

·学科进展·

绿色制造的内涵及研究意义

刘 飞 张 华

(重庆大学制造工程研究所,重庆 400044)

[摘 要] 绿色制造是一综合考虑环境影响和资源效率的制造科学问题,也是现代制造业的可持续发展模式。本文在介绍绿色制造的国际研究现状的基础上,论述了绿色制造的内涵,从绿色制造的总体技术、专题技术和支撑技术等三个方面建立了绿色制造的研究内容体系,论述了绿色制造研究的科学价值和应用前景。

[关键词] 绿色制造,绿色制造系统,资源,环境

引 言

环境问题和资源问题是当前和今后相当长一段时间,人类社会面临的主要问题。特别是环境问题,其恶化程度与日俱增,对人类社会的生存与发展造成日益严重的威胁。近年来的研究和实践使人们认识到环境问题决非是孤立存在的,它和资源问题有着根本性内在联系。资源问题不仅涉及人类世界有限的资源如何利用,而且它又是产生环境问题的主要根源。

制造业是创造人类财富的支柱产业。制造业在将制造资源转变为产品的制造过程中及产品的使用和处理过程中,同时产生废弃物,对环境造成污染。由于制造业量大面广,因而对环境的总体影响很大。有鉴于此,如何使制造业尽可能少地产生环境污染是当前制造科学面临的重大问题。于是一个新的概念——绿色制造(Green Manufacturing)^[1]由此产生。

绿色制造,又称环境意识制造(Environmentally Conscious Manufacturing),面向环境的制造(MFE)等。近年来的研究非常活跃。如:1996年,美国制造工程师学会(SME)发表了关于绿色制造的蓝皮书《Green Manufacturing》^[1],提出绿色制造的概述,并对其内涵和作用等进行了较系统介绍;1998年SME又在国际互联网上发表了“绿色制造的发展趋势”的网上主题报告^[2]。美国机械工程师学会也在网上公布了不少研究论文^[3]。美国加州大学伯克利分校不仅

设立了关于环境意识设计和制造的研究机构,而且还在国际互联网上建立了可系统查询的绿色制造专门网页 Greenmfg。美国麻省理工学院也在这方面开展了不少研究^[4],国际生产工程学会 CIRP 近几年均有不少论文对环境意识制造和多生命周期工程等与绿色制造本质一致的问题进行了研究^[5-7],美国 AT&T 和许多企业以企业行为投入大量研究^[8]。还有其他许多文献,也分别对绿色制造及相关问题作了初步的研究和探索。特别是近年来,国际标准化组织 ISO 提出了关于环境管理的 14000 系列标准,如 14001^[9],14040^[10]后,推动着绿色制造的研究更加活跃。可以不夸张地说,绿色制造研究的强大绿色浪潮,正在全球兴起。

国内许多高校近年来也开展了不少研究。如本文作者从 80 年代初以来已对与绿色制造直接相关的制造系统中的资源问题和能源节约问题进行了持续研究,近年来又直接对绿色制造进行了较多研究^[11-15]。

绿色制造的研究虽然已在国内外特别是国际上迅速开展,但是由于“绿色制造”本身提出和研究历史较短,许多问题还有待于深入。特别是要使绿色制造能在制造业中广泛实施,大量科学问题和技术问题有待研究和解决。

1 绿色制造的内涵

由于绿色制造的提出和研究历史较短,其概念

本文于 1999 年 7 月 16 日收到。

和内涵尚处于探索发展阶段,因而至今还没有统一的定义。综合现有文献,特别是借鉴1996年SME蓝皮书《Green Manufacturing》^[1]的观点和作者们所作的研究^[12],本文将绿色制造定义如下:绿色制造是一个综合考虑环境影响和资源效率的现代制造模式,其目标是使得产品从设计、制造、包装、运输、使用到报废处理的整个产品生命周期中,对环境的影响(负作用)最小,资源效率最高,并使企业经济效益和社会效益协调优化。

从上述定义可看出,绿色制造具有非常广义的内涵:

(1)绿色制造涉及的问题领域包括3部分:一是制造问题,包括产品生命周期全过程;二是环境影响问题;三是资源优化问题。绿色制造就是这3部分内容的交叉和集成。

(2)绿色制造中的“制造”涉及到产品整个生命周期,是一个“大制造”概念,同计算机集成制造、敏捷制造等概念中的“制造”一样。绿色制造体现了现代制造科学的“大制造、大过程、学科交叉”的特点。

(3)近年来,围绕制造过程中的环境问题提出了许多与绿色制造相关或相类似的制造概念,如绿色设计、绿色工艺规划、清洁生产、绿色包装等,它们是绿色制造的组成部分,即绿色制造的内涵广得多。

2 绿色制造的内容体系

2.1 绿色制造的理论体系和总体技术

绿色制造的理论体系和总体技术是从系统的角度,从全局和集成的角度,研究绿色制造的理论体系、共性关键技术和系统集成技术。它们主要包括:

(1)绿色制造的理论体系

包括绿色制造的可持续发展理论、绿色制造的运行特性、建模理论、资源属性、环境属性、绿色制造的系统特性和集成特性等。

(2)绿色制造的体系结构和多生命周期工程

包括绿色制造的目标体系、功能体系、过程体系、信息结构、运行模式等。绿色制造涉及到产品整个生命周期中的绿色性问题,其中大量资源如何循环使用或再生,又涉及到产品的多生命周期工程这一新概念。

(3)绿色制造的系统运行模式——绿色制造系统

只有从系统集成的角度,才可能真正有效地实施绿色制造。为此,本文提出了绿色制造系统这一概念。绿色制造系统将企业中各项活动中的人、技

术、经营管理、物能资源和生态环境,以及信息流、物料流、能量流和资金流有机集成,并实现企业和生态环境整体优化,达到产品上市快、质量高、成本低、服务好、有利于环境,并赢得市场竞争的目的。绿色制造系统的集成运行模式主要涉及绿色设计、产品生命周期及其物流过程、产品生命周期的外延及其相关环境等。

(4)绿色制造的物能资源系统

鉴于资源消耗问题在绿色制造中的特殊地位,且涉及到绿色制造全过程,因此应建立绿色制造的物能资源系统,应研究制造系统的物能资源消耗规律、面向环境的产品材料选择、物能资源的优化利用技术、面向产品生命周期和多个生命周期的物流和能源的管理与控制等问题。

2.2 绿色制造的专题技术

绿色制造的专题技术是相对于总体技术而言。绿色制造中的主要专题技术包括绿色设计、绿色材料选择、绿色制造、绿色包装、绿色回收处理等。

(1)绿色设计技术

绿色设计是指在产品及其生命周期全过程的设计中,充分考虑对资源和环境的影响,在充分考虑产品的功能、质量、开发周期和成本的同时,优化各有关设计因素,使得产品及其制造过程对环境的总体影响和资源消耗减到最小。绿色设计又称为面向环境的设计(DFE, Design for Environment)。

(2)绿色材料选择技术

绿色材料选择技术又称面向环境的产品材料选择,是一个系统性和综合性很强的复杂问题。一是绿色材料尚无明确界限,实际中选用很难处理。二是选用材料,不能仅考虑其绿色性,还必须考虑产品的功能、质量、成本等多方面的要求。这些更增添了面向环境的产品材料选择的复杂性。

(3)绿色工艺规划技术

大量的研究和实践表明,产品制造过程的工艺方案不一样,物料和能源的消耗将不一样,对环境的影响也不一样。绿色工艺规划就是要根据制造系统的实际,尽量规划和采用物料和能源消耗少、废弃物少、对环境污染小的工艺方案和工艺路线。

(4)绿色包装技术

绿色包装技术的主要内容是面向环境的产品包装方案设计,就是要从环境保护的角度,优化产品包装方案,使得资源消耗和废弃物产生最小。目前这方面的研究很广泛,但大致可以分为包装材料、包装结构和包装废弃物回收处理3个方面。

(5)绿色处理技术

产品生命周期终结后,若不回收处理,将造成资源浪费并导致环境污染。目前的研究认为面向环境的产品回收处理问题是个系统工程问题^[12],应从产品设计开始就要充分考虑这个问题,并作系统分类处理^[12]。

2.3 绿色制造的支撑技术

(1)绿色制造的数据库和知识库

研究绿色制造的数据库和知识库,为绿色设计、绿色材料选择、绿色工艺规划和回收处理方案设计提供数据支撑和知识支撑。

(2)制造系统环境影响评估系统

环境影响评估系统要对产品生命周期中的各个环节的资源消耗和环境影响的情况进行评估,所评估的主要内容包括:制造过程物料资源的消耗状况、制造过程能源的消耗状况、制造过程对环境的污染状况、产品使用过程对环境的污染状况、产品寿命终结后对环境的污染状况等。

(3)绿色 ERP 管理模式和绿色供应链

在绿色制造的企业中,企业的经营与生产管理必须考虑资源消耗和环境影响及其相应的资源成本和环保处理成本,以提高企业的经济效益与环境效益。其中,面向绿色制造的整个(多个)产品生命周期的绿色 MRP II/ERP 管理模式及其绿色供应链将是重要研究内容。

(4)绿色制造的社会支撑系统

绿色制造是一种企业行为,但又以法律行为和政府行为作为保障和制约。研究绿色制造势必涉及社会对于环保的要求和相应的政府法规。只有合理制定对于资源优化利用和综合利用、环境保护等方面的法规,才能真正推动绿色制造的实施。

(5)绿色制造的实施工具和产品

研究绿色设计的支撑软件,包括计算机辅助绿色设计系统、绿色工艺规划系统、绿色制造的决策支撑系统、ISO14000 国际认证的支撑系统等。以上方面很可能形成一个新兴的软件产业。

3 绿色制造研究的科学价值和应用前景

(1)绿色制造研究属国际制造科学技术前沿,将推动制造科学的发展

绿色制造近年来的研究非常活跃。美国的一些国家重点实验室和国家标准技术研究院,以及麻省理工学院、加州大学伯克利分校等著名高等学校,纷纷开展了这方面的研究。这些充分体现了绿色制

造的学科前沿性。绿色制造将涉及现代制造观的变革、可持续制造理论、21 世纪制造系统的体系结构以及大制造、大过程和学科交叉等一系统制造科学问题,它的研究无疑将会推动制造科学的发展。

(2)绿色制造是人类社会可持续发展的必然需求,具有重大社会效益

绿色制造是人类可持续发展战略在制造业的体现,它考虑环境和资源既要满足经济发展的需要,又使其作为人类生存的要害之一而直接满足人类长远生存的需要,从而形成了一种综合性的发展战略。显然绿色制造的研究具有重大的社会效益。

(3)绿色制造也将是 21 世纪企业取得显著经济效益的机遇

实施绿色制造,最大限度的提高资源利用率,减少资源消耗,可直接降低消耗,从而直接降低成本;同时,实施绿色制造减少或消除环境污染,可减少或避免因环境问题引起的罚款;并且,绿色制造环境将全面改善或美化企业员工的工作环境,有助于提高员工的主观能动性和工作效率;特别是未来的市场是绿色产品的市场;因此绿色制造对企业是一种机遇。

(4)国际环境管理标准的提出,更增添了企业对实施绿色制造的需求

ISO14001 和 ISO14040 分别于 1996 年和 1997 年提出后,在国际上引起了很大震动。实施绿色制造已是大势所趋。

(5)绿色制造将为我国企业消除国际绿色贸易壁垒提供有力支撑

近年来,许多国家要求进口产品要进行绿色性认定,要有“绿色标志”。特别是有些发达国家以保护本国环境为由,制定了极为苛刻的产品环境指标来限制国际产品特别是发展中国家产品进入本国市场,即设置“绿色贸易壁垒”。绿色制造将为我国企业提高产品绿色性提供支撑手段。

(6)绿色制造将推动一类新兴产业的形成

企业实施绿色制造,需要大量实施工具和软件产品,这是一个很大的市场,将会推动一类新兴产业的形成。

4 结 论

绿色制造是一种综合考虑环境影响和资源效率的现代制造模式,是人类可持续发展战略在现代制造业中的体现。绿色制造涉及的内容体系非常丰富,包括绿色制造理论和总体技术、专题技术和支撑

技术3大类及其一系列重要的具体技术。绿色制造对推动制造科学的发展具有重要作用,同时对于人类社会的可持续发展和我国制造业的发展具有重大的社会效益和经济效益。因此,建议将绿色制造列入我国自然科学基金优先发展领域。

参 考 文 献

- [1] Melngk S A, Smith R T. Green manufacturing. Dearborn, USA: Society of Manufacturing Engineers, 1996.
- [2] Neil Duffie. Trends in green manufacturing. CISA/SME Technology Trends, Aug, 1998 (<http://www.sme.org>).
- [3] Bras B. ISO14000 and activity-based life cycle assessment in environmentally conscious design and manufacturing: a comparison. DETC98/DFM-5734, ASME. (<http://www.asme.org>).
- [4] Borland Nicholas P. Integrating environmental impact assessment into product design: [Master Thesis]. Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, USA, 1998.
- [5] Zast R, Gaduff G. Life-cycle modeling as an instrument for life-cycle engineering. Annals of the CIRP, 1997, 46(1): 351—354.
- [6] Sheng P, Srinivasan M. Multi-objective process planning in environmentally conscious manufacturing: a feature-based approach. Annals of the CIRP, 1995, 44(1): 433—437.
- [7] Sheng P, Srinivasan M. Hierarchical part planning strategy for environmentally conscious machining. Annals of the CIRP, 1996, 45(1): 455—460.
- [8] Dickinson D A, Draper C W. Green product manufacturing. AT&T Technical Journal, 1995(Nov/Dec): 26—35.
- [9] ISO14001: Environmental management systems-specification with guidance for use, 1996.
- [10] ISO14040: Environmental management-life cycle assessment-principles and framework, 1997.
- [11] 刘飞, 陈晓慧, 张华. 绿色制造. 北京: 中国经济出版社, 1999.
- [12] 刘飞, 张华, 岳红辉. 绿色制造—现代制造业的可持续发展模式. 中国机械工程, 1998, 9(6): 76—78.
- [13] Liu Fei, Cheng Xiaohui, Zhang Hua. The resource flowing model of green manufacturing systems. In: Proc. of 4th International Conference on CIM, 1997, Singapore: Springer-Verlag, 1997: 188—194.
- [14] 张华, 刘飞, 梁洁. 绿色制造的体系结构及其实施中的几个战略问题探讨. 计算机集成制造系统, 1997, 3(2): 11—14.
- [15] 马祖军, 刘飞, 代颖. 并行工程在绿色设计中的应用. 机电一体化, 1998, (3): 12—13.

CONNOTATION AND SIGNIFICANCE OF GREEN MANUFACTURING

Liu Fei Zhang Hua

(Chongqing University, Chongqing 400044)

Abstract Green manufacturing is about the issues of manufacturing with the goal of minimizing the environment impact and resource consumption, and is the sustainable development mode of modern manufacturing industries. In this paper, the state-of-the-art of green manufacturing is introduced, and the concept and connotation are further discussed. The research issues are summing up, and the issue system of green manufacturing is established from three aspects which include system and integration techniques, special subject techniques and supporting techniques of green manufacturing. Finally, the research significance is discussed.

Key words green manufacturing, research issues, significance, environment

封面说明 中孔分子筛是90年代发展起来的新型无机材料。它的母体是以非晶态氧化硅为骨架,在表面活性剂模板的帮助下形成有序的一维或多维中孔排列,孔径2—10 nm以上并连续可调。这种材料在有大大分子参与的化学过程中将会有很好的应用前景,如用作高选择性催化剂、分离剂等。与传统的微孔分子筛一样,纯氧化硅材料本身是没有催化活性的。一种致性的方法是在骨架中掺杂其他原子,这样,材料的热稳定性一般会下降,另一种方法是在孔道内载入有催化活性的纳米级金属颗粒。封面是孔径为3 nm左右的中孔分子筛MCM-41中载入Ru₁₀原子簇的情况。Ru₁₀以[H₂Ru₁₀(CO)₁₅]²⁻阴离子形式存在,彼此由两个PPN⁺有机阳离子相隔,与MCM-41的内壁化学键合。加热处理后除去有机成分即合成Ru₁₀/MCM-41材料。利用这种方法可以在中孔分子筛中载入各种各样的金属颗粒,并计划地调节它们之间的距离,形成有序或者部分有序的线状排列。对应的高分辨电子显微像则产生“佛珠状(Rosary)”的衬度图形。该工作的最初结果发表于《自然科学进展》,1998,8(5):528—535。