

航空企业经济模具及其应用

Application of Economic Mould and Die in Aviation Enterprise

中航工业成都飞机工业(集团)有限责任公司 王晓康 万世明 何万飞



王晓康

中航工业成都飞机工业(集团)有限责任公司技装设计所模具设计主管,工程师。从事模具设计工作 20 余年,具有丰富的模具设计经验。主持和参与多项科研课题,其中参与的课题《面向制造的工装快速设计系统》获部级三等奖;主持 QC 课题《提高高立边型材下陷成形合格率》,其科研组获全国优秀 QC 小组称号。

经济模具是在冲压加工生产中广泛采用的且技术、经济效益较好的一种先进模具。它包括特种的模具结构形式、模具材料以及特殊的制模方法。

实际生产中,各种钣金零件的质量要求不同,生产批量也不同。为了取得最大的技术-经济效益,有时就必须为满足某些方面的要求,而舍弃其他方面的要求。例如,为提高产品

实际生产中,各种钣金零件的质量要求不同,生产批量也不同。为了取得最大的技术-经济效益,有时就必须为满足某些方面的要求,而舍弃其他方面的要求。如,为提高产品的质量,必须采用高精度、结构复杂的模具,这就会提高模具成本并延长生产准备周期;而在需求量不大或对产品的质量要求不高时,就应该放弃对产品的高质量要求,尽量缩短生产周期、降低制模成本,这时就应该采用各种简单的经济模具结构形式。

的质量,必须采用高精度、结构复杂的模具,这就会提高模具成本并延长生产准备周期;而在需求量不大或对产品的质量要求不高时,就应该放弃对产品的高质量要求,尽量缩短生产周期、降低制模成本,这时就应该采用各种简单的经济模具结构形式。

本文针对航空企业钣金零件生产的独特性,列举了各类常见钣金零件类型及其对应模具结构形式,划分了属于经济模具的范畴,并对各类经济模具结构特点及应用范围进行了分析。

钣金零件技术、经济效益分析

对每一种有一定技术要求的钣

金零件,可选用不同的工艺方案(如:不同的模具结构形式和不同的模具材料与制模方法)。方案不同,工件的成本则不一样。

钣金零件的制造成本,受该件产量的影响很大。产量的增减变化,使钣金零件的制造成本发生波动。

通常冲压件的材料费、工时费、设备折旧费和企业管理经营费用等,都随钣金零件产量的变化而变化。产量越大,则这几项费用是成正比的增加,故此类费用成为可变费用 C_b 。模具制造费用则不同,一旦模具加工完毕,其费用基本上就保持不变了(维修费、保管费等占比例较小,可列入可变费用 C_b ,也可忽略不计)。模

具加工费用称为不变费用 C_a 。钣金件的制造成本 C 可表示为:

$$C=C_a+QC_b, \quad (1)$$

式中 Q 为钣金件产量。

要降低钣金件的制造成本,必须从降低 C_a 和 C_b 两方面考虑。显然降低不变成本和降低可变成本可以降低生产成本,从而增加企业的盈利,但这两种生产成本往往是互相矛盾的。生产中为降低钣金件的可变成本,即减少工时费、设备折旧费时,必然要采用生产效率高的复合模、连续模,甚至多工位级进模。但是这类模具的费用是较高的,即为了降低可变成本而不得不提高不变成本。同样为降低钣金件的不变成本,采用制造成本较低的简单模具时,又必然会降低生产效率,从而提高了可变成本^[1]。

降低钣金件的不变成本或可变成本的 2 种措施,对企业的总盈利情况的影响是不同的,尤其与产品的批量关系很大。小批量生产时,降低钣金件的不变成本效果明显;而在大批量生产时,降低可变成本可以取得更佳的效果。

总之,评价一种工艺方案的技术、经济效益是十分复杂的,它涉及工件的质量要求、批量大小、生产设备以及制模能力等多方面的因素。只有在熟悉各种常规冲压技术、冲压模具的基础上,再研究各种特殊的模具与技术,并结合本单位的实际生产能力,才能制定出合理的工艺方案,获得最佳技术-经济效益。

模具低成本制造实现的可行性分析

为实现模具的低成本制造,必须考虑 3 个方面的主要技术-经济效益指标:成本、周期、质量。3 个指标必须从设计、制造和使用综合考虑。设计在满足使用要求的同时,也要满足制造的可靠性;制造必须满足设计要求,同时制约设计,指导使用;使用应该了解设计与制造,制定合理

工艺方案,便于设计、制造^[2]。具体如下:

(1)应用同步工程(SE)。冲压同步工程(SE)是在产品设计阶段,冲压工艺师先期介入产品工艺性分析,把错误和缺陷消除在设计阶段,缩短模具的开发周期。运用同步工程之后省去了一个过程环节,使工装制造在最短的时间内开始,为制造提供充足的时间。

(2)制定合理的工艺方案。尽量采用特种工艺,如液压拉伸、橡皮囊拉伸等,能将多套模具缩减为一套模具;充分考虑生产批量的大小,小批量生产能降低制模成本,缩短制模周期;可采用各种简易模具,如低熔点合金模具、组合冲模等,可获良好的技术-经济效益;还必须对各类零件进行详细比对、分析,最大限

减少钳工加工工作量,以减少制模时对工人的技术水平要求。在以前的实际生产中常遇到有的模具,如液压型胎,模具较大,产品弯边面处为复杂变角度型面,而制造依据为样板,工人钳工量特别大,制模周期长,制模质量差。

总之,要实现模具的低成本制造必须采用最优化的模具结构、选用可回收利用或更有性价比的模具材料,并简化模具加工方法。

航空企业常见钣金零件类型及其适用模具

飞机钣金零件品种繁多、形状各异,模具结构也有其多样性。常见钣金零件类型和适用模具品种见表 1。

由表 1 可见,同一种类型的钣金零件,可用多种不同的模具冲裁或成

表 1 常见钣金零件类别及对应模具品种

常见钣金零件类型	适用模具品种
“L”形或“U”形等钣金弯件	型胎、液压型胎、闸压模、落锤模、弯曲模
圆形、方形或其他异形件	落料、冲孔、复合、级进模、薄板模
翻边孔	通用冲模、型胎、液压型胎、翻边模
标准圆孔	通用冲模、冲孔模
蒙皮类	拉形模、落锤模
长圆槽、矩形孔、斜角、半圆弧	冲孔模、切边模、通用冲模
“L”形、“T”形等型材零件	型材压模、拉弯模、闸压模、滚模、下陷模
抛物线形件、高方盒形件	拉伸模、充液拉伸模、旋压模、橡皮拉伸模

度实现左右合模或一模多件。

(3)影响模具制造的因素较多,如模具精度、型面难易、表面粗糙度与装饰、型孔与型腔的数量、热处理要求等。模具设计时,对模具元件精度、表面粗糙度、热处理硬度等不能提过要求,否则无谓增加成本。模具材料采用可回收、再利用的低熔点合金、聚氨酯橡胶等。对于冲裁模,在满足产品精度要求的情况下可加大冲裁间隙,降低成本。

(4)在制造时,须采用先进的机械加工、电加工、化学腐蚀等代替或

形。

在实际生产中,各种钣金零件的质量要求是不同的,生产批量也是不同的。适用于大批量生产的工艺方案、模具结构和模具材料,在小批量生产时可能就不适用。不能简单说使用简单模具就落后,而使用复合、级进模具等复杂模具就先进,因为它们有不同的使用场合。使用场合合理,能降低生产成本,获得效益就是先进的方案、先进的模具。

表 1 中,弯曲模比型胎、液压型胎、闸压模和落锤模的结构复杂,制

模成本高,弯曲模适用于工件批量较大时;复合模、级进模较单工序模具冲孔模、落料模更能保证工件内外形位置精度,生产效率高,但制模成本高、制模周期长,适于工件批量较大时;切边模没有全面考虑近似形状零件的共性,较通用冲模套数多、效率低、制模成本高^[3];翻边模模具结

构复杂,制模成本高,适于工件批量较大时;拉弯模较其它型材成形模具结构复杂,制模成本高,适于工件批量较大时;而拉伸模尤其多工序拉伸模较液压拉伸模等制模成本高,试模工作量大,适于工件批量较大时。而其余模具如型胎、落锤模、滚模等,制模成本低,能满足航空企业

钣金零件的试制或中小批量生产,属于经济模具范畴。

航空企业经济模具特点与使用范围

飞机钣金零件数量多,形状各异,相应使用模具品种多。与汽车零件相比,飞机钣金零件具有生产批量

表2 各种经济模具特点与使用范围

模具类型	模具结构要点	使用范围	技术 - 经济效益
型胎	(1) 模具结构简单 (2) 模具材料通常为低碳钢、不需淬火	(1) “L”形或“U”形等质量要求不高的钣金件或翻边孔 (2) 新机研制或小批量工件	(1) 模具成本低 (2) 制模周期短 (3) 产品成形质量一般 (4) 生产效率低
液压型胎	(1) 模具结构简单 (2) 模具材料通常为低碳钢、不需淬火	(1) “L”形或“U”形等质量要求较高的钣金件或翻边孔 (2) 新机研制或小批量工件	(1) 模具成本低 (2) 制模周期短 (3) 产品成形质量较好 (4) 生产效率低
闸压模	(1) 模具结构简单,通常为单凸模或通用凹模 (2) 模具材料通常为低碳钢	(1) “L”形或“U”形等较大几何尺寸钣金件、型材零件 (2) 质量要求一般的钣金件 (3) 中小批量工件	(1) 模具成本低 (2) 制模周期较长 (3) 回弹大,产品成形质量较低
落锤模	(1) 模具结构简单 (2) 模具材料通常为低熔点合金	(1) “L”形或“U”形等较大几何尺寸钣金件、蒙皮类零件 (2) 质量要求一般的钣金件 (3) 新机研制或小批量生产	(1) 模具材料可重复利用,模具成本较低 (2) 制模周期短 (3) 产品成形质量较低
单工序冲裁模 (落料模、冲孔模)	(1) 模具结构简单 (2) 模具材料通常为高碳淬硬钢材	(1) 圆形、方形或其他异形件 (2) 质量要求一般的钣金件 (3) 小批量生产	(1) 模具成本低 (2) 制模周期短 (3) 不能保证产品内外形位置精度
薄板模	(1) 采用标准化的模架和模芯零件 (2) 模具结构简单	(1) 大中型有色金属薄板 (2) 产品试制与小批量生产	(1) 代替复杂冲裁模具制造,降低模具成本 (2) 制模周期短
通用冲模	(1) 采用标准化的模架和模芯零件 (2) 按标准号或尺寸规格分类	(1) 直边、标准圆孔、长圆孔、或标准翻边孔 (2) 中、大批量生产	(1) 代替专用冲裁模具制造,降低模具成本 (2) 制模周期短
滚模	模具结构简单,同一规格型材可通用	(1) 型材零件弧形面成形 (2) 质量要求低的零件 (3) 试制或小批量工件	(1) 模具成本低 (2) 制模周期短 (3) 产品质量低 (4) 需反复滚制,生产效率低
下陷模	模具装于通用模座,不需专用导向、夹持装置,结构简单	(1) 型材零件弧形面、下陷压制 (2) 几何尺寸较小的零件 (3) 中、大批量生产	(1) 模具成本低 (2) 制模周期短 (3) 产品质量高
充液拉伸模	(1) 模具为半模结构,凹模形状简单,不须与凸模修配 (2) 模具材料硬度要求一般	(1) 抛物线形、盒形件成形 (2) 质量要求高的零件 (3) 中、小批量生产	(1) 对复杂零件也只需一套模具,模具成本较低 (2) 制模周期较短 (3) 产品质量高
橡皮拉伸模	(1) 模具为半模结构,不需单独制出凹模 (2) 模具材料硬度要求一般	(1) 抛物线形、盒形件成形 (2) 质量要求高的零件 (3) 中、小批量生产	(1) 对复杂零件也只需一套模具,模具成本低 (2) 制模周期短 (3) 产品质量高
旋压模	(1) 模具为半模结构,只需单独制出凸模 (2) 模具材料为精制层板或低碳钢	(1) 抛物线形、盒形件成形 (2) 质量要求低的零件 (3) 试制批或小批量生产	(1) 模具成本低 (2) 制模周期短 (3) 回弹大,料厚差异大,产品质量低 (4) 生产效率低,劳动强度大

小、研制周期短、产品更改频繁和产品定型周期长的特点。如果在航空企业采用汽车行业的生产模式,即采用大量复杂、精确、高效的模具,势必造成模具成本非常高昂,制模周期过长,这对于航空企业来说是难以承受的。为此,我们必须充分考虑航空企业生产特点,针对不同的生产条件,在生产中尽量采用能快速设计、制造,且成本低的模具类型,即经济模具。

经济模具的大量应用,使航空企业在生产中获得了良好的经济效益。表2所列航空企业常见经济模具的类型及其特点与使用范围。

经济模具应用案例

(1) 翻边孔成形。

技术要求:同时成形钣金零件腹板多个不同规格的翻边孔。

技术方案:使用液压型胎成形,见图1。

技术-经济效益分析:型液压胎成形用简易芯块作凸模,可同时成形多个不同规格的翻边孔,制模成本低;如用翻边模则需多套,且模具结构复杂,生产周期长,制造成本高。

(2) 大型复杂零件成形。

技术要求:口框类零件成形。

技术方案:使用落锤模成形,见图2,图3。

技术-经济效益分析:落锤模

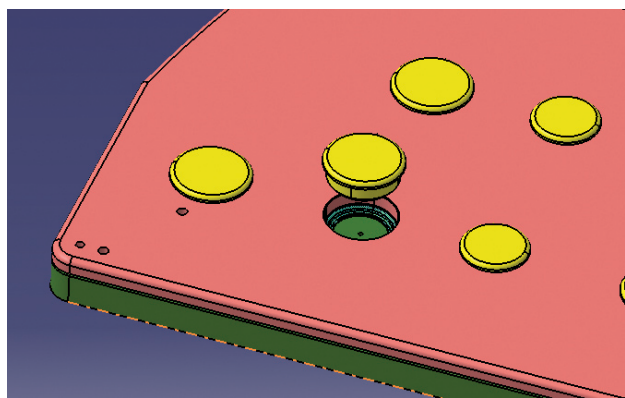


图1 用液压型胎成形翻边孔

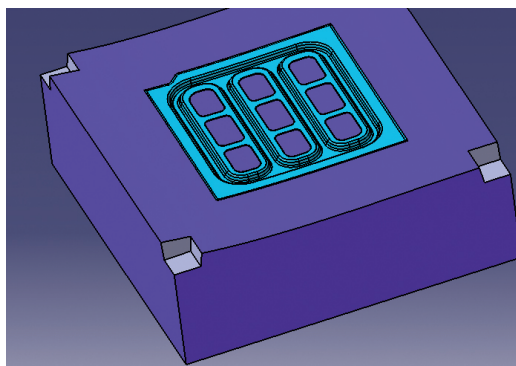


图2 用落锤模成形口框零件

用低熔点合金作上下模材料,制模周期短,可快速回收利用,模具制造成本低;如分别采用拉伸和弯曲模结

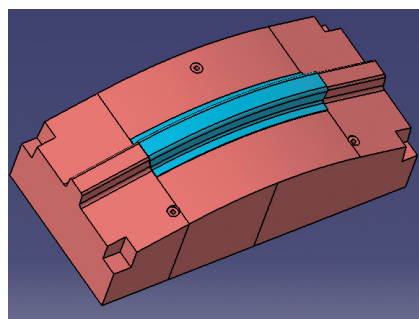


图3 用落锤模成形大型帽形件

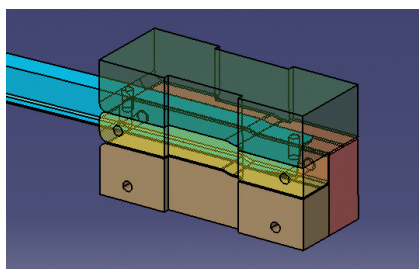


图4 用下陷模成形型材零件

构,则模具结构复杂,生产成本低,制模周期长。

(3) 型材成形。

技术要求:成形型材零件弧型面或下陷。

技术方案:用下陷模成形,见图4。

技术-经济效益分析:下陷模不

需模具导向和夹持装置,只需将模芯安装于通用模座上即可,制模成本低;如采用拉弯模结构,还需要在下陷处加侧压装置,使得模具结构复杂,制模周期长,模具制造成本高。

(4) 高方盒形件成形。

技术要求:成形零件型面。

技术方案:用充液拉伸模成形。

技术-经济效益分析:充液拉伸只需一套模具,凹模型面不需与凸模配型,模具材料硬度要求低,制模成本低;如采用普通拉伸模,则需多套模具,工序间痕迹明显,产品质量差,制模难度大,制模周期长。

结束语

随着更多新技术、新材料的应用,航空企业经济模具面临快速发展的趋势,如多点柔性成形技术、电磁成形技术、时效成形技术、增量成形和激光成形等技术等。在这些经济模具中有些是无模技术,有些是半模成形技术^[3]。这些特种技术的使用,将使经济模具品种更加丰富,使某些复杂、难成形零件的成形变得更加容易。

在现有经济模具的基础上,还需进一步优化模具结构,选用更有性价比的模具材料,采用新的、更简易的模具加工方法,和使用更多通用、组合模具,以期获得最佳的技术-经济效益。

参考文献

- [1] 中国机械工程学会塑性工程学会编. 锻压手册(第二版). 北京:机械工业出版社,2007.10.
- [2] 赵振铎,徐洪民,赵博. 经济冲压模具及其应用. 北京:化学工业出版社,2003.4.
- [3] 冲模设计手册编写组编. 冲模设计手册. 北京:机械工业出版社,1999.6.

(责编 三丰)