

中进料的不均匀性，再加上高强度板本身高含碳量对焊缝质量的影响，致使成型难度极大；(2)封闭的产品结构——这种结构限制了拉延过程中材料的流入，较开放式产品结构更难于成型。

2.2 产品工艺

该产品工序内容如下：

- (1) 开卷落料；(2) 激光拼焊；
- (3) 拉延；(4) 修边、冲孔、侧修边；
- (5) 修边、侧冲孔、侧修边；(6) 修边、冲孔、翻边、整形。

2.3 生产开裂问题

此制件在生产准备过程中，模拟分析时，制件整体处于安全状态。如下图：局部最大变薄率为17.8%，满足材料性能要求（如图2）。

前期使用激光切割料片进行调试时也没有发生拉延开裂的问题。具备稳定生产条件，仅仅是个别出现激光焊缝开裂问题。

在生产准备后期，正式采用量产材料进行生产时，发生严重的拉延开裂，无法直接用于生产。制件存在的主要问题是开裂现象严重，主要问题点如图3：

图示1、3、4、6四处开裂位置，拉延过程中焊缝端头应力集中，且焊缝紧靠门洞R角，受R角区域走料影响，开裂现象严重，在调试过程中一直无法完全根除开裂现象。

图示2、5、7区域开裂属于一类。拉延过程中该局部受拉应力为主，超出变形极限后造成开裂，板料断面存在大量微裂纹，及应力集中点，导致制件开裂无法消除，废品率接近100%；在调试过程中只能对板料断面进行二次加工后，才能调试出合格制件，废品率约8.6%。

图示8区域开裂，为调整板料定位

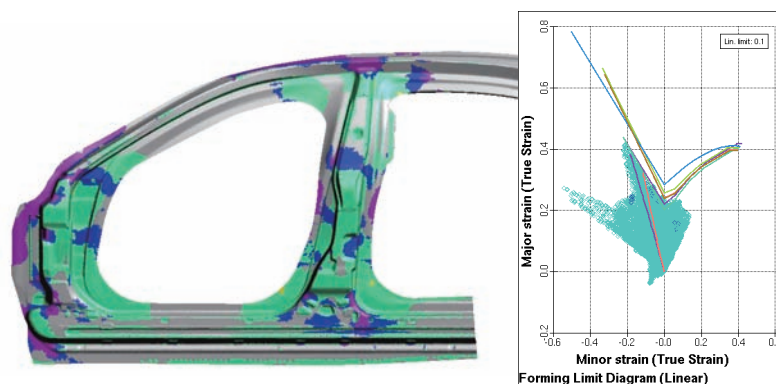


图2 CAE分析效果图

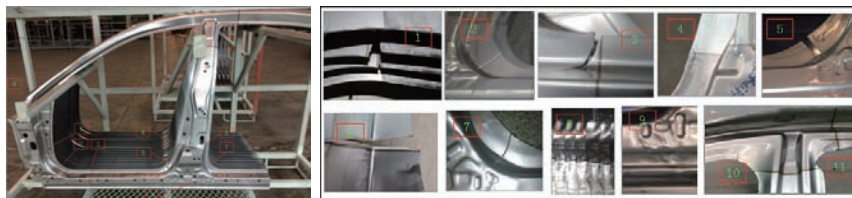


图3 生准过程中制件开裂图

时，开裂区域走料超出修边线，该区域落料时由工艺接刀，翻边导致接刀处应力集中造成开裂，通过调整定位即可解决该问题。

图示9位置开裂，是由于局部聚料严重形成晶格错位造成开裂，显示出高强度板板材受剪应力开裂倾向明显。

图示问题10和11是拉延过程中，板料开卷落料时的工艺接刀产生应力集中，导致开裂，开裂稳定，后续可以通过修边切除。

2.4 开裂原因分析

由于是换料产生的问题，首先对比批量生产板料和前期调试板料的材

料生产批号和性能进行了对比，发现所用材料为同一批次，材料性能指标（TR420/780的机械性能指标仅包括延展率、抗拉强度、屈服强度）没有明显差别。

经过进一步研讨，通过板料断面质量分析、磨削改善断面进行对比试验等方式，确认发生问题的原因是由于板材的加工方法从前期调试料的激光切割变为冲裁落料方式。

3 技术更改路线及原理

3.1 落料模半精冲方案

工装准备。制造一套半精冲试验模具，模具主要具备以下特性：强压

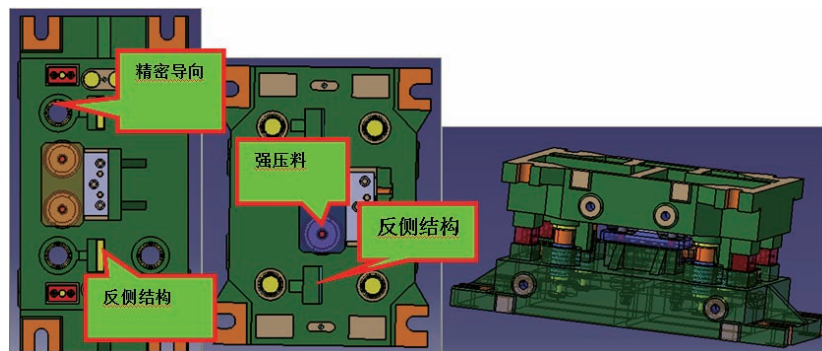


图4 精冲模图

料、冲裁力反侧机构、精密导向、冲裁刃口间隙方便调整。

试验材料。生产用的TR420/780，料厚1.5mm(如图4)。

试验方案。通过对冲裁(剪切)间隙及刃口形状调整，获得不同试验条件下的断口，对其进行分析是否消除了断面缺陷。主要试验方向为：小间隙冲裁、圆角刃口冲裁、阶梯刃口冲裁。

试验结果。通过二次冲裁、小间隙等方式无法获得想象中的全光亮带端面。小间隙状态下，刃口与板料摩擦剧烈。一方面造成板料端面划伤影响光亮带质量，另一方面对刃口损伤严重，难以稳定批量生产。从以上结果看，尝试失败。采用半精冲方案难以获得理想的断面质量(如图5)。

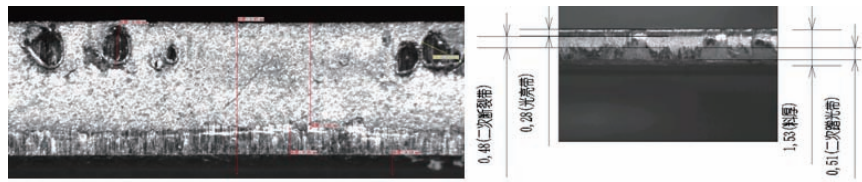


图5 TR420/780板材冲裁断面图

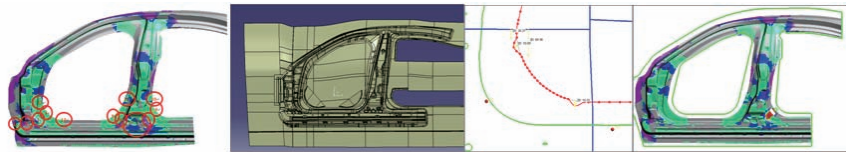


图6 模拟分析图

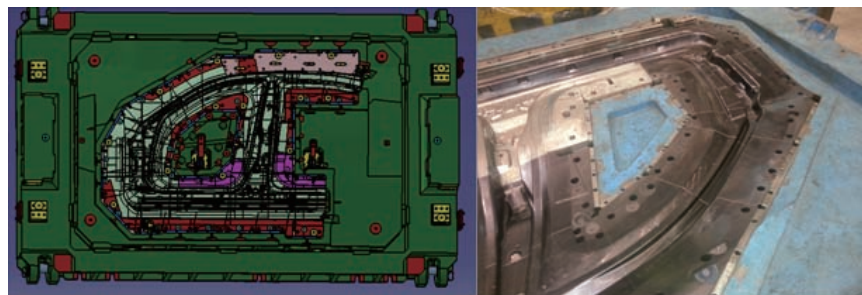


图7 拉伸模具更改图

3.2 模拟分析改进效果

模具分析目标。基于现有模具结构，通过拉延筋、工艺补充形状、材料轮廓等可变更条件修改尝试降低开裂的倾向，同时不应该给制件带来其他的问题(如图6)。

模拟分析方案。A柱下部圆角加大40mm、缺陷区域两端距离焊缝约40mm位置增加工艺豁口、将压料力从160吨提高到320吨，改善边缘状态、增加拉延槛、开裂部位的板料轮廓各减小11mm、在开裂部位增加一个孔。

模拟分析结论。采用增加拉延槛方案，是唯一有效的，后续工作按照这一方向用于模具修改。

3.3 模具调试

参照模拟分析的数模造型对拉延模具镶块进行修改，新制镶块10块。新增加的拉延槛进一步缩小圆角并重新编制加工数模。在后续调试工作中，根据实际情况进行调整(如图7)。

调试中，对模具的压料面及拉延筋进行反复研配，克服了压料筋初始成型造成的边缘开裂问题以及由此带来的拉延过程中走料平衡问题。

模具修改后较之前拉延效果有明显改善，但使用原TR420/780材料仍不能满足生产需要，仅仅是从原来的100%开裂变为偶尔有所有区域全部不开裂的零件。

模具使用拉延槛，对比拉延面，能够更好地控制高强板成型过程中的走料，大大减少了板料边缘效应。

3.4 材料性能优化

通过前面分析，造成这种问题的根源在于材料性能特性的边缘应力集中。这种问题目前仅发现于TR420/780材料(此材料在其他零件上也有明显表现)。目前在材料性能指标中，扩孔率与之紧密相关，但目前尚缺乏统一的试验标准及评价体系。

3.4.1 原设计材料存在问题

(1) 冲裁导致材料边缘缺陷。冲裁断面的拉伸试验结果较机加断面存在极大差别(如表1, 图8)。

表1 冲裁样品与机加工样品的拉伸性能结果

试样编号	试样状态	屈服强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	断裂延伸率 (%)	n
A1	机加工	476	838	28.5	0.26
A2	机加工	475	840	29	0.27
B1	冲裁	477	834	21	0.26
B2	冲裁	478	835	23	0.26

(2) 冲裁断面微缺陷在拉伸试验中形成最初的开裂源(如图9)。

(3) 冲裁过程中在变形区形成加工硬化, 加剧开裂倾向(如图10)。

3.4.2 材料改善的工作方向

(1) 以实际生产状态为依据, 测定现材料性能。主要从延展率、扩孔率两个指标方向进行分析和讨论。

(2) 提出期望材料性能, 征求各钢厂意见, 能否提供相应指标的材料现货。

(3) 首先对其进行性能测试, 确

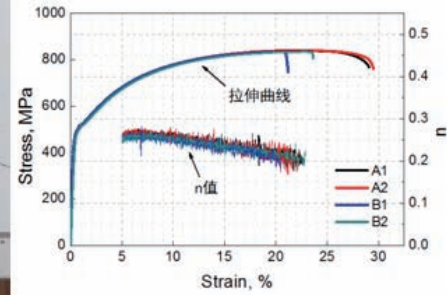


图8 冲裁样品与机加工样品的拉伸性能结果

定其满足(或基本满足)目标值。

(4) 在生产模具上进行调试试验。

(5) 与紧密合作的钢厂协商, 尝

试开发满足本制件生产需要的材料。

表2为钢厂进行材料性能提升后的性能参数:

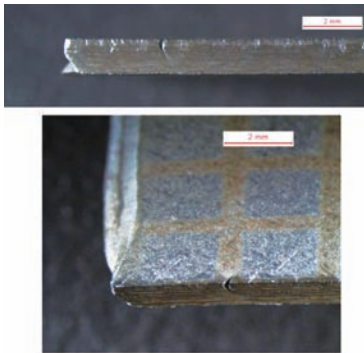


图9 冲压成形后剪切边出现大量裂纹

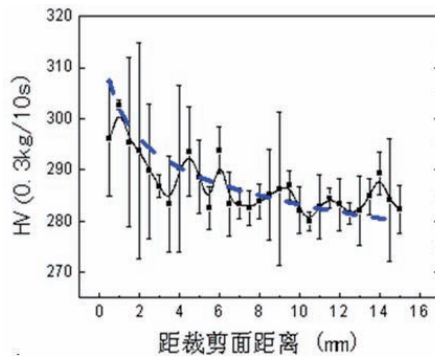


图10 冲裁后钢板截面上硬度分布、边部存在微裂纹

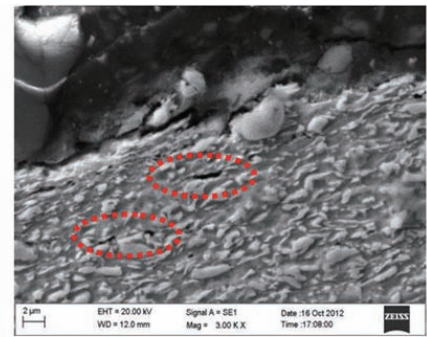


表2 几种780Mpa级高强板材料性能

	原材料	1#	2#	3#	4#	5#	取样方向
抗拉强度 (MPa)	≥780	855-865	755.88	816-821	796-800	615-620	与轧制方向呈90°
Rp0.2 (MPa)	420-580	540	449.86	535	444-470	405-415	与轧制方向呈90°
断后延伸率 (%)	≥23	23.9、24.1	26.78	29.5	22	29.5-37.5	与轧制方向呈90°
n	---	26、27	0.182	0.232、0.231	---	---	与轧制方向呈90°
r	---	---	---	0.850、0.830	---	---	与轧制方向呈90°
扩孔率	---	19	34	22	26	49	国标

通过实物试冲, 其中2#及3#可以满足正常生产。