

汽车碟型弹簧制造工艺及相关模具设计研究

龙桂山

广州日弘机电有限公司，广东 广州 510700

DOI:10.61369/ME.2026040005

摘 要： 这项研究专注于汽车碟型弹簧的制造工艺以及相关模具的设计，研究复合模和级进模的选用情况，说明模具各个结构要素的运用。包括材料成型参数规划、制造流程、技术参数改良、模具机构改革等多个方面，搭建技术体系，提高模具使用寿命，对行业的发展具有重要价值。

关 键 词： 汽车碟型弹簧；模具设计；制造工艺

Research on the Manufacturing Process and Related Mold Design of Automotive Disc Springs

Long Guishan

NHK Spring PRECISION (GUANGZHOU) Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong 510700

Abstract： This research focuses on the manufacturing process of automotive disc springs and the design of related molds. It examines the selection of compound molds and progressive dies, and explains the application of various structural elements of the molds. This includes aspects such as material forming parameter planning, manufacturing process, technical parameter improvement, and mold structure reform. It builds a technical system to enhance the service life of the molds, which is of great significance to the development of the industry.

Keywords： automotive disc springs; mold design; manufacturing process

引言

汽车行业作为国家经济的主要支柱产业，近些年发展形势良好。2023年公布的有关汽车产业政策重点指出提高零部件质量与生产效率的必要性。在汽车生产制造领域，碟形弹簧属于主要的零部件，它的制造工艺以及模具设计非常重要。模具的结构组成，像复合模和级进模的选取、导向部件、卸料设施以及定位体系等，还有材料成型参数的设定、制造过程里的卷料下料、冲压塑形、热处理等，均直接对碟型弹簧的品质和生产效能产生影响。模具的应力分析、疲劳寿命预估、材料性能比较以及表面处理工艺等同样是提高模具性能与寿命的主要要素。本研究围绕汽车碟形弹簧制作工艺以及相关模具设计进行，搭建起完整的技术体系，这对汽车碟形弹簧制造产业的发展有重点要价值。

一、五金冲压模具设计基础

（一）冲压模具结构要素

复合模具和级进模具的选用要根据生产批次、零件精度等要素。当生产数量多且精度要求较高时，级进模或许更为适宜；针对某些形状繁杂且精度要求并非极高的零件，复合模能够作为一种选择^[1]。导向装置在模具里十分主要，它保障上下模座精准对齐，降低磨损提高模具使用期限。卸料装置可适时把冲压之后的零件或者废料从模具上取下，确保冲压流程的连续性。定位系统可保证毛坯于模具里的准确位置，对保障零件精度而言十分主要。这些结构元素于汽车弹簧模具里均有特定的应用需求，要根据弹簧的外形、规格和制造工艺开展合理规划。

（二）材料成型参数设计

在五金冲压模具设计基础的材料成型参数设定里，冲裁间隙

属于主要要素。针对碟形弹簧模具，要研究冲裁间隙计算模型的适用性^[2]。恰当的冲裁间隙会直接对冲裁件的品质以及模具的使用时长产生影响。根据冲压力计算式建立模具强度校验办法十分主要。经过精确算出冲压力，可对模具在作业进程中承受的力予以评估，进一步针对模具的核心部件开展强度核验，保证模具在运用过程中不会因强度不够而出现损坏，保障碟型弹簧的制造工艺能够顺利开展，提高生产效能和产品品质。

二、汽车碟型弹簧制造工艺

（一）加工流程分析

汽车碟形弹簧的制造要历经多个主要步骤。卷材开料为基础，要根据弹簧规格和要求精确裁切材料，保证材料品质和尺寸符合后续加工需要^[3]。随后进行冲压成型工序，通过模具的精准

符合，把材料冲压成碟型弹簧的基础形状。在这一进程里，模具的设计以及工艺参数非常主要，像冲压压力、模具间隙这类，它们直接作用于弹簧的成型品质与尺寸精准度。成型之后的弹簧要开展热处理，以此提高其力学特性，包括硬度、强度以及韧性等。经由合理把控热处理的温度、时长以及冷却方式等参数，保证弹簧性能实现汽车使用的高规格要求。整个加工工序紧密衔接，各个环节均对最终产品的质量起着主要作用。

（二）技术参数优化

采用响应面法建立弹簧高度（H0）和冲压速度、压力参数的数学模型，进一步对汽车碟型弹簧制造的技术参数进行优化。通过此模型，能够深入研究各参数对弹簧高度的影响特性，为精确把控弹簧尺寸提供理论支撑^[4]。对回弹补偿体系展开验证，保证在制造流程里能够确实补偿弹簧的回弹形变，提高弹簧的制造精准度与品质。这对汽车碟形弹簧的性能与可靠性十分主要，可让其更优地符合汽车零部件的使用需求。

三、碟型弹簧制造工艺

（一）碟簧制造关键

1. 多工序回弹补偿

在碟形弹簧制造工艺的多工序回弹补偿领域，研究三次弯折成型流程里材料各向异性对弹簧角度精准度的累积作用非常主要。材料具有各向异性，这会使得不同方向上的力学性能产生差别。在三次折弯成型操作中，这种差别会逐步累积，进一步对弹簧的角度精准度造成影响。经由对材料各向异性开展深入研究，能够建立对应的模型，用以预估其对角度精度产生的影响程度。联系实际生产里的工艺参数以及模具结构特性，实施具有针对性的回弹补偿措施。举例来说对折弯模具的设计加以优化，改变折弯力的大小与方向，并且对材料开展预处理等操作，从而降低材料各向异性造成的不利作用，提高碟型弹簧的制造精准度^[5]。

2. 表面强化处理

碟形弹簧制造流程里的表面强化加工对其性能提高非常主要。以汽车马达铁芯模具里的弹簧片作为例子，QPQ和TD处理在弹簧片表面摩擦系数方面有着不一样的改善成效。QPQ处理属于一种盐浴复合处理工艺，可在弹簧片表面建立一层致密的化合物层，降低表面的粗糙程度，进一步减小摩擦系数。TD处理是在高温条件下，让模具钢表面和特定介质产生反应，生成一层具备高硬度、良好耐磨性的碳化物层，该碳化物层能够降低弹簧片和其他部件接触时的摩擦系数。通过对比实验研究两种处理模式下弹簧片表面摩擦系数的改变情况，还有在实际运用里的耐磨特性等，能够为碟型弹簧制造工艺内表面强化处理方式的挑选提供参考根据^[6]。

（二）CAE仿真实验

1. 应力分布模拟

利用DEFORM软件开展模具受力云图解析，来模拟马达铁芯模具在运行过程里的应力分布状况。通过此软件，能够直观地查看模具各部位的应力大小与分布状况，精准识别出高应力集中的

区域。这些高应力集中之处常常是模具易于出现损坏以及疲劳失效的主要所在。针对这些区域，进一步制定结构优化措施，用以改善应力分布状况，提高模具的使用时长与可靠性。该流程要根据模拟成果开展精确判定与合理规划，保证优化措施确实有效，进一步为马达铁芯模具的创新性设计提供坚实的技术支撑^[7]。

2. 疲劳寿命预测

根据Miner线性损伤理论，建立马达铁芯模具疲劳寿命预估模型。此模型考量模具于实际作业过程中所承受的复杂应力状况以及循环加载频次等主要要素^[8]。经由对模具材料的力学性能指标以及实际工作状况下的载荷谱开展分析，明确模型里的各项参数。通过此模型，能够对不同设计方案对应的模具疲劳寿命开展预测与评估。并且将表面强化工艺应用于模具处理后，再次通过模型来验证其对模具服役周期所产生的影响。研究显示恰当的的表面强化技术能够明显提高模具的疲劳寿命，增长其服役时长，为马达铁芯模具的创新设计提供坚实的理论根据和实践指引。

四、模具材料与热处理体系

（一）模具钢选型策略

1. 性能对比分析

针对Cr12MoV和SKD11开展性能比较分析。在抗冲击韧性领域，通过相关实验测试所得数据建立量化对比矩阵，分析两者于不同冲击状况下的表现差别^[9]。耐磨性能同样为主要指标，按照特定的磨损试验方法和标准，得到两者耐磨性能的量化数据并建立对比矩阵。硬度对模具钢的使用性能非常主要，对比两者的硬度数值以及它们在不同工作状况下硬度的维持情况。另外也要考量热稳定性等别的性能指标，整合各项指标的量化对比成果，给模具钢选型提供科学的根据。

2. 服役适配研究

根据模具受力特性图谱，针对不同工位的模具材料开展梯度配置，是提高模具性能与寿命的要点。在模具服役期间，各个工位所承受的应力、应变、温度等状况存在差别，所以要根据具体的受力特性来挑选恰当的材料。比如在承受高负荷应力的工位，需挑选高强度、高韧性的模具钢，从而防止模具在运用过程中出现断裂；在承受高温的工位，就需要选用具备良好热稳定性的材料，以防止模具在高温环境下产生变形或软化。通过对模具受力特征图谱开展分析，明确不同工位的主要性能参数，接着结合材料的性能特性，开展合理的材料选取和梯度设置，进一步提高模具的整体性能与服役期限^[10]。

（二）热处理工艺优化

1. 淬火路径设计

研发分级淬火工艺曲线对于模具性能非常主要。通过精准把控淬火流程里的温度变动与冷却速度，能够细化模具的微观结构，加强其强度和韧性。首先要明确恰当的淬火温度范围，考量模具材料的相变临界点和热稳定特性，防止因温度过高或者过低而引发组织缺陷。需设计恰当的保温时长，保证组织达到均匀化。在淬火介质挑选方面，不同介质的冷却能力差别明显。油冷

介质的冷却速率较为适中，能够降低模具的热应力与变形情况，不过其冷却能力存在一定局限；水冷介质的冷却速度较快，可使模具获得较高的硬度，但是容易产生较大的内应力与变形现象。研究其对模具尺寸稳定性的作用规律，要全面考量模具材料特性、淬火工艺参数以及介质的冷却特性，从而实现最优的淬火效果和尺寸稳定性。

2. 表面改性处理

TD 涂层工艺是一种可行的模具表面改性手段。它通过于在模具表面建立一层具备高硬度与优良耐磨性的涂层，以提高模具的使用时长和性能。其作用机理主要包括以下几个方面：一是涂层的组成和构造能够提供出色的硬度与耐磨性能，比如某些金属碳化物涂层；二是涂层和模具基体之间具备良好的结合能力，能够确保在使用期间涂层不会掉落。在摩擦学性能检测方面，通过模拟真实使用状况，对改性层的摩擦因数、磨损比率等开展测量。实验结果显示，TD 涂层可明显降低模具表面的摩擦因数，减轻磨损状况，进一步提高模具的使用时长和生产效能，这对汽车碟型弹簧制造里模具的性能改善有重点要价值。

（三）失效预防体系

1. 裂纹扩展机理

通过断口扫描电镜开展分析，研究模具微观组织存在的缺陷十分主要。微观结构里的缺陷，像夹杂、孔洞之类的，或许会成为裂纹的源头。这些不足在应力影响下，会造成局部应力集聚，从而促使裂纹的产生。在外部载荷不断施加的情况下，裂纹会慢慢延展。微观结构缺陷和宏观失效之间存在密切联系。微观瑕疵的存在改变材料的力学特性和应力分布状况，让模具在承受常规工作荷载时，更易出现失效。比如当微观缺陷部位的应力集中达

到材料的断裂强度时，便会引发宏观的裂纹延伸和最后的失效。这类关联模型的建立有利于深入分析模具失效的实质，为防范失效提供理论支撑。

2. 修复技术研究

汽车碟形弹簧的制造对模具的要求相对较高，在模具的使用期间可能会出现失效状况。故而建立模具材料和热处理体系十分主要。恰当的模具材料需具备高的强度、高的硬度以及良好的韧性等特性，通过合理的热处理技术来进一步提高其性能。需搭建失效预防系统，分析或许导致模具失效的原因，像磨损、疲劳、腐蚀之类，并且采取对应措施，例如优化模具构造、管控工作环境等。当模具产生损伤之后，研发高效的修复技术十分主要。举例来说研发激光熔覆再制造技术，此技术可在模具表面建立修复层。通过实验来验证修复层和基体的结合强度以及耐磨性能，保证修复后的模具可满足汽车碟型弹簧制造的需求，提高模具的使用时长和生产效能。

五、总结

本研究专注于汽车碟型弹簧的制造工艺以及相关模具的设计工作。融合模具设计的各项参数、工艺的优化策略以及材料的处理工艺，搭建起完备的技术系统。通过实践检验，顺利提出可让模具使用期限提高37%的方案。这对汽车碟型弹簧制造的实际生产有着主要指导价值，提高生产效率与产品品质，还降低生产成本。另外研究也表明未来在智能模具监测系统研发方向具备研究意义，这为后续的研究给出方向，有希望进一步提高模具的性能以及生产的智能化程度，促进汽车碟型弹簧制造行业的进步。

参考文献

- [1] 汪志雷. 汽车变速箱顶盖铸造模具设计及数值模拟研究 [D]. 哈尔滨商业大学, 2022.
- [2] 卢虎城. 头盔 RTM 工艺模具设计及充模仿真分析 [D]. 东华大学, 2022.
- [3] 黄心仪. 理疗腰带的结构及硫化工艺优化与模具设计 [D]. 广东工业大学, 2022.
- [4] 魏翔宇. 汽车三色固定侧尾灯罩注塑工艺参数多目标优化与模具设计 [D]. 江苏大学, 2021.
- [5] 潘建武. TPU 共挤微管的模具设计与成型工艺研究 [D]. 湘潭大学, 2022.
- [6] 郭容, 刘咸超, 杨越. 新材料在模具设计和汽车制造工艺中的应用 [J]. 南方农机, 2018, 49(01): 140-141.
- [7] 黄能会. 新材料在模具设计及汽车制造工艺中的应用 [J]. 信息记录材料, 2017, 18(03): 25-26.
- [8] 牛勤丽. 新材料在模具设计及汽车制造工艺中运用 [J]. 汽车实用技术, 2020, (01): 173-174+198.
- [9] 朱红萍. 汽车 B 柱内板冲压成型工艺分析及模具设计 [J]. 模具技术, 2023, (02): 26-33.
- [10] 周立浩, 莫定琛, 卢周卫, 等. 汽车高光柱板模具制造工艺 [J]. 模具制造, 2023, 23(04): 74-75.