

Research on Energy Saving and Consumption Reduction Technology of Mechanical Processing Process under the Concept of Green Manufacturing

Shuping Lu

Changzhi Technician College, Changzhi, Shanxi, 046000, China

Abstract

Against the backdrop of global sustainable development and the implementation of the “dual carbon” goals, green manufacturing has emerged as the core direction for transformation and upgrading in the mechanical processing industry, with energy conservation and emission reduction serving as key practices of this concept. As a pillar industry of the national economy, mechanical processing faces challenges such as high energy consumption, inefficient resource utilization, and prominent pollution issues. Traditional processing technologies have long failed to meet the demands of green development, exacerbating ecological pressures. This paper, grounded in the principles of green manufacturing and aligned with practical production conditions in mechanical processing, analyzes the significance of energy-saving and emission-reduction technologies. It focuses on exploring application methods for various energy-saving and emission-reduction technologies, providing corresponding optimization recommendations. The study aims to offer theoretical support and practical references for mechanical manufacturing enterprises to achieve energy efficiency and green transformation, thereby promoting the high-quality development of the mechanical processing industry toward low-carbon, efficient, and environmentally sustainable directions.

Keywords

Green manufacturing concept; Mechanical processing technology; Energy conservation and emission reduction; Technology application

绿色制造理念下机械加工工艺的节能降耗技术研究

卢树平

长治技师学院, 中国·山西 长治 046000

摘要

在全球可持续发展推进和“双碳”目标落实的大背景下,绿色制造已经成为机械加工行业转型升级的核心方向,节能降耗更是践行绿色制造理念的关键。机械加工行业作为国民经济的支柱产业,生产时能耗高、资源利用不充分、污染问题突出,传统加工工艺早已跟不上绿色发展的需求,还加剧了生态环境压力。本文基于绿色制造理念,结合机械加工的实际情况,分析节能降耗技术的应用意义,重点探讨各类节能降耗技术的应用方法,给出相应的优化建议,为机械制造企业实现节能增效、绿色转型提供理论支撑与实践参考,推动机械加工行业向低碳化、高效化、绿色化方向高质量发展。

关键词

绿色制造理念; 机械加工工艺; 节能降耗; 技术应用

1 引言

随着中国工业现代化的不断推进,机械加工行业规模越来越大,在拉动经济增长、保障产业链稳定的同时,也面临着不小的能源和环境压力。传统机械加工大多只追求产量和效率,不太重视能源利用和环境保护,不仅造成大量能源浪费,还让生产成本不断增加,和绿色制造“节能、降耗、

减污、增效”的核心要求脱节。绿色制造的核心思想,就是在产品设计、生产加工到废弃回收的全过程中,将环境冲击与资源有效利用地结合起来,通过技术创新、工艺优化和管理方式的改进,达到同时提高经济效益、环境效益和社会效益的目的^[1]。将绿色制造理念贯穿于机械加工的整个流程之中,对其进行研究和应用,既可以帮助企业降低能耗和成本,又可以减少污染物排放,提高资源利用率,帮助企业突破环保瓶颈,提高市场竞争力。因此,对机械加工工艺中的节能降耗技术进行深入研究,是实现产业转型与可持续发展的必然选择。

【作者简介】卢树平(1984—),女,中国山西阳城人,本科,高级实习指导教师,从事机械制造专业课程的教学研究。

2 绿色制造理念下机械加工工艺节能降耗的核心意义

2.1 降低企业生产成本，提升市场竞争力

在机械加工企业的制造过程中，能耗与原料消耗占据相当大的比重，其中能源成本占企业生产总成本的15%-30%，如热处理、锻造等能耗较大的工序，能耗的比例更是高达40%以上。应用节能降耗技术，对机械加工工艺进行优化，可以有效地减少机床、加热炉等设备的能量消耗，减少原料的损耗，提升对资源的使用，从而直接减少企业在能源采购和原材料上的支出。此外，该技术还可以减少设备的损耗，延长设备的使用年限，降低设备的维修与更换费用，实现“节能-降本-增效”的良性循环，从而使企业在市场上的竞争能力得到进一步的提高。

2.2 践行绿色发展理念，缓解环境压力

目前，中国环保政策越来越严格，《工业领域碳达峰实施方案》明确要求，机械行业单位工业增加值能耗要比2020年下降13.5%，对高耗能、高污染企业实行差异化电价、环保税等管控措施。机械加工过程中高能耗、高污染的问题，已经成为制约行业发展的重要因素。应用节能降耗技术，可以大大降低加工中的能源消耗，降低碳排放和二氧化硫排放；通过工艺优化，采用环保加工方法，可有效地减少切削液、切屑等废物的生成，降低废物处置费用，缓解对生态环境的危害^[2]。例如采用干式切削技术取代常规的湿式切削，可以将切削液的使用量降低80%，防止废弃的切削液对水土造成的污染，并可有效地降低切削液的购买及处理费用，达到绿色制造的目的，帮助企业满足环保政策要求。

2.3 推动行业转型升级，实现可持续发展

传统机械加工工艺存在能耗高、效率低、环境污染大等缺点，无法满足新时期的绿色发展要求，行业实现转型升级刻不容缓。绿色制造理念下的节能降耗技术，实质上就是对加工工艺进行的革新和优化，将先进的加工技术、节能装备和管理方式融入到生产过程中，促进加工工艺向高效率、节能和绿色化方向发展。节能降耗技术的普及应用，可倒逼企业加大技术研发投入，提升技术创新能力，突破传统加工工艺的局限，推动行业整体技术水平的提升；同时，通过实现能源高效利用、资源循环利用，打破“高耗能、高污染、低产出”的发展模式，推动机械加工行业向可持续发展方向迈进，为中国制造业高质量发展奠定坚实基础。

3 绿色制造理念下机械加工工艺的节能降耗技术应用策略

3.1 优化工艺参数，降低加工能耗

机械加工节能降耗最重要的是对工艺参数进行合理的调整，在不增加投资的情况下，对装备进行改造，取得显著的节能效益，适用于各种机械加工企业。优化时，要以绿色制造理念为核心，结合加工材料、加工精度及设备性能综合

考虑，构建以能量消耗、加工效率、加工质量为主要指标的多目标优化模型，利用科学的优化算法，确定最优的加工参数^[3]。

在切削过程中，切削速度、进给量和切削深度是决定切削能耗的主要因素，因此对其进行精准优化是非常必要的。例如在对一些易切削的材料如铝合金进行加工时，应增加切削速度，选择合适的进给量及切削深度，减小切削力及切削温度，达到降低能耗的目的；对于高强钢和其他难以加工的材料，应选择适中的切削速度，避免因高速切削而增加能量消耗，加速刀具磨损。在此同时，还要优化加工余量，利用柔性加工技术，根据工件的实际形状和尺寸动态调整加工余量，实现对切削过程中的能量和材料的有效利用。

热加工工序中，为了降低热能损耗，应对加热温度、保温时间和冷却速率进行优化。例如在锻造过程中，利用等温锻造工艺，准确地控制模具与加热温度，防止因高温而导致的热量损耗，同时减少锻件变形量，提高加工品质。热处理工序中，依据工件大小及材质特征，制定最短的保温时间，防止因保温时间太久浪费热能，同时采用快速冷却技术提升冷却效果，降低能源消耗。

3.2 创新加工工艺，推广绿色加工技术

要实现节能降耗，必须与绿色制造理念相融合，进行机械加工工艺的创新和发展。采用绿色加工技术替代传统高耗能、高污染的加工工艺，可以有效地降低能耗和污染物排放，并提高其生产效率与品质。

首先是推广干式切削与微量润滑切削技术。传统湿式切削需要使用大量切削液，不仅能耗高，切削液废液还会污染环境，处理废液的成本也不低。干式切削技术通过选用高性能刀具，不用切削液就能实现切削加工，能减少80%以上的切削液使用量，降低12%-18%的能耗，还能避免切削液污染，简化加工工序。微量润滑切削技术（MQL）用油气混合喷雾代替传统切削液，只需要少量润滑液就能达到润滑、冷却的效果，既能降低能耗，还能提高3%~5%的加工精度，适合对加工精度要求较高的零件加工。

其次采用高速切削和精密加工技术。在提高切削速率和进给速率的过程中，可以减少切削时间，降低机器的空载能量消耗。在降低切削力和切削变形的情况下，提高切削品质，通常可以实现10%-25%的节能。就拿模具加工来说，采用高速切削技术，可以将加工时间缩短30%-50%，能耗可以减少20%左右，并且可以省去后面的打磨工序，进一步降低能耗。精密加工工艺通过提高加工的精度，降低加工的余量与返工率，防止由于制造精度不够而造成的产品报废，降低能源与原料的消耗，还可以增加产品附加值，达到节能和增效的双重目的。

此外，对热加工工艺进行优化。在铸造加工中，推广消失模铸造技术，替代传统砂型铸造，可以节约20%-30%的能耗，同时可将铸件的报废比例降低至5%以内，降低原

料的损耗；在锻造过程中，通过采用粉末锻造和等温锻造等先进技术，可使材料的综合利用达到85%以上，缩短锻造时间，降低加热能耗。在热处理过程中，推广真空热处理和感应加热热处理工艺，真空热处理可以减小材料的氧化损耗，提高产品的品质，减少能源消耗；感应加热热处理采用电磁感应法对其进行快速加热，热效率能达到80%以上，与常规的电阻炉相比可节省30%-40%的能源。

3.3 升级加工设备，提升设备能效水平

加工设备是机械加工工艺实施的核心，设备能效直接影响节能降耗的效果。结合绿色制造理念，升级加工设备，推广节能型设备，改造老旧高耗能设备，能有效提升设备能效，减少能耗。

一方面要逐步淘汰落后的高耗能设备，代之以节能设备；一般机床、传统电阻炉、冲天炉等能耗高、效率低、环境污染严重的老设备要逐渐被淘汰，用高效率的数控机床，加工中心，感应加热炉，天然气加热炉等代替。节能型数控机床采用变频调速、伺服控制等先进的工艺，可在满足生产要求的前提下，实现对转速及负载的动态调整，能源利用率较常规机床提高50%，同时可显著提高加工的效率与精度。

另一方面，对于资金有限、没法一次性更换设备的企业，可以对现有设备进行节能改造，提升设备能效^[4]。比如在普通机床中加装变频调速装置，实现转速无级调节，减少空载能耗；对机床主轴、导轨等部位优化润滑，用长效润滑脂代替传统润滑油，减少润滑能耗和润滑油浪费；在加热炉中加装余热回收装置，回收烟气余热，用来预热助燃空气或生产生活热水，能源利用率能提升15%~25%。

另外，对设备的保养与管理也要加强。定期对加工设备进行维护保养，及时发现问题，防止由于设备故障造成的能源消耗增加和效率降低。例如对机器内的碎屑进行定时清理，对润滑系统，冷却系统进行检测，保证设备的正常运转；对设备的精确度进行周期性的校验，以防止由于设备的精确度不足而引起返工，造成能源浪费。同时，构建设备寿命周期管理体系，对设备的运行时长进行科学的规划，防止闲置、低效运转，提高设备的使用效率和能效水平。

3.4 完善管理模式，强化节能管控力度

机械加工要实现节能降耗，不光需要技术创新和设备升级，还得有完善的管理模式和强有力的节能管控，这样才能确保节能降耗技术和措施落到实处、见到效果。结合绿色制造理念，完善企业生产管理新模式，强化节能管控很有必要。

首先，必须要有健全的节能管理体系。企业可以设立专用的节能管理部门，配置一名专职的节能技术人员，制订

清晰的节能目标和管理制度，将节能目标分解到车间、班组和个人，将其与职工的绩效相结合，以此来激发职工的节能热情。此外，定期开展节能培训，提高员工的节能意识和技术水平，使他们能够规范地使用设备，培养节约能源的习惯，杜绝水电浪费、设备空转等情况。

其次，必须对企业的生产组织进行合理的管理。实行“以需定产”的生产调度方式，根据市场需要及生产任务，科学安排生产计划，防止机器空转，降低产量。例如，采用MES（制造执行系统）对生产节奏进行优化，提高加工中心使用效率。通过对各工序环节进行合理安排，缩短各道工序之间的等候期，提升生产效率，降低单位产品能耗；制定设备巡视制度，对跑冒滴漏、电机异常发热等隐蔽的能耗问题进行检测和整改。

最后要进行能耗审计与节能监测。通过定期聘请第三方组织进行能源审计，收集设备运行参数及各工序能耗数据，发现能耗高的部分及潜在的节能目标，提出有针对性的节能措施。同时构建能源管理平台，实现对配电、燃气、蒸汽等能源信息的实时采集，并对其进行大数据分析，辨识出能耗的异常，并利用数字孪生技术对各运行状态下的能源消耗进行模拟，优化生产参数。同时，要对生产过程中的能耗和污染物排放进行监测，及时调整节能措施，确保实现节能降耗目标。

4 结语

在绿色制造理念下，机械加工工艺的节能降耗是落实“双碳”目标和减轻环境压力的重大措施，是实现行业转型和可持续发展的必由之路。当前，中国的机械加工工艺在节能降耗上还存在许多问题，通过优化工艺参数，创新加工工艺，升级加工设备，完善管理模式，可以使机械加工工艺的节能降耗水平得到显著提高，达到能源的高效利用、资源的循环利用和污染物减排。随着科技的不断进步，节能降耗技术会朝着智能化、高效化、绿色化的方向发展，数字化孪生、工业互联网等技术与机械加工工艺的深度融合，会为节能降耗提供新的思路和支撑。

参考文献

- [1] 赵雪. 绿色制造理念下机械加工过程能耗分析与技术改进[J]. 长江科技评论, 2024, (12): 66-68.
- [2] 张延鹏, 文静. 绿色制造技术在机械制造中的运用探析[J]. 中国设备工程, 2023, (24): 220-222.
- [3] 王建军, 田东阁, 柴恒辉. 机械设计加工中的节能降耗措施[J]. 造纸装备及材料, 2023, 52(04): 115-117.
- [4] 王帅, 李长雨, 宋亚顶. 节能降耗在机械设计加工中的运用分析[J]. 中国设备工程, 2022, (14): 211-213.