

绿色机械制造工艺在切削加工中的应用分析

索振国

(河南建筑职业技术学院 河南 郑州 450064)

摘要: 传统机械制造业给环境造成一定污染并导致资源消耗增加。在“双碳”背景下,为改变这一局面,各制造业企业实施积极开展产品制造周期的绿色制造化。本文通过总结绿色机械制造工艺的基本程序和基本途径,分析绿色加工工艺在机械制造工序的使用,将绿色制造工艺引入机械切削加工,优化并改进了传统机械制造加工工艺,响应了国家低碳绿色发展理念,实现了机械制造加工的绿色化转型发展。

关键词: 绿色机械制造; 切削加工; 可持续发展; 基本程序

0 引言

伴随经济的快速发展,人类社会面临着人口增加、环境污染和资源缺乏等问题。其中最为关键的是日益严重的环境污染问题,这一问题严重影响了人类社会的生存和发展。环境问题的根源在于资源问题的缺乏,如何有效利用资源成为全世界关注的热点。作为一个国家的支柱产业,装备制造业创造巨大物质财富的同时,也给国家带来了大量的自然资源浪费和严重的环境污染。

在这样的背景下,发达国家制定了一系列的“绿色”政策,如制造工艺绿色化、机械设计绿色化、包装绿色化及材料选用绿色化等。杨莹^[1]以绿色制造为研究对象,研究了绿色制造业的设计、工艺创新和材料选择,探索绿色制造业的转型发展,分析绿色制造业的新型机械制造工艺和装备技术如何实现帮助企业进行生产的有效管理,帮助企业实现可持续发展;李宾^[2]以汽车零配件机械加工为例,结合汽车零配件机械加工中绿色制造工艺的应用问题展开讨论,探索了绿色制造工艺应用要点和措施;马志刚^[3]总结了绿色制造技术的概念特点,从绿色机械回收、绿色机械包装、绿色制造工艺及绿色机械设计四个方面介绍了机械制造中的绿色制造技术体系,为绿色机械制造应用提供了参考;王继成^[4]以电动机机械加工为研究对象,深入研究了电动机机械加工中的水喷射加工技术、清洁表面技术及冷却切削技术等绿色制造技术,提升电动机机械加工的效率和质量,使其更好地满足发展的需求。事实证明,在机械制

造中推行绿色工艺,可以实现产品设计和机械制造环境的优化,绿色制造工艺促进了汽车加工制造行业的不断发展^[5-7]。绿色制造的发展,使得社会经济、社会环境和社会资源的关系越来越紧密,可持续发展理念被越来越多的企业重视,绿色制造技术有效改善了机械制造过程中的环境污染和资源浪费问题^[8]。

机械产品的使用价值和质量与机械设计的合理性和制造工艺的应用效果有很大关联,强化绿色制造工艺和绿色标准化程度,可以有效减少材料消耗,并缓解环境问题。

1 实施绿色机械工艺的基本程序和途径

1.1 绿色机械制造工艺的实施程序

通过绿色机械制造工艺的基本程序实施一般包括6个程序:准备阶段、机械工艺预评估阶段、评估阶段、绿色机械制造工艺方案可行性分析和筛选阶段、方案实施阶段和可持续绿色机械制造工艺阶段,如图1所示。绿色制造工艺可以从低能耗工艺、环保型工艺和动力节省工艺方面实施,通过绿色机械制造工艺可以对机械制造加工过程中的资源、环境污染及能源的资料进行核对,进一步对废弃物的来源、类型及数量进行确认,明确废弃物消减的最终目标,进而制定废弃物控制的有效对策,提升企业生产效率和管理水平。

1.2 绿色机械制造工艺的基本途径

铣削加工、刨削加工、车削加工及钻削和镗削加工是我国传统的机械制造加工方法。而电火花加工、电磁成形及激光加工等属于绿色制造工艺。绿色制

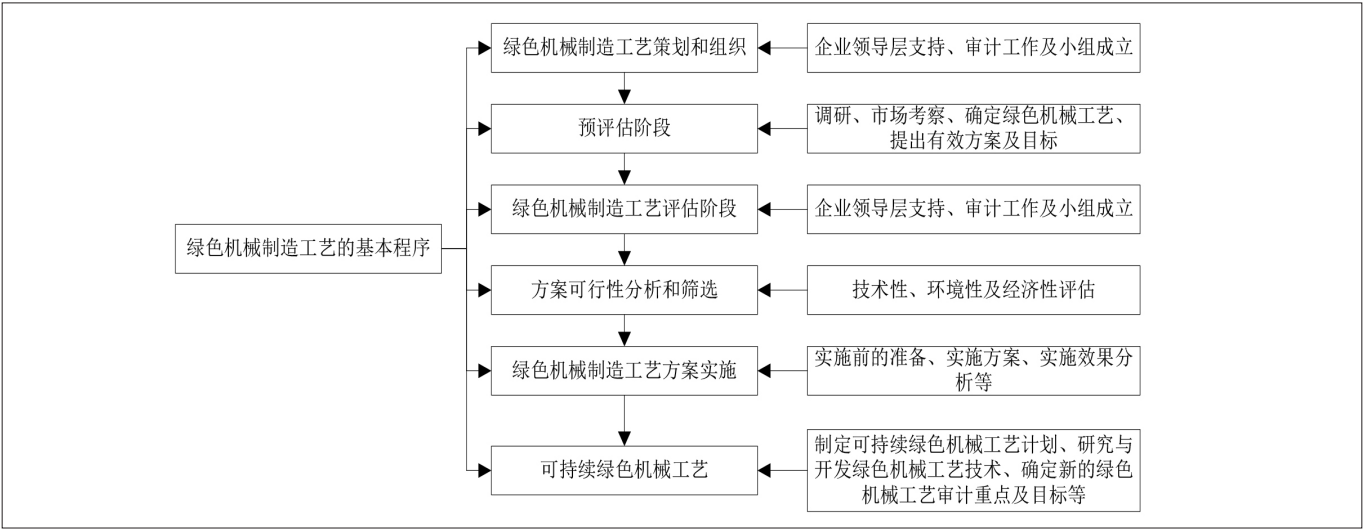


图 1 绿色机械制造工艺程序框图

造工艺的最大特点是可通过计算机编程，最大程度地提高材料利用率。绿色机械制造工艺的网络化、信息化及敏捷化是目前绿色制造实施的基本途径。通过因特网络或企业局域网可以将企业机械制造及个加工中心或数控设备统一起来，实现整个机械工艺的监控，随时掌握机械工艺加工的全过程，便于企业优化的选择，为绿色机械制造工艺提供数据支撑。作为企业机械制造关键基础的绿色机械工艺，实施网络化将有利于企业工程的设计和企业信息系统的集成化，辅助决策。

实施绿色机械制造工艺的关键是信息化。绿色机械制造工艺的目标是企业追求整体的最优化，其中最为重要的是社会和企业的综合成本效益，在绿色机械制造工艺过程中，机械零部件、制造材料及机械设备是综合分析对象。在整个分析过程中要优化处理机械加工参数、冷却介质用量及工艺冷却方式等，综合考虑机械工艺的各方面影响因素，从整个系统的角度出发，从而选择一个最合理的机械加工方案，达到综合成本最低化、环境污染最小化、经济效益较高化及机械制造加工时间最少化，采取有限元法、人工智能及神经网络等现代技术，构建机械制造刀具、切削液、切削用量等机械加工数据库，通过 Internet 与企业其他系统数据实现共享，实现绿色机械制造与设计一体化。

伴随社会经济发展及智能化实施，当代社会有大批量转变成小批量和多品种的发展，市场在不断变化，这就要求企业能够面对市场做出敏捷的反应，只有这样企业才能适应市场的需求。而绿色机械制

造的柔性主要表现在四个方面，即绿色机械制造的扩展柔性、绿色机械制造的工艺柔性、绿色机械制造的运行柔性及绿色机械制造的机器柔性。企业实施绿色机械制造快速重构的关键是，加强对市场新产品开发的快速响应的创新能力，采取最小的代价和最少的时间去适应快速发展的市场环境，从而抢占市场额度，最终获取丰厚的市场利润。

2 绿色制造工艺在切削加工中的应用

绿色制造工艺不同于传统机械加工工艺，其最大的特点在于切削液的利用。切削液的使用是传统机械加工工艺所必须的，因为切削液具有润滑性能、冷却性能、防腐性能及除油清洗功能，使用过程中易稀释及防锈性能。机械加工时间与切削液使用呈正比关系，但在环境污染源中，切削液是主要污染源之一。切削液不但污染环境，使得水资源、土壤和空气受到污染，而且还影响人体健康和人身安全，切削液中的苯酚类添加剂有很大的毒性，能导致皮肤干燥、开裂、化脓及红肿等生理现象。绿色制造加工工艺从不使用切削液上着手，有以下几种加工方式。

2.1 准干式加工

在机械制造工艺加工特殊过程中，如孔攻丝和钻削深孔等特殊工艺，完全不使用切削液是不可能实现的，现有的机械加工技术还不能脱离切削液，有新技术的开发和不断更新，目前正在尝试使用低温冷风或减少润滑的准干式切削方式来减少切削液的使用。在机械加工过程中，一般采取喷雾式润滑

的方式（也称小剂量润滑方式），并与现有的新技术相结合，对润滑剂进行雾化处理以高速度喷射到切削部位，从而达到机械构件冷却和润滑剂排屑的目的。

高速雾化后的润滑剂的使用量远远低于传统切削液使用量，经过大量试验验证得知，雾化后的润滑剂是传统加工切削液的数万分之一，从而达到减少切削液使用量的目的，减少对环境的污染，后续机床处理、刀具处理及切削程序大为简便，进一步减轻了人工劳动强度，提高了工作效率，同时也改善了工作环境等。

2.2 干式加工

干切削和干磨削机械加工工艺是干式加工的两种主要方式，如表 1 所示。

表 1 干式机械加工方法

序号	主要方式	环境影响	优缺点
1	干切削	较小	属于新型绿色制造技术,不涉及切削液,环保型清洁制造工艺,生产成本较低,可分为干式铣削、干式加工和干式车削等,对合金及有色金属的加工效果更好,但对刀具的要求较高。一般干切削刀具要具有热韧性、耐磨性、抗热粘性、抗热冲击和红硬性等性能。除此之外要求参与干切削的刀具材料、结构、几何参数及涂层有较高的要求
2	干磨削	较大	干磨削模式源于传统加工工艺,在干磨削过程中会产生油烟,油烟很容易排放到大气中,同时在干磨削过程中会产生废弃磨削液体,这种液体不易处理,对环境污染较大。在干磨削过程中可以冷却周围温度,形成低温效果,这种方式可以减少磨削面的热变形

2.3 干式加工机床结构的绿色优化设计

在现代机械制造工艺中，消减热变形对机床构造的优化设计起着关键因素。切削热传导、切削刀具温度变化及切削摩擦生热等因素严重制约机床产生热变形，这些重要因素在优化设计过程中要重点关注。排出切屑对机床产生的二次损害也是引起机床产生热性变形的一个重要原因。在机床结构优化设计中要综合考虑多种因素的影响，如要考虑内置过滤和循环空调系统设计、设备发热的均匀化设计、切屑排除设计及误差补偿系统设计等方面，使机床结构绿色化和现代化。干式工艺加工机床结构的绿色优化设计如图 2 所示。

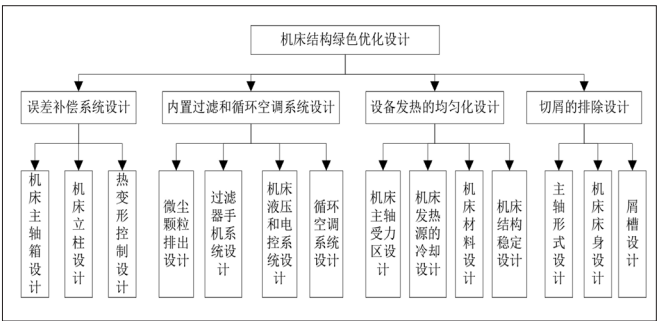


图 2 机床结构绿色优化设计结构图

2.4 干式加工冷却技术

2.4.1 内冷却技术

在干磨削工艺加工中常采用内冷却法，由于磨具和加工工件的高密闭性，进入密闭磨削区域的冷却剂有限，在机床制造工艺过程中材料的特殊性或者换热装置设计，都可以有效降低磨削区域的温度。

2.4.2 气体射流冷却技术

射流法又叫高压喷射技术法，在一定压力和速度下，通过一系列的装置（如过滤阀、安全阀门等），形成高压射流冲击的形式对加工区域进行冲刷，从而达到冷却和润滑的作用，降低机床加工摩擦系数，提升刀具使用寿命；而气体射流一般采用二氧化碳和空气作为介质源，对环境的影响较小。该方法尤其适合耐热钢、钛合金及不锈钢等难以加工的金属材料，机械工艺加工效果较为显著。

2.4.3 静电冷却技术

在空气的气体中一般由载流子存在，而载流子由粒子和电子形成。一般情况下，空气中的载流子含量极少，但是在特定的条件下，实施人为的电场干涉，气体中的载流子会被中和，但是逐渐提高该区域的电场强度，可使得气体中的载流子数量增多，由于电离的持续进展，电流无限增加的作用，空气就会失去绝缘性而被电流击穿，进而实现冷却的目的。而在机床制造工艺过程中就是利用该原理技术实现冷却，利用绝缘空气形成切削区域的所需环境，达到降低温度和润滑的作用。

2.4.4 液氮冷却技术

在机床工艺加工过程中常有两种冷却方式。一种方式是使用液氮喷射在所加工的区域范围内，达到降低温度和润滑作用；另一种方式是直接使用液氮喷射在机床工艺加工的刀具表面或工件表面，达到直接降低温度或润滑作用。后一种方式便于加工，材料的脆性直接影响加工效果。但是，由于氮气是

一种惰性气体，惰性气体可以阻止氧化反应的发生，因此在使用过程中要重点关注氧化反应，机床磨削刀具的损耗实质上是氧化反应的过程，导致刀具的损耗，损耗的过程会对机床工件产生负面影响，如何提高刀具的使用寿命和机床工件的表面质量，氧化反应起着关键作用。另外，液氮切削液可以直接挥发到空气中，对空气没有任何污染，真正实现绿色加工。

3 结语

产品的制造工艺加工过程比较复杂，尤其是绿色制造工艺涉及的因素较多，通过工艺加工的优化，实现机械制造向绿色化和智能化转型发展，可以进一步减少机械制造工艺加工中资源损耗和环境污染，做到机械制造工艺的合理性和绿色性。机械切削工艺加工中使用绿色制造工艺可以有效提升环境，面向绿色制造工艺，刀具的选取和冷却技术的选择非常关键。摒弃传统机械制造工艺中的缺陷，在机械制造工艺中通过绿色优化设计，可以有效提升机械制造绿色化和智能化。

参考文献：

[1] 杨莹．基于绿色制造的新型机械制造工艺及装备技术研究[J]．现代工业经济和信息化，2023，13(02)：197-199.
[2] 李宾．绿色制造工艺在汽车零部件机械加工中的应用[J]．内燃机与配件，2022，359(11)：107-109.
[3] 马志刚．绿色制造技术在机械制造中的应用探讨[J]．造纸装备及材料，2022，51(03)：118-120.
[4] 王继成．绿色制造工艺技术 in 电机机械加工中的应用[J]．设备管理与维修，2021，507(22)：159-160.
[5] 卫官，孔宁宁．绿色制造工艺在汽车零部件机械加工中的应用研究[J]．内燃机与配件，2021，342(18)：200-201.
[6] 顾海英．绿色制造环境下的机械制造工艺探析[J]．内燃机与配件，2021，339(15)：176-177.
[7] 陆才雄．面向机械加工工艺规划的绿色制造技术研究[J]．大众标准化，2021，347(12)：175-177.
[8] 刘俊杰，肖宁，张利生．绿色制造的新型机械制造工艺技术[J]．内燃机与配件，2020，322(22)：104-106.

作者简介：索振国（1986.10-），男，汉族，河南郑州人，本科，助教，研究方向：机械设计制造及其自动化。

