

喷雾罐顶盖多步成形方案 有限元仿真设计

文 | 莫志英、康永华、刘伟、关成亮、韩龙帅、陈洪生、王伟 · 首钢京唐钢铁联合有限责任公司

20 世纪 70 年代以来板料成形数值模拟技术得到了迅速发展，特别是随着计算机技术的飞速发展板料成形数值模拟逐渐走向实用化阶段，采用有限元分析技术可精确、快速地对分析成形过程中任一时刻坯料各部位典型缺陷风险预测、厚度分布、应变分布，为成形缺陷分析、模具设计及降低模具开发成本提供一种高效、精确的方法。

本文先用三维绘图软件进行成形方案和模具设计，利用板料成形有限元 DYNIFORM 分析软件建立分析模型，对成形质量评估，优化成形方案，最终形成成形道次少、成形质量好的方案。

喷雾罐是一种气密性包装容器，广泛用于发型固定、消毒、各种杀虫等，因使用、携带、运输、保存方便，市场需求量高。制造金属喷雾罐用的最多的材料是马口铁和铝。

喷雾罐顶盖形状复杂，需要稳定控制的尺寸多，因盖制造需要的工艺比较复杂，同时为满足产量大需求，现喷雾罐顶盖加工都采用多工位级进模生产。

随着计算机科学和技术的快速发展，以有限元法为基础，结合金属塑性成形理论的数值模拟技术在板料成形方面的应用，开创了板料成形设计分析的新领域。目前已出现了如 PDYNIFORM、AUTOFORM 等专门模拟板料成形商业仿真软件，前处理、后处理工具较通用有限元软件要方便的多，可精确方便模拟各种成形条件下的板料各部位典型成形缺陷

的风险、厚度分布、应变分布，能够为模具设计、板料成形性能分析、工艺参数优化等提供便捷直观的科学方法，使得模具设计和板料成形分析已经从“经验型”向“科学型”转变，采用板料成形专业有限元分析技术，可方便分析板料成形质



图 1

量问题，对成形方案的结果有较高的预测能力，可极大减少成形模具设计开发的周期和试验成本，可实现对不同成形方案进行对比分析，优化成形方案。

坯料的尺寸计算

本文根据客户常用的镀锡板材料 MRT3-CA，厚度 0.28mm，根据喷雾罐顶盖成品逆推。

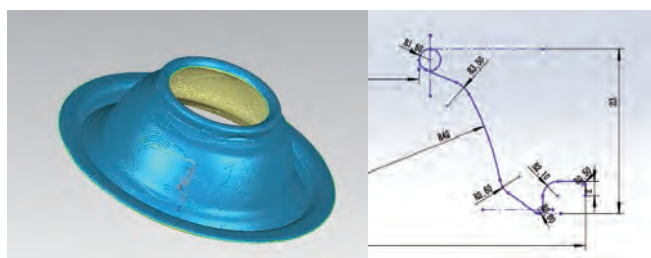


图 2 Φ72mm

根据中性层表面积不变原理可推导计算出坯料直径：计算得出坯料直径 96mm。

成形方案的初步设计

本着节省模具投入的原则，尽量减少成形道次。现有的顶盖生产厂，顶盖成形一般在 6 ~ 7 个道次完成，顶部开孔和顶部翻边各为一个道次。经多次对成形过程有限元模拟试验，对制订了如下成形方案，在保证成形质量的前提下，主要简化了冲孔前的成形道次。

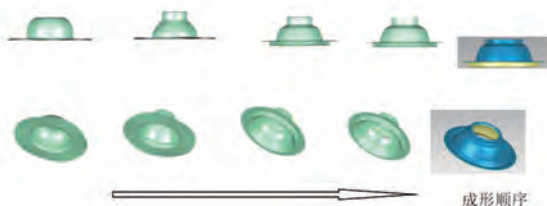


图 3

第一道次成形设计

(1)成形模具设计。

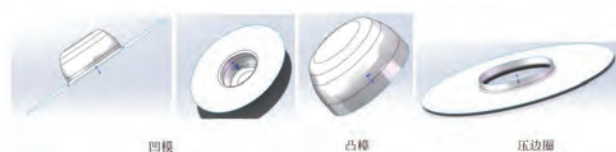


图 4

(2)有限元计算模型建立。

坯料、模具按 2mm 划分单元，有限元仿真模型如图 5 示。

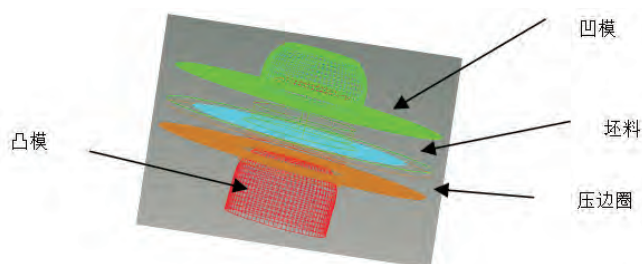


图 5

材料为镀锡板 MRT3-CA，材料屈服特性如图 6 示。压边力 4000N

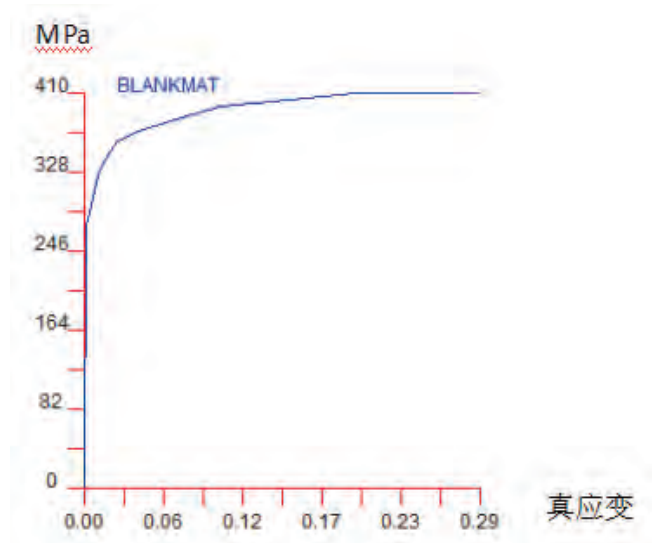


图 6

(3)模拟计算结果。

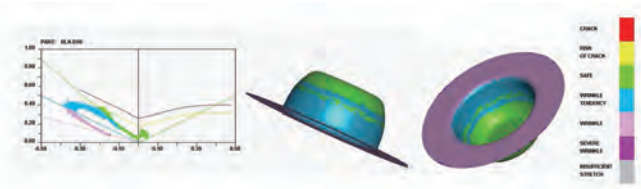


图 7 成形缺陷评估

从模拟计算的成形极限图 7（左侧）各部位成形质量均在较理想的状态。

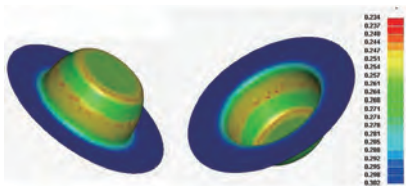


图 8 厚度分布 0.240 ~ 0.302mm

图 8 为各部位厚度分布，厚度分布在 0.240 ~ 0.302mm，均在理想范围内，厚度的差异是工艺特性决定的，属正常现象。

成形模拟

(1)模具推导及设计。

根据成形件的几何尺寸，推导并设计了如下模具三维模型：

(2)有限元计算模型建立。

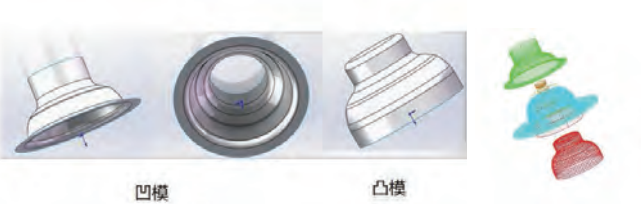


图 9

坯料、模具按 2mm 划分单元，要据图 9 建立有限元模型，见图 10，坯料为第一成形步成形件。

(3)模拟计算结果。

从模拟计算的成形极限图，总体成形质量较理想，无

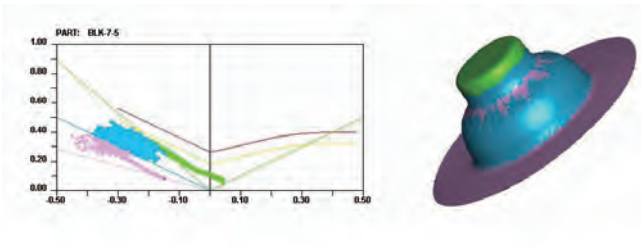


图 11 成形缺陷评估

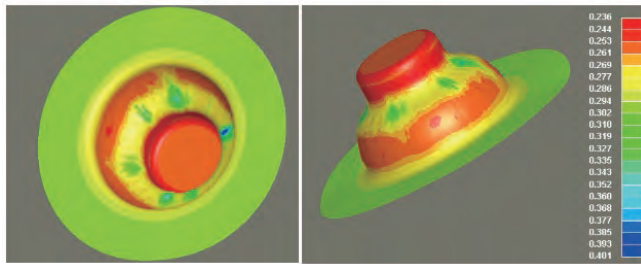


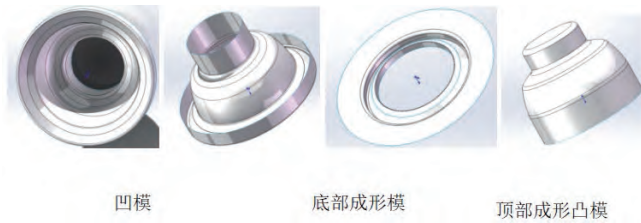
图 12 厚度分布

起皱、裂纹情况。

图 12 为厚度分布，0.236 ~ 0.401mm 各部位分布在可接受的范围内，厚度的差异是工艺特性决定的，属正常现象。

第三步成形模拟

(1)模具推导及设计：以下为模具三维几何模型。



(2)有限元计算模型建立。

坯料、模具按 2mm 划分单元，图 13 为按图 12 建立有限元模型，坯料为第二步成形件。

(3)模拟计算结果。

通过成形极限图 14 分析，可看出，成形各部位无起皱及



图 13

裂纹状况，处理较好的状态。



图 14

图 15 为厚度分布，厚度 0.205 ~ 0.395mm 各部位在较理想的状态，厚度的差异是工艺特性决定的，属正常现象。

成形方案设计总结

喷雾罐顶盖成形是靠减径逐步达到设计形状，从第二成形步，压边力对成形贡献小，坯料各部位在与顶部成形凸模全部接触前，各步成形是在没有内撑力的情况进行的，在成

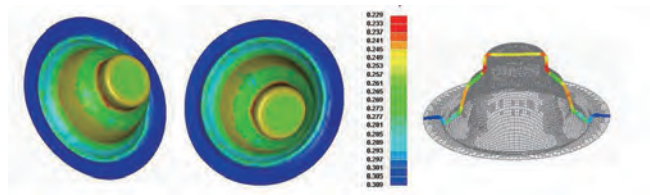


图 15

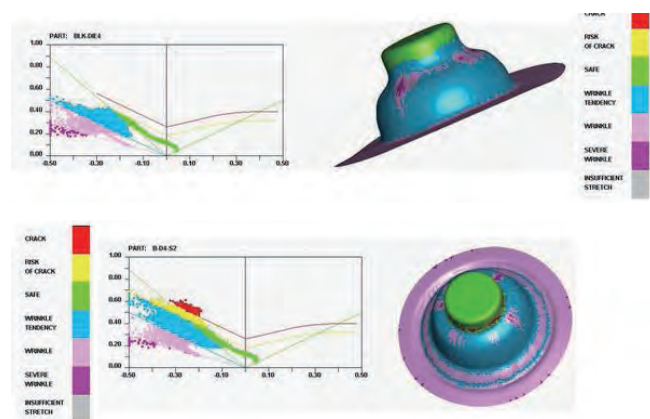


图 16

形第二步因减径量大，侧部许多部位处自由状态，极易形成皱纹，一旦形成皱纹，在后步成形中基本无法修整。在第一成形过程中，可充分利用压边力，使成形坯料侧部在成形全过程受拉应力。为改变皱纹易产生的情况，本研究尝试在保证成形质量的情况下，尽可能减小第一成形步坯料侧面上部直径，减少第二成形步侧部变形量，以减少在第二成形步及其后成形步产生起皱的可能性。经多次模拟试验，对第一成形步侧面直径进行适当减小，在第二成形步及其后成形取得较好的结果。

图 16 为因第一道次侧顶部直径过大造成第二步、第三步局部起皱甚至裂纹。

通过此研究，开展有限元软件对成形过程进行精确的模拟计算，实现了精确地模拟复杂的多步成形过程，预测成形过程各阶段的缺陷分布、厚度分布，对分析客户的成形质量问题，优化材料质量设计，减少模具设计周期和成本具有重要的意义。MFC