

某药模底座失效分析

秦会常, 贾波, 王传政, 赵兴俭, 李宗江, 张丛博, 杨志传

(中国兵器工业集团 山东特种集团有限公司, 山东 淄博 255201)

摘要: 通过对2号药模底座的化学成分分析、断口宏微观形貌观察、金相组织检测、硬度检测及药模底座与压药冲子的配合间隙检查, 得出药模底座断裂的性质为脆性断裂; 药模底座R角交接处粗大的加工刀痕, R角过渡不圆滑是药模底座断裂的主要原因; 磨削不当产生了二次淬火马氏体, 使得药模底座底部的组织脆性增加、应力增强, 是药模底座断裂的重要原因; 材质不良对药模底座的断裂也有重要影响; 压药冲子与药模底座之间的配合间隙过小, 导致压药冲子与药模底座间产生较大应力集中, 也是药模底座断裂不可忽视的因素。

关键词: 淬火马氏体; 配合间隙; 应力集中

DOI: 10.3969/j.issn.1674-6457.2013.01.014

中图分类号: TG315.2

文献标识码: A

文章编号: 1674-6457(2013)01-0054-04

Failure Analysis of Punch for Pressing Powder Block

QIN Hui-chang, JIA Bo, WANG Chuan-zheng,
ZHAO Xing-jian, LI Zong-jiang, ZHANG Cong-bo, YANG Zhi-chuan
(CNGC Shandong Special Machinery Group Co., Ltd., Zibo 255201, China)

Abstract: A conclusion was drawn that the fracture of No. 2 punch for pressing powder block was a low-circle high stress fatigue one after the chemical analysis, macro and micro observation of the fracture surface, metallographic structure inspection, hardness testing as well as the fit clearance inspection between the mold and the punch. Another reason for the fracture was the rough machining on rounding of the punch. Besides, the fit clearance between the punch and the mold was so small that the stress concentration produced by it was too big to bear for the punch.

Key words: quenching martensite; fit clearance; stress concentration

1 工作原理及失效形式

某药模底座用于某药块的生产, 其所用材料Cr12是一种高铬莱氏体钢, 冲子淬火温度为1000℃。淬火采用260℃盐浴分级淬火, 然后260~300

℃ 2次回火处理, 工作原理如图1所示。

2号工件在压制45块药块后发生断裂, 并导致整个药模底座和模体爆炸损坏。文中结合模具材料技术要求、热处理工艺、材料加工等进行了深入调查与试验分析, 对药模底座损坏的原因进行了分析, 并提出了模具生产和使用改进建议。

收稿日期: 2012-05-27

作者简介: 秦会常(1972-), 男, 山东泰安人, 高级工程师, 主要研究方向金属材料检测和热处理技术。

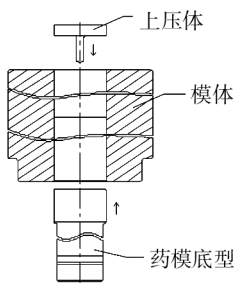


图 1 药模底座工作原理

Fig. 1 Schematic diagram of work procedure of the punch for pressing powder block

2 理化检测

2.1 化学成分分析

按照取样标准要求,分别从 2 号断裂药模底座和已压制 19 578 块药块的 3 号试样上取样,进行化学成分分析,结果见表 1。

表 1 化学成分分析结果

Table 1 Chemical composition analysis result %						
	C	Si	Mn	S	P	Cr
材料要求	2.0~2.3	≤0.35	≤0.35			11.5~13.0
1 号试样	2.3	0.32	0.24	0.037	0.10	11.5
2 号试样	2.00	0.31	0.23	0.072	0.11	12.0

从表 1 的结果可看出,2 号、3 号材料化学成分均符合 Cr12 成分的要求,但 2 号药模底座的含碳量已经处于标准要求的上限。

2.2 硬度检测

从 2 号、3 号断裂药模底座上进行取样,按要求进行力学硬度检测,结果见表 2。

表 2 硬度试验 (HRC)

Table 2 Hardness test			
	前部	中部	尾部
2 号	62	61	62
3 号	58	58	59
工艺要求	58~62		

硬度结果符合工艺验收要求。

2.3 金相检测与分析

2.3.1 宏观观察

2 号药模底座断裂形貌如图 2 所示,药模底座

断裂成 3 段。断裂后由于受炸药爆炸燃烧影响断口表面呈现黑灰色,经清洗后,断口为明显的细瓷状灰色脆性断口。药模底座最前部断口呈“斜坡”形,断面可见明显的放射状撕裂棱线,台阶高度差大,由棱线收敛的方向可判断裂纹起始于药模底座底部转角处,源区较平坦,与药模底座轴线垂直,扩展区粗糙,瞬断区所占面积大,整个断口高低不平,如图 4 所示。源区侧面可见较粗大的加工刀痕,如图 5 所示。扩展区粗糙,与药模底座轴线基本呈 30°角。

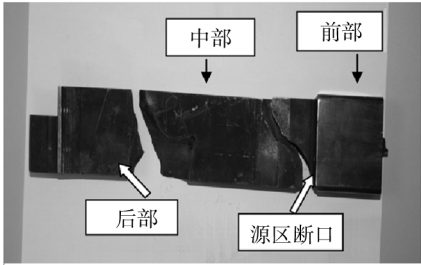


图 2 药模底座断裂后的形貌

Fig. 2 Fracture surface of the punch

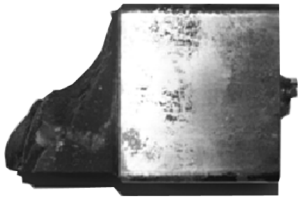


图 3 前部侧视图

Fig. 3 Front side-view of the cracked punch

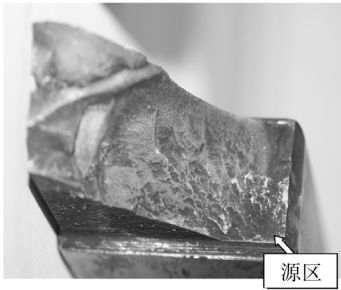


图 4 断口源区低倍形貌

Fig. 4 Macroscopic view of the fracture origin

2.3.2 显微组织检测

从 2 号、3 号断裂药模底座上取样,进行金相显微组织检测,2 号药模底座断裂处组织形貌分别如图 7、图 8、图 9 所示。可以看出,2 号药模底座底部

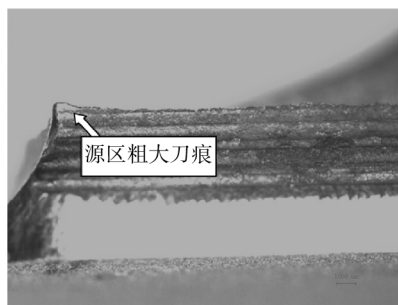


图 5 断口源区的粗大加工刀痕

Fig. 5 Rough machining tool marks on the fracture origin

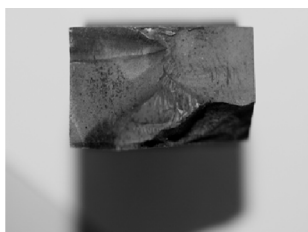


图 6 后部俯视图

Fig. 6 Rear top-view of the cracked punch

的金相显微组织:基体组织为回火马氏体+纺锤状二次淬火马氏体+较多块状、粒状碳化物+极少量残留奥氏体。基体中大部分碳化物呈网状分布,部分趋网状、带状分布,网角处有较多的碳化物堆积,碳化物组织呈较严重偏析分布。对照 GB/T 1299—2000 标准评定:2 号冲子的碳化物不均匀性级别约为 4 级。3 号药模底座的组织形貌如图 10 所示:基体组织为回火马氏体+少量的块状+粒状碳化物+极少量残留奥氏体。基体中碳化物分布较为均匀,碳化物不均匀性级别约为 1 级,材质较为优良。

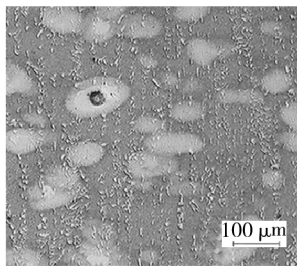


图 7 2 号药模底座 R 角处的显微组织

Fig. 7 Metallographic structure of the No. 2 punch on rounding

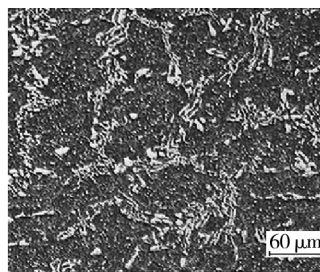


图 8 2 号药模底座 R 角附近的显微组织

Fig. 8 Metallographic structure near rounding of the No. 2 punch

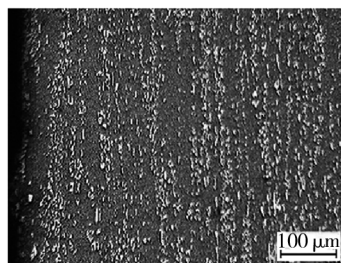


图 9 2 号药模底座远离裂纹处的显微组织

Fig. 9 Metallographic structure far away from rounding of the No. 2 punch

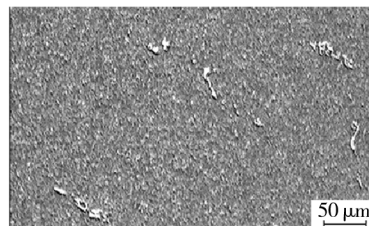


图 10 3 号药模底座的显微组织

Fig. 10 Metallographic structure of the No. 3 punch

扩展区主要呈韧窝断裂,另有少量解理断裂,未见疲劳条带特征,如图 12 所示。瞬断区也呈韧窝断裂特征,如图 13 所示。

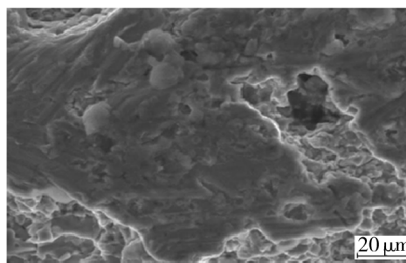


图 11 源区高倍形貌

Fig. 11 Microscopic view of the fracture origin

2.3.3 电镜扫描分析

2 号药模底型断口源区高倍形貌如图 11 所示,源区局部主要呈解理特征和少量的韧窝断裂特征。

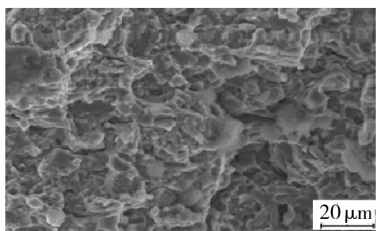


图12 扩展区的韧窝断裂形貌

Fig. 12 Dimple fracture features of the extending zone of the fracture

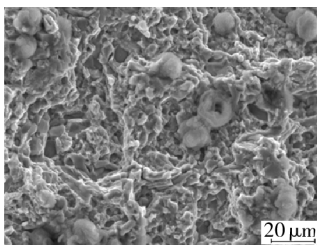


图13 瞬断区的韧窝断裂形貌

Fig. 13 Dimple fracture features of the short rupture region of the fracture

3 药模底座与压药冲子间隙配合

工艺设计图纸要求的药模底座与模体内腔间隙为0.3~0.4 mm,通过检查原始记录,2号药模底座与模体内腔的间隙为0.3 mm;3号药模底座与模体内腔的间隙为0.4 mm。实际使用中还发现:其它断裂的药模底座与模体接触面也存在磨啃的痕迹,这说明药模底座与模体的配合间隙尺寸过小,间隙尺寸过小会导致药模底座与模体的内腔产生较大的应力作用,对模体与药模底座的疲劳寿命均会造成不利的影响。

4 分析与讨论

2号药模底座断口起始于药模底座底部R角的尖锐、粗糙交接处,此处加工极为粗糙,存在粗大的加工刀痕。断口形貌呈线源特征,源区较平坦,主要呈解理断裂特征,另有少量的韧窝特征,扩展区粗糙,呈韧窝断裂特征。粗大的加工刀痕,使得药模底座R角交接处产生了显著的应力集中;R角区域过渡不圆滑,也进一步加剧了热处理、机械加工过程中R角区域的应力集中,导致在R角交接区域形成裂

纹源,因此,在受到压药较大的冲击力作用时,发生了瞬间断裂。

2号药模底座底部R角附近的基体组织为回火马氏体+少量残余奥氏体+块状、粒状、趋网状、趋带状分布的碳化物,碳化物没有锋利的棱角,较为圆滑,药模底座底部R角区域存在较多的白色纺锤形二次淬火区,产生了二次淬火马氏体。这说明:精加工时,磨削加工的工艺控制不当,进刀量太大,使得工件表面受磨削热的作用,局部区域瞬间温度达到了淬火温度,在冷却液及自身基体急冷下形成二次淬火,产生了二次淬火马氏体。由于此种二次马氏体硬度大、脆性高,因此导致药模底座底部的脆性增加、应力增强。

Cr12钢属高铬微变形模具钢,因含铬量高使钢的淬透性很好,组织中含有大量共晶碳化物,故又称莱氏体钢。大量碳化物的存在不仅使钢的硬度很高,而且能阻止晶粒长大,可通过淬火加热温度来控制合金元素向奥氏体的溶解量,使得淬火后的奥氏体含量多,以抵消马氏体转变时产生的体积膨胀,从而使模具能够微变形或不变形^[1-2]。由于2号药模底座材料的碳化物级别为4级,碳化物大部分呈网状和趋网状分布,网角处有较多的碳化物堆积,且碳化物含量偏多。碳化物这种分布状态使得材料基体的连续性被割裂,并在网角处产生了较大的应力集中,致使药模底座的综合力学性能尤其是延展性下降,脆性增大,抗疲劳性能下降,所以在使用过程中极易发生脆性断裂事故。由于3号药模底座材料的金相显微组织较佳,碳化物分布较为均匀,因此综合力学性能要比2号药模底座好。由此可见,锻造质量和原材料不佳也是2号药模底座断裂的重要原因。

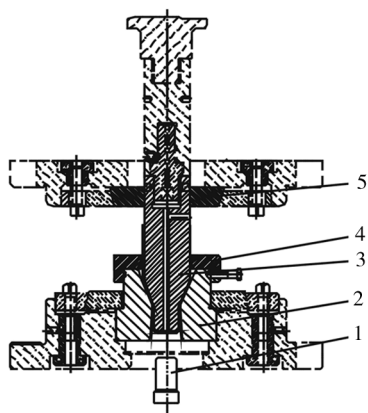
由于模体内腔与药模底座的配合间隙尺寸过小,压药时,因较大的冲击力作用,使模体内腔与药模底座易产生较大的应力作用,显著降低二者的使用寿命。

综合以上分析,得出2号药模底座在使用过程中的断裂属脆性断裂,产生断裂的原因主要有以下几点。

1) 药模底座R角交接处加工刀痕粗大、R角过渡不圆滑是药模底座断裂的主要原因。

2) 磨削不当导致产生了二次淬火马氏体,使得药模底座底部的组织脆性增加、应力增强,是药模底

(下转第70页)



1. 顶件器 2. 凹模 3. 凸模 4. 定位套 5. 退件器

图4 锥部拉深模

Fig. 4 Cone drawing die

5 结语

采用该冲压工艺生产壳体,提高了金属材料利用率,节约了大量有色金属材料,提高了生产效率,降低了生产成本,满足了大批量生产的要求。经过几年的大批量生产,该工艺较成熟。同时该冲压工艺对同类型零件的加工具有一定的参考作用。

参考文献:

- [1] 聂兰启,王海林,聂伯扬. 支撑套冲压工艺及模具设计[J]. 锻压装备与制造技术, 2008, 43(3): 50-53.
- [2] 湖南省机械工程学会锻压分会. 冲压工艺[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1984.

(上接第 57 页)

座断裂的重要原因。

3) 2 号药模底座的材质不良,含碳量偏高,尤其是其基体碳化物级别不合格、偏析较严重。

4) 模体内腔与药模底座之间的间隙过小,导致模体内腔与药模底座间接触、啃啃。实际生产操作时装药过多,药量分布不均等会造成压药时模体与药模底座轴心的不同,使药模底座与模体内腔产生较大的应力作用。

5 结语

为改进药模底座的质量,延长其寿命,应考虑以下几点。

1) 改进机加工艺。药模底座各部位应自然、圆滑过渡,要杜绝较粗大的加工刀痕出现。

2) 进行充分的热压力加工,尤其是热锻过程中要反复地锻粗、拔长,以打碎网状共晶碳化物,消除或改善碳化物的不均匀性。

3) 改进热处理工艺。由于药模底座是承受冲击载荷特别大的模具,硬度太大时,其柔韧性会较差,因此在保证工艺要求的前提下,热处理后的硬度

应尽量取工艺要求的下限。药模底座宜采用 1000 ℃ 加热, 260 ℃ 左右分级淬火,然后采取 2~3 次 260~290 ℃ 充分回火处理,并应避开 300~375 ℃ 的回火脆性温度区间。

4) 改善药模底座与模体内腔间隙配合设计。药模底座与模体内腔的配合间隙不能过小,应放大到 0.6~1.2 mm。药模底座与模体内腔的粗糙度要低,直线度要好。

5) 加强材质控制与检测,防止不合格材质进入生产过程,并严格按工艺进行压药生产操作,防止模体与药模底座不同轴现象的产生。

参考文献:

- [1] 张栋,钟培道,陶春虎,等. 失效分析[M]. 北京: 国防工业出版社, 2004: 141-142.
- [2] 李炯辉,林德成. 金属材料金相图谱[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006: 663.