

关于汽车发动机冲压模具的设计与制造技术探讨

顾耀

泊头市兴达汽车模具制造有限公司, 河北 泊头 062100

摘要：汽车发动机冲压模具的设计与制造技术一直是汽车制造领域的关键问题。本文对汽车发动机冲压模具的设计与制造技术进行了深入探讨, 包括冲压模具的基本结构、设计原则、材料选择、制造工艺等方面。文章旨在为相关从业人员提供全面的专业知识和经验分享, 推动汽车发动机冲压模具行业的发展和技术进步。

关键词：汽车发动机; 冲压模具; 技术探讨

中图分类号：U464

文献标识码：A

文章编码：2022070089

Discussion On The Design And Manufacturing Technology Of Automobile Engine Stamping Die

Gu Yao

Botou Xingda Automobile Mold Manufacturing Co., LTD., Botou, Hebei 062100

Abstract： The design and manufacturing technology of stamping dies for automotive engines has always been a key issue in the automotive manufacturing field. This article deeply discusses the design and manufacturing technology of stamping dies for automotive engines, including the basic structure of the stamping dies, design principles, material selection, manufacturing processes, and other aspects. The article aims to provide comprehensive professional knowledge and experience sharing for relevant practitioners and promote the development and technological progress of the stamping dies industry for automotive engines.

Key words： automobile engine; stamping die; technical discussion

汽车发动机是汽车的核心部件之一, 其性能直接关系到汽车的动力输出和燃油效率。发动机零部件加工中的冲压加工是一种常用的加工工艺, 其中冲压模具作为生产工具起着至关重要的作用。因此, 设计合理、制造精密的冲压模具对于保障汽车发动机的质量和性能至关重要。

一、汽车发动机冲压模具的基本结构：

冲压模具通常包括上模、下模和模具座等部分, 其结构设计应考虑到受力情况、使用寿命和生产效率等因素。

(一) 汽车发动机冲压模具的结构组成：

1. 上模：上模位于模具的顶部, 它与冲床的滑块连接, 负责在冲压过程中向下施加压力, 形成所需工件形状的一部分。上模包含有冲头, 根据设计要求可以是简单的平板状, 也可以是复杂形状以适应不同的零件成型需求。

2. 下模：下模固定在模具座或工作台上, 与上模配合形成封闭的工作腔, 用于承载和支撑材料, 并且其内部设有凹模和凸模镶块, 当上模冲头下行时, 与之相配合完成对板材的剪切、拉伸、成形等操作。

3. 模座：模座是整个模具的基础结构部件, 为下模提供稳定的支持平台。它通常由铸铁或者钢制成, 具有足够的强度和刚性, 确保在冲压过程中模具不会发生变形或损坏。

4. 导向机构：包括导柱和导套, 保证上模和下模在冲压过程中的准确对中, 防止偏移导致的产品质量不稳定或模具损坏。

5. 卸料装置：如卸料板、弹簧和顶杆等, 它们的作用是在冲压完成后将已成型的零件从模具中自动弹出或推出, 提高生产效率。

6. 定位系统：如挡料销、侧刃等, 用于精准定位和固定待加工板材的位置, 确保每个零件尺寸的一致性。

7. 快速换模系统：对于现代大规模生产的冲压线, 快速换模系统能够大大减少模具更换时间, 提升设备利用率。

(二) 汽车发动机冲压模具的设计原则：

1. 满足产品设计要求：首先, 模具设计必须严格遵循最终产品的设计和性能标准, 确保通过模具冲压出的零部件尺寸精确、形状正确, 并且具有良好的力学性能。

2. 工艺可行性与优化：根据材料特性(如厚度、强度等)、冲压设备能力和冲压工艺特点来设计模具结构。合理选择冲压工序顺序和方式, 尽量减少冲压次数, 简化工艺流程, 提高生产

效率。

3. 模具强度与刚性：模具在工作过程中承受极大的冲击载荷，因此需要有足够的强度和刚性以防止变形，确保冲压精度和模具寿命。这包括对模座、上模、下模各部分进行合理的应力分析和设计优化。

4. 耐磨性和耐用性：模具的关键工作部位如冲头、凹模等需采用高硬度、高耐磨性的材料制作，并经过适当的热处理，以保证模具在长时间连续生产中不易磨损和损坏。

5. 安全可靠：模具应设有必要的安全防护装置，如防错位装置、过载保护装置等，避免因操作不当或故障导致的安全事故。同时，考虑模具的维修保养方便性，设计易于拆装和更换的部件。

二、冲压模具的材料选择：

冲压模具的材料选择直接影响模具的耐磨性、强度和稳定性。精选合适的材料并进行热处理是确保冲压模具长期稳定运行的关键。

(一) 耐磨性：模具工作部位如冲头、凹模等应选用高硬度、高耐磨性的材料，如优质合金工具钢（如 Cr12、D2、H13、SKD11 等），或者硬质合金（如钨钴合金或钨钛钴合金），这些材料经过适当的热处理后能提供良好的耐磨性和抗疲劳强度。

(二) 强度与韧性：模具主体部分需要有较高的强度和韧性，以抵抗冲压过程中的冲击载荷和振动应力，通常采用中碳或中高碳合金钢，并通过热处理获得适宜的硬度和韧性平衡，如 45# 钢、50# 钢、P20、718 等预硬化塑料模具钢。

(三) 耐热性：对于连续高速冲压作业或者热成形工艺，模具材料必须具备优良的高温硬度保持性和抗回火稳定性，此时可能需要用到高速钢（如 W18Cr4V、M2 等）或热作模具钢（如 H11、H13、3Cr2W8V 等）。

(四) 经济性：在满足性能要求的前提下，还需考虑材料的成本效益比，确保模具制造成本适中且使用寿命长，从而降低总体生产成本。

(五) 工艺性：所选材料应易于加工（如锻造、机加工、热处理），以及后续的维修、表面处理（如电镀、涂层）等工艺操作。

三、冲压模具的制造工艺：

冲压模具的制造工艺涉及到 CAD 设计、数控加工、热处理等多个环节。高效、精密的制造工艺对于提高冲压模具的质量和生产效率至关重要。

(一) CAD 设计：首先，基于汽车发动机零部件的设计图纸，通过计算机辅助设计（CAD）软件进行三维建模和模具结构设计。设计过程中需考虑零件形状、尺寸精度、模具结构合理性、分模线设定、排样优化等多方面因素。

1. 零件形状与尺寸精度：根据设计图纸，精确模拟汽车发动

机零部件的实际形状，确保模型的几何精度与图纸一致。同时，在设计模具时，要充分考虑零件的尺寸公差要求，并将其转化为对模具加工精度的要求。

2. 模具结构合理性：模具的设计应遵循力学原理，保证其在承受冲压载荷时能够保持稳定，避免变形或失效。这包括合理选择模具的总体结构（如单工序模具、复合模具或多工位级进模等），以及各个组成部件（如上模、下模、镶块、卸料装置、导向机构等）的设计。

3. 分模线设定：分模线是指模具闭合时上下模接触的边界线，决定了零件的形状和脱模方向。合理的分模线设计可以简化模具结构，降低制造难度，提高冲压效率，同时防止零件在冲压过程中发生变形或破裂。

4. 排样优化：在批量生产中，为了减少材料浪费和提高生产效率，需要对零件进行排样设计。通过计算机辅助排样技术，合理布局多个零件在同一张板材上的分布位置和排列方式，以达到最佳的材料利用率。

5. 工艺可行性分析：在设计阶段，还需对整个冲压过程进行仿真分析，预测可能出现的问题并提出解决方案，比如拉深比的选择、成形顺序的确定、回弹补偿、毛坯尺寸计算等。

6. 模具寿命评估：通过对模具材料的选择、热处理工艺的确 定以及模具表面处理方法的研究，预估模具在一定冲次下的使用寿命，从而指导模具设计和后期维护策略。

(二) CAM 编程与数控加工：CAM（计算机辅助制造）编程是将 CAD 模型转化为数控机床可识别的指令，用于指导后续的精密加工。数控加工包括铣削、电火花加工、线切割、高速切削等，用来精确地制造模具的各个组件，如上模、下模、镶块、导柱导套等，确保模具零件具有高精度和高质量。

1. 铣削：通过 3 轴、4 轴或 5 轴联动的数控铣床对模具的大尺寸轮廓和复杂曲面进行高精度切削加工，例如制作模具的基础框架结构、大型镶块等部件。

2. 电火花加工：用于加工硬质材料或复杂形状的模具细节部分，如冲头、凹模以及其他难以通过传统机械方式加工的部位。EDM 通过电极与工件间产生的脉冲放电能量去除金属材料，实现非接触式精密加工。

3. 线切割：主要用于切割复杂的二维轮廓或者内部孔洞结构，尤其是对于硬质合金和淬火后的模具零件，线切割具有很高的精度和无热影响区域的优点。

4. 高速切削：采用高转速、小切深、快进给的方式进行高效、精密的切削，适用于各种模具钢和其他难加工材料的快速成型，能有效提高模具制造效率并保证其质量。

(三) 热处理：冲压模具在经过粗加工后，根据材料特性及使用需求，对关键部件进行淬火、回火、渗碳、氮化等热处理工艺，以提高模具硬度、耐磨性、韧性或耐疲劳性能。热处理后的精加工，保证了模具工作部位的尺寸精度和表面质量。

1. 淬火：在粗加工后的模具部件上进行淬火处理，目的是通过快速冷却将钢件内部转化为马氏体组织，以大幅度提升模具的硬度和强度，确保其在承受巨大压力时不易变形或损坏。

2.回火：淬火后的模具需进一步进行回火处理，目的是调整模具的硬度、韧性和内应力分布，防止因硬度过高导致的脆性增大和内部应力过大而产生裂纹或断裂。回火可以细化晶粒，改善工件的机械性能，使之达到最佳使用状态。

3.渗碳：对于要求表面高硬度且心部具有良好韧性的模具，可采用渗碳工艺，使模具表面层获得高碳含量，从而增强耐磨性。渗碳后通常还需要配合淬火和低温回火，保证表硬里韧的效果。

4.氮化：氮化处理主要用于提高模具零件的表面硬度、抗磨损性和疲劳强度，尤其适用于一些大型模具和形状复杂的模具零件，因为氮化能形成氮化物层，增加耐腐蚀性和抗高温氧化性能。

5.热处理后的精加工：经过上述热处理过程后，模具工作部位可能会发生尺寸变化（如热膨胀），因此需要进行精加工以恢复到设计图纸规定的精度，并确保表面粗糙度符合使用要求，这样才能有效减少模具在实际生产过程中对产品的刮伤或卡料现象，提高产品质量和模具使用寿命。

（四）装配与调试：完成所有单个部件加工后，需要进行严格的装配，确保各部件配合准确无误。装配完成后进行试模并调试，通过反复试验和修整，使模具达到最佳的工作状态，满足产品的质量要求。

1.部件清洗与检查：在进行装配前，首先要对所有加工完成的模具零件进行清洗，清除切削液、铁屑等杂质，确保表面清洁。然后对各个部件进行细致的尺寸检测和质量验收，确认无变形、磨损、裂纹等问题。

2.精密装配：根据设计图纸和技术要求，将各个零部件按照预定的位置、方向和配合方式进行精准装配。其中涉及到上下模组件、导柱导套、卸料装置、紧固件等众多部件的组装，保证各部分间隙均匀、接触面贴合紧密，达到理想的配合精度。

3.定位与固定：使用高精度量具对模具的关键部位进行定位，并采用适当的夹具或锁紧装置牢固固定，防止在冲压过程中因受力而产生位移或松动。

4.试模与调试：装配完成后，需进行初步的试模试验，通过实际生产样品观察模具工作状态，如成形效果、尺寸精度、表面质量等是否满足产品设计要求。在此过程中可能会发现诸如分模线不合理、材料流动不畅、回弹过大等问题，需要及时分析原因并进行调试修整。

5.反复优化调整：针对试模过程中发现的问题，可能需要重

新拆解模具进行局部修改或整体结构调整，然后再进行试模验证。此过程可能需要多次重复，直至模具能够稳定、高效地生产出符合质量标准的产品。

6.最终验收与交付：经过一系列严格的试模和调试，确保模具达到最佳工作状态后，应由专业技术人员进行全面验收，并出具验收报告。验收合格的模具才能正式交付给客户投入生产使用。

（五）检验与验收：对模具进行严格的质量检测，包括尺寸精度、形位公差、表面粗糙度以及整体刚性和强度等方面的检查。通过实际冲压生产出的产品进行验证，确认模具符合设计要求，并通过相关标准验收。

1.尺寸精度检测：使用高精度测量工具对模具各个部分进行尺寸测量，包括冲压零件的型腔尺寸、各部件装配后的相对位置等，以确认其符合图纸规定的公差范围。

2.形位公差检查：除了尺寸精度外，还需要对模具关键部位的形状误差和位置误差进行细致检查，例如凸模与凹模之间的间隙、导向机构的平行度和垂直度等，确保模具在工作状态下具有良好的配合性能和稳定性。

3.表面粗糙度评估：通过粗糙度仪检测模具表面状况，保证其光滑度达到规定标准，防止因表面粗糙度过大影响产品质量，如增加摩擦力、造成材料粘附或形成不良的冲压痕迹。

4.整体刚性和强度测试：对于大型或复杂结构的模具，可能需要进行刚性及强度试验，以验证模具在实际受力情况下是否会出现变形过大、断裂等情况，确保模具在长期高速运转下的耐用性和安全性。

5.实际产品验证：通过模具进行实际冲压生产出一批样品，然后对这些样品进行全面的检查，包括尺寸、外观、力学性能等方面，确认模具加工的产品能够完全满足设计和使用要求。

6.相关标准验收：所有的检验结果必须严格参照相关的国家标准、行业标准以及客户特定的技术要求进行评估，只有所有指标均符合验收标准，模具才能视为合格并交付给用户投入使用。

结束语

冲压模具作为汽车发动机制造中的核心设备，对发动机的质量和性能产生着重要的影响。通过不断优化冲压模具的设计和制造工艺，可以提升发动机零部件的成型精度、结构强度和轻量化设计水平，从而推动汽车行业向更高效、环保的方向发展。

参考文献：

- [1] 李国兵, 杨红娟. 数字化技术在冲压模具设计与制造中的应用与探究 [J]. 现代制造技术与装备, 2018(11): 46-47
- [2] 侯巧红, 杨锋, 顾蒙. 计算机技术在汽车冲压模具设计与制造中的应用研究 [J]. 塑料工业, 2018, 46(10): 84-87, 98.