# 数控铣床易变形薄壁零件的加工技术研究

李锦棠

广州市机电技师学院，广东 广州 510370

**摘　　要：** 本文首先对易变形薄壁零件加工的难点进行了分析，然后从加工刀具、零件装夹方式、加工方法探讨了易变形薄壁零件加工的基本要求。并对数控铣床易变形薄壁零件加工的提升策略进行了研究，以期通过关注数控铣床易变形薄壁零件加工中的一些技术问题，优化加工过程中的各个环节，保障易变形薄壁零件加工生产的有序开展[1]。

**关 键 词：** 数控铣床；易变形薄壁零件；加工技术

# Research on Machining Technology for Deformable Thin-walled Parts by CNC Milling Machine

Li Jintang

Guangzhou Institute of Mechanical and Electrical Technology, Guangzhou, Guangdong 510370

**Abstract:** In this paper, the difficulty of machining thin wall parts with easy deformation is analyzed first, and then the basic requirements of machining thin wall parts with easy deformation are discussed from the machining tool, the clamping method and the machining method. In order to optimize every link in the machining process and ensure the orderly development of the machining production of the deformable thin-wall parts by paying attention to some technical problems in the machining of the deformable thin-wall parts by CNC milling machine, the improvement strategy was studied[1].

**Keywords:** CNC milling machine; easily deformed thin-walled parts; processing technology

## 引言

在零件制造领域，对易变形薄壁零件的加工始终是一项重要的技术挑战。传统的工艺加工方法往往难以达到所需的精度和效率。新时代下，通过运用数控铣床，对易变形薄壁零件加工流程进行细致优化，精心设定加工参数，能够有效避免加工过程中的不良影响，从而严格把控整个加工流程。从而改善易变形薄壁零件加工技术的局限，降低零件变形风险，大幅提高加工效率与零件质量。[2]

## 一、易变形薄壁零件加工的难点

相较于普通零件加工，易变形薄壁零件加工难度更大，在加工过程中加工温度、加工设备、刀具振动、铣床几何精度、零件本身刚性等因素都使其加工难度进一步加大。零件材料是影响易变形薄壁零件加工的第一道难关。[3]易变形薄壁零件通常采用材质较轻、强度较高的原材料，如铝合金、钛合金等，这些金属材料在加工过程中非常容易受到刀具切削力和热应力的影响而发生变形。因此，在加工前，必须对原材料进行严格的预处理，以提高其稳定性和加工性能。加工工艺是易变形薄壁零件加工又一挑战。易变形薄壁零件的壁厚极薄，对切削参数的选择要求极高。过大的切削力会导致零件变形，甚至破裂；而过小的切削力则可能影响加工效率和质量。所以，在加工过程中必须精确控制切削速度、进给量和切削深度。再者，夹具的设计与使用也是加工易变形薄壁零件时的重要影响因素。[4]由于一边薄壁零件刚度较低，装夹过程中容易受到夹力的作用而发生变形。因此，夹具的设计必须结合具体零件的形状、尺寸和加工要求，选用合理的夹紧方式和支撑结构。最后，对加工好的易变形薄壁零件的检测与测量也是不可忽视的环节。[5]当前，为了精准测量与检验易变形薄壁零件是否符合标准，许多生产线已引入三坐标测量仪、激光扫描仪等新型测量设备技术，以确保检测后不影响零件的使用。[6]

## 二、易变形薄壁零件加工的基本要求

### （一）选择合适的加工刀具

易变形薄壁零件是指壁厚较薄，刚性差，易在加工过程中发生变形的零件。在加工过程中，选择合适的刀具是保障加工质量的关键环节。在选择刀具时，首先要考虑的是刀具的刚度。由于薄壁零件本身刚性不足，如果刀具刚度也不够，那么在加工过程中就很容易因为受力不均而导致零件变形。因此，我们应选择刚度较高的刀具，以减少加工过程中的振动和变形。当前，高速钢和硬质合金是零件加工中的主流刀具。以需要单件加工的易变形薄壁零件为例（如下图），其材质是45#钢，虽然高速钢和硬质合金都可以选择，但在加工时，硬质合金不仅每层吃刀量明显优

于高速钢，而且耐热性也要比高速钢好，所以在进行加工时可以选用硬质合金刀具。[7]

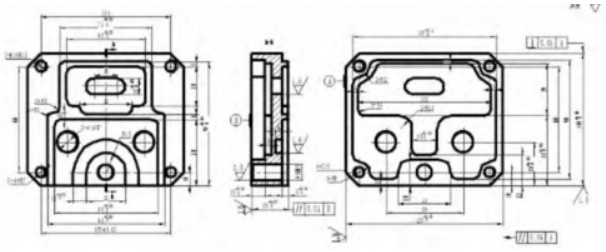
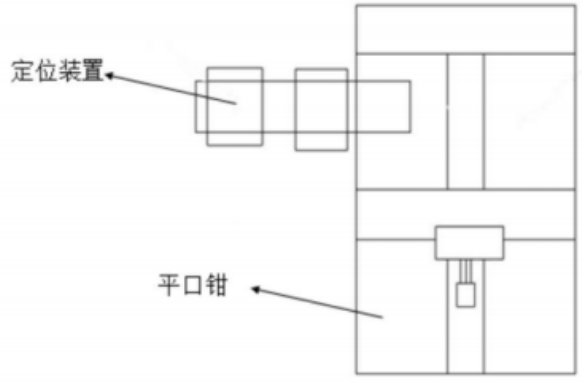


图 1

### （二）选择合适的零件装夹方式

易变形薄壁零件因其独特的结构特点，对装夹方式有着极高的要求，不当的装夹方式极易导致零件在加工过程中发生变形，从而影响加工质量和零件的使用性能。易变形薄壁零件由于壁厚较薄，承受能力有限，因此选择的装夹方式应保证装夹力应均匀分布，避免局部受力过大导致零件变形。比如采用多点装夹的方式，通过多个装夹点来分散装夹力，确保零件在加工过程中保持稳定。同时，装夹器具的选择也至关重要。对于易变形的薄壁零件，应选用刚性好、精度高的装夹器具。平口钳是常见的单件加工零件装夹具。因为平口钳在使用起来较为便捷，许多加工生产线上都有一台平口钳，即使需要现场安装，用百分表进行校正后便可使用。但平口钳也有着无法定位的不足。如果小批量加工，也可以用压板等工具制作一个简易的定位装置（如下图）。[8]




### （三）选择合适的加工方法

易变形薄壁零件对加工方法有着极高的要求，不当的加工方法极易导致零件变形、尺寸超差或表面质量下降。在选择加工方法时，首先要考虑的是零件的材质和加工要求。对于易变形的薄壁零件，应优先选择那些能够减小切削力、降低加工热量的方法。其次，应选择那些刚性好、精度高的数控机床进行加工，以确保零件在加工过程中的稳定性和精度。以前文零件加工为例，凹腔不易排屑一直是影响加工质量的主要问题。如果凹腔余量过大，则会导致去除凹腔余量的过程中不易排屑，从而加速刀具损耗，产生积屑瘤现象。对此，工作人员可以采用“小刀快跑”的方法进行加工，以解决凹腔不易排屑的问题。[9]

## 三、数控铣床易变形薄壁零件加工的提升策略

### （一）优化原材料与预处理环节

首先，在原材料选择方面，应优先考虑那些具有高强度、高刚性和良好加工性能的材料。这类材料在加工过程中能够更好地抵抗切削力和热应力的影响，减少变形的发生。[10]同时，还应对原材料进行严格的质量检验，确保材料内部无裂纹、夹杂等缺陷，以避免在加工过程中因材料问题导致零件变形或报废。在预处理环节，可以对原材料进行适当的热处理，如退火、正火等，以消除材料内部的应力和组织缺陷，提高材料的加工性能和稳定性。此外，还可以对原材料进行表面强化处理，如喷丸、渗碳等，以增强材料表面的硬度和耐磨性，提高零件的使用寿命。在预处理过程中，还应特别注意对原材料的尺寸和形状进行精确控制。通过精确的切割、磨削等工艺手段，确保原材料的尺寸和形状符合设计要求，为后续的加工过程奠定良好的基础。同时，我们还可以利用先进的测量技术和设备，对原材料进行全面的检测和分析，及时发现并处理潜在的问题，确保加工过程的顺利进行。此外，对于易变形的薄壁零件，预处理中的装夹过程应选择那些能够均匀分布装夹力、减少局部变形的装夹方式。同时，夹具的设计也应充分考虑零件的形状和尺寸，确保夹具与零件之间的紧密配合，避免在加工过程中因夹具问题导致零件变形或移动。[11]

### （二）提升加工设备参数设置

首先，要对数控铣床的切削参数进行精细调整。切削速度、进给速度和切削深度是影响加工过程和零件变形的重要因素。对于易变形的薄壁零件，应选择较低的切削速度和进给速度，以减小切削力对零件的作用，降低变形风险。同时，要合理控制切削深度，避免一次性切削过深导致零件受力过大而变形。通过精细调整这些切削参数，我们可以有效地控制加工过程中的切削力和热应力，减少零件变形的发生。其次，要充分利用数控铣床的先进功能和技术。现代数控铣床配备了各种先进的传感器和控制系统，可以实时监测和调整加工过程中的各项参数。工作人员可以利用这些功能，对加工过程中的切削力、温度等关键参数进行实时监测和控制，及时发现并处理潜在的变形问题。[12]同时，还可以采用先进的补偿技术和算法，对加工过程中的误差进行实时补偿和修正，提高加工精度和稳定性。最后，要加强对数控铣床的维护和保养工作。设备的精度和性能是保证加工质量的基础。定期对数控铣床进行维护和保养，确保设备的各项参数和功能处于最佳状态。并加强对操作人员的培训和管理，提高他们的操作技能和质量意识，确保加工过程的顺利进行。除此之外，量具的选择与参数设置也十分重要。零件检测时，应选用适合零件形状、大小、易变形程度、精度要求的量规、塞尺、角度尺、深度尺、千分尺、百分尺等量具。[13]

### （三）改进加工工艺流程设置

1.粗加工技术

针对易变形薄壁零件，必须严格控制受力条件。在执行初步加工阶段，应先从型腔部分着手，逐步过渡到外缘轮廓。在此过

程中，型腔部分因外缘尚未加工，会承受较大的切削压力。考虑到零件的加工规范、特性等因素，借助软件功能来调整工艺参数。选用直径为10毫米的硬质合金铣刀，实施型腔铣削，依据零件的具体部件调整切削路径，考虑到易变形薄壁零件在不同区域的深度差异，挑选合适的切削路径，例如放射状切削、螺旋切削或平行切削，以最大程度减轻对部件的损害。以平行切削为例，采用直线切削模式进行加工，分为单向和往复两种切削方式，与零件保持适宜的角度，提高切削品质。切削步骤包括：点击“切削参数”选项，设置切削路径和参数，按照预设数据完成切削，确保在零件底部保留0.1毫米的余量，以防切割过深，而在较厚的区域可以适当增加切削深度，增强切削效果。点击“非切削加工”选项，设定进刀方式和相关参数，比如螺旋进刀模式、进刀高度、斜坡角度等，同时调整主轴转速和每次进给量。对外缘轮廓进行加工时，若因形状变化需要调整参数，则重新点击“切削参数”，调整切削深度，以精加工模式设定刀路数和步距，提高步距精度，降低切削力，防止部件变形。接着，点击“非切削移动”，对封闭区域进行进刀切削，选择合适的进刀类型，如圆弧进刀，设定进刀半径和路径，以降低切削力，提高合格率。[14]

2.半精加工技术

半精加工技术能显著降低表面粗糙度、提高工艺品质，尤其是在调整工艺参数时，应以轮廓加工为核心环节。在内腔加工阶段，可设定如下工艺指标：选用直径为8毫米的合金立铣刀，采用型腔铣工艺，并采用轮廓刀具轨迹切削方式，保持固定步距，间距设定为0.2毫米，并配备三把刀具；保持刀具切削深度一致，间距为2毫米。通过点击“切削参数”按钮，在零件侧面预留0.05毫米的余量。依照以下步骤完成加工任务：选择“非切削移动”功能，对封闭区域进行切削，选择斜向进刀方式，设置0.5°的进刀斜坡角度和0.5毫米高度等参数；对零件的开放区域进行切割，设定10°进刀圆弧角度和5毫米半径等参数。为确保各切削环节的顺畅衔接，明确拐角位置，并在三维软件结构中标注，调整切削速度和方向。在外部轮廓加工过程中，保持参数和刀具不变，若因轮廓变化需调整参数，则需重新调整“切削参数”，适当调整切削深度，设定进刀方式，确保切削稳定。[15]

3.精加工技术

在易变形薄壁零件加工的尾声阶段，精密切削的操作规范与否，直接影响到零件的整体品质。此阶段主要针对零件的轮廓区域进行加工，依据既定的系统配置，挑选合适的刀具，并安排加工顺序与切削方式，进而确定0.02毫米的每次切削的进给距离，以及1毫米的每刀的切削深度。根据零件的具体部位，这些参数也可做出相应的调整。点击“进给速率与速度”选项，依照粗加工和半精加工的参数，设置主轴转速与切削进给量。点击“非切削移动”选项，考虑到零件封闭区域的特性，选择合适的进刀模式，并设定0.5毫米进刀的高度和0.5°斜坡角度等参数。在处理开放区域时，选择圆弧进刀类型，并设置10°圆弧角度和5毫米半径等关键参数。在外轮廓加工过程中，保持参数和刀具不变，一旦因外轮廓的变动需要调整参数，则需重新进入“切削参数”设置，重新输入相应的数值。

## 四、结束语

综上所述，本文对数控铣床易变形薄壁零件的加工技术进行了论述与探讨，文中提到的加工基本要求与提升策略在实际生产中都具有较高的可行性和实效性，对于改善整个数控铣床易变形薄壁零件加工流程具有一定的促进作用。然而，值得注意的是，本研究目前尚处于理论层面，必须结合具体零件的具体情况，对数控铣床易变形薄壁零件的加工技术细节进行调整，才能进一步提高加工品质。

*参考文献*


[1]姜杨.数控铣床在复杂零件加工中的铣削参数优化[J].中国新技术新产品,2024,(19):70-72.

[2]滕天馨,焉嵩,孙长征,等.不规则零件数控机床加工技术研究[J].现代制造技术与装备,2024,60(11):114-116.

[3]邱泽元.数控加工技术在复杂零件制造中的实践与创新[J].中国机械,2024,(23):57-60.

[4]李云峰.基于数控技术的金属零件精密加工工艺优化研究[J].南方农机,2024,55(16):144-147.

[5]黎健堃.复杂薄壁散热器零件数控加工技术研究[J].内江科技,2024,45(06):62-64.

[6]曾学淑,崔欢欢,孙建明.基于VERICUT的薄壁零件数控加工技术研究[J].机电产品开发与创新,2024,37(03):129-132.

[7]王福巧.易变形薄壁壳零件的数控加工技术研究[J].造纸装备及材料,2023,52(02):123-125.

[8]张朝国.数控铣床加工多面零件的加工工艺编程和夹具的使用[J].自动化应用,2023,64(S1):48-49.

[9]訾康迪.数控技术在精密零件加工中的应用与优化研究[J].佛山陶瓷,2023,33(10):36-38.

[10]张新成.薄壁零件数控车工加工技术的应用研究[J].造纸装备及材料,2023,52(09):56-58.

[11]梁超林.基于UG的薄壁曲面零件数控加工技术[J].今日制造与升级,2022,(04):88-90+149.

[12]王湛.薄壁零件数控铣削加工工艺技术探讨[J].中国设备工程,2022,(01):229-230.

[13]韩军,熊风生,姚晟,等.复杂薄壁散热器零件数控加工技术研究[J].制造技术与机床,2021,(10):62-66+72.

[14]韩军,徐睿,熊风生.环形薄壁铝合金零件数控加工技术研究[J].制造技术与机床,2021,(04):60-64.

[15]员建玺.数控铣床加工中薄板类零件的夹具设计[J].现代制造技术与装备,2021,57(09):60-61.