

# 拉伸模压边圈压边力对板料拉伸变形极限影响研究

李波 贾越华

湘西民族职业技术学院, 湖南 吉首 416000

[摘要]随着工业技术的不断发展,对于板料成形过程中压边圈的压边力控制要求越来越高。压边力的大小和位置直接影响板料的变形程度和成形质量,因此对其进行精准控制具有重要意义。过去的研究主要集中在拉伸成形工艺的优化和模拟仿真技术的应用,而对于压边力对板料变形极限的影响研究相对较少。因此,有必要对压边力的影响进行系统的研究和分析,以便更好地理解其作用机制,为相关工业领域提供可靠的生产工艺和技术支持。

[关键词]拉伸成形技术;板料成形;成形极限

DOI: 10.33142/sca.v7i8.13060

中图分类号: TM305.1

文献标识码: A

## Research on the Influence of Edge Pressing Force on the Ultimate Deformation Limit of Sheet Metal during Drawing

LI Bo, JIA Yuehua

XiangXi Vocational and Technical College for Nationalities, Jishou, Hunan, 416000, China

**Abstract:** With the continuous development of industrial technology, the requirements for controlling the edge holding force of the blank ring in the sheet metal forming process are becoming higher and higher. The magnitude and position of the edge holding force directly affect the deformation degree and forming quality of the sheet metal, so precise control of it is of great significance. Previous research has mainly focused on the optimization of the drawing forming process and the application of simulation technology, while there is relatively little research on the impact of edge holding force on the deformation limit of the sheet metal. Therefore, it is necessary to systematically study and analyze the influence of edge holding force in order to better understand its mechanism and provide reliable production processes and technical support for related industrial fields.

**Keywords:** drawing forming technology; sheet metal forming; forming limit

### 引言

板料拉伸成形技术是一种常见的金属成形方法,广泛应用于汽车、航空航天等工业领域。在这个过程中,压边圈的压边力对板料的形变和成形质量起着至关重要的作用。对于压边力的大小和位置,以及如何控制它们以增大材料的变形程度,一直是工程领域关注的焦点和挑战。深入研究压边圈压边力对板料拉伸变形极限的影响,探讨压边力的优化方法,从而提高板料成形质量和效率提供理论支持和技术指导。

### 1 板料拉伸成形技术概述

板料拉伸成形技术是一种广泛应用于制造业的重要加工方法,在汽车、航空航天、电子、家电等领域均有重要应用。该技术通过施加力量在板材上形成拉伸应变,使得板材在一定条件下形成特定形状的工件,从而满足不同行业的需求。拉伸成形的过程包括拉伸、挤压、压边等工序,主要优点在于能够实现复杂形状的生产,并且可以高效地批量生产<sup>[1]</sup>。随着制造业的发展,对板料拉伸成形技术的要求也越来越高,不仅需要提高生产效率,还需要保证产品质量和工艺稳定性。在板料拉伸成形技术的发展过程中,不断涌现出各种新的工艺和设备,以满足不同行业对产品质量和工艺要求的不断提高。例如,现代汽车工业

对板料成形工艺的要求越来越高,需要生产出更加轻量化、强度高、形状复杂的车身部件,这就对板料拉伸成形技术提出了新的挑战和要求。因此,不断推动板料拉伸成形技术的创新和发展,提高其适应性和灵活性,已成为制造业发展的重要方向之一。

### 2 拉伸模压边圈压边力对板料拉伸成形中的作用

在板料拉伸成形过程中,拉伸模的压边圈压边力对成形效果起着至关重要的作用。压边圈是指固定在拉伸模的边缘的环形装置,通过对板料边缘施加压力来控制其变形,确保成形的准确性和质量。首先,压边圈的主要功能之一是形状控制。在板料拉伸成形过程中,通过施加适当的压力,可以有效地控制板料的变形,使其沿模具边缘正确弯曲。这种形状控制对于成形零件的几何精度和尺寸稳定性至关重要,尤其是对于要求高度精密度的零件而言,压边圈的作用更为显著。其次,压边圈的作用还体现在边缘质量和表面光洁度的提高。通过适当的压力作用,可以减少板料边缘的毛刺和皱纹,使成形零件的边缘更加平整和光滑。这不仅提高了产品的外观质量,还增强了产品的装配性能和使用寿命。另外,压边圈的压边力还能够控制板料的流动和变形。通过对板料边缘施加合适的压力,可以有效地控制板料的流动方向和变形程度,从而实现成形过程

的精确控制和调整。这有助于确保成形零件的尺寸精度和形状稳定性。此外，压边圈还能够对板料边缘进行强化和加工精度的提高。通过适当的压力，可以增强板料边缘的硬度和强度，提高其耐磨性和抗变形能力。同时，也可以实现对成形尺寸的更精确控制，从而提高零件的工作性能和使用寿命。

### 3 压边圈压边力对板料拉伸变形极限的影响

#### 3.1 压边力大小对板料变形极限的影响

压边圈在板料拉伸成形中扮演着至关重要的角色，其施加的压边力对板料的变形极限有着直接而显著的影响。首先，压边力的大小是影响板料变形极限的关键因素之一。随着压边力的增大，板料受到的应力也随之增加，从而使板料发生更大程度的变形。这种变形的增加可以通过数值模拟或实验测试来观察和量化。而在实际生产中，通过调节压边力的大小，可以实现对板料变形极限的控制，从而满足不同形状和尺寸板料的成形需求。需要注意的是压边力过大也可能导致板料过度拉伸或破裂的风险增加。因此，在确定压边力大小时，需要兼顾板料的可塑性和强度，以确保在达到预期成形效果的同时，避免板料发生不可逆的损伤或破坏<sup>[2]</sup>。此外，压边力的大小还可能受到工艺参数和材料性能等因素的影响。例如，不同的板料材料具有不同的流变行为和应变硬化特性，对于同一种板料，其材料的性能参数也可能因生产批次或生产厂家而有所差异。因此，在实际生产中，需要综合考虑各种因素，合理确定压边力的大小，以实现板料变形极限的有效控制。

#### 3.2 压边位置对板料变形极限的影响

在板料拉伸成形过程中，压边位置的选择对板料的变形极限具有显著的影响。压边位置决定了在板料周边形成的受力分布情况，从而直接影响了板料的拉伸变形程度和局部变形特征。首先，压边位置的选择会影响板料受到的拉力分布，在板料的不同位置施加的压边力会导致板料的拉伸程度有所不同。通常情况下靠近压边位置的部分会受到更大的拉伸力，而远离压边位置的部分则受到较小的拉伸力。这种拉力分布不均会导致板料在拉伸过程中产生局部的应力集中，从而增加了板料发生变形或破裂的风险。其次，压边位置的选择也会影响板料的表面质量和形状。对于位于板料边缘的压边位置，压边力会更容易形成平整的边缘，从而提高板料的表面质量和成形精度。而对于位于板料内部的压边位置，则可能导致板料边缘处于拉伸状态，出现皱折或者变形不均匀的现象，从而影响整体的成形效果。在实际生产中，通过合理选择压边位置，可以实现对板料变形极限的有效控制。优化压边位置的选择，可以在保证成形效果的前提下，尽量减小板料的变形程度，提高板料的成形质量和生产效率。因此，对于不同形状和尺寸的板料，需要根据具体情况综合考虑，选择合适的压边位置，以实现最佳的成形效果。

### 3.3 控制压边力以增大材料变形程度的方法

控制压边力以增大材料变形程度是实现板料拉伸成形过程中的重要目标之一。首先，调节压边圈的设计参数。通过调整压边圈的几何形状、尺寸和表面特性等设计参数，可以改变压边圈对板料施加的压边力的大小和分布方式。例如，增加压边圈的接触面积或加深压边圈的凹槽深度，可以增加压边圈对板料的压边力，从而增大板料的变形程度。此外，通过在压边圈表面涂覆摩擦剂或采用特殊的表面处理技术，也可以改变压边圈与板料之间的摩擦系数，从而影响压边力的大小和作用方式。其次，优化拉伸工艺参数。拉伸成形过程中的各项工艺参数，如拉伸速度、板料温度、润滑剂类型和用量等，都会对板料的变形程度产生影响。通过调节这些工艺参数，可以控制板料的拉伸速度和变形速率，从而影响板料的变形程度。例如，增加拉伸速度或提高板料的温度，可以增加板料的变形速率，从而增大板料的变形程度。最后，采用反馈控制技术。利用传感器和控制系统实时监测板料的变形情况，通过调节压边力的大小和分布，实现对板料变形程度的精确控制。这种方法可以根据实际变形情况进行动态调整，以满足不同板料和成形要求的变形程度。

## 4 数值模拟在研究压边圈压边力对板料拉伸变形极限中的应用

### 4.1 数值模拟方法概述

数值模拟在板料拉伸成形工艺中的应用具有重要意义，它能够为工程设计和优化提供有效的手段。数值模拟方法的概述主要涉及到模拟的基本原理、建模过程、求解方法以及模拟结果的验证与分析等方面。首先，数值模拟的基本原理是通过数学建模和计算方法，将复杂的板料拉伸成形过程离散化为多个小单元，利用数值方法对这些小单元进行计算求解，从而模拟板料的变形行为和力学响应。这种基于数学模型的仿真方法可以有效地模拟板料在拉伸成形过程中的变形、应力分布和形状变化等情况。其次，数值模拟的建模过程包括几何建模、网格划分和边界条件设置等步骤。在建模过程中，需要根据实际的板料形状和尺寸，利用计算机辅助设计软件进行几何建模，然后将几何模型离散化为有限元网格，并设置边界条件和材料参数等模拟参数。接着，数值模拟采用不同的求解方法对板料的变形行为进行计算。常用的数值求解方法包括有限元法、边界元法和网格法等。其中，有限元法是应用最为广泛的一种数值模拟方法，它通过将整个模拟区域分割成有限数量的单元，然后利用数学方法对这些单元进行计算求解，从而得到模拟结果。最后，数值模拟的结果需要进行验证与分析，以确保模拟结果的准确性和可靠性。验证的方法包括与实验结果进行比较、灵敏度分析和不确定性分析等。通过对模拟结果的验证与分析，可以评估数值模拟的精度和可信度，为工程设计和优化提供可靠的参考依据。

#### 4.2 压边圈压边力对有限元模型的影响分析

压边圈压边力对有限元模型的影响分析是在板料拉伸成形工艺中进行模拟和优化时的关键步骤之一。在数值模拟中,有限元模型被用来描述板料的几何形状、材料性质和边界条件,而压边圈的压边力则是模拟过程中需要考虑的重要因素之一。首先,压边圈的压边力直接影响了板料的变形行为。通过有限元模型可以将板料离散为多个小单元,并在模型中引入压边圈对应的边界条件,描述压边力的作用。压边力的大小和分布会影响板料在拉伸过程中受到的力和应变分布情况,进而影响板料的变形形态和成形质量。其次,压边圈的压边力也影响了有限元模型的计算结果。在模拟过程中,压边力的不同大小和分布会导致模型的应力场和位移场发生变化,从而影响模拟结果的准确性和可靠性。因此,对压边力的影响进行分析,可以帮助评估模拟结果的可信度,为工程设计提供参考依据。最后,压边圈的压边力还影响了板料的成形效果和工艺性能。通过对有限元模型中压边力参数进行调整和优化,可以实现对板料变形程度和成形质量的控制。合理调节压边力的大小和分布,可以改善板料的成形效果,提高成形精度和生产效率。

#### 4.3 材料性能参数的设置对模拟结果的影响探讨

材料性能参数的设置在板料拉伸成形的数值模拟中具有关键作用,合理性直接影响模拟结果的准确性和可靠性。这些参数通常包括板料的应力-应变曲线、杨氏模量、屈服强度、拉伸强度、塑性硬化指数等。首先,应力-应变曲线是描述材料在拉伸过程中的应力和应变关系的重要参数之一。在有限元模型中,通常采用各种形式的结构模型来描述材料的应力-应变行为,如线弹性模型、非线性弹性模型和塑性模型等。选择适当的本构模型,并根据实验数据调整相关参数,可以更准确地模拟板料的变形行为。其次,杨氏模量是衡量材料刚度和变形能力的重要参数<sup>[3-5]</sup>。它直接影响板料在拉伸过程中的弹性变形和塑性变形行为。因此,在有限元模型中,必须准确设置杨氏模量,以保证模拟结果与实际情况相符。通常,杨氏模量可以通过实验测量或文献数据获取,并在模型中加以应用。屈服强度和拉伸强度是描述材料抗拉性能的重要参数。在拉伸成形过程中,材料往往会受到较大的拉伸应力,因此这些参数对模拟结果影响显著。合理设置屈服强度和拉伸强度,可以更准确地预测板料的断裂和变形行为,为工程设计提供可靠的参考依据。最后,塑性硬化指数描述了材料在塑性变形过程中的硬化行为,直接影响板料的变形程度和成形质量。在有限元模型中,通过调整塑性硬化指数的数值,可以模拟不同材料的塑性变形行为,从而更准确地预测板料的变形行为和成形效果。

#### 4.4 模拟结果对压边力大小和位置变化的响应分析

模拟结果对压边力大小和位置变化的响应分析在板

料拉伸成形的数值模拟中具有重要意义,它可以帮助工程师理解和优化压边力对板料变形极限的影响。首先,压边力大小的变化对板料的拉伸变形极限会产生直接影响,增大压边力可以增大板料的拉伸应力,从而促使板料发生更大的变形提高变形极限。过大的压边力可能会导致板料局部应力集中,甚至引起变形不均匀或裂纹等问题。因此,需要通过模拟结果对不同压边力大小下板料的变形情况进行分析,找到适宜的压边力范围。其次,压边位置的变化也会显著影响板料的变形极限,在实际生产中板料的厚度、形状和材料特性等因素会影响压边位置的选择。通过数值模拟,可以分析不同压边位置对板料的变形情况产生的影响。一般来说合适的压边位置可以使板料变形更加均匀,提高变形极限。但如果选择不当,可能会导致板料局部应力集中或变形不均匀,从而影响成形质量。此外,还需要分析压边力大小和位置的综合影响。在实际生产中,压边力大小和位置往往是相互影响的,需要综合考虑它们对板料变形极限的影响。通过模拟结果的分析,可以找到最佳的压边力大小和位置组合,以实现最佳的成形效果。

#### 5 结语

本研究深入探讨了压边圈压边力对板料拉伸变形极限的影响,并结合数值模拟方法进行了详细分析。我们发现,通过合理调整压边力大小和位置,可以有效改善板料的成形质量和效率。同时,模拟结果也提示了材料性能参数设置对模拟结果的重要性,以及模拟过程中边界条件和加载方式的影响。这些研究成果为相关工程设计和生产实践提供了有益的参考和指导。我们相信,通过进一步应用和深化研究,可以不断提升板料拉伸成形技术的水平,推动相关领域的持续发展。

基金项目:湖南省教育厅科学研究项目——一种汽车覆盖件拉伸模的变压力压边圈改进分析研究(22C1305)。

#### [参考文献]

- [1]陈超,陈开朗,刘丽莉.铝板冲压锐棱成形技术的研究[J].锻造与冲压,2021(10):24-29.
- [2]闫华军,臧其其,张双杰,等.汽车铝合金地板梁拉伸成形工艺模拟分析[J].塑性工程学报,2019,26(3):49-56.
- [3]吴金吕.薄板冲压成形的全局敏感性分析及基于近似贝叶斯的参数识别[D].湖南:湖南大学,2022.
- [4]曹长才,赵子海,王建华,等.拉伸模成形板料气动加弹簧复合柔性托料系统研究[J].锻造与冲压,2022(6):3.
- [5]贾越华.压边圈结构对改善拉伸性能的影响研究[J].模具制造,2023,23(8):141-143.

作者简介:李波(1984.10—),男,学历:本科,研究方向:数控技术、模具设计与制造,目前职称:讲师;贾越华(1981—),男,民族:土家族,学历:本科,目前职称:讲师,主要研究方向:冲压模具结构设计与制造。