

某产品 823 钢壳体内腔疵病原因分析

夏克祥, 姜春茂, 赵广军, 刘有江, 李东华, 朱小英, 柳燕

(北方华安工业集团有限公司, 黑龙江 齐齐哈尔 161046)

摘要: **目的** 研究某产品关键零件用壳体 823 钢在冲拔过程中, 毛坯内腔出现侧壁拉裂和底部缩孔疵病的原因。**方法** 通过理论分析毛坯在冲拔过程中的变形机理和金属流动规律, 结合理化检测和工艺试验等手段, 对该疵病产生的原因进行了系统分析与验证。**结果** 准确找到了该疵病产生的原因。**结论** 823 钢原材料存在缩孔残余及二次缩孔, 是造成弹体毛坯底部缩孔疵病和侧壁拉裂疵病的根本原因; 通过靶场射击动态考核试验和增加超声波探伤检验工序的产品, 即使存在缩孔残余及二次缩孔, 也不影响产品使用性能。

关键词: 拉裂; 缩孔; 分析与验证; 质量

DOI: 10.3969/j.issn.1674-6457.2014.01.010

中图分类号: TG142.1

文献标识码: A

文章编号: 1674-6457(2014)01-0054-05

Cause Analysis of Defects in the Inner Bore of the Shell of an 823 Steel Product

XIA Ke-xiang, JIANG Chun-mao, ZHAO Guang-jun,
LIU You-jiang, LI Dong-hua, ZHU Xiao-ying, LIU Yan
(North Hua'an Industrial Group Co., Ltd., Qiqihar 161046, China)

ABSTRACT: **Objective** The aim of the study is to investigate the causes of the wall cracking and shrinkage cavity defects at the bottom of the inner bore of the shell of a semi-finished 823 steel product in the drawing process. **Methods** Through the theoretical analysis of the semi-finished product on the deformation mechanism and the law of metal flow in the process of drawing, combining with the physical and chemical testing and process test, the author systematically analyzed and validated the causes of the fault. **Results** As a result, the cause of the fault was found with high accuracy. **Conclusion** Residual and secondary shrinkage cavity were found in the 823 steel raw materials, which were the essential causes of the defects in the shrinkage cavity at the bottom of the projectile and wall cracking faults. For the products that passed the range shooting dynamic tests and the ultrasonic flaw detection process, the presence of the residue and secondary shrinkage did not affect the performance of the shell.

KEY WORDS: cracking; shrinkage cavity; analysis and verification; quality

2012年9月,在某产品壳体冲拔生产中,检验人员在内腔喷砂和内表面检验工序,发现第29,31,35炉共25件冲拔毛坯存在内腔侧壁拉裂和底部缩孔、压痕等疵病。该问题出现后,工厂同相关单位多

次召开分析会,对2012年齐钢产823钢在各产品中的生产情况进行了统计,对冲拔毛坯内腔疵病产生的原因进行了分析,并组织进行了验证试验,确定了疵病产生的原因。

收稿日期: 2013-10-10

作者简介: 夏克祥(1963—),男,辽宁黑山人,研究员级高级工程师,总工艺师,主要研究方向为弹药制造工艺。

1 疵病分析

1.1 疵病数量统计

据统计,2012 年该壳体冲压生产中,有疵病的

壳体毛坯为 29 炉 4 件、第 31 炉 4 件、第 35 炉 21 件,其他炉号均未发现疵病。
各产品生产加工情况见表 1,疵病形态见图 1、图 2。

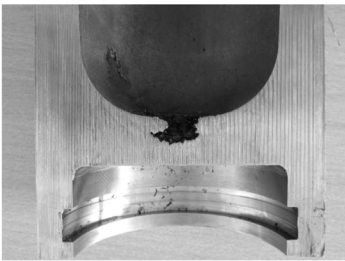


图 1 毛坯底部缩孔

Fig.1 Shrinkage cavity at the bottom of the semi-finished product

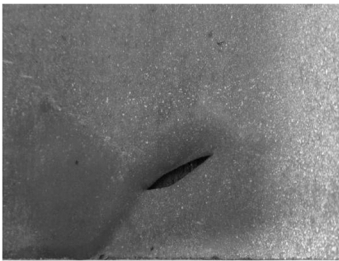


图 2 内腔侧壁拉裂

Fig.2 Wall cracking of the inner bore

表 1 壳体疵病统计
Table 1 Statistics of shell faults

产品类别	炉号	下料数量/件	冲拔数量/件	疵病情况	备注
壳体冲压 毛坯	29	1312	1303	4 件压痕	疵病料共计 4 件
	31	1129	747	2 件压痕,2 件侧壁拉裂	疵病料共计 4 件
	35	1438	943	20 件侧壁拉裂,1 件底部缩孔	疵病料共计 21 件

1.2 疵病产生原因分析

1.2.1 压痕

该壳体毛坯第 29 炉 4 件和第 31 炉 2 件,从外观可以确认有异物压入痕迹,异物为加热过程中产生的氧化铁皮,可经过打磨工序消除。

1.2.2 毛坯底部缩孔

该壳体毛坯底部缩孔产生的原因,通过实物观察,结合钢厂生产流程及本厂加工工艺,经分析认为:该毛坯属于钢坯浇铸帽口残余部位,内部组织缺陷较重,钢坯锯切时,帽口残余部位没有完全清除,一般情况下,浇铸时缩孔缺陷常伴有偏析、低熔点夹杂、疏松等缺陷。

该毛坯缺陷组织位于钢坯上部或者说非常接近冲头底部(非变形区),在冲孔过程中受高温高压的润滑气体冲击,毛坯底部缺陷熔化或者撕裂而形成孔洞(见图 3)^[1-8]。冲压过程中,一般情况下轻微的缺陷组织会得到有效改善。

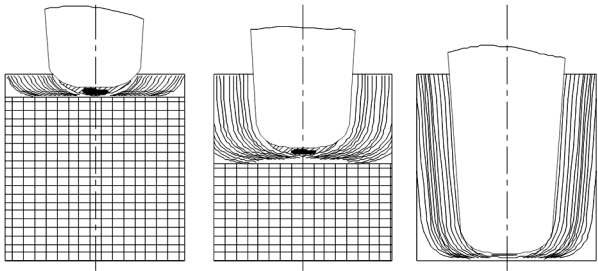


图 3 底部缩孔形成示意

Fig.3 Formation diagram of the shrinkage cavity at the bottom

1.2.3 内腔侧壁拉裂

由于钢锭的凝固过程是自外向内的,因而其内部铸造组织自心部向外越来越致密,疵病区会存在于钢锭中心部位(越靠近中心越严重),同时,钢锭的内部收缩是自下而上的,即越接近帽口端致密性越差^[9-12]。

壳体的变形过程顺序为镦粗、反挤、拔伸,在镦

粗工序钢坯受到自外向内的挤压力,变形程度大,有缺陷组织在这一工序会得到最大程度的改善^[13-15],使毛坯组织致密;在反挤变形过程中,随着冲头的压入,钢坯心部组织会在冲头下行过程随着金属流动至冲头表面,若钢坯心部存在缺陷,同时也会在反挤压过程中被带动至冲头表面;拔伸加工过程中产品毛坯所有组织受拉应力,若此时基体存在有缺陷的组织,会因承受不住巨大的拉应力而开裂,形成内膛侧壁的拉裂(见图4)。

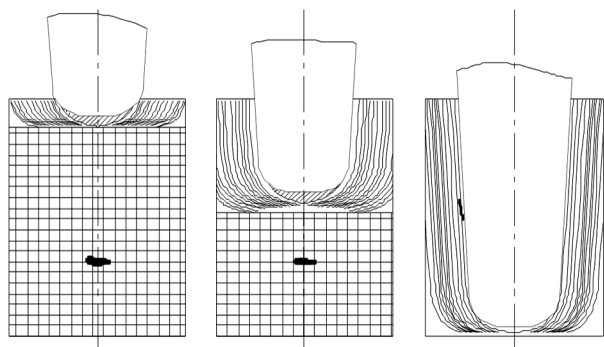


图4 侧壁拉裂形成原理示意

Fig. 4 Diagram of wall cracking forming principle

2 疵病验证

2.1 理化检测分析

2.1.1 金相分析

取35炉侧壁拉裂疵病毛坯1件,进行了金相分析,结果为:“缩孔残余及二次缩孔”。金相分析试样见图5,理化检测报告单见图6。

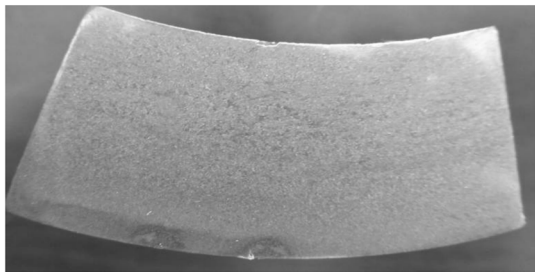


图5 金相分析试样

Fig. 5 Metallographic analysis sample

2.1.2 力学性能检测

取35炉有疵病未收口壳体8件和有疵病解剖



图6 疵病再现试验冲拔毛坯

Fig. 6 Fault reappearance test by drawing of semi-finished product

壳体部件2件,随35炉正常产品一起进行热处理,进行产品各区力学性能对比试验,并完成了理化检测工作。

理化检测结果如下。

1) 对正常壳体2件(编号35-4和35-5)做各区力学性能检测,结果全部合格,对试样35-4-3,35-4-4做金相检查为回火索氏体,有疵病壳体2件(编号35-8和35-9)做各区力学性能检测,除有缺陷试件不合格外,其余合格。

2) 有疵病解剖壳体试块2件(编号35-6)做力学性能检测,结果合格,35-7试样有缺陷,力学性能结果不合格。

2.2 疵病再现试验

2.2.1 有疵病方钢选取

在钢厂轧制车间,从不合格的823钢料中用超声波探伤选取缺陷较严重的部位,将其锯切出5块方钢。同时,工厂在剔除的伤料中挑选了超声波伤波探伤超差的料头,将其锯切出4块方钢。分别从钢厂和工厂废料中各取一块方钢进行了低倍取样。超声波探伤情况见表2。

2.2.2 疵病再现试验

锻压分厂按照现行工艺参数,对有疵病的7块方钢进行了冲压加工。由检验二部对冲拔毛坯进行了内膛质量检验,发现其中2件冲拔毛坯内膛出现了侧壁拉裂疵病,具体情况见表3,冲拔毛坯见图6。

再现试验的7件毛坯出现了不同疵病,各疵病说明如下。

表 2 超声波探伤情况

Table 2 Metallographic analysis sample			
类别	序号	探伤情况	备注
齐钢	1	2 点缺陷,最大缺陷大于 $\phi 3$ mm,伤波长度范围 20 mm	
	2	单点缺陷,最大缺陷大于 $\phi 4$ mm,距顶端面 86 mm	
	3	7 mm 长条形最大缺陷大于 $\phi 4$ mm,距顶端面 120 mm	未冲压
	4	单点缺陷最大缺陷大于 $\phi 4$ mm,距顶端 70 mm	
	5	有林状回波最大缺陷大于 $\phi 3$ mm,距顶端面 110 mm	
工厂	1	单点缺陷大于 $\phi 2$ mm,距顶端面 40 mm	未冲压
	2	20 mm 范围内有林状回波,最大缺陷大于 $\phi 2$ mm,距顶端面 65 mm	
	3	单点缺陷最大缺陷大于 $\phi 3$ mm,距顶端面 47 mm	
	4	20 mm 范围内有林状回波最大缺陷大于 $\phi 2$ mm,距顶端面 30 mm	

表 3 冲拔后毛坯内腔检测情况统计

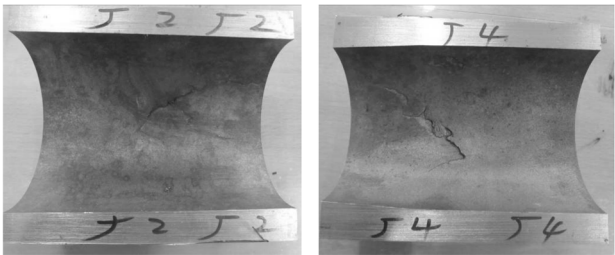
Table 3 Statistics of fault detection in the inner bore of the semi-finished product after drawing			
类别	序号	冲拔后内腔质量	备注
齐钢	1	侧壁凹坑深度超差	见图 7
	2	未见异常	
	3	-	低倍、未冲压
	4	未见异常	
	5	底部凹坑深度超差	见图 8
工厂	1	-	低倍、未冲压
	2	侧壁拉裂	见图 9a
	3	未见异常	
	4	侧壁拉裂	见图 9b



图 7 侧壁凹坑深度超差
Fig. 7 Out of tolerance in wall pit depth



图 8 底部凹坑深度超差
Fig. 8 Out of tolerance in pit depth at the bottom



a 2号工厂 b 4号工厂

图 9 侧壁拉裂
Fig. 9 Wall cracking

1) 疵病再现试验中出现的侧壁和底部凹坑深度超差料,是由冲压加工压入氧化皮造成的,疵病部位组织没有缺陷。

2) 疵病再现试验中出现的侧壁拉裂毛坯 2 件,与本次生产出现的毛坯组织形态基本一致。

2.2.3 力学性能试验

取 35 炉第 3 次疵病再现试验中,有疵病未收口产品 5 件,随 35 炉正常产品一起进行热处理,进行了力学性能对比试验,并完成了理化检测工作和产品各区力学性能检测。

2.2.4 车削试验

为验证存在疵病的原材料在冲压、拔伸后,疵病在毛坯基体内存在的情况,在机加分厂对疵病再现试验中的 2 件试验毛坯进行了车削试验。试验情况如下。

1) 将 2 件毛坯分别锯切,各取其中 4 段(体部 3 段和底部 1 段),3 号产品底部段没有缺陷,未进行加工,6 号产品底部进行了车削内孔和端面试验。

2) 车削毛坯体部段时,采取内孔逐层切削,每次切削深度为 0.5 mm,每加工一道次由检验人员检验一次表面质量,若发现裂纹等疵病则停止切削,否

则继续车削。3号和6号共6段体部毛坯,经逐层切削,没有发现疵病。

3) 6号毛坯底部段也采用逐层切削和检验,原毛坯内膛方向每次切削深度为0.5 mm,毛坯底凹方向每次切削深度为0.2 mm,一直车削到底平面位置没有发现疵病。

2.3 动态试验验证

抽取11件35炉疵病壳体毛坯进行后续粗车、收口、热处理、精车等工序,并抽取最大、最小印痕直径毛坯进行力学性能检测,结果满足工艺要求。将8件壳体在试验基地进行了强度试验考核,回收壳体7件,考核结果为各零部件均未有松动、位移现象,试验结果表明,产品满足产品图样与制造验收规范要求。

3 结论

用于生产该壳体的823钢存在缩孔残余及二次缩孔,是造成弹体毛坯底部缩孔疵病和侧壁拉裂疵病的根本原因。通过靶场射击动态考核试验和增加超声波探伤检验工序的产品,即使存在缩孔残余及二次缩孔,也不影响产品的使用性能。

参考文献:

- [1] 陈国光. 弹药制造工艺学[M]. 北京:北京理工大学出版社,2004:81—92.
CHEN Guo-guang. Ammunition Manufacturing Technology[M]. Beijing:Beijing University of Science and Technology Press,2004:81—92.
- [2] 许发铤. 实用模具设计与制造手册[K]. 北京:机械工业出版社,2000.
XU Fa-yue. Practical Mold Design and Manufacturing Manual[K]. Beijing:Mechanical Industry Press,2000.
- [3] 王浩,胡治,姚照云. 特种机械中杆类零件的局部成形工艺及模具设计[J]. 精密成形工程,2012,4(5):15—18.
WANG Hao,HU Zhi,YAO Zhao-yun. In the Special Mechanical Leyer Parts Local Forming Technology and Die Design[J]. Journal of Netshape Forming Engineering,2012,4(5):15—18.
- [4] 王孝培. 冲压手册[K]. 北京:机械工业出版社,2000.
WANG Xiao-pei. Stamping Handbook[K]. Beijing: Mechanical Industry Press,2000.
- [5] 严寿康. 冲压工艺及冲模设计[M]. 北京:国防工业出版社,1993:45—50.
YAN Shou-kang. Stamping Process and Die Design[M]. Beijing: National Defense Industry Press,1993:45—50.
- [6] 洪慎章. 谈锻压生产技术[J]. 精密成形工程,2011,3(3):88.
HONG Shen-zhang. Talk about Forging Production Technology[J]. Journal of Netshape Forming Engineering,2011,3(3):88.
- [7] 张志明,黄少东,刘川林,等. 弹体成形工艺数字化设计系统的开发与实践[J]. 精密成形工程,2010,2(6):55—59.
ZHANG Zhi-ming,HUANG Shao-dong,LIU Chuan-lin, et al. The Forming Process of Projectile Development and Practice of Digital Design System[J]. Journal of Netshape Forming Engineering,2010,2(6):55—59.
- [8] 李硕本. 锻压手册[K]. 北京:机械工业出版社,2002.
LI Shuo-ben. Forging Manual[K]. Beijing:Machinery Industry Press,2002.
- [9] 孙杰,袁国定,陈炜. 薄板多工步冲压成形仿真的关键技术及有待解决的问题[J]. 新工艺新技术,2003(5):1—4.
SUN Jie,YUAN Guo-ding,CHEN Wei. The Key Technology of Multiplex Step Plate Simulation and to Solve the Problem[J]. Beijing: New Technology, New Technology,2003(5):1—4.
- [10] 王彬良. 弹体热冲压技术[M]. 北京:国防工业出版社,1987:120—123.
WANG Bin-liang. Elastic Body Heat Stamping Technology[M]. Beijing: National Defense Industry Press,1978:120—123.
- [11] 姜国权. 红冲工艺及模具设计[M]. 北京:机械工业出版社,2003:35—40.
JIANG Guo-quan. Red Technology and Die Design[M]. Beijing:Machinery Industry Press,2003:35—40.
- [12] 潘玲,姜春茂,吴忠江,等. 钢管收口代替方钢冲拔弹体毛坯加工工艺研究[J]. 精密成形工程,2011,3(5):14—15.
PAN Ling,JIANG Chun-mao,WU Zhong-jiang, et al. Shell Body Blank Processing Technology Research for Nosing of Steel Tube instead of Hot Punching and Drawing of Square Steel[J]. Journal of Netshape Forming Engineering,2011,3(5):14—15.
- [13] 姜春茂,潘玲,赵广军,等. 浅谈50SiMnVB钢横向断裂原因分析[J]. 精密成形工程,2012,4(1):78—81.

- chanical Leyer Parts Local Forming Technology and Die Design[J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2012, 4(5): 15—18.
- [4] 王孝培. 冲压手册[K]. 北京: 机械工业出版社, 2000.
- WANG Xiao-pei. Stamping Handbook[K]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2000.
- [5] 严寿康. 冲压工艺及冲模设计[M]. 北京: 国防工业出版社, 1993: 45—50.
- YAN Shou-kang. Stamping Process and Die Design[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 1993: 45—50.
- [6] 洪慎章. 谈锻压生产技术[J]. 精密成形工程, 2011, 3(3): 88.
- HONG Shen-zhang. Talk about Forging Production Technology[J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2011, 3(3): 88.
- [7] 张志明, 黄少东, 刘川林, 等. 弹体成形工艺数字化设计系统的开发与实践[J]. 精密成形工程, 2010, 2(6): 55—59.
- ZHANG Zhi-ming, HUANG Shao-dong, LIU Chuan-lin, et al. The Forming Process of Projectile Development and Practice of Digital Design System[J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2010, 2(6): 55—59.
- [8] 李硕本. 锻压手册[K]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- LI Shuo-ben. Forging Manual[K]. Beijing: Machinery Industry Press, 2002.
- [9] 孙杰, 袁国定, 陈炜. 薄板多工步冲压成形仿真的关键技术及有待解决的问题[J]. 新工艺新技术, 2003(5): 1—4.
- SUN Jie, YUAN Guo-ding, CHEN Wei. The Key Technology of Multiplex Step Plate Simulation and to Solve the Problem[J]. New Technology, New Technology, 2003(5): 1—4.
- [10] 王彬良. 弹体热冲压技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 1987: 120—123.
- WANG Bin-liang. Elastic Body Heat Stamping Technology[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 1978: 120—123.
- [11] 姜国权. 红冲工艺及模具设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003: 35—40.
- JIANG Guo-quan. Red Technology and Die Design[M]. Beijing: Machinery Industry Press, 2003: 35—40.
- [12] 潘玲, 姜春茂, 吴忠江, 等. 钢管收口代替方钢冲拔弹体毛坯加工工艺研究[J]. 精密成形工程, 2011, 3(5): 14—15.
- PAN Ling, JIANG Chun-mao, WU Zhong-jiang, et al. Shell Body Blank Processing Technology Research for Nosing of Steel Tube instead of Hot Punching and Drawing of Square Steel[J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2011, 3(5): 14—15.
- [13] 姜春茂, 潘玲, 赵广军, 等. 浅谈 50SiMnVB 钢横向断裂原因分析[J]. 精密成形工程, 2012, 4(1): 78—81.
- JIANG Chun-mao, PAN Ling, ZHAO Guang-jun, et al. Horizontal Fracture Reason Analysis on a Product of 50SiMnVB Steel[J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2012, 4(1): 78—81.
- [14] 李春庄, 秦贤军, 张霞, 等. 缩径挤压工艺及模具设计[J]. 精密成形工程, 2012, 4(5): 80—81.
- LI Chun-zhuang, QIN Jun, ZHANG Xia, et al. Necking and Extrusion Technology and Die Design[J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2012, 4(5): 80—81.
- [15] 李中麟, 宋瑞华, 姜春茂, 等. 50SiMnVB 钢椭圆凹坑疵病原因分析[J]. 精密成形工程, 2013, 5(4): 74—76.
- LI Zhong-lin, SONG Rui-hua, JIANG Chun-mao, et al. 50SiMnVB Steel Oval Pit Fault Reason Analysis[J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2013, 5(4): 74—76.

(上接第 58 页)

- JIANG Chun-mao, PAN Ling, ZHAO Guang-jun, et al. Horizontal Fracture Reason Analysis on a Product of 50SiMnVB Steel[J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2012, 4(1): 78—81.
- [14] 李春庄, 秦贤军, 张霞, 等. 缩径挤压工艺及模具设计[J]. 精密成形工程, 2012, 4(5): 80—81.
- LI Chun-zhuang, QIN Xian-jun, ZHANG Xia, et al. Necking and Extrusion Technology and Die Design[J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2012, 4(5): 80—81.
- [15] 李中麟, 宋瑞华, 姜春茂, 等. 50SiMnVB 钢椭圆凹坑疵病原因分析[J]. 精密成形工程, 2013, 5(4): 74—76.
- LI Zhong-lin, SONG Rui-huan, JIANG Chun-mao, et al. 50SiMnVB Steel Oval Pit Fault Reason Analysis[J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2013, 5(4): 80—81.