60Si2Mn 钢壳体裂纹原因分析

姜春茂，宋瑞华，刘淑艳，李东华，赵国伟，王敏，杨健，刘海艳
（北方华安工业集团有限公司，黑龙江 齐齐哈尔 161046）

摘要：目的 查找某产品60Si2Mn钢关键零部件壳体，在冲压工序和超声波水浸探伤工序中，壳体底部存在裂纹疵病的原因。**方法** 通过疵病部位宏观和微观观察、金相组织检查和验证试验等，检查壳体裂纹性质和原因。**结论** 生产该壳体的原材料存在严重偏析现象，使壳体在热加工加热时，组织向奥氏体转变过程也产生差异，由于感应加热的时间相对较快，且感应加热时，钢材内外受感应磁场电流的不同大小的影响，内外组织变化产生不均匀性，导致在冲压过程中变形不一致，是壳体底部裂纹产生的原因。采取对壳体放慢加速度，局部回火改为整体退火等措施，能有效控制裂纹的产生。经过500发生产验证，结果未发现裂纹疵病产生。

关键词： 壳体；60Si2Mn钢；裂纹疵病；检查；验证
DOI： 10.3969/j.issn.1674-6457.2014.01.011
中图分类号： TG142.1 **文献标识码：** A **文章编号：** 1674-6457(2014)01-0059-04

60Si2Mn Steel Shell Crack Reason Analysis

JIANG Chun-mao, SONG Rui-hua, LIU Shu-yan, LI Dong-hua,
ZHAO Guo-wei, WANG Min, YANG Jian, LIU Hai-yan
(North Hua'an Industrial Group Co., Ltd., Qiqihar 161046, China)

ABSTRACT: Objective The aim of the study is to find the causes of crack fault at the bottom of 60Si2Mn steel shell of the key parts in stamping process and the ultrasonic water immersion inspection process. **Methods** Through macro and micro observation, microstructure examination and verification test, the nature and reason of the shell crack were checked. **Conclusion** The results showed serious segregation phenomenon in the raw material used to produce the shell, which led to difference in the transformation to the austenite during heating in the hot processing. The relatively fast induction heating, the effects of the different size of the induced magnetic field current on the inside and outside of the steel, and the resulting inhomogeneity in the organization change of the inside and outside parts as well as the inconsistent deformation in the process of stamping, were the causes of crack at the bottom of the shell. Slow acceleration of the shell, and whole annealing instead of local tempering, can effectively control the generation of cracks. No crack fault was found after 500 rounds of production verification.

KEY WORDS: shell; 60 Si2Mn steel; crack fault; check; validation

60Si2Mn钢是我国应用较为普遍的硅猛系合金弹簧材料，具有较高的屈服极限和高的屈强比，以及良好的适应性、淬透性、冷脆性、热加工性能、冷加工性能等工艺性能，广泛应用于兵器行业中，作为关键

收稿日期： 2013-10-30
作者简介： 姜春茂(1981—)，男，黑龙江佳木斯人，工程师，主要研究方向为金属材料塑性成形。

零部件的材料,其战术性能相当于国外高破片弹钢的性能水平[1—5]。某产品关键零部件壳体,采用江阴兴澄特种钢铁有限公司生产的 60Si2Mn 钢(154 mm×154 mm)进行热冲压加工。该方钢的加工方式为连铸、连轧。2013 年在壳体生产中,检验员在冲孔工序、水浸探伤工序共计发现 30 件产品壳体底部存在裂纹疵病。

该壳体制造工艺流程如下:钢坯锯切下料(圆盘锯切割)→工频感应加热(1120 ~ 1150 ℃)→压型→冲下盲孔→冲上盲孔→空冷→粗车→二次感应加热→热拉伸→空冷→壳体退火(感应加热,780 ~ 810 ℃)→粗车(单边车削 4 mm)→上部感应加热→收口→热处理→探伤→精车→探伤。

1 原因分析

1.1 疵病数量统计

用于该壳体冲压生产的 9260 钢的炉号分别为 E20904047XX,E20904051XX 等 2 个炉号,共计下料 703 件,30 件壳体毛坯底部不同程度地出现了裂纹疵病,具体疵病情况见表 1,壳体底部裂纹疵病宏观形貌如图 1 所示。

表 1 不同炉号尾部裂纹疵病毛坯统计

Table 1 Number of products with crack fault in different batches

序号	炉号	投料数量	疵病数量	所占比例/%
1	E20904047XX	568	23	4.1
2	E20904051XX	135	7	5.1
合计		703	30	4.3

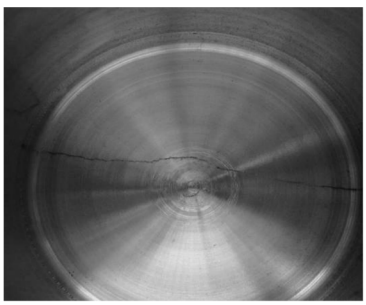

图 1 壳底裂纹宏观形貌

Fig. 1 Macro morphology of the shell crack at the bottom

1.2 疵病产生原因分析

1) 该疵病产生位置在壳体毛坯的壳体底部分,在尾部车内孔工序倒角半径为 5 mm,机加尺寸不合格,容易造成应力集中,产生淬火裂纹,可能是产生该疵病的原因之一。

2) 冲压加工过程中监控的感应加热温度不满足工艺要求、冲压用压型工装尺寸超差或者操作过程不符合工艺要求,也可能是产生该疵病的原因之一。

3) 原材料本身存在缺陷,在后续加工过程中容易产生裂纹,也可能是产生该疵病的原因之一。

2 裂纹产生原因检查

2.1 倒角尺寸检验

对壳体毛坯尾部车内孔倒角半径,重新进行了检验,结果满足工艺要求。

2.2 感应加热记录及工装尺寸检查

对冲压过程中的感应加热记录及工装尺寸进行了检查,结果均符合工艺要求。

2.3 理化检测

2.3.1 壳体底部裂纹宏观低倍组织检查

对应壳体底部裂纹位置车取宏观低倍组织试片,经 HCL(50%)水溶液热蚀后,试片中心位置出现偏析现象,裂纹处于中心偏析区边缘,沿偏析区边缘开裂,裂纹两端细裂纹为原裂纹的扩展。产品底部裂纹宏观低倍组织见图 2。

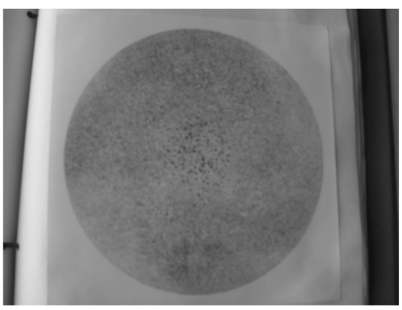

图 2 壳体底部裂纹宏观低倍组织

Fig. 2 Macro macrostructure of the shell crack at the bottom

2.3.2　壳体底部裂纹金相组织检查

切取壳体底部裂纹位置进行金相组织检查,结果表明:裂纹内侧为偏析区共析组织(片状珠光体);裂纹外侧为正常区域亚共析组织(片状珠光体+铁素体)。裂纹两侧微观组织见图 3、图 4。金相试样见图 5。

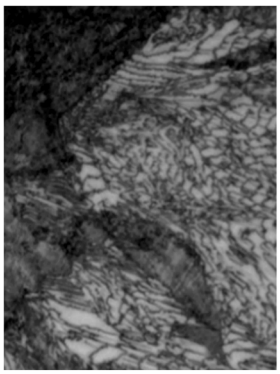

图 3　裂纹内侧的偏析区共析组织(500×)

Fig. 3 Eutectoid structure of the segregation area inside the crack (500×)

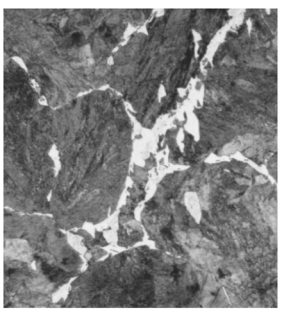

图 4　裂纹外侧的偏析区亚共析组织(500×)

Fig. 4 Hypoeutectoid part of the lateral segregation in the crack zone (500×)

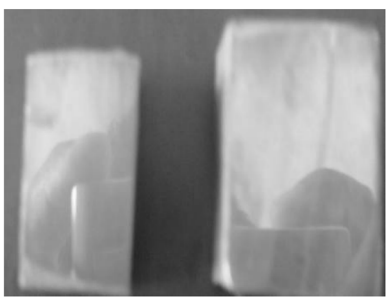

图 5　壳体底部裂纹金相试样

Fig. 5 Metallographic specimen of shell crack at the bottom of the shell

通过金相组织检查可以判定:该组织为热加工后空冷组织,与该壳体加工工艺过程相吻合[6—9]。裂纹两侧微观金相组织中未发现夹杂物等其他异常冶金缺陷,钢材的洁净度、晶粒度大小未见异常。

3　结论

壳体原材料 9260 钢微观金相组织中未见非金属夹杂物等冶金缺陷,钢材的洁净度、晶粒度大小等未见异常。由于宏观低倍组织中存在中心偏析现象,导致偏析区域组织呈现共析组织,与正常无偏析区域亚共析组织存在一定的差异。由于偏析区和正常无偏析区的存在,使得壳体在热加工时组织向奥氏体转变过程也产生差异,另外由于感应加热的时间相对较短,且感应加热时,钢材内外受感应磁场电流的大小不同的影响,内外组织变化产生不均匀性,在冲压过程中变形不一致,是壳体底部裂纹产生的原因[10—15]。由于钢材生产采用连铸连轧工艺,连铸浇注的特性是强制冷却,因此在连铸坯上中心偏析现象无法避免,经热轧后仅能改善中心偏析现象。可以判定该缺陷钢坯是由于尾坯切除不足导致的。钢材生产厂家应进一步控制浇注过程中的过热度,降低原材料的偏析程度,加强切除头尾的管理,以满足壳体冲压生产要求,避免裂纹产生。

根据裂纹分析结果,个别原材料存在偏析现象,对壳体冲压工艺参数进行了调整,放慢感应加热速度,并将底部局部回火改为整体退火。经过 500 个产品的生产考核,结果未发现裂纹疵病发生。

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]　许发樾. 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 Me-

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.