

某车前门内板开裂或起皱的综合治理方案

潘远安¹, 李鹏宇², 崔岩², 张雪瑶¹, 张敏¹

1. 长春汽车职业技术大学机械工程学院 吉林长春 130013

2. 中国第一汽车集团有限公司红旗制造中心 吉林长春 130013

摘要: 以某车型前门内板冲压模具调试过程为依据, 在CAE分析排除制件基因问题后, 通过“人机料法环”系统分析门内板冲压制件生产过程中开裂或褶皱的形成原因, 针对分析中出现的模具状态问题、压机参数问题、板料问题进行一一整改, 总结出一套门内板消除开裂或褶皱的综合治理方案: 调整平衡块间隙、恢复标准设备压力、重新制作拉延筋及拉延筋槽、研磨压料面、研磨管里面着色、提升表面质量和硬度以及提高材料表面残油量, 各项指标均达到或超出行业标准。试验表明: 通过综合治理方案, 可以有效提升门内板质量, 提高生产效率, 节约生产成本。是值得在行业内推广的综合治理开裂或褶皱的方案。

关键词: 门内板; 开裂; 褶皱; 解决方法

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2024.12.002

汽车零件中门内板的形状较为复杂, 为满足产品的需求, 需要安装内护板、音响、氛围灯等部件^[1-6], 通常造型为立体曲面, 因此拉延模具的结构较为复杂, 且成型较深易出现开裂和褶皱等问题^[7-12]。

章爽滨等^[13]通过同步工程排除、中期实验分析和统计、量产后质量监控, 解决四门内板及其他深冲零件在成形过程中出现的开裂问题; 代建文等^[14]采用四象限分析法, 增大R角、调整废料刺破区域、加高工艺补充、控制板料油膜厚度及调整气垫压力等方法, 有

效控制了后门内板开裂和起皱问题, 提高了模具的生产稳定性; 韦荣发等^[15]通过调整压边间隙和控制构造变截面拉伸筋, 使得制件FTQ (一次送检合格率) 提升8.6%, 显著改善缺陷问题。但门板开裂或褶皱综合分析过程和总结暂无, 需要结合实际产品进行整理分析并总结。

本文以某车型前门内板为例, 通过多方位综合分析和全过程总结, 形成了一系列的有效方法综合治理方法, 为行业内门内板的开裂或褶皱缺陷整改提供参

基金项目: 吉林省教育科学院“十四五”规划2023年度一般课题“市域产教联合体下机械类人才培养模式研究与实践”(项目编号: GH23828); 2023年度吉林省职业教育科研课题“区域下汽车类产教联合体建设研究与实践(2023XHY179)”；2024年度长春汽车职业技术大学校级课题“聚氨酯压料在修边模具中的应用及修复研究(XJKY202412)”。

考。

制件问题描述

1.前门内板参数及工作环境

前门内板制件产品为冷轧板，板材牌号为ST17，单一材料（有的车型为拼焊双材料），板材厚度0.7mm，其拉延深度较深，可达到约170mm，制件四周为立壁，成型形状结构面过渡急剧（见图1）。成型较深部分区域的模具应设置两条拉延筋，以提升控料力。模具的压料圈、凸模、凹模材料均采用GGG70L的球墨铸铁材料，设备使用目前国内最先进的济南二机床（最大压力2500t）压力机一次拉延成型。

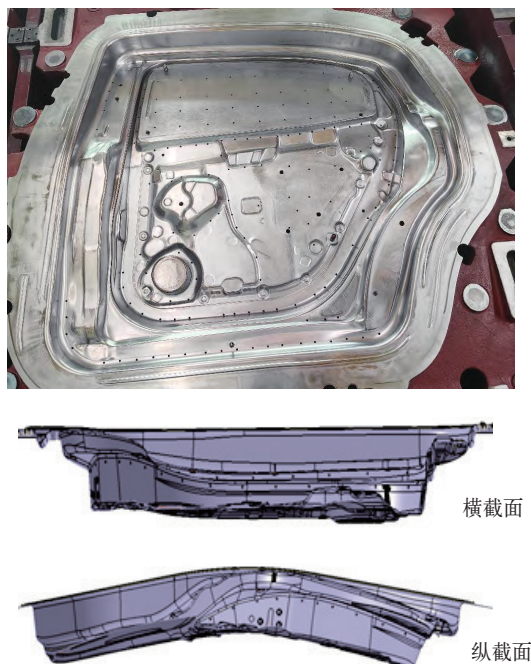


图1 制件四周立面结构

2.制件现状

某车型的前门内板制件在模具调试过程中成型状态极其不稳定，生产过程频繁出现开裂或褶皱现象，开裂制件即为报废件，必须停机调试，线上调试方法通常是降低开裂部位拉伸垫压力，或是增加开裂部位对应平衡块下面垫片厚度，但一段时间后又会出现褶皱。褶皱的线上调试方法与开裂刚好相反，增加开裂部位拉伸垫压力，或是降低开裂部位对应平衡块下面垫片的厚度，但一段时间后又会出现开裂，如此往

复。以上措施不能稳定生产，每次生产700件，用时125min，其中换模时间5min，废品约25件，废品率约36‰，远超废品指标3‰。需要调整模具时间约为50min，停机率为 $50 / (70 + 50 + 5) = 40\%$ ，该制件标准停机率为10%以下，以上指标造成生产成本浪费和生产效率的降低。开裂件数及褶皱件数见表1。

表1 连续5批次生产出现的缺陷件统计

生产批次	开裂件数	褶皱件数
1	12	13
2	10	19
3	14	8
4	13	6
5	14	15

在质量方面，开裂制件是废品，不能继续使用。对于褶皱制件，不符合奥迪特（奥迪汽车整车评价体系）质量评审体系的基本要求，也为后工序抱怨项，整车评审归属于C1项（用户抱怨的质量项目），严重影响整车质量。经排查制件各生产工序，开裂或褶皱均发生在OP10拉延工序，开裂或褶皱位置如图2、图3所示。



图2 门内板C柱开裂



图3 门内板C柱褶皱

原因分析

1.同步工程分析

依据现有的制件结构及成形工艺进行CAE模拟分析（见图4），确认拉延过程是否存在开裂或褶皱问题，模具的工艺设计是否存在缺陷。通过CAE成形性分析及制件拉伸工序板料走料情况，可以看出，产品设计阶段模具虽然有开裂褶皱趋势，但却不明显，模具“基因”不好的因素排除。

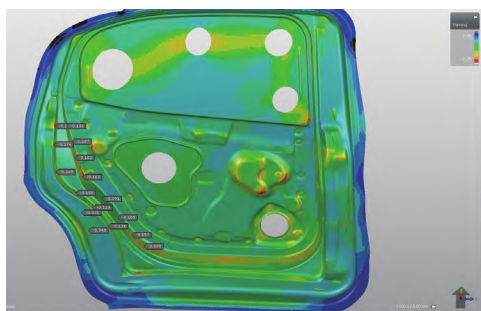


图4 门内板CAE模拟分析照片

2.五位系统分析

从生产过程中的人、机、料、法、环五个方面进行系统分析（见图5），确定制件开裂或褶皱的主要原因。

人：生产线采用全自动冲压线，拉伸工序无人员参与作业，且板料位置定位全部使用销钉定位，位置固定，无人员因素。

机：这里影响因素较多，主要分两个方面。模具方面：制件双面刷红丹粉，上压机试压，对模具凹模和压料圈的管理面（拉伸筋内侧20mm范围）着色率进行确认。通过目视查看，凹模和压料圈的管理面着色率为60%不满足要求；拉伸筋及拉伸筋槽不光顺，有砂眼；压料圈平衡块着色不均。压机方面：经排查，设备维修人员每个月对压机检查一次，近6个月的检查结果为压机上垫板与工作台的平行度和滑块与工作台面垂直度都是在国标范围内；生产过程中OP拉伸工序压机下气垫压力稳定，压力变化值在 $\pm 0.02\text{MPa}$ ，符合设备

以及工艺公差要求。工艺要求的拉伸垫压力、拉伸垫高度、闭合高度及冲程次数等参数进行确认，其中拉伸垫压力参数与工艺要求不符，可能造成生产过程中制件开裂或褶皱。

料：通过第三方检测机构，使用拉伸试验机对板料拉伸性能测量，包括屈服强度、抗拉强度、延伸率等板料性能满足工艺使用要求；板料残油量为 $0.5\text{g}/\text{m}^2$ ，残油量小于行业标准。同时将ST17板料替换为ST16板料进行拉伸测试验证，局部开裂或起皱问题依然存在。因此，板料材质不是造成制件起皱的主要因素。

法：依据工艺控制计划检查成型过程，在成型过程种，未发现不符合控制计划项。

环：板料进入车间会提前8h进入板料立体库，板料在生产前会与室温相等。拉伸成型过程在封闭压机内，温度湿度固定。环境影响不是制件开裂褶皱的原因。

通过以上分析，模具状态、压机参数、板料残油量都会对开裂褶皱产生影响，以上三点为制件开裂褶皱的主要原因。

措施制定及实施

1.恢复平衡块着色

将平衡块上面放置重载感压纸，压料圈上升到生产高度，压料圈上放置 $200\text{mm} \times 80\text{mm}$ 的料片，上模滑

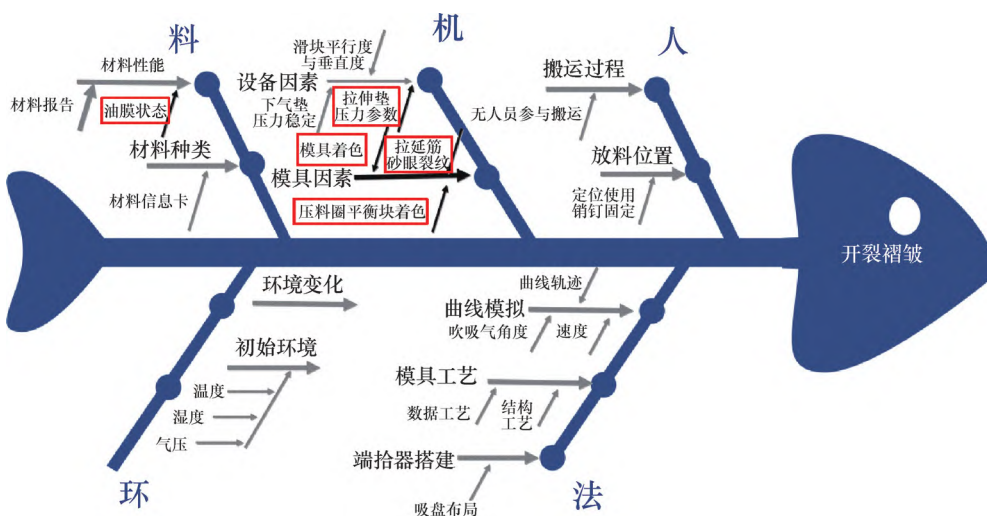


图5 人、机、料、法、环分析图

块缓慢向下运动，当上模与压料圈接触后继续向下运动10mm后，停止运动，查看平衡块上重载感压纸的着色，将不着色的平衡块添加0.05mm垫片，往复以上操作，直至满足所有平衡块上感压纸着色均匀为止。如图6、图7所示。



图6 原始平衡块上感压纸着色差 图7 调整后平衡块上感压纸着色

2.设备参数恢复

对照工艺参数标准值，动态生产线上对门内板OP10拉伸模具拉伸垫压力恢复至设计阶段工艺要求

值，见表2。

3.拉伸筋及拉伸筋槽修复

检查发现拉伸筋及拉伸筋槽局部不光顺，有砂眼和裂纹，如图8所示。这些缺陷在制件生产过程会阻碍板料成型流动，产生拉毛甚至积屑瘤。需要将原有的拉伸筋及拉伸筋槽打磨铲除，凹模重新烧焊制作拉伸筋。研磨至光顺、无砂眼无裂纹，并在调试压机重新研配拉伸筋及拉伸筋槽间隙，间隙标准在1.2倍的料厚，即 $0.7\text{mm} \times 1.2 = 0.84\text{mm}$ 。如图9所示。

4.压料面研配（拉伸筋外侧）

拉伸筋外侧压料面间隙研配，行业内通常在拉伸筋外侧刷蓝丹粉，试压查看对应制件的着色，如图10所示，制件与模具接触较实，使蓝丹颜色黏附到模具上，模具着色多，而制件着色少。着色处需使用砂轮机打磨。打磨至拉伸筋外侧压料面在制件无褶皱的情况下少着色或者不着色，表现上是制件蓝丹颜色较多，则模具着色少，如图11所示。

表2 拉伸垫标准压力参数表

拉伸垫	左后		中左后		中右后		右后		左前		中左前		中右前		右前	
	位移/mm	力/kN	位移/mm	力/kN	位移/mm	力/kN	位移/mm	力/kN	位移/mm	力/kN	位移/mm	力/kN	位移/mm	力/kN	位移/mm	力/kN
位置1	0	330	0	330	0	330	0	330	0	330	0	330	0	330	0	330
位置2	170	330	170	330	170	330	170	330	170	330	170	330	170	330	170	330

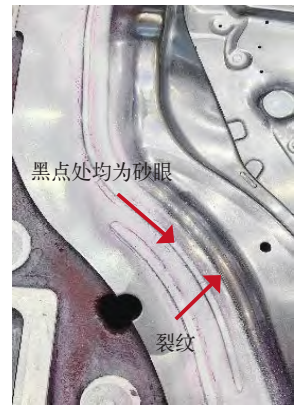


图8 拉伸筋上砂眼和裂纹



图9 烧焊维修后裂纹消除



图10 拉伸筋外侧压料面着色过多

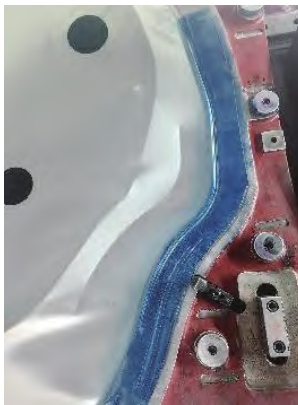


图11 拉伸筋外侧着色符合要求

5. 研磨管里面着色（拉延筋内侧）

拉延筋内侧管理面间隙研配是对拉延筋外侧研配的补充和加强，管理面需要实着色，着色要求是比拉延筋外侧压料面高0.05mm，着色需达到95%，研配前后对比如图12所示。



a) 研配前管理面着色差 b) 研配后管理面着色满足要求
图12 研配前后管理面着色对比

6. 提升模具硬度和光洁度

以上措施整改完成后，模具凸凹模及压料圈使用油石整体抛光，油石使用顺序为180#→400#→800#→1200#，抛光完成后压料圈、凹模、凸模整体镀铬，以提升表面质量和表面硬度。标准为：光洁度达到Ra0.2μm，硬度HRC55以上，前后对比如图13所示。



a) 压料圈镀铬前硬度低 b) 压料圈镀铬后硬度符合标准
图13 压料圈镀铬前后对比

7. 调整材料表面残油量

目前，材料表面残油量为0.5g/m²，相较于行业内材料表面残油量为0.9~1.5g/m²，需增大涂油机喷油量，

经过反复整改，板料残油量达到1.3g/m²。

效果验证

经过调试研配压机出试验件5辆份，无开裂或褶皱问题发生。连续5批次不同时间生产，每批次700件验证，开裂或褶皱产生的废品和调试时间均在指标范围内。

结语

汽车前门内板拉延模具的开裂和褶皱问题是生产中经常遇到的问题，也是在模具制造生产过程中一项综合性的问题，通过调整平衡块间隙、恢复标准设备压力、重新制作拉延筋及拉延筋槽、研磨压料面（拉延筋外侧）、研磨管里面着色（拉延筋内侧）、提升光洁度及硬度、提高材料表面残油量至1.3g/m²以上等一系列整改，最终解决了开裂或褶皱问题，形成一套综合治理方案。

随着设计及制造工艺的不断进步，未来对于门内板拉延模具开裂褶皱的治理将更加注重预防和智能化，降低开裂或褶皱的风险。同时，新材料和新工艺的不断应用也将为解决开裂褶皱问题提供更多可能性。

参考文献：

- [1] 孙为朋, 孙明东, 陈伟华, 等. 基于Autoform Sigma的汽车门内板生产稳定性与材料性能的关系[J]. 锻压技术, 2023, 48 (2) : 85-93.
- [2] 孔德雷. 门内板锁孔冲翻孔工艺优化[J]. 模具制造, 2021, 21 (7) : 15-17.
- [3] 谢江怀. 基于Dynaform的汽车门内板冲压工艺参数的分析及优化[D]. 广东工业大学, 2021.
- [4] 杜敏. 大众汽车门内板拉延模具调试方案[J]. 锻造与冲压, 2020 (4) : 51-53.
- [5] 刘玉山, 赵明, 郑飞, 等. 后背门内板密封面起皱问题的改善[J]. 模具制造, 2020, 20 (1) : 24-28.
- [6] 常桂静, 陶涛, 李伟明, 等. 车门内板全型面回弹补偿与控制[J]. 汽车工艺与材料, 2019 (10) : 46-52.
- [7] 陈俊, 张玉成, 王博, 等. 5系铝合金车门内板冲压成形及回弹研究[J]. 精密成形工程, 2023, 15 (12) : 106-115.
- [8] 王晓峰. 车门包边模缺陷分析及补救措施[J]. 模具制

基于汽车车身设计的防错方法研究

李录航, 叶鸣, 王博, 譙华

重庆赛力斯新能源汽车设计院有限公司 重庆 400000

摘要: 在汽车车身设计和工艺设计阶段开展防错专项工作,能有效提升量产后的车身质量、降低生产成本、缩短开发周期。简要阐述了车身防错工作的开展思路,同时从产品和工艺的角度,分别列举了一些常用的车身防错方法。

关键词: 车身设计; 工艺设计; 防错专项

现代汽车市场竞争日益激烈,消费者对汽车设计的要求也水涨船高,车身造型越来越前卫、配置越来越丰富、设计越来越复杂。一台焊接白车身由几百个车身零部件组成,各种相似件、对称件令人眼花缭乱,而为了降低成本,车型平台化、多车型共线生产已成为行业共识,这就导致车间在生产过程中很容易出现错装、漏装等问题。一旦出现错漏装,轻则导致

零部件总成返工返修,重则整车报废,由此造成的效率、工时、成本浪费已成为企业的一大负担,所以车身防错是现代汽车研发、制造过程中的一项极为重要的工作。

防错工作思路

针对产品开发过程中的不同阶段,需采取不同的

造, 2023, 23 (1): 7-11.

[9] 肖伦伦. 基于压铸工艺的铝合金车门结构设计与优化[D].重庆交通大学, 2023.

[10] 吕浩, 刘涛, 王秋雨, 等. 车门内板拉伸开裂分析与讨论[J].锻压技术, 2022, 47 (2): 88-93.

[11] 王君瑶, 徐峰祥, 华林. 仿蜻蜓翅脉的车门内板加强筋多目标优化设计[J].锻压技术, 2022, 47 (2): 30-41.

[12] 李亚东, 鄂宏伟, 刘斌, 等. 基于Autoform的车门内板拼焊板成形仿真分析[J].塑性工程学报, 2021, 28

(8): 55-63.

[13] 章爽滨, 付再兴, 李磊. 降低深冲件开裂风险的质量策略研究与实践[J].锻造与冲压, 2021 (18): 55-59.

[14] 代建文, 黄敏鹄, 谢双, 等. 后侧门内板锁孔附近起皱缩颈开裂的解决方法[J].模具工业, 2021, 47 (9): 14-18, 33.

[15] 韦荣发, 蒙世瑛, 麦育智, 等. 汽车前门内板拉伸起皱开裂问题分析与对策[J].模具制造, 2020, 20 (6): 14-18. **AUTO1950**