

一种用于冲压加工的冲裁拉伸成型复合模具的设计

徐洪 宋继秋^{通讯作者} 戴志阳 叶志平

(江西星火军工工业有限公司 江西 南昌 331729)

摘要: 本文以某民用纵火棒(破拆棒)用保险机构关键件为例,为了攻克箔类两段口径桶型精密件成型精度问题,展开了冲裁拉伸成型复合模具的设计研究。在零件成型工艺分析基础上,使模具在一个压力机(冲床)行程内完成冲裁、拉伸、成型三个工序,实现变口径桶型成型加工。该复合模具在一个冲程内保证零件两口径桶型的同心度偏差不超过0.04mm。结构精简,通常用于箔类桶型两段式结构类零件,尤其适用于对同心度有较高要求的精密件。配合滚动模架,可用于精度偏差较大的压力机,具有较高的实用价值。

关键词: 冲裁;桶型精密件;复合冲压模具;同心度;箔类零件冷加工

0 引言

冲压加工是材料成型加工中应用最广泛的加工方法之一。一般包含冲裁、折弯、拉伸和成型大类。利用力学原理,通过各种模具使原材料达成某种目标产品。中国经济的高速发展,成为了模具工业前进的动力。中国模具工业一直以来以年均15%左右的速度快速发展。冲压模具是中国模具工业的重要组成部分之一。

随着设计理念的不断更替,无论是军用产品或是民用产品逐渐趋向小而精致。相对的产品设计组装空间的逐渐缩小,导致微小冲压五金零件的应用更为广泛。针对于壁厚不足1mm的各式箔类冲压五金件,尤其是两段口径桶型件,采用一般级进冲压模具加工,加工过程中工步分散,相对位置精度难以保证。尤其对于变口径桶型件,一般采用以级进或是跳步加工方式,而一般精度级进模加工零件精度往往无法保证。超高精度激进模的加工费用动辄几十万元,且置换性低、磨损度高、模具寿命短。因此,更为符合生产需求的模具设计则显得十分迫切。

1 零件分析

图1所示为某警用纵火棒(破拆棒)用保险机构的关键件——隔火盒。材料为“铝箔1060-H18 0.3 GB/T 3198-2020”,即含铝量达到99.6%,经过热轧加工硬化

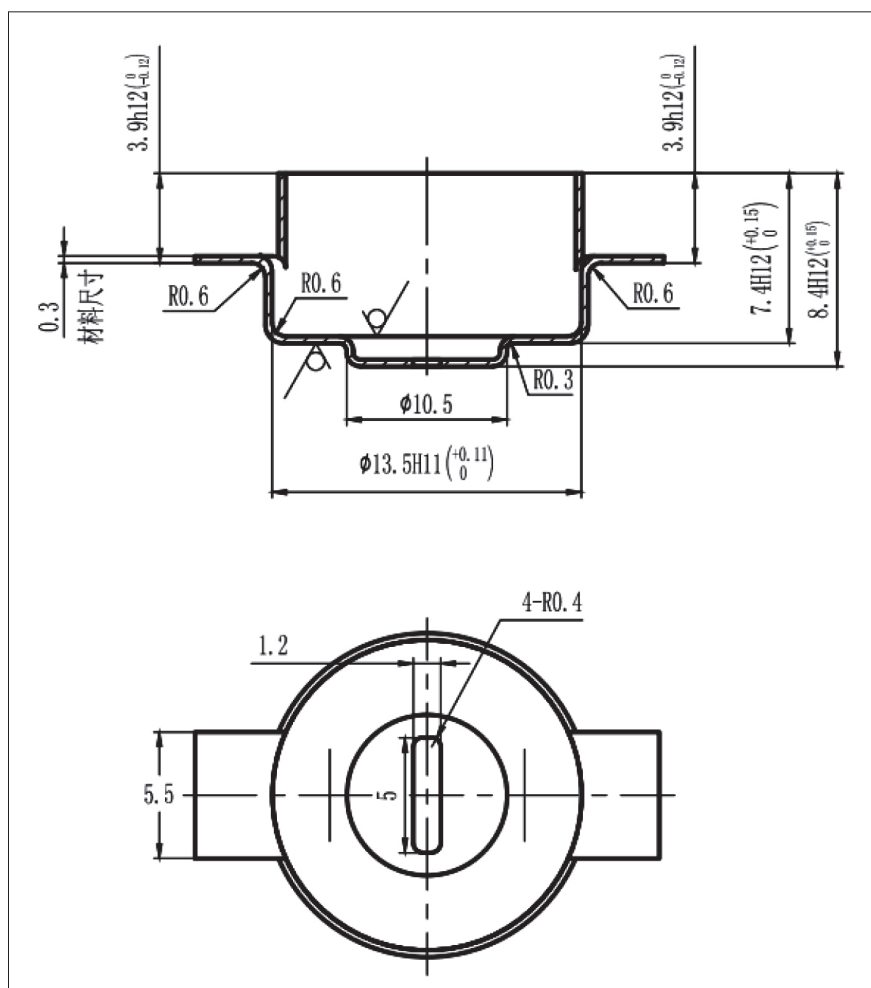


图1 隔火盒示意图

后达到硬状态的0.3mm厚度铝板材,其材料国家标准为GB/T 3198-2020。

结合预定型阶段试验,该零件的结构难点为 $\phi 10.5$ 的桶型凸台。该凸台部分下装配椎型解保簧,当解保钥匙穿过中心 5×1.2 方孔任意方向旋转 90° 后,两翼从

卡位挡片滑出空位,解保簧由全压缩状态恢复原长,弹力顶起隔火盒,隔火盒向上运动后脱离装配位,实现保险解除。药室内 GSL-4/7 改性双基粒状发射药大量接触空气实现发火,再经由石墨集火环向目标位置喷射火焰实现破拆目的。

隔火盒大桶型壁公差要求为 $0 \sim 0.11\text{mm}$,当凸台与零件大外径同心度超过 0.09mm 后会产生解保簧堆叠无法起跳弹射、隔火盒卡底座等缺陷。而凸台直径精度在该外径公差范围内等级内与缺陷无明显线性关系。加大外径无法起到隔火作用,继而影响产品性能。为保证警用产品的高有效性,产品定型阶段决定将两段口径同心度精度调整至 $Z' \leq 0.05\text{mm}$ 。

2 工艺分析

隔火盒零件可采用的加工方式分为单工序模加工、多工位级进模具加工和复合模具加工三种方案。

单工序模具加工工序一般为:(1)下料;(2)拉伸;(3)凸台墩型;(4)冲腰孔;(5)开双翼;(6)整形主要工序。制造过程件时需要根据工序添加加油、清洗、去毛刺等辅助工序。单工序模具一般适用于 $0 \sim 100$ 件极小批量试验件的加工。单工序模具可以最小程度节省模具制造费用。单工序产生的过程件可以清晰呈现单次工序对材料的影响,有利于分析材料的形状变化和力学响应程度;该实例零件在预定型阶段采用的是单工序模具与手工压力机,8h 定额为 50 件。定型阶段涉及以万为单位量级的生产加工,单工序模具加工不宜采用。

多工位级进模具加工工序一般为:(1)拉伸;(2)凸台墩型;(3)冲缺;(4)开双翼;(5)冲腰孔;(6)整形;(7)落料。多工位级进模具即将工序转化为同一模具的不同工位,适用于加工大批量、多工序、位置精度要求较低的产品。与位置精度成正相关的是级进模上料定位方式。一般选用为侧切刀定位或导正销定位。

当采用侧切刀定位时,侧切刀与料带加工精度误差为背离送料方向 $0.05 \sim 0.08\text{mm}$ 。侧切刀与料带加工精度误差与料带厚度成正比, 0.3mm 厚度硬料侧切刀与料带加工精度误差估值为 0.06mm 。递进带料工位误差为带料递进过程中侧切刀梯形加工带料面与定位销间隙配合产生的累计误差,估极限值 0.01mm 。影响两段口径筒型壁同心度的累计误差计算公式为:

$$Z = \sum_i Y_a + Y \quad (1)$$

式中: Y_a —递进带料工位误差;

Y —侧切刀与料带加工精度误差;

i —同心度精度相关模具工位数量。

估算得出,最小同心度的累计误差 $Z=0.08\text{mm}$ 。该

值为理论最小值,与预期同心度精度误差过于接近,该方案不予采用。

当采用导正销定位时,导正销与料带属于间隙配合,为避免挂料,配合间隙取 0.03mm 。冲定位孔凹模与凸模的加工间隙,估极限值 0.01mm ,与避免挂料配合间隙干涉,取大值 0.03mm 。递进带料工位误差为带料递进过程中定位孔以导正销的配合间隙,估极限值 0.01mm 。由公式(1)估算得出最小同心度的累计误差 $Z=0.05\text{mm}$,符合预期 Z' 。多工位级进模具制造询价阶段制造阶段,多位模具制造单位报价 ($30 \sim 35$) 万元,该产品合同期内定制数量为 1 万套,物料消耗及人员费用合计转换后单件零件加工为用最低为 30.4 元。挤压产品利润空间,也不予采用。

该零件工艺的困难度为同心度精度,理论上采用非成型必要机构越多,则累计误差越大。为满足产品需求,开展了冲裁拉伸成型复合模的研究。

3 模具设计、装配及工作原理分析

3.1 模具设计及分析

冲裁拉伸成型复合模装配图及过程件如图 2 所示。

采用传统下料冲压模结构,在冲裁下料拉伸的结构的基础上,采用嵌套结构及高强度弹簧,在模具内部再创造出一个施力机构,且施力大小可调,使模具在一个压力机(冲床)行程内完成冲裁、拉伸和成型三个工序,实现变口径桶型成型加工。

图 2 中核心成型模具零件为上凸模 3、上顶套 5、凸凹模 7、下凸模 8 和下凹模 11,采用 Cr12MoV 合金工具钢,具有高淬透性的特点,且韧性较高,淬火时体积变化最小,可经受较大冲击负荷的各种模具和工具。热处理要求为后淬火硬度凸模 3、下凸模 8 达到 HRC58 ~ HRC62,上顶套 5、凸凹模 7 和下凹模 11 为 HRC48 ~ HRC52。

退料板 9、压圈 12、退料套 13、下退料销 14、下压圈 15、凸模固定板 16、垫板 17 和压板 19 采用 45# 碳素结构钢,具有更高的强度和抗变形能力,有良好的综合机械性能。热处理要求为后淬火硬度达到 HRC40 ~ HRC45。

调节螺 1、模柄 2 和背帽 6 同样采用 45# 碳素结构钢,不做热处理要求。

其余零件均为标准件,橡皮圈 20 为半硬橡皮,可由多块橡皮堆叠组合,下退料销三件等高。

该复合模具影响两段口径筒型壁同心度的累计误差为:

$$Z = Y_1 + Y_2 \quad (2)$$

Y_1 为上凸凹模 7、下凹模 11 闭合后产的拉伸间隙与两零件制造公差取大值得出 $0.015\text{mm} \leq Y_1 \leq 0.02\text{mm}$;

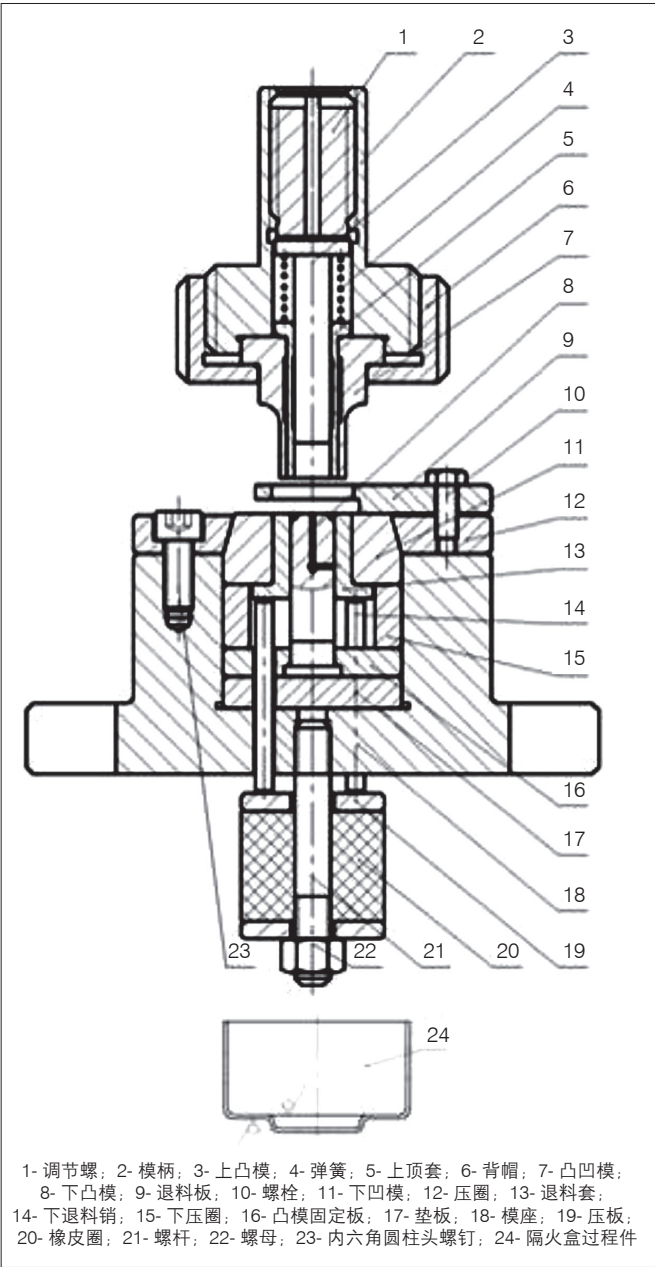


图 2 冲裁拉伸成型复合模示意图

上凸凹模 7 与上顶套 5 滑动配合间隙 $0.01 \leq Y_1 \leq 0.02\text{mm}$ 。

由公式 (2) 估算得出，影响两段口径筒型壁同心度的最大累计误差 $Z=0.04\text{mm}$ ，符合预期同心度精度 Z' 。

3.2 模具装配

调节螺 1 与模柄 2 螺旋装配；所述弹簧 4 套入上凸模 3，上凸模 3 与上顶套 4 上间隙配合，上顶套 4 与凸凹模 7 间隙配合；背帽 6 套入凸凹模 7 后与模柄 2 螺旋装配。

螺母 22 与螺杆 21 螺纹紧固；所述两件压板 19 夹橡皮圈 20 后套过螺杆 21；所述螺杆 21 另一端螺纹与模座 18 装配。

模座 18 内置垫板 17，下凸模 8 穿过凸模固定板 16 放置垫板 17 上，压圈 12 置于凸模固定板 16 上。所述

三件下退料销 14 穿过凸模固定板 16、垫板 17 和模座 18 的同位过孔，下端置于压板 19 上表面；退料套 13 放置于三件下退料销 14 组成的水平面上，且与下凸模 8、压圈 12 间隙配合；下凹模 11 与退料套 13、模座 18 间隙配合；压圈 12、凸模固定板 16、垫板 17 与模座 18 间隙配合；所述压板 19 套于下凹模 11 上端；与模座 18 通过螺钉 23 紧固；退料板 9 与压板 19 以螺栓 10 紧固。

压板 19 内孔斜面压迫下凹模 11 外斜面，受向下分力影响压圈 12、于凸模固定板 16、垫板 17 和模座 18 均无径向相对滑动。

装配后模具下部分安装在压力机（冲床）工作区工作台上，压块压紧模座 18 防止移动；装配后模具上部分安装在压力机（冲床）工作区模柄专用夹具中，夹具加紧模柄 2 防止移动。

3.3 工作原理

将代加工条料插入退料板 9 与压板 19 预留的工位，压力机带动模具上部分下冲，凸凹模 7 外圆表面与下凹模 11 相对滑动，料带塑性形变，将圆片毛坯与带料分离。退料套 13 下移露出下凸模 8，圆片毛坯被凸凹模 7 压住边缘推入凸凹模 7 内圆与下凸模 8 围城的间隙腔体，圆片毛坯受凸凹模 7 内圆表面摩擦力影响产生塑性形变形成桶状。此时，模具上部分下降至足够高度，弹簧 4 受调上凸模 3 挤压，根据胡克定律，弹簧 4 为回复原长为上顶套 4 提供一个向下的力，上顶套 4 下压刚形成性的平底桶型过程件底部与下凸模 8 的凸端合力将型过程件的平底挤压成另段口径较小的桶型。当压力机下行至最低点后回程，被下退料销 14 挤压的橡皮圈 20 回弹向上推挤，力通过退料销 14 传导至退料套 13。退料套 13 将成型零件 24 推出，推力将使隔火盒过程件 24 上跳撞到上凸模 3 下表面后弹落，被辅助设备空气压缩机的排气口出风吹飞。嵌套在凸凹模外圆表面的残料被退料板 9 挡住脱离，整个工作过程结束。

4 效果检查

该模具经过公司制造部精工组独立加工完成。安装于开式双柱压力机（型号：J23-10）。经调试，试生产合格后，已正式投入批量生产。零件实物如图 3 所示。隔火盒过程件试生产记录如表 1 所示。

生产数量统计通过开始压力机用飞轮计数器，合格

表 1 隔火盒过程件生产记录表

生产日期	生产数量 / 件	合格数 / 件	总合格率 / %
2021.03.22	2984	2942	98.59
2021.03.23	3131	3117	99.55
2021.03.24	3014	3001	99.57
合计	9129	9060	99.24

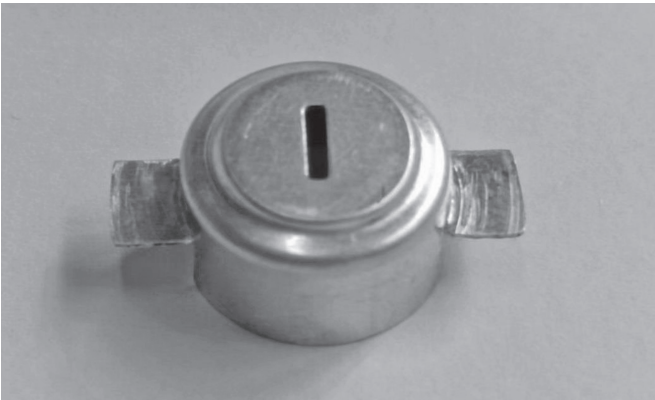


图 3 隔火盒实物图

数根据产品军控系统过程件随批票统计。
抽取生产三天中 9129 件产品中有 69 件为不合格品，不合格情况统计见表 2。

表 2 点铆缺陷类型统计

序号	不合格类型	数量 / 件
1	磕碰	44
2	材料点蚀	7
3	变形	18

由表 2 确定，生产中不合格品的主因是零件脱离工作台时，飞出落地磕碰，以及运输过程中零件会挤压变形。
分批抽取零件 100 件经影像测量仪（型号：VMA2515）投影测试均符合预期 Z'，该模具符合批产需求。

5 结语

冲裁拉伸成型复合模有效地保证了产品的精度需求，结构简单便于加工制造全套模具，制造费用小于 2000 元，符合利润空间需求，通用于国内普遍用开式双柱压力机，以压缩制造成本，从而拥有高效、长寿、易

加工和易更换等属性。
冲压产生产品轻薄、刚度加工工艺适应性好，相对于其他加工方法对原材料的利用率无法比拟。尤其对于薄壁精密件，冲压加工为首选。在冲压产品相关实体转化阶段会遇到诸多困难。原材料属性、产品设计理念、加工设备和经济性诸多因素为冲压模具设计设置条条边界，最终将产品方向推进快而不精。对于批量不足百万件以上、精度要求高的待加工产品，或是试验阶段设计变更频繁，与其一味地增加制造成本，追求复杂高速级进模，不如灵活设计传统模具结构。因此，恰当地探讨冲压模具设计理念，对科研创新的推动意义是不可估量的。

参考文献：

[1] 周韶冰，熊文华．冲压模具制造技术的发展现状与趋势探析 [J]．山东工业技术，2016(15):39.
[2]GB/T 3198-2020，铝及铝合金箔 [S].
[3] 陈炎嗣．多工位级进模设计与制造 [M]．北京：机械工业出版社，2006.
[4] 沈新民．高速级进冲模导正销干涉计算 [J]．机械设计与制造，1996(4):18-19.
[5] 齐卫东．简明冲压模具设计手册 [M]．北京：北京理工大学出版社，2010.
[6] 徐进，陈再枝，等．模具材料应用手册 [M]．北京：机械工业出版社，2001.

作者简介：徐洪（1968.01-），男，汉族，江西南昌人，大专，工程师，研究方向：机械制造及检测。

通讯作者：宋继秋（1989.01-），女，汉族，辽宁抚顺人，硕士研究生，工程师，研究方向：超高速碰撞下材料的力学响应及电磁效应。