢级产品化学成分（质量分数） %

钢级	材质	C	Si	Mn	P	S
J55	34Mn6	0.31～0.38	0.18～0.36	1.30～1.80	≤0.025	≤0.015

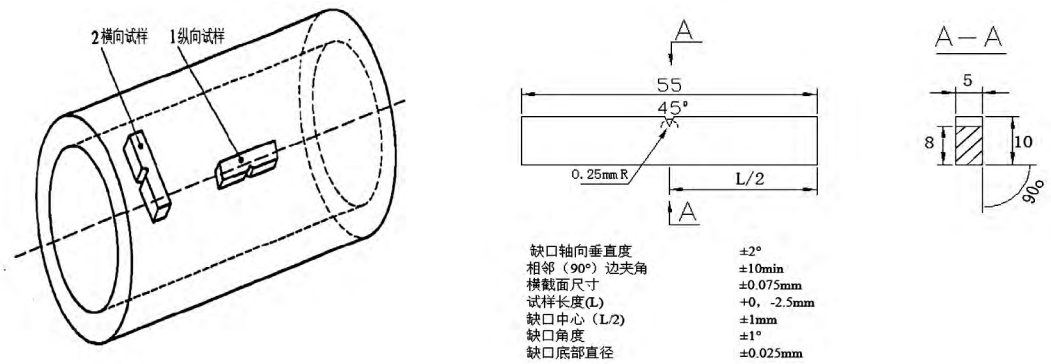


图 1 冲击试样取样位置及试样尺寸

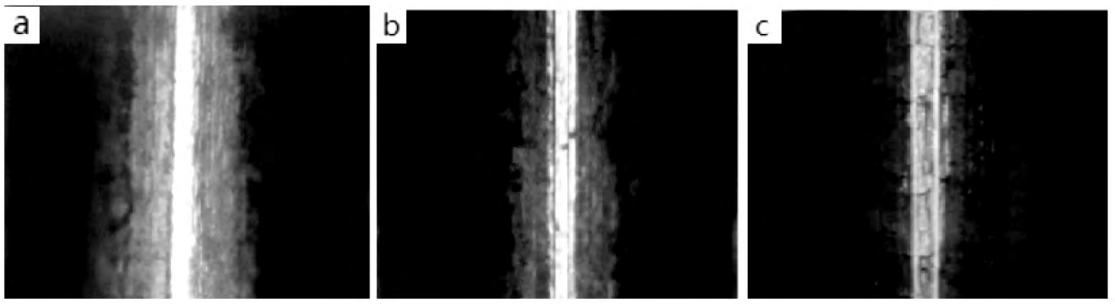
2 冲击试样加工缺陷分析

在对用户技术服务的过程中，发现其冲击试样缺口加工方法采用的是专用拉床切割法和线切割法，但其所加工的冲击试样均带有贯穿于缺口底部的加工缺陷（如图 2 中的 b 和 c 所示）。

目前冲击试样缺口加工方法主要有专用拉床切割、线切割和光学曲线磨床切割。这三种方式各有千秋，光学曲线磨床切割效果最好，但是效率太低，无法用于常规生产检验中。线切割只适用于一些高硬度材料的冲击试样缺口加工。冲击缺口专用拉床切割目前为 V 型冲击试样缺口的主流加工设备，其加工的冲击试样缺口底部如图 2（a）所示。冲击缺口专用拉床采用拉刀作为加工工具，加工一个试样只需几秒钟，一般一把拉刀可加工 20 000 余个试样。但是拉刀在使用时，必须将刀具充分润滑，并及时清理拉刀上附着的铁屑，否则拉刀的刀刃会很快破损。破损以及附着铁屑的拉刀如果继续使用，所

中国知网 https://www.cnki.net

加工的冲击试样缺口底部就可能产生平行于缺口方向的刀痕，产生如图 2(b) 所示的加工缺陷。线切割机床加工，一般采用钼丝作电极，对工件进行脉冲火花放电切割成型。可以加工硬度极高的特殊材料，但经线切割加工后的冲击试样缺口底部往往有明显的蚀刻加工痕迹，产生如图 2(c) 所示的加工缺陷。所以在冲击试验前需要对试样缺口进行进一步的打磨，以消除蚀刻加工痕迹。为了验证冲击试样缺口底部缺陷对冲击检测结果的影响，随机选取 3 个批次产品，每个批次取 3 组冲击试样，分别为: 试验 A (缺口底部正常的冲击试样) ，试验 B(缺口底部带有刀痕的冲击试样) ，试验 C(缺口底部带有蚀刻痕迹的冲击试样) 。采用 NI150C 冲击试验机，试验温度为21 ℃，冲击性能检测结果见表 2。



(a) 正常缺口　　(b) 缺口底部带有刀痕　　(c) 缺口底部带有蚀刻痕迹

图 2　冲击试样缺口底部形貌图

表 2　冲击性能检测结果

方案	编号	冲击值 1 /J	冲击值 2 /J	冲击值 3 /J	侧膨胀值 1 /mm	侧膨胀值 2 /mm	侧膨胀值 3 /mm
试验 A	1	24	23	29	0.50	0.49	0.55
	2	31	29	37	0.65	0.63	0.68
	3	47	42	41	0.93	0.91	0.92
试验 B	1	14	16	19	0.34	0.35	0.38
	2	18	17	17	0.37	0.35	0.36
	3	18	15	16	0.37	0.33	0.33
试验 C	1	12	10	13	0.27	0.27	0.29
	2	13	11	14	0.31	0.25	0.28
	3	15	16	15	0.31	0.31	0.33

试样晶粒度见图 3，图中 1#试样的晶粒度 6 级，2#试样的晶粒度 7 级，3#试样的晶粒度 8、6.5 级。

在冲击试验过程中，V 型缺口的存在，造成了作用在冲击试样上各方向应力的集中，进而优先在 V 型缺口处产生塑性变形及试样断裂。当对冲击试样施加负荷时，横穿缺口根部产生一正应力，此正应力能引发试样断裂。材料保持不开裂或保持其在一起的性能称为“内聚强度”，当正应力超过内聚强度时试样发生断裂，当试样没有变形就断裂时，即为脆性断裂。同时在冲击试验中，因为边界效应的存在，对试样所施加的负荷还会产生一个与正应力大约成 45°的剪应力，剪应力一旦超过材料的剪切强度，试样由弹性变形开始转变为塑性变形或塑性屈服，发生塑性断裂。对于同一材料在不同的晶粒度下，其冲击功也差别较大。从试验 A 结果可以看出，同为铁素体加珠光体组织，晶粒度越小，根据霍尔 - 配奇关系式材料的屈服强度越高，所以材料的冲击功也就越高。但是在试验 B 和试验 C 中，所测得的冲击值要明显低于试验 A 所测得的冲击值，并且在试验 B 和试验 C 条件下，所测得的 3 个产品的冲击值没

中国知网　https://www.cnki.net

有遵循细晶强化的规律，检测值差别不大。这是由于在试验过程中，试验力在沿试样缺口底部的尖锐缺陷处再一次形成了正应力集中，导致缺口根部的正应力明显增大，试样缺口处的正应力在剪切应力超过剪切强度之前超过了内聚强度，在冲击试验过程中，试样没有进行塑性变形，优先产生了断裂。因为试样在断裂时塑性变形没有做功或很少做功，所以在试验B和试验C条件下，所测得的3个产品的冲击值差别不大。同时从图3中可以看出，试验B冲击试样的缺口底部的缺陷情况要好于试验C，因此由缺陷产生的正应力集中情况，试验B要好于试验C。所以试验B的冲击功要略高于试验C。



1#试样　　2#试样　　3#试样

图3　试样的晶粒度

3　结束语

在正常情况下，检验人员对试样缺口尺寸关注较多，但在进行冲击试验中，发生对于材料冲击功误判的情况，往往是由于缺口底部的加工缺陷所造成的。良好的冲击试样缺口底部加工质量，在冲击检测过程中是非常必要的。沿试样缺口底部加工缺陷会导致试样更趋向脆性断裂，造成材料在实际检测中冲击功的减小。

参　考　文　献

[1] 李文研. 石油套管用热轧宽钢带J55开发[D]. 沈阳: 东北大学，2014.

[2] API spec 5CT：2011，套管和油管规范[S].

[3] 申　强. 石油套管用热轧钢带的研制[D]. 沈阳: 东北大学，2003.

[4] ASTM A370—17a，钢制品机械性能标准试验方法和定义[S].

中国知网 https://www.cnki.net