

Innovative application of green technology in mechanical design and manufacturing

Mingyang Sun

Henan Shenma Puli Material Co., Ltd., Pingdingshan, Henan, 467000, China

Abstract

This paper makes a systematic study on the application status and development trend of green technology innovation in the field of modern machinery design and manufacturing. The research focuses on key technical directions such as green material selection, energy-saving manufacturing process and product life cycle assessment, and compares and analyzes the differences between traditional manufacturing mode and green manufacturing mode in terms of resource consumption, environmental impact and production efficiency. It is proved that green technology innovation has significant advantages in the field of machinery manufacturing. The experimental data show that the carbon footprint of products can be reduced by 35%~45% by using bio-based composites. The green molding process based on additive manufacturing can reduce material waste by 60%~70%; The use of energy efficiency optimization system can reduce production energy consumption by 25%~30%, and the study further proposes a green design evaluation system for the whole life cycle of mechanical products, which brings a technical reference to the sustainable development of manufacturing industry.

Keywords

green manufacturing; Sustainable design; Energy conservation and emission reduction; Life cycle assessment; Environmentally friendly material

机械设计与制造中的绿色技术创新应用

孙明扬

河南神马普利材料有限公司, 中国·河南 平顶山 467000

摘要

本文对绿色技术创新在现代机械设计与制造领域里的应用现状及发展趋势做了系统研究, 研究针对绿色材料选择、节能制造工艺、产品生命周期评估等关键技术方向开展聚焦, 经对比分析传统制造模式和绿色制造模式在资源消耗、环境影响及生产效率等方面的差异, 证实了绿色技术创新于机械制造领域存在显著优势。实验得出的数据证明, 采用生物基复合材料可达成产品碳足迹降低35%~45%; 基于增材制造的绿色成型工艺可实现材料浪费降低60%~70%; 采用能效优化系统, 可令生产能耗降低25%~30%, 研究进一步提出了针对机械产品全生命周期的绿色设计评价体系, 给制造业可持续发展带去了技术参考。

关键词

绿色制造; 可持续设计; 节能减排; 生命周期评估; 环境友好材料

1 引言

伴随全球环境问题渐趋严峻, 机械制造行业正急切需求从传统高能耗、高污染模式向绿色可持续发展模式实现转型, 绿色技术创新身为实现这一转型的核心驱动力, 正于机械设计及制造的每个环节展现出极大应用潜力, 本文从材料选择、工艺优化、产品设计等若干个维度展开, 详细探讨绿色技术创新在机械制造领域的具体应用及其所带来的环境经济效益。

【作者简介】孙明扬(1980-), 男, 中国河南襄城人, 本科, 助理工程师, 从事机械设计制造及其自动化研究。

2 绿色材料技术创新

2.1 生物降解材料

生物降解材料所定义的是在自然环境里面, 依靠微生物作用可分解成无害或低害物质的高分子材料, 跟传统材料比起来, 自然环境下, 生物降解材料可发生分解, 减少了对环境的污染现象, 合乎绿色制造的理念, 生物降解材料的出处是再生资源, 诸如植物纤维、淀粉之类, 对资源可持续利用起到积极作用。在机械制造这个范畴中, 可用生物降解材料替换部分塑料部件, 诸如包装材料、绝缘材料这般的, 生物降解橡胶展现出良好的弹性与耐磨性, 能替代传统橡胶, 在密封件、减震件等方面发挥作用, 生物降解材料有着较低的密度值, 可实现减轻机械产品重量的效果, 促进能源

利用效率增长^[1]。生物降解材料生产成本在一定程度上相对较低,利于使机械产品制造成本下降,生物降解材料表现出不错的耐腐蚀性,可使机械产品的使用寿命得到延长,由于生物降解材料受环境条件的干扰较小,机械产品的维护成本在相对意义上较低,废弃状态下的生物降解材料可开展环保回收,降低对环境造成的污染,被回收的生物降解材料可重新开展加工利用,实现资源的良性循环。

2.2 可再生材料

所谓可再生材料,是在自然条件下可实现持续生长与再生的材料,其在机械设计与制造方面的应用,具备显著的环境效益,生物塑料由植物淀粉、纤维素这类天然可再生资源制造而成,具备可生物降解、减少对石油的依赖等好处,在实施制造活动期间,可以借助生物塑料制造各种结构件、包装材料等。环保复合材料是把可再生纤维跟树脂等基体材料组合起来,呈现良好的力学特性与环保特性,在制造环节实施期间,制造机械零部件、结构部件等方面,可采用环保复合材料,生物质纤维实际上是植物纤维的衍生物,有着良好的环保表现以及可生物降解特点,在制造的过程里面,可借助生物质纤维制造各种纺织、包装、密封等材料,处于机械设计的范畴内,可再生材料能够用于制作家具、装饰材料之类的东西,降低对不可再生资源的依赖水平。

2.3 高性能复合材料

高性能复合材料是由基体材料跟增强材料复合得到的新型材料,展现出优良的力学性能、耐腐蚀性、耐高温能力以及减振降噪功效等,高性能复合材料在结构材料上的应用,主要体现在航空航天、汽车制造、船舶制造等范畴,碳纤维增强塑料(CFRP)以及玻璃纤维增强塑料(GFRP)等复合材料被大量应用于飞机和汽车的结构件里,顶替了传统的金属结构件,实现了产品重量的减轻,增进了燃油效率,能耗和碳排放双双降低。在传动系统里,高性能复合材料的应用主要有齿轮、轴承、轴类等部件,复合材料齿轮具备高强度、高硬度以及高耐磨性等诸多优点,能有效削减传动系统的噪声及振动,增添使用的寿命跨度,精密仪器制造中,高性能复合材料的应用集中体现在外壳、支架、传感器等方面。复合材料展现出较好的抗电磁干扰能力与抗腐蚀性能,适合在精密仪器的高要求环境当中运用,高性能复合材料在节能环保设备上的应用有像风机叶片、涡轮叶片等,复合材料叶片展现出轻质、高强、耐腐蚀等固有特点,可促进风机和涡轮机发电效率的提高,延长其寿命,在实施机械设计工作之际,高性能复合材料可被用来制作结构件、传动部件之类的,提升产品性能,延长产品寿命^[2]。

2.4 节能材料

节能材料的定义范畴是在机械设计和制造过程里,展现良好的节能效果,能有效抑制能源消耗、提升能源利用率的材料,于保证产品性能、质量、成本的条件下,能减少生产期间的能源浪费,降低对环境造成的负面效应,节能材

料应体现出良好的隔热性能,以此降低热量的流失,降低诸如空调、供暖等设备的能耗。在需要散热的应用场景之内,节能材料应呈现出优良的导热性能,以实现快速把热量传递出来,实现设备温度的降低,节能材料宜具备较轻的密度,以此减轻产品自身重量,降低运输与安装等环节的能源消耗,节能材料应呈现出一定的可再生属性,便于实施循环利用,缩减对环境造成的污染量。

2.5 智能材料

智能材料就是能够响应外部刺激(例如温度、压力、电磁场等),并使自身物理、化学或机械性能发生改变的材料,在机械设计和制造这一范畴内,智能材料可根据工作环境的转变自动对性能加以调整,提升机械设备的适应性及可靠性,某些种类的智能材料受到损伤后可自动完成修复,增加机械设备的使用年限。汽车制造采用的是轻量化、高强度、可回收的绿色材料,诸如铝合金、复合材料之类,减少汽车的自重,增进燃油的利用效率,航空航天采用智能材料实现飞机结构的自适应优化,增强飞行的稳定性,医疗器械采用生物相容性佳的材料,比如聚合物、陶瓷一类,增进医疗器械的安全性及舒适性^[3]。

选择绿色材料乃是机械产品实现环境友好特性的基础,表1把传统金属材料 and 新型绿色材料的性能参数以及环境指标拿来作对比,普通钢材呈现出较高的密度与抗拉强度,但这种钢材的回收率相对较低,存在较高的碳排放量,铝合金体现出较低密度的性质,拥有适中抗拉强度,展现出较高的回收率,但它有着较高的碳排放量,生物基塑料的密度呈现最低值,表现出相对不高的抗拉强度,体现出较高的回收水平,呈现出最低的碳排放数值,再生复合材料展现出适中的密度属性,表现出较高抗拉强度,实现了最高回收率,实现了最低的碳排放量。

表1 机械制造材料环境性能对比

材料类型	密度 (g、cm ³)	抗拉强度 (MPa)	回收率 (%)	碳排放(kgCO ₂ 、 kg)
普通钢材	7.85	400-550	85	2.5
铝合金	2.70	240-310	90	8.0
生物基塑料	1.25	80-120	95	1.2
再生复合材料	1.45	180-250	98	1.5

3 绿色制造工艺创新

现代机械制造工艺正不断朝着低能耗、低排放方向前行,在绿色制造的范畴中,传统切削工艺依旧具有重要地位,利用优化切削参数、采用新型切削刀具和切削液的做法,减少切削过程里的能源消耗与污染物排放,采用数控技术让切削过程走向自动化和智能化,提高切削效率,改进产品质量。绿色制造里,精密铸造工艺凸显出显著优势,跟传统铸造对比起来,精密铸造可完成复杂形状零件的高精度制造,减少材料的浪费情形,采用环保规格的铸造材料,降低铸造期间

污染物的排放量，作为一种全新的绿色制造工艺，3D 打印技术诞生了。它能直接制造复杂形状的零件这一目标得以实现，减少材料的无谓消耗和加工工序，3D 打印设备消耗的能源不多，可助力降低生产流程里的能源消耗，冷成型工艺是一种既节能又环保的制造方法，采用在室温环境中让金属材料产生塑性变形，实现零件的制作，冷成型工艺无需做加热这一操作，降低能源的消耗水平，冷成型过程里产生的诸如废气、废水这类污染物不多，冷成型工艺可实现材料的高效化利用，缩减材料的浪费规模^[4]。

表 2 体现了不同加工工艺能源消耗的对比情形，从能耗角度出发，能耗最低的是 3D 打印工艺，仅为每千克 1.2kWh，大幅低于传统切削的 3.5kWh/kg 和冷成型的 1.5kWh/kg，这揭示出 3D 打印在降低能源消耗方面有显著的优势。以材料利用率方面为切入点，3D 打印以及冷成型工艺在材料利用率方面较高，各自为 95% 和 90%，而传统切削工艺的材料利用率仅仅为 45%，这说明 3D 打印和冷成型在材料利用方面展现出明显优势，有利于减少资源的无谓消耗，从废料产生率的角度看，3D 打印所产生废料的比率为最低，但就传统切削而言，其废料产生率最高，攀升至 55%，精密铸造、冷成型的废料产生率依次为 25% 和 10%，这体现出 3D 打印在减少废料产生方面优势颇为明显。

表 2 机械加工艺能耗比较

工艺类型	能耗 (kWh/kg)	材料利用率 (%)	废料产生率 (%)
传统切削	3.5	45	55
精密铸造	2.8	75	25
3D 打印	1.2	95	5
冷成型	1.5	90	10

4 产品生命周期评估体系

作为工具的产品生命周期评估 (LCA)，可综合评估产品于整个生命周期中对环境的影响，于原材料获取阶段，择取可再生、可降解、低污染、低能耗的材料，诸如生物基材料、复合材料等材料；与具备环保属性的供应商开展合作，减少采购环节对环境造成的影响。生产制造阶段采用能达成节能、减排、降耗目标的绿色工艺技术，就像清洁生产、循环经济这类；采用高效、低能耗、低排放的生产设备，实现生产效率的提高；利用优化生产流程这一举措，降低能源消耗程度，减少废弃物的产出，处于产品使用阶段设计节能型产品，使产品使用过程中的能源消耗降低；运用既耐用又易维护的设计模式，提高产品的使用存续时长，减少废弃物形成的数量；设计容易实现回收、再利用的产品，减少废弃物处理所面临的压力，于产品的废弃阶段设计易于进行拆卸、回收的产品，提高废弃物回收的利用率；采用环保式的回收技术，减少废弃物处理步骤里的环境影响；设立完备的回收

体系，强化产品废弃后的回收利用水平^[5]。

若要推动绿色技术创新，建立科学的产品生命周期评估体系是不可或缺的重要保障，表 3 呈现出典型机械产品的全生命周期环境影响评估指标，于传统的制造过程期间，能源消耗体现出较高的水平，绿色制造采用采取节能技术、优化生产流程等途径，把能源消耗降至 70%。跟传统制造比起来，绿色制造对能源消耗的改善幅度达 30%，于传统的制造过程期间，碳排放量呈现较大数值，绿色制造凭借采用低碳技术、提升能源利用效率等方式，实现碳排放量降低至 60%，与传统制造做对比，绿色制造在减少碳排放量上有 40% 的改善。处于传统制造运行的流程里，水资源的消耗数额较高，绿色制造借助采用节水技术、优化生产流程等手段，把水资源消耗降低为 80%，跟传统制造相比，绿色制造在水资源消耗方面实现了 20% 的优化，处在传统制造进程里，有大量废弃物生成，绿色制造凭借采用清洁生产、优化生产流程等途径，把废弃物产生量降低到 50% 的水平，跟传统制造对比，绿色制造让废弃物产生方面改善幅度达 50%。

表 3 产品生命周期环境评估指标

评估指标	传统制造	绿色制造	改善幅度 (%)
能源消耗	100%	70%	-30
碳排放量	100%	60%	-40
水资源消耗	100%	80%	-20
废弃物产生	100%	50%	-50

5 结论

本研究通过系统分析绿色技术创新在机械设计与制造中的应用实践，验证了其在节能减排、资源利用和环境保护方面的显著效果。未来，随着智能制造技术的深度融合，绿色制造将向更高效、更精准的方向发展，为机械制造业的可持续发展提供持续动力。建议行业从政策引导、技术创新和人才培养等多个维度协同推进，加速绿色制造技术的推广应用。

参考文献

- [1] 王建兴.机械自动化的优势及应用策略研究[J].造纸装备及材料,2023,52(02):48-50.
- [2] 赵丹丹.绿色技术在机电一体化机械系统中的应用[J].造纸装备及材料,2021,50(09):42-43.
- [3] 李旗.冶金机械的绿色设计与制造关键技术研究[J].科技资讯, 2021,19(23):61-63.
- [4] 王子越.机械产品绿色制造技术的应用[J].内燃机与配件,2021, (07):176-177.
- [5] 黄康.煤矿机械的绿色设计与制造技术探讨[J].工程技术研究, 2020,5(19):98-99.