

# 储存集成电路引线框架冲压防变形模具设计及应力控制研究

俞世友 刘国滔 王李发

(宁波德洲精密电子有限公司 浙江宁波 315000)

**摘要:** 引线框是存储 IC 的关键构件,其重量轻,强度高,尺寸稳定,其性能的优劣对 IC 的总体质量有很大的影响。引线框是一种薄板类零件,它的作用是对电子元件进行支撑、紧固,以确保其在贮存时的稳定运行。引线框零件在冲压成型时容易发生翘曲变形,严重影响了产品的质量和性能。所以,研究一种能有效地抑制引线框翘曲变形的冲裁模是非常有必要的。结合一个存储 IC 引线框的实例,在分析其结构特点的基础上,给出了抗变形模具的设计方法。并通过有限元模拟仿真对该方案进行验证,结果表明该方案能够有效地解决引线框架变形问题。

**关键词:** 集成电路; 引线框架; 模具设计; 应力控制

## 引言

引线框是一种具有重量轻、强度高、尺寸稳定的薄板类零件,在电子产品制造中得到了广泛地应用。引线框受结构、材质等因素的制约,在成形时容易发生翘曲变形,从而导致制造成本上升,产品质量下降。为此,对引线框零件进行了工艺分析,并给出了相应的模具设计方法。导框通常是由若干个薄板构件组成,各构件具有沿厚度方向的弯曲变形。为减小零件的质量,应采取相应的工艺措施,以降低零件的弯曲变形。在此基础上,针对导架的结构特点,提出了一种可避免导架翘曲变形的冲裁模设计方法,并利用有限元数值模拟对其进行了验证。实验证明,采用这种方法可以很好地解决引线框的翘曲变形。

## 一、引线框架结构分析

引线框架由两个平面组成,其中一个平面是固定的,另一个平面是活动的。由于引线框架属于薄板零件,其厚度仅为 1 mm 左右,且引线框架的材料为铝,具有良好的强度和塑性,因此在冲压过程中极易产生翘曲变形。在深入分析引线框架的结构特征时,注意到了几个关键的设计细节。这种框架结构的两侧呈现出对称性,这一点从其外观上就可以清晰地辨认出来,而更令人印象深刻的是,它的上下两部分之间有着显著的高度差,这种高度的差异不仅体现了框架的稳固性和稳定性,同时也暗示着它可能具备一定的承载能力<sup>[1]</sup>。

进一步探究,可以发现引线框架的长度方向上有明显的拉伸变形现象,这是由于材料在拉伸过程中发生的弹性恢复造成的。这种

变形不仅影响了框架的外观质量,而且还对其内部的机械性能产生了一定的影响。在这个复杂的引线框架中,包含了多个组成部分,其中最显眼的莫过于底部以及两侧的引线槽。这些部分都是实现电子元件或电线连接所不可或缺的部件,它们共同工作以确保整个系统能够高效、稳定地运作。最后一个值得关注的特点是,引线框架底部与引线槽之间的间隙,这一设计允许在不同组件之间进行微小的移动或调整,从而为装配和维护提供了便利。这种间隙的存在对于满足特定的应用需求至关重要,它确保了即便在极端条件下,引线系统仍能保持紧密且安全的连接状态。通过上述分析可以看出,引线框架的翘曲变形问题主要是由两部分结构所导致的,即引线框架两侧对称和引线框架与引线槽之间存在较大的高度差。

## 二、模具材料选择及热处理

对引线框架模具进行热处理时,为达到较好的综合性能,应选择合适的热处理工艺。一般来说,在保证一定的强度、硬度条件下,尽量使材料得到最好的结构与性能。由于引线框架易产生裂纹及压痕变形,故引线框架模具宜选用硬化硬度 $\geq 60$  HRC 之材质。另外,在冲压过程中,零件表面会有残留应力,这对引线框有很大的影响。采用 GCr15SiMn 钢作为引线框架的模具。在热处理过程中,可以根据引线框零件的具体条件,对其进行预热或淬火。

首先,模具在进入热处理前必须经历预热处理过程,此步骤是为了确保其内部结构达到所需的机械性能要求。具体操作是将模具置于高温环境下,使其温度提升至至少 1000℃ 以进行初步的软化和强化作用。随后,进入淬火处理阶段,这是一个关键环节,它涉及

对模具表面进行局部加热,然后迅速冷却至设定的淬火温度范围内(820℃至850℃)。这样做可以有效地减少模具在工作状态下可能出现的裂纹或变形风险。最后,经过淬火的模具需要进行回火处理,这个过程包括再次将其加热至450℃至600℃之间,保持一定时间(通常为1小时)以便材料能充分吸收热量并恢复其原始形状。回火之后,模具会呈现出期望的硬度和强度特性,为接下来的冲压加工做好了准备。

预处理完成后的模具必须通过严格的检测程序来确认其质量是否合格。只有当所有检测项目均显示符合标准时,这些模具才能被允许用于后续的冲压加工任务。通过这种严谨而系统的预处理流程,可以显著提高模具的整体性能,确保它们能够满足高精度、高效率的生产需求。

### 三、防变形模具设计

为避免引线框在冲压时发生翘曲变形,有必要使其在成形时保持均匀的应力分布。针对这一问题,提出了一种防变形模的设计方法,在导框底部加装防变形构件。在精密的电子产品生产过程中,引线框作为连接各个组件的关键部件,其稳定性至关重要。为了确保引线框在成型过程中不会因为各种原因出现翘曲变形,必须采取一系列精心设计的措施。首先是防变形模结构,这是一种特殊的模具结构,它能够有效防止引线框的过度拉伸或压缩导致的变形。这种结构通常位于引线框的底部,与之配合使用的还有抗变形结构,它被安装在该底部以进一步强化引线框的整体稳定性和可靠性<sup>[9]</sup>。

为了精确控制引线框在铸模中的位置,引导定位块被巧妙地布置于铸模的底部,这些定位块的作用是确保引线框在加热和冷却过程中能保持正确的位置,从而保证最终产品的质量。同样,一个专门设计用于此目的的引导定位块,也被安置在铸模的底部,以实现更加精确的定位效果。最后但并非最不重要的一点是,防翘曲支撑板的应用,它位于引线框底部。这个部件的主要功能是支撑引线框免受热应力影响,并减少因外力冲击而产生的变形风险。通过在引线框底部设置防翘曲支撑板,可以有效预防因温度变化或其他因素导致的翘曲问题,保障了整个生产流程的顺利进行。

### 四、冲压应力分析及控制措施

引线框是由薄板构成的,其材质强度不高,容易发生变形。利用ANSYS对引线框的冲压工艺进行了数值模拟,从冲压过程中的应力分布曲线图可以看到:在冲压过程中,各部分的应力变化情况,能够看到,因为材料自身的厚度差异,所以在冲压时,会产生不同的应力集中。为解决该问题,需要在产品结构设计中,对薄板进行适

当的设计优化。首先,可以采用合理的零件结构,利用曲面过渡来改善零件应力集中现象。其次,可以在材料厚度较薄时适当增加坯料厚度以降低应力集中现象。最后,还可以通过模具结构设计来解决应力集中问题。此外,为了解决该零件冲压变形问题,可以通过优化模具结构来实现。对于引线框架产品结构进行分析可知:在整个冲压过程中,材料变形主要发生在板料与板料之间的间隙处;板料与模具接触区域受到的变形程度最大;凸模与凹模间隙越大,凸模刃口越尖锐,凹模与凸模之间的间隙越小<sup>[9]</sup>。

#### 4.1 压边力

冲压成形过程中,板材与模具之间的接触部位处于受压状态,如果施加压应力,则会增大板材承受的最大压应力,使其在凹模中的变形量增大,进而引起塑性变形。要解决这个问题,必须对模具进行防撞。此外,也可以在模具的设计中考虑使用组合式的冲压工艺。通过采纳这种巧妙的设计方案,可以看到,上模与下模被精心地叠加在上模之上,形成了一个坚固而紧密的整体。这样的结构不仅紧凑,而且在功能和可靠性方面都有显著的提升。通过这种创新的叠合方式,我们能够确保各个部件之间的协调配合,从而实现了一种既经济又高效的制造流程。这种方法使得产品在保证性能的同时,也大大提高了其生产效率。在此基础上,进一步提高了成形过程中的压边力、压边力的作用范围,降低了板材的变形。当在复合式冲压工艺中增加压边力时,板材的最大压应力值将会减小。

#### 4.2 模具间隙

通过减小凸、凹模的间隙,增大凸、凹模的接触面,减小摩擦因数,延长冲模的寿命。所以,在进行冲模时,需要对冲模的间隙进行适当的选取。如果间隙太大,凸模的刃口会很尖锐,冲裁时很容易将板材切断;如果间隙太小,凸模的刃口就会变钝,在冲裁板材的过程中,也会对材料造成损伤。针对引线框产品独特的几何形状和复杂的冲压加工需求,本研究提出了一种创新的解决方案。该方案旨在通过精密设计与精细控制,在确保冲压质量满足严格标准的前提下,最大限度地降低凹模之间的间隙差异。这种方法不仅提高了生产效率,还优化了材料的利用率,为引线框产品的制造提供了一种既经济又高效的方法<sup>[9]</sup>。

#### 4.3 冲裁力

冲切压力是指冲模作用于模具上的冲切力。在下料过程中,若无冲切作用力,料会向反方向流动。材料在拉伸时会发生屈服,并随变形量的增大而减小。如果材料的屈服限等于拉应力,则可以充分伸展。所以,在下料过程中,下料压力一定要比屈服值与拉应力

之和。该产品的导框结构的冲压压力为 700 N。从上述分析可以看出：提高冲头、凹模的刃口力可以提高其强度，但这样做会加大板料的形变程度，进而降低制品的质量。因此，在进行加工操作时，必须细致考量刀刃的设计与尺寸，精准地选择合适的形状和宽度，这样才能有效减少板材在加工中的变形问题。通过精心挑选的刀具，可以显著提升成品的整体质量，使得最终产品更加符合生产标准，满足客户的高要求。

#### 4.4 压边圈

压边是冲压模的关键部件，其作用是约束凹模与冲头的相对移动，防止它们互相接触而引起的磨损、拉伸等故障。在选用压边环时，应从材料的强度、硬度等方面综合考虑，尽量选用柔软的压边圈。通常，压边应该和凹模刀刃一起使用，但是在冲压过程中，不能全部褪去。由于在实际生产中，为了确保冲压零件的质量，通常需要将压边环始终置于凹模刀刃之上或之下。再者，需要注意的是，在冲压作业中，冲压模具与其自身之间的相对移动也是至关重要的。特别是当压边环与冲头、冲模之间的间隙未能得到充分扩展时，它们间的接触将不可避免地加剧，从而导致摩擦现象的产生。这种情况往往发生在冲头和冲模经过长时间使用后，磨损程度已经相当严重的时候。因此，保持适当的间隙对于减少摩擦、延长模具的使用寿命和确保冲压效率都是非常关键的。

#### 4.5 拉伸筋间距

拉伸筋是影响零件成型的一个关键因素。在板材厚度超过材料屈服极限的情况下，采用拉伸筋可以有效地防止板材开裂，并能有效地降低板材在厚度方向上的变形。在板材厚度低于材料屈服极限的情况下，拉伸筋能够有效地增强板材的塑性变形能力，减小板材与模具间的摩擦力，减少起皱和断裂的危险，延长了模具使用寿命。在确定拉伸筋间距的情况下，拉伸筋的个数及布局方式直接关系到成型时的应力、应变分布，并对最终成型的工件的尺寸精度产生重要的影响。

### 五、冲压工艺分析及冲压设备选型

在深入研究了存储 IC 引线框的结构特性及其使用的材料后，针对其冲压加工过程中遇到的具体问题进行了细致分析。通过对比实验和多次测试，得出一个关键结论：在进行冲压加工之前，应先对引线框进行下料工作，这是保证后续冲孔加工顺畅的基础步骤。为了达到这个目的，设计并制造了一款专门的模具。该模具的几个显著特点如下：首先，它采用了高压冲床技术，这种技术能够有效地

克服传统冲压设备在处理复杂形状时所面临的限制，提供更高的加工精度和效率。其次，由于高压冲床的运用，模具的尺寸控制能力得到了显著提升，尤其是在对合金引线框的加工上，能够实现更为精准的冲孔和切割操作。最后，改进后的模具在引线框的冲压面设计上也做了重大调整<sup>9</sup>。原本不规则的冲裁方式被规整的冲裁所取代，这样的改变不仅增强了零件的整体稳定性，而且简化了生产流程，使得产品的一致性和可重复性大大提高

由于模具设计的优化，引线框在冲压过程中不会出现开裂和起皱现象，这直接关系到最终制品的外观质量和可靠性。因此，这种新型模具在提升产品质量方面起到了决定性作用，确保了制品能够满足高标准的性能要求，同时也为生产商节省了大量的后期返修成本。由于冲模在工作过程中受到的压力与冲头高度成正比，所以要选用合适的冲头，才能保证导架的工作需要。考虑到落料板与模具接触部分不能过薄或过厚，因此落料板刃口尺寸应在 20 mm 以上。

#### 结语

引线框架作为一种薄板零件，在冲压加工过程中极易出现翘曲变形现象。本文根据引线框架的结构特征，提出了一种冲压防变形模具设计方案，通过有限元模拟仿真，验证了该方案能够有效地解决引线框架的翘曲变形问题。然而，要使这一设计方案在工业实践中得到广泛采纳，并不是一件容易的事。它需要经过严格的实验验证，以确保其有效性和可靠性。本文的工作为理解和优化引线框架的冲压加工提供了有价值的洞见，这些洞见对于指导实际操作时如何有效地控制材料流动，减少变形，以及如何提高产品质量和加工效率。虽然这项研究还处于初步阶段，但它对于推动相关领域的发展无疑具有重要的指导意义。

#### 参考文献：

- [1]韦贺.铜镍硅系合金中织构对性能和残余应力的影响及作用机制[D].北京科技大学,2021.DOI: 10.26945/d.cnki.gbjku.2021.000335.
- [2]张锋.框架镀层对铝线封装工艺及产品可靠性影响的研究[D].哈尔滨工业大学,2018.DOI: 10.27061/d.cnki.ghgdu.2018.001467.
- [3]宁文乐,李志伟,肖新杰,等.融合注意力和多级残差的引线框架表面缺陷检测方法[J/OL].光电子·激光,1-13[2024-05-01]
- [4]叶明盛,时亚南,李菊萍,等.线性霍尔磁传感芯片用引线框架设计[J].传感器与微系统,2024,43(02):124-126.
- [5]李翰冬,张振峰,刘志林,等.引线框架用 C19210 铜合金异形带连续挤压有限元模拟[J].塑性工程学报,2023,30(09):17-26.