

# 复合材料薄壁件成型模具设计探讨

张志雷

西安市阎良区蓝天路19号28栋1单元 身份证号码: 1405111986\*\*\*\*3536

**摘要:** 复合材料薄壁件在航空航天、汽车制造、船舶建造等领域具有广泛应用,因其具有高强度、轻质、抗腐蚀等优点。然而,复合材料薄壁件的成型过程中存在一些挑战,如复杂的形状、高精度要求、纤维方向控制等。因此,设计合适的成型模具对于实现高质量、高效率的复合材料薄壁件生产至关重要。

**关键词:** 超薄壁件; 模具结构; 粗糙度

## 引言

薄壁件通常具有复杂的几何形状,传统的加工方法可能无法满足其高精度和复杂度要求。通过设计专用的成型模具,可以实现复合材料薄壁件的精确成型,包括曲线、孔洞、螺纹等细节。采用成型模具进行连续或批量生产,能够大幅提高成型效率。相比手工操作或其他加工方式,模具成型能够保持一致的产品质量,同时减少成本和时间消耗。薄壁件通常需要使用复合材料,而复合材料的成本较高。通过模具设计,可以最大限度地减少材料的浪费,提高材料利用率。模具成型可以保证产品的尺寸精度、表面质量和结构一致性。通过合理设计和制造模具,可以避免成型过程中的缺陷和变形问题,获得高质量的薄壁件产品。利用模具进行成型,可以简化复合材料薄壁件的制造工艺。相比其他加工方法,模具成型通常具有较少的生产步骤和工序,从而减少了操作环节、人工干预和可能导致的误差。

## 一、绝缘筒体及模具特性分析

### (一) 绝缘筒体特性分析

绝缘筒体是一种常用的电气绝缘材料,用于保护电力设备和电气元件免受电流干扰、短路和漏电等故障影响。绝缘筒体作为电气绝缘材料,其最重要的特性就是具有良好的绝缘性能。它应具备高绝缘强度,能够有效阻隔电流的传导,从而确保设备运行的安全性和稳定性。绝缘筒体需要具备一定的耐电压能力,即在给定的电压条件下,能够承受并阻断电流,防止电击和电击危险。这需要材料具备足够的击穿电压和绝缘电阻。绝缘筒体通常会暴露在各种工作环境中,包括潮湿、腐蚀性介质等。因此,它需要具备一定的抗化学腐蚀性,能够抵御酸、碱、油等化学物质的侵蚀,保持绝缘性能的稳定性。绝缘筒体在使用过程中需要承受一定的机械载荷或外力作用,如挤压、拉伸、压缩等。因此,它需要具备足够的机械强度和耐久性,以确保其不会破裂或变形,并能长时间保持绝缘性能。对于高压设备来说,绝缘筒体还需要具备较好的灭弧特性。即当电弧发生时,能够迅速将电弧熄灭,并防止电弧进一步蔓延,以保护设备和人员的安全。绝缘筒体通常需要按照特定的尺寸和形状进行加工,因此其加工性能也是一个重要考虑因素。绝缘筒体材料应易于切削、成型和组装,以满足不同设计要求。

### (二) 模具设计要点分析

模具设计在绝缘筒体的生产中起着关键作用,模具的结构设计应符合绝缘筒体的形状和尺寸要求。合理的结构设计能够保证成型过程中材料充填均匀、变形小,并且便于模具的制造和维护。模具材料应选择具有足够硬度、耐磨损和耐腐蚀性的材料。常用的模具材料包括工具钢、硬质合金等。根据具体要求,还可选择具有导热性能的材料,以确保成型过程中的温度控制。绝缘筒体的成型过程通常需要进行冷却,以加快成型周期和控制材料的收缩。模具设计应考虑合理的冷却系统,包括冷却通道的位置、尺寸和布局。通过优化冷却系统,可以提高生产效率和产品质量。模具表面处理对于绝缘筒体的成型质量和表面光洁度至关重要。常用的表面处理方法包括电镀、喷涂、抛光等,可以提高模具的耐磨性、降低粘模现象,

并使得成品的表面光滑度更高。绝缘筒体通常具有较高的几何精度要求,因此模具的加工精度也非常重要。模具的加工精度包括模具尺寸、平面度、垂直度等方面的控制。通过严格控制模具的加工精度,可以保证绝缘筒体成型的精确性和一致性。模具在使用过程中可能需要进行拆卸、清洁和维护。因此,模具设计应考虑易于拆卸和组装,以便于操作人员进行必要的维护和保养。

## 二、模具结构设计和制造特点

### (一) 模具零件材料

在模具结构设计和制造中,选择适当的模具零件材料非常重要。常用的模具基座材料包括工程塑料、铸铁、钢等。选择适当的基座材料可以提供足够的强度和刚性,以支撑模具的各个部件,并保证整个模具的稳定性。用于制造模具芯和腔的常见材料包括工具钢、硬质合金等。这些材料具有优异的硬度、耐磨性和耐腐蚀性,能够承受高压、高温和重复使用的要求,同时保持良好的尺寸精度和表面质量。用于模具导向零件(如导柱、导套)的材料应具备良好的耐磨性和耐热性,以确保模具的准确定位和长期稳定运行。通常采用的材料包括工具钢、硬质合金、高温合金等。模具冷却系统中使用的材料需要具备优良的导热性能和耐腐蚀性。常见的选择包括铜合金、不锈钢等,以确保冷却介质能够有效地冷却模具,并防止管道堵塞或损坏。模具在工作过程中需要保持稳定的密封性能,以防止塑料或金属熔融物泄漏。常用的密封材料包括橡胶、硅胶等,具有良好的耐高温、耐化学腐蚀和弹性恢复性能。

在选择模具零件材料时,需要根据具体的应用需求和工艺要求综合考虑材料的物理特性、机械性能、耐磨性、耐腐蚀性、热稳定性等因素。同时,还需要考虑材料的可加工性,以确保模具的制造过程具有高效性和可靠性。

### (二) 模具结构及脱模方式

模具结构是指模具的整体构造和组成方式,它直接影响到模具的使用效果和生产效率。模具结构设计需要考虑到产品的形状、尺寸和加工要求,以及模具的制造和使用条件。模具通常由上模和下模组成,上模和下模之间通过导向装置进行定位和导向。上模和下模的结构设计需要考虑到产品的形状和尺寸,以及模具的制造和使用要求。滑块和顶针是模具中常用的辅助构件,用于实现复杂形状的成型和脱模。滑块和顶针的结构设计需要考虑到产品的形状和尺寸,以及模具的制造和使用要求。脱模方式是指产品从模具中取出的方式。常见的脱模方式包括顶出式脱模、侧出式脱模、底出式脱模等。脱模方式的选择需要考虑到产品的形状和尺寸,以及模具的制造和使用要求。

### (三) 凸模与凹模的制造

凸模与凹模是常见的模具结构中的两个关键部分,它们的制造过程通常包括以下几个步骤:设计凸模与凹模结构:根据产品的形状和尺寸要求,进行凸模和凹模的结构设计。凸模一般用于塑料或金属材料的成型,而凹模则与凸模相配合。设计过程中需要考虑凸模和凹模的形状、尺寸、结构的可制造性以及成型过程中的冷却和顶出等要素。根据凸模和凹模的使用要求,选择适当的材料。常用

的凸模和凹模材料包括工具钢、硬质合金等。这些材料具有高强度、硬度和耐磨损性,能够满足模具的使用寿命和稳定性要求。利用数控加工设备对凸模和凹模进行精密加工。数控加工可以保证模具的尺寸精度和表面质量,同时还可以提高生产效率和降低人为误差。为了提高模具的硬度和耐磨损性,常常对凸模和凹模进行热处理。热处理的方法包括淬火、回火等,以增强材料的机械性能和抗磨损性。为了减少模具在成型过程中的摩擦阻力和黏连现象,可以对凸模和凹模进行表面处理。常用的表面处理方法包括电镀、喷涂和抛光等,以提高模具的耐腐蚀性和表面质量。完成凸模和凹模的制造后,进行组装和调试工作。组装包括将凸模和凹模的各个部分组合在一起,并进行必要的精密调整,确保模具的配合精度和工作稳定性。凸模与凹模的制造过程需要高度精密和专业的技术,以确保模具的质量和性能符合要求。同时,制造过程中还需要严格控制尺寸、加工精度和表面质量,以确保凸模和凹模能够满足产品的形状和尺寸要求,并具备较长的使用寿命。

### 三、合模力及脱模力的分析与计算

#### (一) 合模力的试验分析与有限元计算

计算合模力是指在模具闭合过程中,上模和下模之间所受到的力。合模力的大小直接影响到模具的结构设计和选材,以及模具的使用寿命和生产效率。合模力的试验分析是通过实际的试验来测量和分析合模力的大小和分布情况。试验分析可以通过安装力传感器或应变计等测量设备来实时监测合模力的变化,并记录下来进行后续的分析 and 计算。有限元计算是一种常用的数值计算方法,可以通过建立模具的有限元模型来模拟和计算合模力的大小和分布情况。有限元计算可以通过对模具结构和材料的建模,以及施加相应的加载条件,来模拟模具闭合过程中的力学行为,并计算出合模力的大小和分布情况。合模力的试验分析和有限元计算可以相互结合,互为补充。试验分析可以提供实际的合模力数据,验证有限元计算的准确性和可靠性;而有限元计算可以通过建立模型和模拟计算,预测和优化模具的结构设计和选材,提高模具的使用效果和生产效率。

总之,合模力的试验分析和有限元计算是分析和计算合模力的常用方法,可以帮助优化模具的结构设计和选材,提高模具的使用效果和生产效率。

#### (二) 脱模力计算

计算脱模力是指在模具开启过程中,产品从模具中取出所需施加的力。脱模力的大小和分布情况直接影响到模具的结构设计和选材,以及产品的质量和生产效率。经验公式法是根据实际经验和统计数据,通过一些经验公式来估算脱模力的大小。这些经验公式通常基于产品的形状、尺寸和材料特性等因素,可以提供一个大致脱模力估计值。解析法是通过建立模具和产品的几何模型,结合材料力学理论和接触力学原理,进行解析计算来确定脱模力的大小和分布情况。解析法需要考虑到模具和产品的几何形状、材料特性、接触面积和摩擦系数等因素,可以提供较为准确的脱模力计算结果。有限元法是一种数值计算方法,通过建立模具和产品的有限元模型,施加相应的加载条件,进行数值计算来确定脱模力的大小和分布情况。有限元法可以考虑到模具和产品的复杂几何形状、材料非线性性和接触非线性性等因素,可以提供较为准确的脱模力计算结果。

脱模力的计算需要综合考虑产品的形状、尺寸和材料特性,以及模具的结构设计和选材。合理的脱模力计算可以帮助优化模具的结构设计和选材,提高产品的质量和生产效率。

### 四、模具制造与筒体生产

#### (一) 模具制造

模具制造是指根据产品的形状和尺寸要求,设计和制造用于生产该产品的模具。首先进行产品的设计,确定产品的形状、尺寸和特征。然后根据产品设计要求,进行模具结构设计,确定模具的组成部分、开口方式、顶出系统、冷却系统等。选择适当的材料用于

制造模具。常见的模具材料包括工具钢、硬质合金、铝合金等。材料的选择需考虑产品的材料特性、模具的使用寿命要求、成本等因素。利用数控机床对模具零部件进行精密加工。数控加工可以保证模具的尺寸精度和表面质量,提高生产效率和降低误差。对模具适当部件进行热处理,以提高其硬度和耐磨性。常见的热处理方法包括淬火、回火等,根据材料的不同进行选择。将模具的各个零部件进行组装,并进行必要的调试工作。包括调整模具的配合精度、顶出系统的顶出量、冷却系统的流动性等,以确保模具顺利运行。进行模具的检验,确保模具的质量和精度符合要求。然后进行试模,确保模具的性能和工作稳定性。在模具制造过程中,需要注重材料的选择、加工精度的控制、热处理的合理应用以及组装和调试的精细工作。同时,还需要根据产品的特点和生产需求,灵活应用不同的开模方式、顶出方式、冷却方式等,以提高模具的使用寿命和生产效率。模具制造是一个精密和复杂的过程,需要技术经验丰富的专业人员进行指导和操作。

#### (二) 薄壁筒体生产和检验

薄壁筒体生产是指制造具有较薄壁结构的筒状产品的生产过程。这种类型的产品通常在食品包装、化妆品容器、塑料杯、管道等领域中广泛应用。首先进行薄壁筒体产品的设计,确定其形状、尺寸和特征。然后根据设计要求制造适用于薄壁筒体生产的模具。模具通常包括上模和下模两个部分,可以根据具体产品要求设计开模方式和顶出系统。选择适用于薄壁筒体生产的塑料原料。常见的原料包括聚丙烯(PP)、高密度聚乙烯(HDPE)等。确保原料的质量稳定性和适应性。使用注塑机将熔化的塑料原料注入到模具中,经过加压和冷却过程,使塑料在模具中固化成型。通过控制注塑参数,如温度、注射速度和压力等,实现薄壁筒体产品的高效生产。在薄壁筒体生产过程中,采用条件冷却技术以控制产品的收缩和变形。通过调整冷却系统的设计和冷却时间,实现产品的尺寸稳定性和一致性。在薄壁筒体成型后,需要进行修整和整形工序。这包括去除可能存在的毛刺、凹陷或瑕疵,并确保产品表面光滑和无明显缺陷。对薄壁筒体产品进行检验和质量控制,以确保其符合设计要求和产品标准。常见的检验方法包括外观检查、尺寸测量、物理性能测试等。必要时可利用先进的成像技术进行非接触式检测。薄壁筒体生产过程中关键的是模具的设计和制造,注塑成型的参数控制,以及质量控制和检验的严格执行。通过优化生产流程、选用合适的原料、控制加工条件和检验过程,可以提高薄壁筒体产品的质量和生产效率。

### 五、结束语

随着新型复合材料的不断涌现,对于成型模具的设计提出了更高的要求,研究可以帮助推动新材料在薄壁件制造领域的应用。通过深入研究复合材料薄壁件成型模具,能够提供优化设计方法和指导,使成型模具更加适应特定形状的薄壁件,提高成型效率和质量。合理的成型模具设计可以减少材料的浪费,降低生产成本,提高生产效益。成型模具设计的改进不仅可以提高生产效率,还可以提升产品的质量和一致性,增强企业的技术竞争力。通过优化成型模具设计,进而减少废料和污染物的产生,促进环保型制造的发展。

### 参考文献:

- [1]吴仲城,沈春山,申飞,等.稳态强磁场装置中央控制系统设计方案[R].合肥:中国科学院强磁场科学中心,2008.
  - [2]黄文煜,杨浩,周栋,等.复合材料方杆缠绕成型模具设计及工艺研究[J].航天制造技术,2021(2):40-43.
  - [3]王兴忠,薄东海,马吉川.基于RTM工艺的复合材料成型模具设计研究[J].纤维复合材料,2021,38(3):47-51.
  - [4]李思良.塑件对型芯包紧力和脱模力的计算[J].模具工业,1996,22(11):32-35.
  - [5]袁楠,李聪,骆伟兴.复合材料成型模具的设计[J].内燃机与配件,2020(3):122-123.
- 张志雷 身份证号码:140511198609113536