

空工位模具工装现状与发展趋势

李欢迎

河北省汽车工程技术研究中心 河北保定 071000

摘要：介绍了空工位模具工装现状，分析了几种不同形式的专用空工位模具样式，并对每种样式的优缺点进行了对比。根据空工位模具工装的现状及目前的技术条件，对其未来发展方向进行了展望。

关键词：空工位；工装；模具；周期；成本；空间



高级工程师 李欢迎

1 序言

空工位模具工装是一种相对较特殊的模具存在形式。20世纪50年代至70年代中期，是不存在空工位模具工装的，早期为断续生产模式，是在单台压机设备上完成某种零件的全部生产工序，或在2台甚至3台独立压机上完成一种零件的分工协作。

随着机械化工业的发展及汽车市场需求量的增长，20世纪80年代初至21世纪初，开始出现半自动模具生产线体，即由几台串联的不同吨位压机组成的模具生产线体，通过人工上下模具、取放板料及零件并进行传递，减少了之前生产模式下遇到的过程运输及半成品存储问题。1个零件有几个工序就用几台机床，生产完的成品零件直接从末台机床取出，放置到专用工装内存放，然后采用叉车将其转运至成品库区。

伴随着汽车市场需求量的持续增长，21世纪初至今，全自动封闭式模具生产线的应用越来越广泛，由4~5台串联的不同吨位的压力机组合并将其全部封闭起来，内部配备自动化生产设备（机器人或机械臂）与压机相互配合，在设定的连续生产节拍下生产零件。由于零件的特殊性及复杂性，因此存在一些零件仅需极少工序即可完成生产的情况，这时生产线中就出现了无工作内容的1~2台机床，为了整线连续生产，需要在无工作内容的机床上设置过渡模具支架，即模具空工位。当前后工序工作内容相对复杂且模具结构设计空间不足时，也需要在这2个工位之间增加模具空工位，来增强模具结构强度^[1, 2]。

2 空工位模具工装的定义

模具被称为“工业之母”，是对原材料进行工艺处理，将原材料加工成所需构型和精准产品尺寸的一种工具，主要用于快速高效、批量生产中工业产品的相关零件。广泛应用于汽车、航天、农业、工业、建材、能源以及生物等行业，行业内约70%~80%的零件由模具批量加工完成。由于模具加工制造水平是衡量一个国家制造水平高低的重要指标，很大程度上决定着产品质量的高低和新产品开发潜能，因此，模具加工制造业在发达国家被称为“磁力工业”。

空工位是没有进行加工的工位，在生产过程中只起到精准定位零件的作用，而不对零件进行加工，其工装是一种特殊过渡工装。

3 空工位模具工装现状

3.1 专用空工位模具工装样式A

根据空工位工装的特性，可以分析出，空工位工装是随着全自动生产线而产生的位于生产线中间或线尾的过渡工装。设计之初是以空工位工序所在位置的下一工序或产品数模为设计依据，将上模、压芯的部件删除，将下模与凸模合并为一体式零部件，并做一定的模具减重处理^[3]。专用空工装A如图1所示。

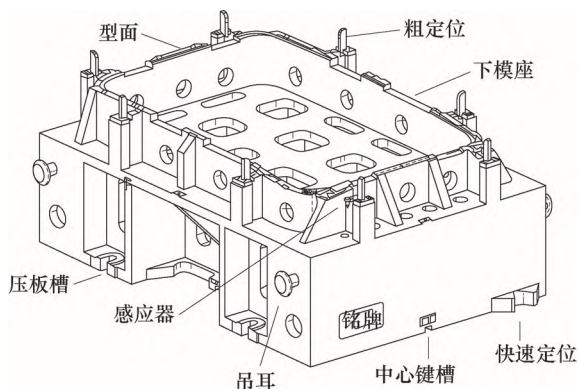


图1 专用空工装A示意

3.2 专用空工位模具工装样式B

此种空工位工装，上下支板通过方管连接，上支板中间设有两组对称的定位板，定位板内侧设有支撑板，支撑板上设有定位销，可精准控制制件位置度，同时内置传感器，不仅便于零件定位感应，而且能保证零件不晃动，最终满足客户需要的产品精度和外观要求。此空工位工装结构简单，实用性强，可实现专件专工装的使用理念^[4]。专用空工装B如图2所示。

3.3 专用空工位模具工装样式C

此种空工位工装与专用空工装B相比更为简洁实用，取消了上支板，采用纵、横方钢管进行焊接组成下底座，在下底座上焊接4根支撑杆，然后将调试的专用拉延零件与支撑杆进行焊接固定，将支板焊接到下底座斜对角处，支板上布置2个 $\phi 60\text{mm}$ 的孔，用于将此空工位工装精准定位到机床下台面上。上一道工序的半成品零件加工完成后，通过自动化吸盘将其移动至此专用空工装C上，因为是同一产品，所以依靠产品自身型面将上一工序产品精准定位至此空工位工装上，再通过下一道工序自动化机器人将空工装C上的零件移动到下一工序。专

用空工装C如图3所示^[5]。

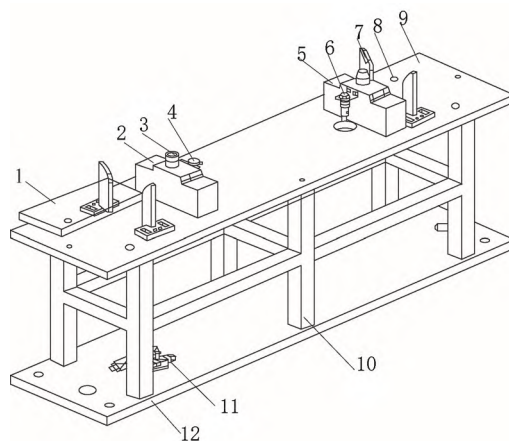


图2 专用空工装B示意

1—定位垫板 2、5—型面 3—精定位 4、6—感应器
7—粗定位 8—起吊孔 9—上支板 10—方钢管
11—快换接头 12—下支板

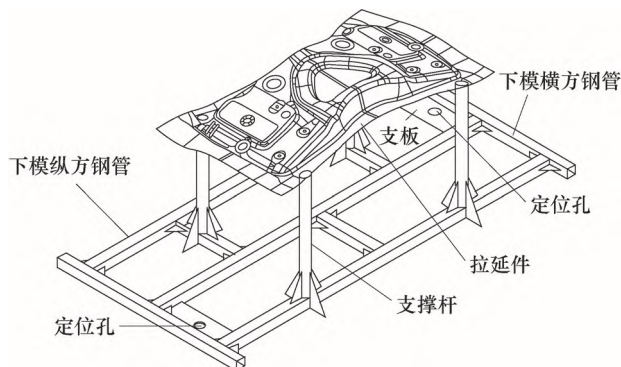


图3 专用空工装C示意

3.4 通用空工位模具工装样式D

此种空工位工装，是将铸造式工装及焊接式工装相结合的一种新型空工位工装。创作思维来源于自动化生产线上料单元，生产线首（上料单元处）共用抓料端拾器原理，将端拾器组件反置，安装到一个共用的下模座上，存在8处加工安装面，用于紧固2组端拾器组件，对不同造型的零件适用。此结构强度高、实用性强，可实现通用零件空工位工装使用理念。通用空工装D如图4所示。

3.5 通用空工位模具工装样式E

端拾器空工位快换工装，包括通用固定支架、支座和横梁，横梁上的快速夹固定在主杆上，该主杆的端部有用于工装定位的联接头，联接头的一端布置有定位用的销，横梁上有内孔，利用横梁内孔与定位用的圆销配合进行联接；联接头上还布置有快速挂钩，快速挂钩伸出横梁外与快速夹配合进

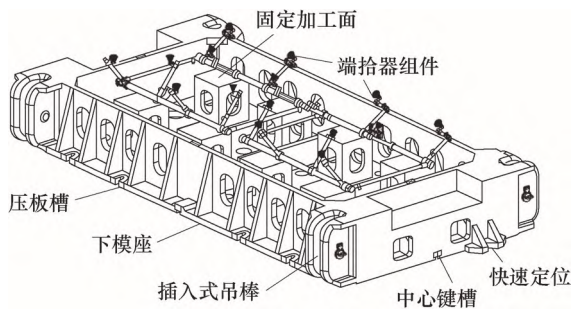


图4 通用空工装D示意

行联接。此空工位工装对加工精度的要求较低，安装和更换相对较方便，定位可靠，主杆可实现快速更换，拥有成本低、适配性广且易于推广使用等优势。通用空工装E如图5所示。

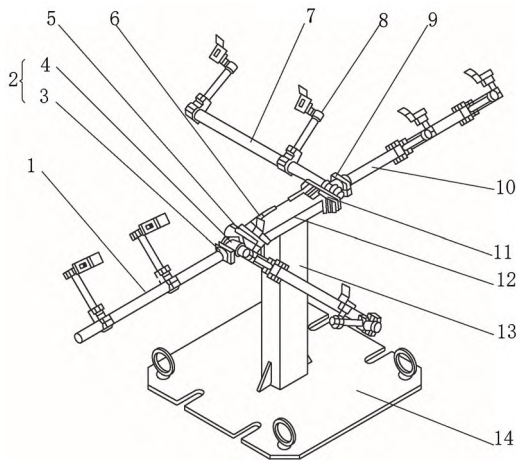


图5 通用空工装E

- 1、7、10—主杆 2—连接头 3—定位块 4—压紧块
5—快速夹挂钩 6—快速夹 8—工件定位组件（含组件固定块、压紧块、连接管、角度调节组件和零件定位块） 9—锁紧螺钉
11—定位配合块 12—横梁 13—支座 14—通用固定支架

3.6 工艺方案及空工位模具工装组合样式F

一种节省空工位模具工装的工艺方法：目前行业内冲压自动生产线为了满足复杂工艺方案连续生产，一条冲压自动线布置5台不同吨位的压力机。在线体尾部增加可伸缩皮带机，当正常批量生产时，将最后一台压力机开出机床外，将机床线体尾部的传输皮带机伸长至最后一台压力机内部，最后一台机床和最后一台机器人即可设置关机状态。这样可以降低设备折旧，减少了最后工序的空工位工装及相应的端拾器开发成本，从而节省了生产能耗成本。组合样式F如图6所示。

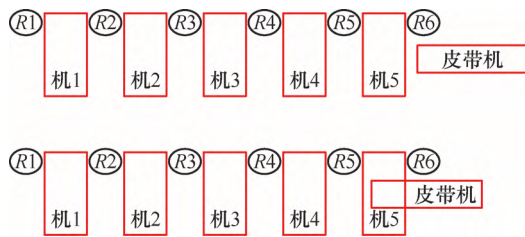


图6 组合样式F

4 空工位模具工装的发展方向

未来是数字化高科技时代，势必会实现冲压全自动化生产线的高级柔性空工位工装。可以根据产品造型、大小、质量及姿态自动感应结果调节支撑件位置及支撑力大小，实现多点均匀支撑布置，位置可以实现高度有效距离范围内的自由控制。此种高级柔性空工位工装，下基板上均匀布置若干个可编程控制的组件，每一个组件均具备独立编程、独立伸缩以及独立感应的功能，组件上端具有防滑、防磕碰及感应灵敏的功能。此工装不受产品大小和造型的限制，适用于所有线体零件，包括但不限于汽车车身板件、塑料件及其他行业可批量生产的产品。柔性空工装G如图7所示，空工位模具工装的类比分析见表1。

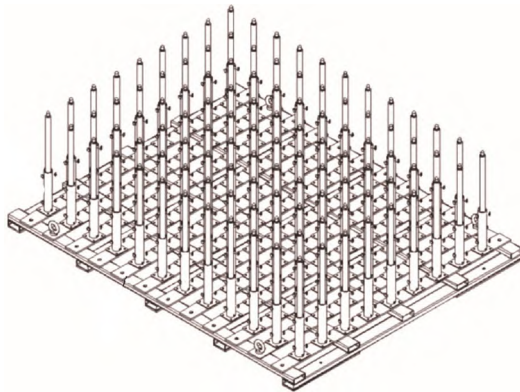


图7 柔性空工装G

5 结束语

通过对空工位模具工装发展史的研究，发现空工位模具工装的发展是一个从无到有、从繁到简的过程，也是从专用工装向通用工装发展、从单一固化模式向智能多元化方向发展的过程，空工位工装向着综合成本更低、占地空间更少、制作周期更短和用途更广的方向不断前进。此外也要结合自身工厂的生产模式进行合理选择，做到物尽其能、资源

（下转第15页）

仿真结果表明,从最高点运动到最低点的过程中,拍打部件与成型件之间的支反力一直在不断变化,支反力大小与拍打时间、转速以及接触的材料有关。当电机转速为900r/min时,计算得到最大变形量为2.5mm,产生的拍打力约为4.9N。

5 结束语

利用多体动力学对拍打结构机械运动进行仿真验证,说明设计的可行性和拍打运行的稳定性,为机构的结构设计提供建设性意见。若无干涉和部件“飞脱”等现象,则该拍打系统结构设计合理。

采用ABAQUS/Explicit方法分析并计算成型样件的拍打力和变形量。高弹性本构模型可以较好地模拟粘流态的ABS材料,当电机转速为900r/min时,计算得到最大变形量为2.5mm,产生的拍打力为4.9N。

随行拍打结构从本质上改变了材料的内部结构,是快速成型和低成本制造的有效控制装置。拍打效果需结合不同工艺和材料进一步研究。

参考文献:

[1] 卢秉恒,李涤尘.增材制造(3D打印)技术发展[J].机械制造与自动化,2013,42(4):1-4.
[2] 王雪莹.3D打印技术与产业的发展及前景分析[J].中国高新技术企业,2012(26):3-5.
[3] 杨恩泉.3D打印技术对航空制造业发展的影响[J].航

空科学技术,2013(1):13-17.

[4] 唐通鸣,张政,邓佳文,等.基于FDM的3D打印技术研究现状与发展趋势[J].化工新型材料,2015,43(6):228-230,234.
[5] 朱金龙,赵寒涛,吴冈.大幅面工业级熔融沉积式FDM 3D打印机[J].自动化技术与应用,2016,35(1):115-118.
[6] 赵天婵,黄海.基于3D打印的熔融沉积快速成型工艺若干问题研究[J].机械工程师,2016(4):22-23.
[7] 龚运息,陈晨,夏名祥,等.FDM 3D打印模型表面阶梯效应的分析[J].制造技术与机床,2016(4):27-30.
[8] 孙保燕,黄邦伟,张小可,等.FDM工艺参数对拉丝现象的影响[J].制造技术与机床,2020(12):64-68.
[9] 惠记庄,黄健,吕景祥,等.响应曲面法3D打印制作表面质量的实验研究[J].实验研究与探索,2022,41(1):41-46.
[10] 黄志鹏.基于FDM技术的3D打印分层及路径规划的研究[D].浙江:杭州电子科技大学,2022.
[11] 侯高雁,朱红,刘凯,等.3D打印成形件后处理工艺综述[J].信息记录材料,2017,18(7):19-21.

MW 20240424

(上接第6页)

表1 空工装类比分析表

空工位	A	B	C	D	E	F	G
样式	铸造式	焊接式	焊接式	铸造+组装	焊接+组装	工艺方案	组装
用途	专用	专用	专用	通用	通用	可以减少1套通用空工位工装或n套专用空工位工装	通用
质量/kg	1500~5500	200~500	30~100	3500~6900	150~260		300~400
占地面积/m ²	9n	9n	9n	9	4.5		9
周期/天	100	70	40	100	50	150	60
成本/元	60000n	6000n	2000n	90000	30000	250000	350000

注:n表示空工位工装套数

最大化利用。

参考文献:

[1] 李欢迎,赵明辉.浅谈冲压件拉伤的原因及解决措施[J].模具制造,2017,17(4):82-84.
[2] 李欢迎.浅谈冲压模具的实型评审[J].锻造与冲压,2020(14):57-60.

[3] 李欢迎.全景天窗顶盖外板废料收集方案研讨[J].锻造与冲压,2021(4):42-45.
[4] 李欢迎.轿车四门精度控制方案[J].汽车工艺师,2017(11):59-60.
[5] 李欢迎,刘少贤,崔金鑫.冷冲压模具风险评估研究[J].模具制造,2022,22(12):1-6.

MW 20240428