

# 充液成形与内高压成形复合生产线研究

■ 马国礼, 夏咪咪, 王平, 崔礼春

**摘要:** 充液成形主要用于铝合金等传统成形困难的轻质材料的拉延生产, 内高压成形主要用于管类件胀形及冲孔生产, 上述两种生产设备及工艺具备多个共同点, 如高压源、大吨位压机、液体介质等。单独生产线的建设费用高, 利用其共同点, 经过分析确认两种工艺所对应的主要设备可以复合在一套设备中。该复合生产线能够满足前期小批量实验生产, 可以有效节约投资, 提高设备利用率。

## 1. 引言

随着雾霾天气增多, 日益扩大的环境污染成为人们关注的焦点。汽车作为常见污染源的一种, 得到人们特别的关注, 尤其对汽车环保的要求日益加强。汽车企业从各方面出发, 努力实现汽车对环境污染的降低。其中轻量化技术的普遍应用, 是解决这些问题的关键途径。

所谓轻量化, 就是通过使用轻质材料、优化结构设计等方法来达到减重目的的一种先进制造技术。轻量化有两个主要途径: 一是材料途径, 就是采用铝合金、镁合金、钛合金和复合材料等轻质材料; 二是结构途径, 采用空心变截面、变厚度薄壁件等优化结构。

本文分别从这两个方面入手, 分析实现这两种不同成形类型产品的复合型生产工艺和设备。

## 2. 成形原理

### (1) 充液成形 充液成形是

一种利用液体作为传力介质, 代替刚性凸凹模直接作用于板材进行成形的方法。根据加压方式不同分为两种: 被动式和主动式。如图1a所示, 被动式充液成形: 流体作为辅助手段, 先在凹模内充满液体, 放上拉深坯料, 施加一定的压边力, 凸模下行进行拉深, 同时启动液压系统使液体保持一定的压力, 直到拉深结束, 然后抬起凸模、压边圈, 取出成形零件。如图1b所示, 主动式充液成形: 流体作为主动加压方式, 夹持装置与板材之间一般有

密封装置, 以防止液体的外泄。

对于被动式充液成形技术, 即板材充液拉深成形技术, 由于流体压力介质辅助成形, 可增加变形坯料与拉深凸模之间的有益摩擦, 克服拉深凸模圆角部位坯料的破裂, 提高零件的成形性及成形极限, 具有节省工序, 简化模具结构, 降低成本, 提高尺寸精度等优点。相比较主动式充液成形, 其应用更为广泛。

(2) 内高压成形 内高压成形是一种以管材为坯料, 以油液为传压介质, 在管材内部施加超

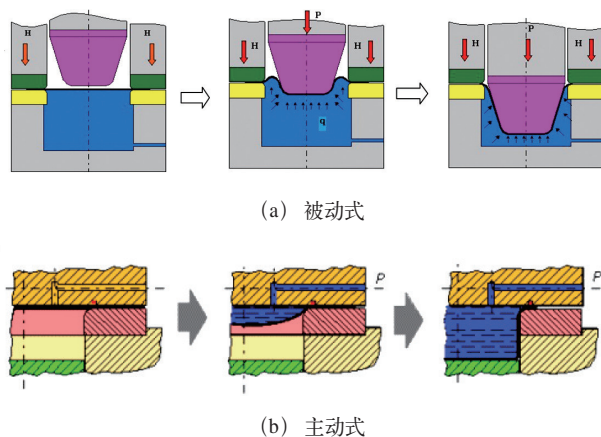


图1 板材充液成形原理

高压的同时,对管坯两端施加轴向推力进行补料。因两种外力的合力作用,管坯产生塑性变形,最终与模腔内壁贴合,使管坯成为具有三维形状零件的现代塑性加工技术。内高压成形工艺适用于制造沿轴线具有不同截面形状的空心零件,截面形状可以为圆形、矩形或异形截面口。

内高压成形工艺过程主要分为三大阶段,如图2所示。

初始充填阶段(见图2a):将管坯放入模腔并合模,两端轴向冲头水平推进,形成密封。通过在预充液体将管内空气排出。

成形阶段(见图2b):在管坯加压胀形的同时,冲头按设定的加载曲线向内推进补料,在内压和轴向补料的联合作用下使管坯基本贴靠模具。此阶段除过渡R角外大部分区域已经成形。

整形阶段(见图2c):提高内压使过渡R角完全贴合模腔,工件完成成形。

从截面形状变化(见图2d)可看出,工件截面可为梯形、矩形、椭圆形或各种非规则形状。

### 3. 工艺流程及设备

(1) 充液成形 生产工艺流程为:金属材料库(定尺板料存放)→机器人上料→涂油→液压机充液成形→机器人下料→清洗→激光切割→冲压件库。

充液成形生产线应配置的基本设备有:涂油机、清洗机、充液成形机、外围设备(如激光切割机等)、自动化装置等。其中,最主要的设备是充液成形液压机,其提供大吨位的压边力、部分成形力、高压液体介质等。

目前,国外大吨位充液成形装备较为成熟,但核心技术严格保密,如图3、图4所示。

国内虽然起步较晚,但经过近几年发展,如天锻、合锻等设备制造厂家也具备了生产大吨位液压机的能力,部分研制产品已经在各科研单位或生产厂家投入实际生产,如图5所示。

(2) 内高压成形 生产工艺流程为:管类件→弯管机→液压

机预成形→液压机终成形→清洗→激光切割→漂洗→涂防锈油→冲压件库。

一条专业的管形件内高压生产线应配置的基本设备有:割管机、弯管机、清洗机、内高压成形机、外围设备(如激光切割机、焊机等)、自动化装置等,如图6所示。其中,最主要的设备同样是内高压成形液压机,其作用是提供合模力、管端轴向推

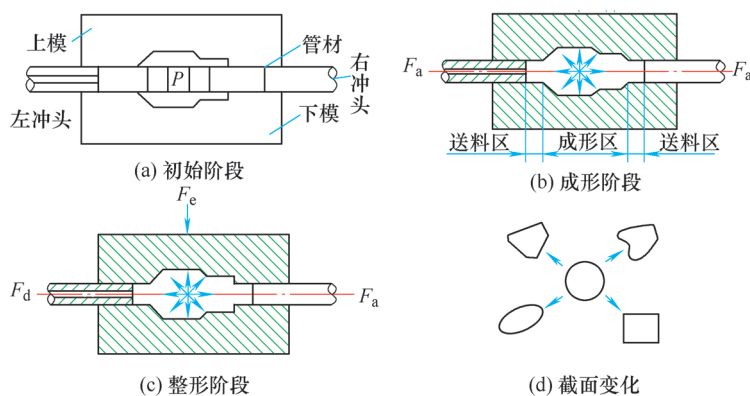


图2 内高压成形原理及工艺过程

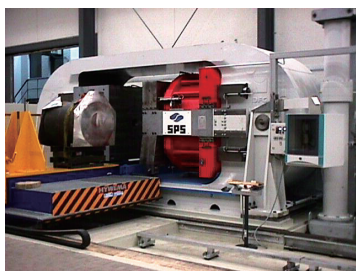


图3 SPS公司生产的大形板式充液成形机

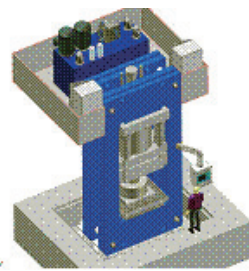


图4 AP&T生产的同轴式板式充液成形机



图5 550t、1050t和1600t国产板形件充液成形液压机

力、高压液体介质等，并按照设定的曲线控制内压和轴向推力，如图7所示。

(3) 关键设备 大吨位液压机为以上两种工艺关键设备，其中充液成形机需提供给模具压边力和拉伸力，结构为双动，主要特点是滑块分为内外滑块两部分，内滑块提供拉伸力，外滑块提供压边力，以某5000t充液成形液压机为例，其主要参数如附表所示。

内高压成形机需提供给模具合模力，结构为单动，需求吨位一般为3500t以上，其参数和普通液压机类似。

#### 4. 充液成形与内高压成形比较分析

依据成形原理，两种成形都以高压液体为传力介质，使材料根据模具的形状贴合，最终形成需要的工件。该高压液体为水基乳化液（在水中添加防腐剂等材料形成），通过特定增压装置（高压源）使其在密闭的环境中达到需求的压力，在使用过程中存在溢出损耗，需不定时增加。

生产线设备方面，都需要大吨位液压机设备及高压源、自动化、涂油机、清洗机等相关辅助设备。上述两种生产线核心装备为大吨位液压机，在充液成形中需要压机内滑块提供主拉伸力，为双动结构，内高压成形时需要将内外滑块锁在一起即单动结构，共同施压，液压机其他部位无区别。

两种成形的主要差别在于成形液体压力，充液成形需求为0~60MPa，而内高压成形需求为

200~250MPa。高压源为液体增压装置，提供以上需求压力，也可以根据不同的需求配置不同的高压源装置。同时还有工艺流程的部分区别，如内高压需求弯管机和预成形，而充液成形则更贴

近普通冲压生产的成形工序。

根据上述两种成形的原理和工艺设备的相同点，为将两种成形工艺和设备复合在一起提供了充分的条件。同一条生产线既可以生产充液成形的板形件，又可

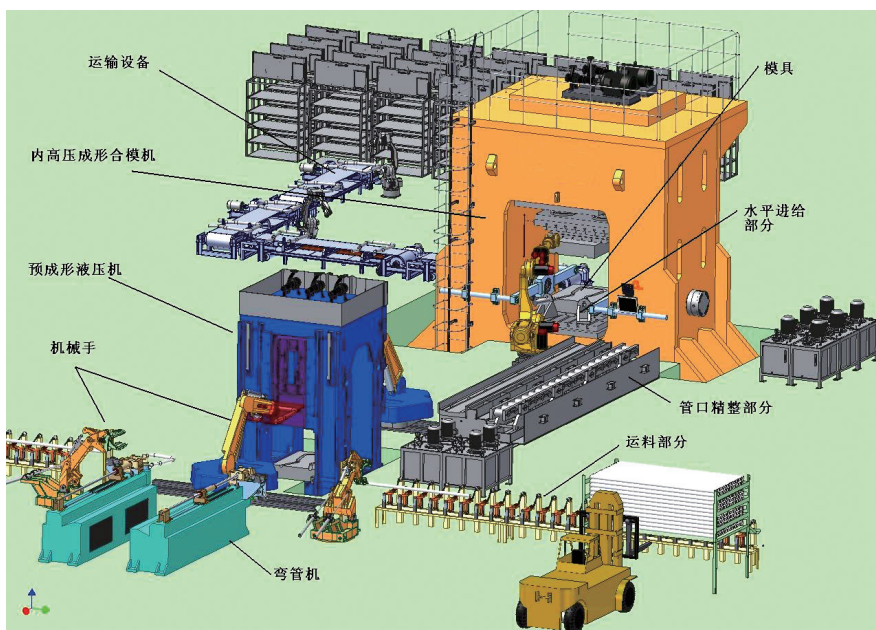


图6 内高压成形生产线



图7 10000t管材充液成形机及其所配置的超高压源

5000t充液成形液压机主要参数

| 序号 | 规格          | 参数        |
|----|-------------|-----------|
| 1  | 总公称力 /kN    | 50000     |
| 2  | 拉深滑块公称力 /kN | 35000     |
| 3  | 压边滑块公称力 /kN | 15000     |
| 4  | 回程力 /kN     | 3500      |
| 5  | 设备系统压力 /MPa | 31        |
| 6  | 工作台台面 /mm   | 4500×2500 |
| 7  | 拉深滑块台面 /mm  | 1800×1600 |

以生产内高压成形的管形件，对于中小批量的试验试制，将节约超过40%的一次性投入。

### 5. 复合生产线工艺布局

(1) 综合分析 据上述两种成形的对比分析，组成复合生产线是可行的，且在成本投入上有较为可观的减少。本设备主要针对中小批量生产、试验，如需要大批量生产，投入专业生产线更为合理。因为两种成形的复合，如果将两种成形的所有设备都整合在一起，生产线既复杂又成本高，所以需要选择性的偏向一种成形，将一种功能开发到最大，另一种成形兼顾，关键节约点为主设备共用，故在工艺布局方面根据不同偏向有两种不同的工艺布局，下面将分别进行叙述。

(2) 以内高压为主生产工艺 此工艺布局是偏向于内高压成形，占地约18m×55m，以某种型号管形件为例（见图8），工艺流程为：管类原材料→弯管机→800t液压机预成形→5000t终成形→清洗→激光切割→漂洗→涂防锈油→冲压件库，以某种型号板形件为例，工艺流程为：铝板原材料→涂油→5000t成形→激光切割→冲压件库，其中主要差别为板形件涂油工序，该工序可以在就近手工涂油完成。

(3) 以充液成形为主生产工艺 此工艺布局是偏向于充液成形，占地约22m×40m，以某种型号板形件为例（见图9），工艺流程为：铝板原材料→涂油→5000t成形→激光切割→冲压件库；以某种型号管形件为例，工艺流程为：管类半成品件

→5000t终成形→冲压件库，其中主要差别为管形件预成形、成形后清洗、切割、涂油等工序需生产线外完成。

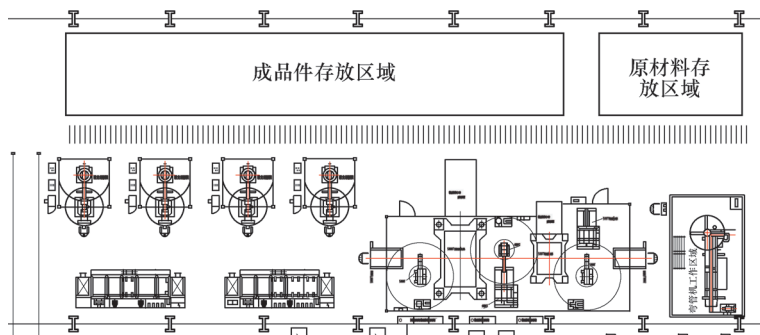


图8 内高压成形工艺布局

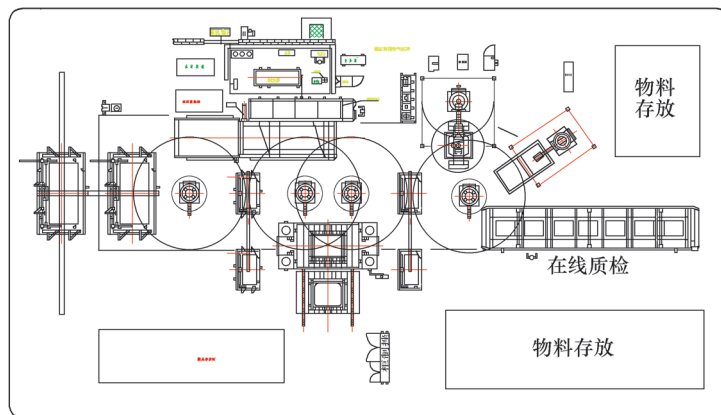


图9 板形件充液成形工艺布局

### 6. 结语

两种不同生产工艺，毕竟差别较大，所以只能尽可能的优化布局，但还需要牺牲掉某一种批量更小生产工艺的自动化率，用线下手工生产满足缺少部分工艺，从投资者角度考虑，使关键设备具有两种生产模式，可以有

效节约设备一次性投入的同时，也减少了厂房、设备基础、水电气等其他辅助性投资，并可以满足中小批量生产和试验的能力，是一种较为可行的工艺改进手段，也响应国家节能减排的号召，为新车型轻量化提供了有效的验证资源和小批量生产能力。

作者简介：马国礼、夏咪咪、王平、崔礼春，安徽江淮汽车股份有限公司技术中心。

MW 20151126