

材料成型与控制工程模具制造技术初探

韩泽德

金川集团金昌水泥有限责任公司

DOI: 10.12238/jpm.v6i11.8555

[摘要] 在全球制造业向高精度、高效率、绿色化转型的宏观趋势下，材料成型与控制工程作为制造业的核心支撑领域，其技术水平直接决定了产品的质量、生产效率及市场竞争力，而模具作为材料成型过程中的关键工艺装备，更是被誉为“工业之母”，成为连接材料研发与产品量产的核心桥梁。需求的细化对模具的制造精度、使用寿命及快速响应能力提出了更高标准，基于此，研究针对材料成型要控制工程模具制造技术展开研究，详细分析了六种技术，并探讨了材料成型与控制模具制造技术优化路径，旨在进一步分析解决当前材料成型与控制工程模具制造工艺存在的问题。

[关键词] 材料成型；控制工程模具制造；优化工艺

Preliminary Exploration of Material Forming and Control Engineering Mold Manufacturing Technology

Han Zede

Jinchuan Group Jinchang Cement Co., Ltd.

[Abstract] In the macro trend of global manufacturing transformation towards high precision, high efficiency, and green, material forming and control engineering, as the core supporting field of manufacturing, directly determines the quality, production efficiency, and market competitiveness of products. As a key process equipment in the material forming process, molds are known as the "mother of industry" and have become the core bridge connecting material research and development and product mass production. The refinement of requirements has raised higher standards for the manufacturing accuracy, service life, and rapid response capability of molds. Based on this, research has been conducted on the control of engineering mold manufacturing technology for material forming. Six technologies have been analyzed in detail, and the optimization path of material forming and control mold manufacturing technology has been explored, aiming to further analyze and solve the problems existing in the current material forming and control engineering mold manufacturing process.

[Key words] material forming; Control engineering mold manufacturing; process optimization

一、引言

随着“中国制造 2025”等战略的深入推进，制造业正加速

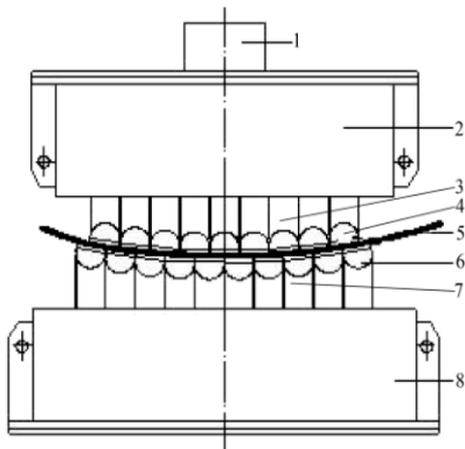
从传统规模化生产向个性化定制、柔性化生产转变，模具作为定制化生产的核心载体，其设计与制造周期的长短直接影响产

品的上市速度，传统模具制造技术在效率与柔性方面的局限性日益凸显^[1]。此外，在绿色制造理念的推动下，如何通过优化模具制造工艺减少材料浪费、降低能耗，实现成型过程的节能环保，已成为行业可持续发展的重要议题。在此背景下，材料成型与控制工程领域对模具制造技术的创新研究愈发迫切，其不仅是满足下游产业高质量发展需求的关键，更是推动制造业整体技术升级、提升国家工业核心竞争力的重要支撑，相关技术的突破能够有效衔接材料特性与成型工艺，为制造业的转型升级提供坚实的技术保障。

二、材料成型与控制工程模具制造技术

(一) 挤压成型技术

是借助螺杆和柱塞的挤压作用，使塑化均匀的塑料强行通过模口而成为具有恒定截面的连续制品。适合于所有高分子材料的加工，几乎能成型所有的热塑性塑料，也能加工少数热固性塑料。挤压成型模具示意图见下图 1



1. 液压装置 2. 上模基体 3. 上压头群 4. 上压头 5. 板材 6. 下压头 7. 下压头群 8. 下模基体

图 1 挤压成型模具示意图

该技术通过模具对金属或非金属材料施加压力，使其在挤

压模具的模腔内产生塑性变形，最终获得具有特定截面形状和尺寸的型材或零件，广泛应用于汽车工业的轻量化铝合金车架、航空航天领域的高强度钛合金结构件以及建筑行业的铝型材等生产场景。相较于其他成型工艺，挤压成型技术具备材料利用率高、产品尺寸精度稳定、可实现复杂截面零件一体化成型等优势，尤其适用于大批量、高精度的型材生产，能够有效降低后续加工成本，契合当前制造业对高效生产的需求^[2]。

(二) 拉拔加工成型技术

拉拔加工成型技术作为金属塑性加工的重要工艺之一，凭借对细长类、高精度型材的成型优势，成为支撑电子、机械、航空航天等领域精密零件生产的关键技术。拉拔成型技术的原理图见下图 2:

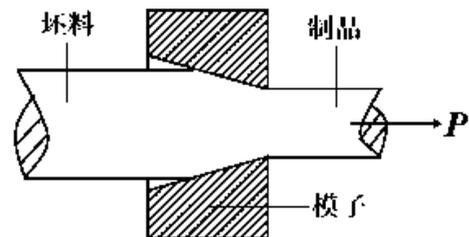


图 2 拉拔成型技术

拉拔成型中，在外拉力的作用下，金属会通过膜孔以获得所需形状、储存和性能制品的塑性加工^[3]。

(三) 锻造成型技术

锻造成型技术凭借能显著提升金属材料力学性能的独特优势，成为制造高载荷、高可靠性关键零部件的核心技术，广泛支撑着航空航天、汽车、能源、工程机械等高端装备领域的发展。

锻造成型技术按加工温度可分为热锻、温锻与冷锻，具体技术区别统计见下表 1:

表 1 锻造成型技术区别

技术	特征
热锻	通过将坯料加热至再结晶温度以上进行加工，塑性好、变形抗力小，适用于大型复杂零件，如航空发动机涡轮盘、船舶曲轴。
温锻	介于热锻与冷锻之间，兼具成型难度低与产品精度高的特点，多用于汽车变速箱齿轮等中等精度零件。
冷锻	在常温下加工，产品尺寸精度极高、表面质量优异，常用于制造精密紧固件，如高强度螺栓、微型齿轮等零件。

但是在锻造的过程当中，需要持续进行加热。因此技术操作以及温度的把控相对困难。除此以外。在金属器件的精密加工中，对于锻造成型技术的应用也面临一定的问题^[5]。

(四) 压制成型技术

模压成型又称压缩模塑，是热固性塑料和增强塑料成型的主要方法。其工艺过程是将原料在已加热到指定温度的模具中

加压，使原料熔融流动并均匀地充满模腔，在加热和加压的条件下经过一定的时间，使原料形成制品，原理示意图见下图3：

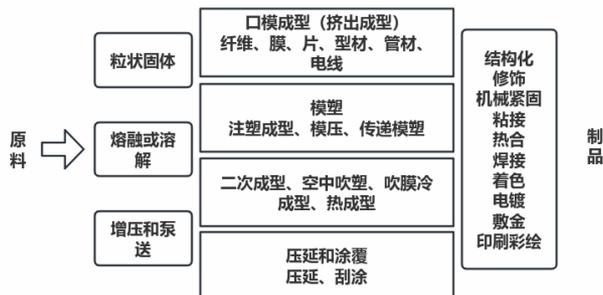


图3 压制成型原理示意图

从工艺控制角度来看，模压成型的温度、压力与时间是决定制品质量的三大核心参数：温度控制需精准匹配原料的固化特性，例如酚醛树脂模压通常需将模具温度设定在140-180℃，确保原料既能充分熔融流动以填充模腔，又能在规定时间内完成交联固化，避免温度过低导致固化不完全、制品强度不足，或温度过高引发原料碳化、性能劣化；压力参数则需根据制品尺寸与原料流动性调整，一般在10-50MPa范围内，足够的压力可消除模腔内的气泡，保证原料紧密填充，减少制品内部疏松缺陷，而对于薄壁或复杂结构制品，还需适当提高压力以避免成型过程中出现缺料、飞边过多等问题；固化时间则需结合温度与制品厚度综合设定，通常为1-10分钟，过短会导致制品固化不彻底、易变形，过长则会降低生产效率、增加能耗成本。

三、材料成型与控制工程模具制造技术优化路径

（一）创新加工技术

结合材料成型与控制工程模具制造技术的可持续发展要求深入分析，未来要朝着节能环保的方向发展，企业以及研究机构等也要围绕相关技术的应用提高研究力度，希望能够在掌握核心技术的基础上，实现自主研发目标，促进我国经济的可持续进步。

在传统工艺优化上，可借助数字模拟技术提升精度，比如在旋压模具制造中，通过有限元软件模拟旋轮压力、转速对模具磨损的影响，提前优化模具结构与加工参数，减少试模次数与成本；针对冲压模具易出现的刃口崩裂问题，引入激光表面强化技术，提升模具表面硬度与耐磨性，延长使用寿命。在技术融合方面，推动“智能化+模具制造”的深度结合，比如在模具加工设备上加装传感器与物联网模块，实时监测切削温度、刀具磨损情况，通过数字化技术自动调整加工参数，避免因人为操作误差导致的模具精度缺陷；利用数字孪生技术构建

模具全生命周期模型，从设计、加工到维护全程可视化，实现模具性能的精准预测与故障提前预警。

（二）严格把控材料

在材料选型阶段，需根据模具的使用场景与成型工艺需求精准匹配材料，比如用于高温模压成型的模具，需选择耐高温、抗蠕变的热作模具钢；用于精密旋压成型的模具，需选用硬度高、耐磨性好的冷作模具钢，避免因材料选型不当导致模具过早失效。在材料采购环节，要严格筛选供应商，要求提供材料成分报告、力学性能检测报告，并对到厂材料进行抽样复检，通过光谱分析验证成分是否达标，通过金相显微镜观察内部组织是否存在疏松、夹杂等缺陷，从源头杜绝不合格材料流入生产。在材料加工过程中，需控制好热处理工艺参数，比如模具钢的淬火温度、回火时间，确保材料达到设计要求的硬度与韧性平衡，若淬火温度过高，材料易开裂；回火时间不足，材料韧性不足易崩裂，这些细节都会影响模具最终性能。

四、总结

综上所述，市场对于企业生产效率的要求越来越高，对于机械产品的品质要求也更加严格，机械工业想要在市场竞争的环境下不断提高自身核心竞争能力，那么就必须要持续改革创新材料成型与控制工程模具制造的技术，希望能够实现未来工业的长期稳定发展。

[参考文献]

- [1]梁盈祥, 宋春华, 覃丽莉.材料成型与控制工程模具制造工艺研究[J].中国科技期刊数据库 工业A, 2024(002): 000.
 - [2]鄯方.材料成型与控制工程模具制造技术研究[J].工程研究与实用, 2023(14).
 - [3]岳腾霄; 黄其州.材料成型与控制工程中金属材料加工技术[J].材料科学研究, 2025, 8(4).DOI: 10.12721/ccn.2025.157073.
 - [4]张鹏.材料成型与控制工程模具制造技术研究[J].Engineering Science Research & Application, 2023, 4(12).DOI: 10.37155/2717-5316-0412-55.
 - [5]王道广, 田宇, 汤鹏.材料成型与控制工程模具制造工艺研究[J].你好成都(中英文), 2023(32): 0196-0198.
- 作者简介：韩泽德，1992年12月13日，男，甘肃省永昌县，汉族，本科，助理工程师，研究方向：材料成型及控制工程。