2A12铝合金托盘开裂失效分析

姚春臣，佐齐生，易绯雄，罗高明，刘珍云，段良辉
（江南工业集团有限公司，湖南 湘潭 411207）

摘要：基于2A12铝合金托盘表面处理后其底部加强筋上出现裂纹的情况，对其进行了理化分析、生产情况调查和验证试验后，认为其裂纹为托盘淬火后校形、压筋不及时，在材料有所硬化的情况下冲压而产生拉应力或导致冲压裂纹，表面处理使不太明显的裂纹变得明显。托盘应在淬火后1.5 h内及时校形、压筋，防止材料时效硬化使冲压裂纹扩大。

关键词：铝合金；托盘；冲压；热处理；失效分析
DOI：10.3969/j.issn.1674-6457.2013.04.015
中图分类号：TG166　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1674-6457(2013)04-0057-03

Failure Analysis on Surface Cracks of 2A12 Disks

YAO Chun-chen, *ZUO Qi-sheng*, *YI Fei-xiong*, *LUO Gao-ming*, *LIU Zhen-yun*, *DUAN Liang-hui*
(Jiangnan Industrial Company Limited, Xiangtan 411207, China)

Abstract: Some surface cracks on 2A12 disk ribs were found after surface treatment. Physical and chemical analysis and production investigation and verification were conducted, the results showed that the cracks were stamping cracks caused by sizing and pressing ribs after material hardening, and the surface treatment made it more serious. It was concluded that sizing and ribs pressing shoud be conducted after quenching in 1.5 hours to prevent stamping cracks due to the material hardening.

Key words: aluminum alloy; disk; stamping; heat treatment; failure analysis

托盘材料为2A12铝合金，由板料经下料、冲压、切削加工、热处理、表面处理等工序加工而成。该产品在以往生产中没有发生质量问题，但在表面处理之后的终检时，极少数零件出现裂纹而被剔除报废。为解决其裂纹问题，对其进行了失效分析。

1 对托盘裂纹的检查分析

1.1 宏观形貌检查

表面处理后发现托盘底部出现裂纹，如图1所示。对其进行宏观形貌检查，发现有以下特征。

1）裂纹弯弯曲曲，不挺直。

2）在同一个零件上，裂纹不是随机分布，而是出现在托盘底部凸筋的边缘上，零件压筋时材料变形量越大的地方，越容易出现裂纹。

1.2 取样及金相检查

从出现裂纹的托盘中挑选了1件裂纹较大，在材料截面上似已裂透了的托盘（如图2所示），截取裂纹的横截面试样。截取中，试样沿裂纹自然分成

收稿日期：2013-05-23
作者简介：姚春臣（1953-），男，硕士，研究员级高级工程师，首席专家，中国兵工学会高级会员，主要从事材料及热处理、焊接、塑性成形等专业技术工作。

图 1 托盘底部凸筋边缘上的裂纹

Fig. 1 Cracks on the edges of ribs of the disk bottom

了两半。检查其断口,断口上有阳极氧化膜(如图 3 所示)。

a 裂纹在底部内面凸筋上的形貌

b 裂纹在底部外面凹筋根部的形貌

图 2 托盘底部的穿透裂纹

Fig. 2 Panetrated cracks on the disk bottom

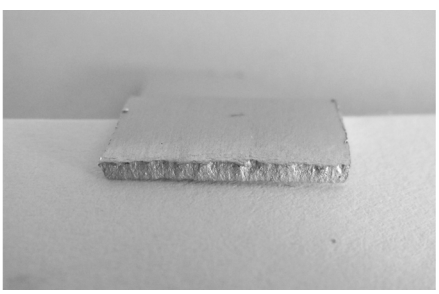

图 3 断口上存在阳极氧化膜

Fig. 3 Anodic oxidation film on the fracture

经检查,试样的显微组织为 2A12 铝合金 T4 状态的正常组织,无过烧现象。

2 对生产情况的调查

2.1 表面处理生产情况

托盘的表面处理工艺采用硫酸阳极氧化。经查,其工艺文件和生产记录均无异常情况。

2.2 原材料验收情况

经查,该批原材料进厂验收检验时,原材料的成分及性能均符合 2A12 铝合金板料的技术要求。

2.3 热处理情况

该批托盘热处理分 7 炉进行淬火。其中第 7 炉在升温到 470 ℃左右时,突遇停电而停止加热,待来电之后才重新加热进行淬火。

2.4 对冲压工序的检查

在检查中发现,根据托盘的制造工艺流程和要求,在托盘下料、冲盂、切口、钻中心小孔之后进行淬火,淬火后及时进行校形和压底部的加强筋,然后再进行后续钻孔、检验等后续工序。在现场未找到托盘淬火后是否按工艺要求及时进行了校正、压筋的证据。

3 初步分析意见

1) 由于托盘裂纹断口存在阳极氧化膜,说明在阳极氧化时,裂纹就已经存在。

2) 由于裂纹弯弯曲曲,不挺直,不具备纤细、刚健有力等淬火冷却裂纹的特征[1],所以该裂纹不属于淬火冷却裂纹。

3) 由于第 7 炉托盘淬火遇停电时,炉温低于过烧温度,而且金相检查材料无过烧现象,出现裂纹的数量远超过第 7 炉的产品数量,所以其裂纹也不是过烧裂纹。产品没有过烧,也说明裂纹与淬火加热时遭遇停电无关。

4) 由于裂纹在零件上的分布没有随机性,裂纹均出现在校正压筋工序时工件底部凸筋最深处的边缘上(如图 1 和图 2 所示),所以其裂纹属于冲压裂纹,或者是冲压时产生的拉应力与表面处理工序中阳极氧化前前处理的腐蚀环境结合导致产生的裂

纹。

4　验证试验

为查清托盘开裂的原因,对托盘进行了小批生产验证试验。试验按照原定托盘制造工艺进行。

试验批托盘经下料、冲盂、切口、钻中心孔后检查,均无裂纹。淬火后检查,也无裂纹。在淬火后 48 min 内,除了留下作试验的 3 件以外,其余的全都进行了校正和压筋,这些经过压筋的托盘全无裂纹。

在托盘淬火后 350 min 时,对留下未压筋的托盘中的 2 件进行了校形、压筋,结果这 2 件都出现了裂纹(如图 4 所示)。

图 4　延时压筋出现的裂纹

Fig. 4 Cracks after delayed ribs pressing

其裂纹出现的位置和形貌与上述阳极氧化后发现的裂纹完全一致。此时,又对淬火后及时压筋而未裂的托盘进行了复查,均未发现裂纹。

上述没有裂纹的托盘在进行了后续机加、表面处理后又多次进行复查,也未出现裂纹。

5　试验结果讨论

铝合金的淬火实质上是固溶处理,与一般钢件的淬火不一样。例如,结构钢是通过淬火使其硬化,一般淬火后硬度增加,然后通过回火使其硬度、强度及断后伸长率等性能满足产品质量要求。可热处理强化的铝合金在刚淬火时硬度比初始状态要低,然后通过时效而得到硬化。

托盘的底部有筋,压筋后再淬火,则淬火后产生淬火变形,又由于难以将筋对准校正模,所以难以校正其淬火变形。利用铝合金刚淬火后硬度比初始状态要低这一特点,淬火前不压筋,刚淬火后再及时进行校形和压筋,这种工艺流程是合理的。

许多铝合金新淬火后,材料暂不发生时效,硬度无变化的孕育期较短。2A12 铝合金新淬火后保持塑性的时间为 1.5 h[2]。孕育期过后材料自然时效,硬度、强度逐渐提高,直至达到其材料所能达到的硬度、强度最大值。有文献[3]提出 2A12 铝合金制品淬火后需及时进行校正的时间范围为 1.5 h 以内。该次工艺验证试验的结果也说明,托盘新淬火后 1 h 内校形、压筋不会出现裂纹,待其开始发生时效硬化之后再进行压筋,则可能出现裂纹,时效发生的时间越长,材料硬度越高,则出现裂纹的可能性越大。

试验结果还说明,表面处理不会使托盘产生裂纹,而是使原先不太明显的冲压裂纹变得明显,容易被发现。这就是上述一批托盘在表面处理后才被发现有裂纹的原因之一。

根据验证试验的情况,对上述托盘裂纹问题进行失效分析。认为托盘底部加强筋凸缘上的裂纹是淬火后校形压筋不及时产生拉应力所导致的冲压裂纹。表面处理使冲压裂纹明显。

由此,应确保托盘淬火后在尚未时效硬化的软态下及时进行校形和压筋,杜绝托盘底部加强筋开裂,提高产品质量。

6　结语

对托盘这种需要热处理强化而且其底部形状复杂的铝合金盂形件,应采用先淬火软化,并在软态下及时进行底部塑性成形的工艺方法,避免了先成形后淬火出现的淬火变形问题。在执行时,必须加强生产管理,确保成形在淬火后及时进行,防止因冲压不及时、材料时效硬化而出现冲压裂纹等缺陷。

参加本项失效分析工作的还有肖体安、李为国、李保荣、罗青云、王金玲等同志。对参加和支持本项工作的各位专家和朋友致以衷心的感谢!

参考文献:

[1]　胡世炎. 机械失效分析手册[M]. 成都:四川科学技术出版社,1989:268.

[2]　张玉庭. 热处理技师手册[M]. 北京:机械工业出版社,2005:886.

[3]　樊东黎. 热处理技术数据手册[M]. 北京:机械工业出版社,2000:484.