

50SiMnVB 壳体裂纹原因分析

朱晓英, 庄明辉, 姜春茂, 宋瑞华, 刘有江, 刘淑艳, 刘典富

(北方华安工业集团有限公司, 齐齐哈尔 161046)

摘要: **目的** 分析某产品壳体在热处理后, 存在“周向”环形裂纹疵病的原因。 **方法** 通过宏观和微观观察、金相组织检查和化学成分分析检测、加工过程分析、验证试验等, 确定了壳体裂纹疵病的性质和产生的原因。 **结果** 该疵病是由于收口模引模角偏大, 经连续生产时收口模由于磨损产生挂腊, 并逐渐加重, 使口部引模角位置摩擦力增大, 导致毛坯收口后距口部 70 ~ 75 mm 位置 (机加后为 50 ~ 55 mm) 逐渐形成环形“折叠”。对未收口壳体修改收口模引入角由 20° 改为 10°, 经验证, 在收口过程中没有产生局部金属堆积变形, 消除了口部折叠, 彻底解决了收口“折叠”问题。经过热处理、机加、磁力探伤考核, 未出现壳体口部裂纹问题。 **结论** 收口毛坯折叠是产生壳体口部淬火“周向”裂纹的直接原因。

关键词: 壳体折叠; 裂纹分析; 淬火

DOI: 10.3969/j.issn.1674-6457.2014.02.010

中图分类号: TG157

文献标识码: A

文章编号: 1674-6457(2014)02-0051-04

Cause Analysis for Cracks in the 50SiMnVB Shell

ZHU Xiao-ying, ZHUANG Ming-hui, JIANG Chun-mao,
SONG Rui-hua, LIU You-jiang, LIU Shu-yan, LIU Dian-fu
(The North Hua'an Industrial Group Company, Qiqihar 161046, China)

ABSTRACT: **Objective** To analyze the causes for the circumferential annular crack faults appeared in the product shell after heat treatment. **Methods** The nature and causes of the crack faults in the shell were determined through macroscopic and microscopic observation, microstructure examination, chemical composition analysis, and validation tests. **Results** The cause for the fault was the occurrence and aggravation of waxing during the continuous production caused by wear and tear due to the large angle of the convergent die, which led to the enlarged friction in the position of the die angle at the mouth, resulting in the gradual formation of circular "fold" at the position of 70 ~ 75 mm from the mouth (50 to 55 mm after machining). The angle of inlet of the beading die was reduced from 20° to 10° for the un-convergent shell. It was verified that there was no local metal accumulation in the converging process, the mouth folding was eliminated, and the problem of the convergent "fold" was completely solved. After heat treatment, machining, magnaflux inspection, there were no mouth shell crack problems. **Conclusion** The folding of the convergent blank is the direct cause for the circumferential cracks at the mouth of the shell after quenching.

KEY WORDS: shell folding; analysis of cracks; quenching

壳体作为某产品一重要零件,材料采用50SiMnVB钢。经冲压、热处理并采用水溶性淬火剂冷却后,机加到“车全形”,目测发现在距口部50~55 mm的位置,有横向环形裂纹。文中通过宏、微观观察、金相组织检查和化学成分分析检测、验证试验等,确定了壳体裂纹性质和原因,并提出了预防和改进措施。

1 原因分析

1.1 宏、微观分析

某产品重要零件壳体主要工艺流程:下料→钢坯感应加热→冲孔、拔伸→粗车外圆→收口前车外圆→收口前加热→收口→热处理→车全形→磁力探伤→表面处理。

该壳体首批机加到“车全形”工序,目测发现分布在距口部50~55 mm位置,存在横向环形裂纹,见图1。理化分析结果判定:“收口折叠引起的淬火扩展裂纹,折叠深度0.21 mm,扩展裂纹深度0.27 mm,组织为回火索氏体”。金相分析见图2。

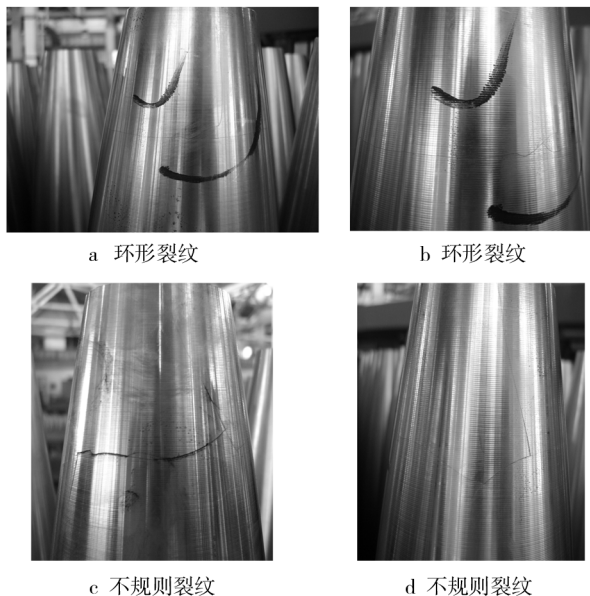


图1 横向环形裂纹

Fig. 1 Horizontal circumferential cracks

测量热处理前收口毛坯距口部70~75 mm位置(机加后为50~55 mm)存在环形“折叠”,见图3^[1-5]。判定结果为:收口毛坯口部表面疵病为“折

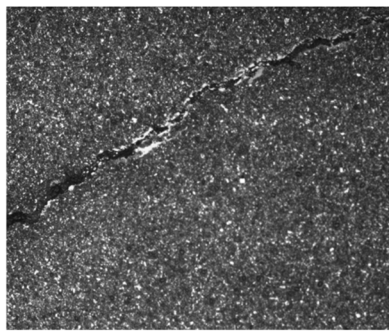


图2 折叠扩展裂纹(×200)

Fig. 2 Fold extension crack at a magnification of (×200)

叠”,组织为珠光体+铁素体,深度0.3~0.5 mm,金相分析见图4。



图3 口部折叠毛坯

Fig. 3 Blank with mouth folding

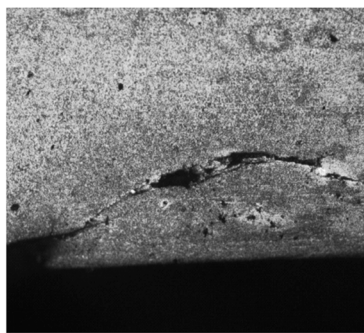


图4 折叠毛坯金相(×100)

Fig. 4 Metallograph of blank with folding at a magnification of (×100)

1.2 化学成分分析

对不同批次壳体材料50SiMnVB采用化学粉末法对其化学成分进行检测,结果见表1。由表1可知,壳体的化学成分符合技术要求。

表 1 壳体化学成分
Table 1 Chemical composition of the shell

炉号	化学成分/%							
	C	Mn	Si	Cr	B	V	P	S
要求	0.46~0.52	0.95~1.30	1.35~1.7	0.15~0.35	0.0005~0.0035	0.02~0.06	≤0.030	≤0.035
05-1	0.46	1.02	1.41	0.19	0.0030	0.038	0.010	0.0040
05-3	0.46	1.06	1.52	0.22	0.0030	0.045	0.009	0.0040
05-4	0.51	1.12	1.63	0.22	0.0030	0.049	0.018	0.0100
05-5	0.51	1.11	1.55	0.24	0.0020	0.051	0.013	0.0070
05-6	0.51	1.06	1.68	0.22	0.0020	0.039	0.030	0.0024
05-7	0.54	1.05	1.63	0.15	0.0020	0.041	0.030	0.0029

1.3 加工过程

1) 除了原材料的冶金过程可能带来一些缺陷外,热加工不当所造成缺陷都会造成后续热处理(淬火)时形成裂纹等疵病。锻件毛坯形成的裂纹是不易被发现的,所以裂纹的扩展只有在随后的淬火过程才能显著地暴露出来。机加毛坯一经淬火处理,将会使原来存留的裂纹扩展,使其暴露于钢件的表面。根据成品壳体裂纹分布位置规律性,且和收口毛坯口部“折叠”位置基本一致,因此工艺加工问题是主要原因,收口毛坯口部“折叠”是造成热处理时淬火“周向”裂纹的主要原因。

2) 壳体口部裂纹的主要原因是收口毛坯折叠造成的,从毛坯投料顺序看,收口毛坯折叠是生产过程中逐步产生的,且由轻到重、由浅到深。分析认为,折叠产生的原因是收口模引模角偏大,经连续生产时收口模由于磨损产生挂腊,并逐渐加重,使口部引模角位置摩擦力增大,导致毛坯口部逐渐形成折叠^[6-10]。

3) 产品试制期间质量控制存在薄弱环节。一是执行过程(收口外观检查、磁力探伤工序)对工艺规定疵病和操作方法掌握不够细;二是对产品质量细小的变化情况未引起重视,疵病发现不及时造成了裂纹的出现。

2 验证试验

2.1 原材料试验

为验证原材料疵病和化学成分对裂纹的影响,利用 4,7 号炉进行试验。试验项目及结果见表 2。

表 2 原材料试验项目及结果
Table 2 Items and results of raw materials test

炉号	试验目的	数量	试验方法及要求	试验结果
4	验证原材料疵病对裂纹的影响	26	将超声波检验剔除的伤料加工到磁力探伤工序。水基淬火,淬火剂浓度 13%。	无裂纹
7	验证原材料化学成分对裂纹的影响	98	将含碳量 0.54%(上限)的料加工到磁力探伤工序。水基淬火,淬火剂浓度 13%。	无裂纹

试验结果证明:4 号炉 26 件超声波检验剔除的有伤料,调整收口模具消除收口折叠后水基淬火,试验结果证明,有疵病的材料采用水基淬火,没有壳体口部“周向”裂纹产生;7 号炉 98 件含碳量上限料,调整收口模具取消收口折叠后水基淬火,试验结果证明,含碳量上限材料采用水基淬火,没有壳体口部“周向”裂纹产生。

以上结果说明,含碳量上限材料和有低倍缺陷材料的无折叠壳体,进行水基淬火均不产生“周向”裂纹,因此,壳体口部裂纹与钢材成分和低倍缺陷无关^[11-15]。

2.2 淬火介质试验

为验证收口毛坯折叠和热处理不同淬火介质对裂纹的影响,进行了工艺试验。试验结果证明:

1) 对不同炉号带有折叠的收口毛坯,热处理时分别采用 AQ364 水溶性淬火剂和油淬火,均产生淬

火延展裂纹,水基淬火裂纹深度大于油淬火裂纹的深度;对不同炉号收口毛坯折叠车掉,热处理采用油基和水基介质淬火均不产生“周向”裂纹。因此,收口毛坯折叠是产生壳体口部淬火“周向”裂纹的直接原因。

2) 对相同炉号带有折叠收口毛坯进行热处理,采用水基和油基介质进行淬火,裂纹比例分别为9%和1.9%,这说明,在壳体毛坯有缺陷的情况下,热处理采用油基介质淬火应力敏感小,对壳体口部裂纹有缓解作用。

3 采取措施

1) 对未收口壳体,修改收口模引入角:由20°改为10°。经验证,在收口过程中没有产生局部金属堆积变形,消除了口部折叠,彻底解决了收口“折叠”问题。经过热处理、机加、磁力探伤考核,未出现壳体口部裂纹问题。

2) 对已收口未热处理壳体毛坯,采用机加将口部“折叠”车掉。经过热处理、机加、磁力探伤考核,未出现壳体口部裂纹问题。

4 结论

综上所述,收口毛坯口部“折叠”是造成热处理时淬火“周向”裂纹的主要原因;其次,收口毛坯口部有“折叠”时,热处理采用AQ364水溶性淬火剂淬火,增加了裂纹的数量。

参考文献:

- [1] 陈飞,陈贤良,郭世斌,等. 金刚石薄膜断裂强度及形貌分析[J]. 新技术新工艺, 2010(5):113—115.
CHEN Fei, CHEN Xian-liang, GUO Shi-bin, et al. Analysis on the Fracture Strength and Morphology of the Diamond Film[J]. New Technology and New Technology, 2010(5):113—115.
- [2] 高霞,邝献任,王丽丽,等. 油田钻铤断裂原因分析[J]. 失效分析与预防, 2008, 10(2):53—57.
GAO Xia, KUANG Xian-ren, WANG Li-li, et al. Such as Fracture Cause Analysis Oilfield Drill Collar[J]. Failure Analysis and Prevention, 2008, 10(2):53—57.
- [3] 刘昌奎,臧金鑫,张兵,等. 30CrMnSiA 螺栓断裂原因

分析[J]. 失效分析与预防, 2008, 10(2):42—46.

LIU Chang - kui, ZANG Jin, ZHANG Bing, et al. 30CrMnSiA Bolt Fracture Analysis[J]. Failure Analysis and Prevention, 2008, 10(2):42—46.

- [4] 樊东黎. 热处理技术数据手册[M]. 北京:机械工业出版社, 2000.

FAN Dong-li. Heat Treatment Technology Data Handbook [M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2000.

- [5] 李泉华. 热处理技术 400 问解析[M]. 北京:机械工业出版社, 2002.

LI Quan-hua. Heat Treatment Technology 400Q Analysis [M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2002.

- [6] 杨秀英,刘春忠. 金属学及热处理[M]. 北京:机械工业出版社, 2010.

YANG Xiu-ying, LIU Chun-zhong. Metallography and Heat-treatment [M]. Beijing: Mechanical Industry Press, 2010.

- [7] 马仲华. 热处理技术 400 问与缺陷控制案例及裂纹分析图谱实用手册[M]. 北京:中国知识出版社, 2006.

MA Zhong-hua. Heat Treatment Technology of 400 Questions and Defect Control Case and the Analysis of Crack Graph of Practical Manual [M]. Beijing: Chinese Knowledge Press, 2006.

- [8] 邵红红,吴晶. 热处理检验与质量控制[M]. 北京:机械工业出版社, 2011.

SHAO Hong-hong, WU Jing. Heat Treatment, Inspection and Quality Control [M]. Beijing: Machinery Industry Press, 2011.

- [9] 刘宗昌. 钢件淬火开裂及防治方法[M]. 北京:冶金工业出版社, 2008.

LIU Zong-chang. Steel Quenching Cracking and Prevention and Cure [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2008.

- [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.

工艺性;注塑模具的快速制造,可以针对不同的客户需求和质量要求,选择不同的 RP 技术和 RT 技术。RP 和 RT 技术的有机结合,能显著缩短产品开发周期、制造周期,大大降低开发模具的成本。

参考文献:

- [1] 吴立波,吴小丽,李科,等.基于 Pro/E 的模具数字化设计制造技术[J].邯郸职业技术学院学报,2008,21(4):49—52.
WU Li-bo, WU Xiao-li, LI Ke, et al. Digitized Design and Manufacturing Technology in Die Based on Pro/E [J]. Journal of Handan Polytechnic College, 2008, 21(4):49—52.
- [2] 周祖德,李刚炎.数字制造的现状与发展[J].中国机械工程,2002,13(6):531—533.
ZHOU Zu-de, LI Gang-yan. On State and Development of Digital Manufacturing [J]. China Mechanical Engineering, 2002, 13(6):531—533.
- [3] 阮雪榆,赵震.模具的数字化制造技术[J].中国机械工程,2002,13(22):1891—1902.
RUAN Xue-yu, ZHAO Zhen. Manufacturing Technology in Die & Mold [J]. China Mechanical Engineering, 2002, 13(22):1891—1902.
- [4] 宾鸿赞,王润孝.先进制造技术[M].北京:高等教育出版社,2009.
BIN Hong-zan, WANG Run-xiao. Advanced Manufacturing Technology [M]. Beijing: Higher Education Press, 2009.
- [5] 叶建红,余世浩,刘品德,等.汽车覆盖件模具的数字化设计与制造[J].汽车技术,2005(1):33—36.
YE Jian-hong, YU Shi-hao, LIU Pin-de, et al. Digitalization Design and Manufacturer of Dies of Automotive Outer Panels [J]. Automobile Technology, 2005(1):33—36.
- [6] 刘川林,黄少东,张志明,等.药筒精密成形工艺数字化设计系统[J].精密成形工程,2010,2(6):64—69.
LIU Chuan-lin, HUANG Shao-dong, ZHANG Zhi-ming, et al. Digital Design System of Precision Forming Process of Cartridge Case [J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2010, 2(6):64—69.
- [7] 尹湘云.冲压模具数字化设计手册软件的开发技术研究[D].成都:四川大学,2003.
YIN Xiang-yun. Research on Development of Digitized Design Handbook Software for Stamping Die [D]. Chengdu: Sichuan University, 2003.
- [8] 王宏松,万曼华,彭福官.基于 RE/RP/RT 技术人工骨的快速成形[J].精密成形工程,2013,5(2):55—57.
WANG Hong-song, WAN Man-hua, PENG Fu-guan. Rapid Forming of Artificial Bone Based on RE/RP/RT Technology [J]. Journal of Netshape Forming Engineering, 2013, 5(2):55—57.
- [9] 金捷.基于快速成形技术的快速模具制造[J].热加工工艺,2011,40(9):186—189.
JIN Jie. Rapid Tooling Based on Rapid Prototype [J]. HOT Working Technology, 2011, 40(9):186—189.
- [10] ROSOCHOWSKI A, MATUSZAK A. Rapid Tooling: the State of the Art [J]. Journal of Materials Processing Technology, 2000, 106:191—198.
- [11] 王运赣.快速模具制造及其应用[M].武汉:华中科技大学出版社,2003.
WANG Yun-gan. Rapid Tooling and Its Application [M]. Wuhan: Huazhong University of Science & Technology Press, 2003.
- [12] 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.
- [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 54 页)

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.