

建设工程研究中心,提升再制造产业技术水平^{*}

徐滨士^{1a,1b}, 梁秀兵^{1b,1c}, 张 伟^{1d}, 杨庆东², 陈永雄^{1b}

(1. 装甲兵工程学院 a. 再制造技术重点实验室 b. 机械产品再制造国家工程研究中心 c. 科研部 d. 装备维修与再制造工程系, 北京 100072; 2. 山东能源机械集团有限公司, 山东 新泰 271222)

摘 要:再制造是中国经济战略性新兴产业,已成为循环经济建设的亮点。文中综述了机械产品再制造技术在国内外的发展现状,以及中国采取的以“尺寸恢复和性能提升”为特色的再制造模式与国外的差别。为弥补再制造产业化发展在技术体系、市场管理等方面的不足,特别是先期采取的企业试点模式存在分散化运作、产业示范能力不够强的风险,文中提出了建设机械产品再制造国家工程研究中心作为再制造产业发展科技支撑平台的发展模式,并阐述了该工程中心的定位、发展方向以及 4 大技术平台建设情况,以提升我国再制造产业的整体水平。

关键词:再制造; 机械产品; 工程研究中心; 产业化

中图分类号: TH16 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9289(2013)04-0099-06

Development of Remanufacturing Industrialization by Building Engineering Research Center

XU Bin-shi^{1a,1b}, LIANG Xiu-bing^{1b,1c}, ZHANG Wei^{1d}, YANG Qing-dong², CHEN Yong-xiong^{1b}

(1a. Science and Technology on Remanufacturing Laboratory, 1b. National Engineering Research Center for Mechanical Product Remanufacturing, 1c. Science Research Department, 1d. Engineering Department for Equipment Maintenance and Remanufacture, Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072; 2. Shandong Energy Mechanical Co.,Ltd., Xintai 271222, Shandong)

Abstract: Remanufacturing is one of the strategic newly industries in Chinese economic construction, becoming one of the hot topics of the recycling economic construction. In this study, the domestic and overseas developments of the mechanical product remanufacturing technology were discussed, including the differences in remanufacturing modes. In China, a remanufacturing mode featured with the concept of dimension resume and property upgrade was developed. To make up the shortcomings of technology system and market management during the remanufacturing industrialization, especially for the mode of enterprise pilot project, a development mode of establishing national engineering research center for mechanical product remanufacturing (NERC-MPR) as technical support for remanufacture industry was put forward. The registration, developing direction and technological platforms of NERC-MPR were represented additionally, and the developing trend of the engineering research center was put forward consequently.

Key words: remanufacturing; mechanical product; national engineering research center; industrialization

0 引 言

再制造已成为我国循环经济建设的亮点,2008 年开始,在国家发改委的推动下,我国已有

14 家企业开展汽车零部件再制造试点,取得了初步成效,并于 2013 年正式启动第二批共 28 家再制造试点企业。工业与信息化部于 2010 年开始

收稿日期: 2013-05-10; **修回日期:** 2013-06-26; **基金项目:** * 国家自然科学基金(51105377, 51005244)

作者简介: 徐滨士(1931—),男(汉),黑龙江哈尔滨人,中国工程院院士; **研究方向:** 表面工程、再制造工程

网络出版日期: 2013-07-01 13:22; **网络出版地址:** <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.3905.TG.20130701.1322.008.html>

引文格式: 徐滨士,梁秀兵,张伟,等. 建设工程研究中心,提升再制造产业技术水平 [J]. 中国表面工程, 2013, 26(4): 99-104.

在机床、工程机械、大型工业设备、船舶、铁路机车等 8 个行业的 35 家企业实施“机电产品再制造试点”。目前,我国已形成了汽车发动机、变速箱、矿山机械等机电产品 32.5 万套的再制造能力。但与国外发达国家相比,我国机械产品再制造市场需求量大面广,但支撑企业数量很少,产业发展仍处于起步阶段,尚未形成规模,距离战略性新兴产业发展需求还有较大差距。主要表现在我国再制造关键技术体系尚不够完善,急需解决适合产业化生产的再制造质量评价体系和再制造成型加工技术体系的关键技术;缺乏技术成果转化平台,已开发的关键技术设备推广应用滞后;缺乏再制造领域的管理和研发人才;再制造质量标准不健全,缺乏市场准入机制和评价机制;社会各界对再制造的认识不统一、不深入;市场存在无序竞争现象,再制造产品质量存在隐患,影响和限制了再制造产业的健康发展^[1]。

2009 年 1 月 1 日实施的国家《循环经济促进法》中明确提出要发展再制造产业,以促进循环经济向产业化、集群化方向发展。同时部署大力发展汽车、工程机械、机床、电机等重点领域的再制造;提倡加大科技投入,以科技创新为本;要求全面建设配套服务体系,为再制造企业创造良好的环境和提供有利支撑。2010 年国家发改委、工信部等 11 部委联合公布了《关于推进再制造产业发展的意见》,明确指出“加快建立再制造国家工程研究(技术)中心,加强再制造技术研发能力建设,形成再制造关键设备生产研发体系。国家工程研究中心是国家发改委根据建设创新型国家和产业结构优化升级的重大战略需求,以提高自主创新能力、增强核心竞争力和发展后劲为目标,组织具有较强研发实力的高校、科研机构和企业等建设的研发实体,是国家创新体系的重要组成部分。因此,实施再制造国家工程研究中心建设模式,高度契合了国家构建循环经济的战略需求,为国家再制造产业的健康发展提供科技创新平台支撑,对落实生态文明国策、建设“资源节约型、环境友好型、健康和谐型”社会具有重要促进作用。

1 国内外机械产品再制造技术发展状况

1.1 国外再制造模式与技术发展现状

再制造产业在国外已经发展成为一个新兴的朝阳产业,据统计,2010 年仅全球汽车零部件再

制造产业规模已达 850 亿美元以上,在美国机动车辆维修市场中,再制造配件占据了 70% 以上的市场份额^[2]。世界发达国家多年的实践经验表明,再制造产业非常重要,是发展循环经济、扩大内需和环境保护的重要途径,同时,再制造也是一项复杂的系统工程,需要统筹协调发展,从技术层面来讲,它涉及回收、拆解、清洗、检测、分选、换件或修理、装配使用与检验等流程。对于单个机械零部件的再制造,国外主要采用以“减尺寸”为特征的尺寸修理法和换件修理法的再制造模式^[3]。尺寸修理法是将失配的零件表面尺寸加工到可以配合的范围,如缸套-活塞磨损失效后,通过镗缸的方法恢复缸套的尺寸精度,再配以大尺寸的活塞完成再制造,涉及的再制造技术相对单一;换件修理法是将损伤零件整体更换为新品零件。近年来国外重点发展的再制造相关技术包括以下几个方面:

(1) 再制造回收技术

美国福特公司已建立起全球最大的汽车回收中心,专门从事汽车的回收、拆卸与再制造,充分利用回收再制造的部件,一年实现 10 亿美元的营业额;而且福特与通用、克莱斯勒等大汽车公司已结成回收联盟,在密西根建立汽车拆卸中心,专门研究开发汽车零部件的拆卸、再制造和再循环利用。美国罗切斯特理工学院有一个专门从事再制造工程研究的全国再制造和资源恢复中心^[4]。日本在至 2008 年的统计数据显示,再制造的工程机械中,58% 由日本国内用户使用,34% 出口到国外,其余 8% 拆解后作为零部件配件出售。

(2) 再制造设计

国外许多学校已开设再制造技术课程,而且将零部件的再制造性充分融入到工业产品设计当中,认为在设计产品时只考虑一次性使用是不合理的^[5]。再制造设计是在新产品设计阶段就考虑产品的可再制造性,为更新换代打下基础,主要结合具体产品,针对再制造过程中的重要设计要素如拆卸性能、零件的材料种类、设计结构与坚固方式等进行研究,同时考虑在报废时如何减少环境污染等。再制造往往是在产品使用数年后实施的,在此期间许多新技术、新材料相继出现,因而通过再制造修复、改造的产品质量往往优于原产品。

(3) 军用装备再制造技术研究

再制造工程的研究也已引起美国国防决策部门的重视,美国制订了 2010 年国防工业制造技术

的框架,特别强调为延长武器系统的使用寿命,已经将系统性能升级、延寿技术和再制造技术列为目前和将来国防制造重要的研究领域,体现出其对再制造新技术的认识^[6]。另外,美国正在实施的国家纳米技术计划中,也把研究开发强度和硬度更高、重量更轻、安全性更好,并将再制造自行修复的纳米材料列为重要方面之一^[7-8]。

1.2 国内机械产品再制造技术现状

我国机械产品再制造发展还处于起步阶段,但是近几年废旧装备的数量却在不断增加。根据2010年统计数据,我国汽车年报废量超过300万辆,主要工程机械报废量超过40万台,农业拖拉机报废量超过100万台,目前机床保有量逾700万台,其中服役超过10年的机床占到60%，“十一五”期间机床报废量超过80万台,而且还将大量增加,预计到2020年工程机械的报废量将达到120万辆左右,其数字惊人。随着我国进入机械装备报废的高峰期,再制造产业在社会、资源、环境效益等方面的优势决定了发展再制造产业势在必行。

除装甲兵工程学院有国家级再制造重点实验室专门从事再制造技术研发外,还有如西安交通大学、清华大学、机械科学研究院、广州有色金属研究院等科研单位开始从事机械产品再制造技术、工艺及设备研发生产,但局限于研发再制造工程领域中的少数技术,还不能形成完善的技术体系,且工程化应用的领域较少。从事机械产品再制造生产的企业主要集中在发改委批准的42家汽车零部件再制造和工信部批准的35家机电产品再制造的试点企业。其中济南复强动力有限公司是一家起步较早的具有国际水准的汽车发动机再制造公司。其他多数企业近几年才开始从事再制造生产,普遍存在技术缺乏、人才需求量大、经济效益不明显的特点。根据中国汽车工业协会公布的2010年我国汽车零部件再制造业产能数据显示,再制造发动机约11万台,变速器约6万台,发电机、起动机约100万台左右,再制造总产值低于25亿元。随着国家对再制造产业发展各项政策的落实,预计我国机械再制造产业将迎来跨越式的发展。

如前所述,国外再制造企业在进行再制造生产过程中主要采用以“减法”为特征的尺寸修理法和换件修理法。这种再制造模式导致废旧产品的再制造率很难进一步提高,由于缺少高新技术应

用,该模式很难保证再制造产品性能的跨越式提升。为此,装甲兵工程学院率先提出发展基于尺寸恢复与性能提升为特色的中国再制造模式和技术体系^[9]。同时在再制造的基础理论与相关前沿技术进行了深入地探索研究,特别是微纳技术、信息技术和先进表面工程技术为支撑的再制造关键技术不断有所突破,研发出具有自主知识产权的再制造关键技术与设备,可将某型号旧发动机的旧件再利用率提高到90%,使零件的尺寸精度和质量标准不低于原型新品水平,而且在耐磨、耐蚀、抗疲劳等性能方面达到原型新品水平。目前,已研发了废旧零部件缺陷、裂纹和应力集中综合检测仪器、自动化表面工程再制造专机等一系列发动机零部件再制造关键技术,以及发展了再制造零部件剩余寿命评估理论、自动化高速电弧喷涂、纳米复合表面制备与成形一体化技术、等离子熔敷再制造快速成形技术以及缸体、曲轴、连杆等零部件自动化再制造工艺等创新性成果。

1.3 中国特色再制造与国外的区别

中国虽然采用基于尺寸恢复与性能提升为特色的再制造,机械产品再制造产业与国外发达国家的机械产品再制造产业相比,仍存在较大的差距,主要表现在行业范围、企业规模、销售收入、评价体系等多个方面:

(1) 再制造市场需求量大、而支撑企业尚未跟进。我国作为装备使用大国,许多大型成套机械设备面临退役,同时机械设备零配件的维修需求量大,但是国内年再制造5万台套零部件的再制造企业数量较少。

(2) 实施再制造的质量控制体系尚未完善。许多企业以前是专门从事维修或表面加工,有的甚至是从事拆解的企业,连修理都没有从事过,其规模相对较小,并没有充分认识到再制造对象和过程的复杂性,大部分在旧件检测、再制造毛坯修复等关键环节没有建立完善的质量控制体系,缺乏先进的无损检测与质量评价技术手段;一些废旧零部件的质量检测和寿命评估技术的许多难题还未攻克,直接修复投入再制造市场后,严重影响产品的质量和可靠性,甚至使整个行业的信誉受损。而国外的质量评价体系成熟度非常高,如美国预计2015年75%的再制造公司通过ISO认证,其汽车及配件和工业设备的再制造比例达到72%以上,而且对假冒伪劣产品的惩罚力度很大。

(3) 可实现产业化生产先进成熟的再制造技术还非常缺乏。大部分再制造企业主要还是采用换件法和尺寸修理法进行再制造,许多旧件毛坯作废弃处理,再利用率很低,而且,对产品的再制造加工手段还处于低水平,大多沿用制造工艺的设备和技术,导致再制造后产品非标件多,用户认可程度低,加工成本高。

(4) 市场存在无序竞争现象,再制造产品质量存在隐患。各企业之间互相压价,致使产品利润日渐降低,同时部分小企业采用价格低廉、质量无保证的零件,并贴牌大厂产品标识、假冒大厂再制造产品,导致再制造产品质量难以保证。各企业生产规模相差较大,导致生产设备和生产工艺良莠不齐,工人技能和管理理念相差较大,这也是难以保证再制造产品质量的隐患之一。

2 机械产品再制造国家工程研究中心建设的意义与方向

2.1 工程中心建设的意义

我国循环经济法提出,循环经济是在生产、流通和消费等过程中进行的减量化、再利用、资源化活动的总称,它是推进可持续发展战略的一种优选模式,强调以循环发展模式替代传统的线性增长模式,表现为以“资源—产品—再生资源”和“生产—消费—再循环”的模式。“再制造产业化”作为循环经济的重点工程之一,需要快速健康发展。

从国内外制造及再制造产业的发展历程看,“技术产业化”是一个普遍的发展模式,我国的再制造产业在这一环节上先期采取的是企业试点模式,其总体上是分散化运作,产业示范能力明显不足。因此,要解决机械产品再制造的共性关键技术问题,并把科研成果进行产业转化和推广光靠单独的企业是无法实现的,迫切需要建立一个开发关键共性技术的基地;需要建立行业标准和为行业提供高技术服务、带动全行业技术水平提升的国家工程研究中心,以承担构建我国机械产品再制造产学研用技术创新体系的重任。

鉴于再制造产业有其独特的技术和相应的政策法规环境,机械产品再制造国家工程研究中心成了推动再制造产业发展的重要科技创新支撑平台。在此背景下,装甲兵工程学院凭借雄厚的再制造技术优势,联合山东能源机械集团有限公司和北京首科集团公司申报建设“机械产品再制造

国家工程研究中心”,于 2012 年 5 月 25 日正式得到国家发改委批复。

自 1992 年原国家计委正式启动国家工程中心计划以来,经过 20 年的发展,总数已达 130 个,分布在信息、新材料、机械等国民经济重要领域。主要任务是,根据国家和产业发展需求研发关键共性技术,开展具有重要市场价值重大科技成果的工程化和系统集成,为规模化生产提供先进成熟技术、工艺及装备,提供技术验证和咨询服务,培养高层次人才。机械产品再制造国家工程研究中心的主要定位是,通过开展关键共性技术、成套工艺和装备的开发与工程化,研制相关标准和规范,建立再制造检测评价体系,培养再制造领域的创新技术人才团队,构建再制造产学研用技术创新体系,促进先进成熟再制造技术在装备保障领域的应用,提升装备修复和再生能力,为促进再制造产业军民融合式发展提供有力的技术支撑。因此,通过该工程中心的建设,将集中解决再制造行业关键共性技术问题,形成和推广具有自主知识产权的创新性成果,构建以具有高技术支撑和促进国际交流与合作,并引领和服务于全行业的公共平台,加快我国机械产品再制造科技成果向现实生产力转化,将为推动我国机械再制造行业的发展和提高整体技术水平起到重要作用。

2.2 工程研究中心的发展方向

2.2.1 再制造共性和关键技术研发

对于单个零部件的再制造,中国采用的是不同于国外的再制造模式,主要发展的是基于尺寸恢复与性能提升为特色的技术体系。因此,机械产品再制造国家工程研究中心将以机械零部件的再制造成形技术研发为主线,再制造共性和关键技术研发的重点方向集中在以下几方面:

(1) 工程论证设计技术体系包括:机械产品再制造性设计与分析、再制造经济效益分析模型、再制造工艺流程设计和再制造逆向物流信息化管理等。

(2) 寿命评估与质量检测技术设备体系包括:再制造毛坯剩余寿命评估系统、毛坯的结构与表面完整性评估技术、再制造产品使用寿命预测技术设备、再制造产品质量检测技术设备、再制造涂层检测与评估技术设备和零部件失效分析技术等。

(3) 绿色拆解及清洗技术设备体系包括:快速无损拆解技术、高温分解清洗技术设备、物理喷丸清洗技术设备、清洗液循环再利用技术设备等。

(4) 零部件表面修复成形技术设备体系包括: 纳米电刷镀、自动化热喷涂、高能束熔覆、薄膜沉积等先进表面修复与改性技术、工艺和装备。

(5) 成形材料制备技术体系: 包括再制造电沉积镀液、再制造合金丝材、再制造粉体、微纳米表面自修复材料等。

(6) 零部件加工技术设备体系: 包括再制造加工工艺及方法、自动控制及信息化设备、再制造精密加工设备工艺、再制造尺寸恢复与尺寸加工融合技术设备等。

2.2.2 再制造科技成果的工程化与产业化

针对我国机械产品再制造行业效率低、运作散、技术水平较低等一系列突出问题, 开展具有重要市场价值的科技成果的工程化与系统集成, 形成机械产品再制造亟需的重大技术产品和设备。重点开展民用和军用车辆、工程机械、矿采装备、冶金装备等行业领域的关键零部件成套再制造技术的工程化研究, 包括再制造工艺流程的定型研究、再制造产品的后加工以及质量检验等工作, 最终形成成熟的可产业化的再制造成套技术、工艺、

材料和装备, 提升再制造产业核心竞争力。

2.2.3 再制造产业化服务

在再制造关键技术与设备推广应用过程中, 注重再制造的企业标准、行业标准和国家标准的研究与制定, 加强认证认可方法与制度研究。同时, 围绕国家循环经济宏观发展战略, 通过再制造关键技术设备在产业化推广过程中的技术验证, 深入分析再制造产业化过程中的制约因素, 探究促进我国再制造产业做大做强的措施与对策。

3 机械产品再制造国家工程研究中心的技术平台建设

针对国家发改委对国家工程研究中心的定位, 工程研究中心整合目前国内外再制造技术领域的优势资源, 依托目前“装备再制造技术国防科技重点实验室”的理论基础和技术储备优势, 引进消化吸收, 转化科研成果, 并利用图 1 所示的技术平台, 进行机械产品再制造核心共性技术的研发、系统集成和研究成果的工程化与产业化, 为行业提供技术开发及科技成果工程化的试验、验证、检

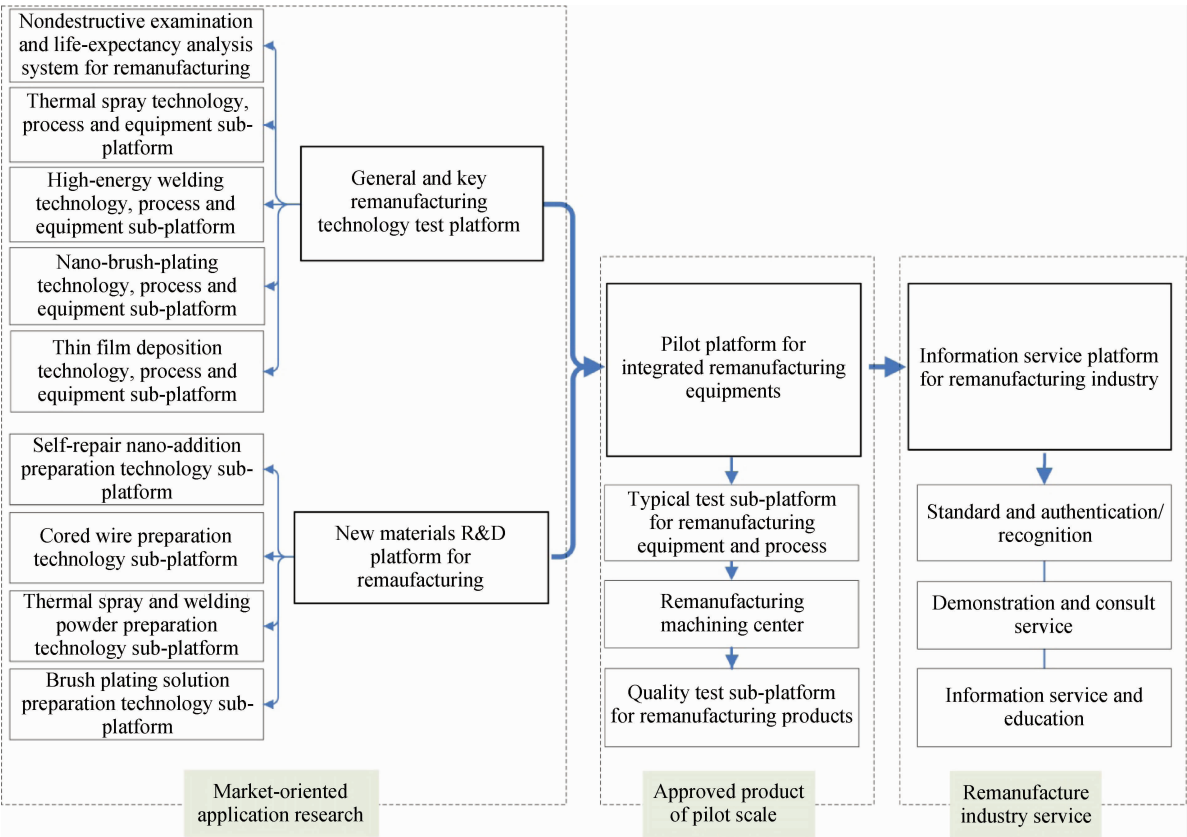


图 1 机械产品再制造国家工程研究中心的技术平台结构

Fig. 1 Structure of technology platform for NERC-MPR

测、定标等所需的技术装备,最终形成我国机械产品再制造领域关键技术的展示、研究与产业化转化基地。工程中心的技术平台主要包括 4 个方面。

(1) 再制造共性关键技术试验平台

主要包括研发再制造毛坯质量检测和剩余寿命评价技术体系,解决判定废旧零部件能否再制造的难题;研发系列新型再制造修复成形技术、工艺与设备,解决量大面广和附加值高的典型零部件的再制造难题。该平台的建成对于提升旧件的再制造率、保证再制造零件的尺寸精度和质量标准不低于原型新品水平提供技术保障。

(2) 再制造新材料研发平台

新型材料研发是基于表面技术再制造的重要内容,依托装备再制造技术国防科技重点实验室的研究基础,在各种表面涂、镀、覆层制备材料及减摩自修复添加剂材料等领域拥有的多项成果,工程中心将完善这些新材料的性能、体系和制备工艺,开展工程化应用,并结合开发的再制造关键设备和工艺实施典型机械产品的再制造产业化推广,不断提升工程研究中心的创新能力和综合技术水平。

(3) 再制造成套装备工程化中试平台

为将研发成果和产品转化到工程用当中,很有必要建设基于这些技术和成果的成套装备技术工程化中试平台,实现成套装备与技术产品推广应用前的定型与质量考核,为规模化再制造提供可靠的技术保障。因此,再制造成套装备技术工程化中试平台是检验机械产品再制造技术研发成果成败的关键,也是规模化推广再制造工艺和产品的必要环节,同时,基于该平台,可以针对汽车、工程机械等领域的某几种量大面广的典型废旧机械零部件,开展小规模再制造生产,为后期标准制定和再制造分中心的建设打下基础。

(4) 再制造产业信息化服务平台

再制造产业信息化服务平台主要采用虚拟现实、网络和数据库、技术成熟度评价等技术,支撑再制造生产线与运行模式规划论证、国家再制造产业发展政策法规咨询、标准制定、资质认证认可和高层次人才培训服务等,是推进和规范再制造国家战略性新兴产业发展的基础条件之一。

4 结 语

机械产品再制造国家工程研究中心根据国家

机械产品再制造行业发展需要,以机械产品再制造关键共性技术、再制造新材料、再制造成套技术与装备的研发和工程化为主导,通过建设高水平的技术创新、工程化研发验证和产业化示范基地,提高机械产品再制造自主创新能力。通过再制造关键共性技术试验平台建设,解决判定废旧零部件能否再制造的难题,解决量大面广和附加值高的典型零部件的再制造难题;通过再制造新材料研发平台建设,开展各种表面涂、镀、覆层制备材料及减摩自修复添加剂材料等领域的研发和工程化应用推广;通过再制造成套装备工程化中试平台的建设,实现成套装备与技术产品推广应用前的定型与质量考核,为规模化再制造提供可靠的技术保障;通过再制造产业信息化服务平台建设,提供工程技术验证和咨询服务,为行业培养工程技术与研究管理的高层次人才。因此,建设国家工程研究中心作为科技创新支撑平台发展我国的再制造产业,时机和条件成熟,方向正确。通过建立工程研究中心,将搭建再制造产业与科研之间的“桥梁”,为我国再制造产业的科学规范发展提供支撑。

参考文献

- [1] 董碧娟. “中国再制造”发展正当其时 [N]. 经济日报, 2012-4-17 (15 版).
- [2] Coverage 专题 [J]. 机电一体化, 2012(5): 4-8.
- [3] 徐滨士. 国内外再制造的新发展及未来趋势 [C]. 科技支撑科学发展——2009 年促进中部崛起专家论坛暨第五届湖北科技论坛论文集, 中国科技出版社, 2009.
- [4] 李源. 欧美汽车回收业的发展 [J]. 世界汽车, 1999, 29 (1): 7-8.
- [5] Robert T. Lund. The Remanufacturing Industry—Hidden Giant [R]. Boston University, 1996.
- [6] 中国兵器工业第二一零研究所. 2010 年及其以后的美国国防制造工业 [R]. 1999.
- [7] 郭廷杰. 欧盟各国报废汽车再生利用管理简介 [J]. 中国资源综合利用, 2001, 19(7): 36-38.
- [8] 曹学军. 克林顿要实施 NNI 计划 [J]. 科学时报, 2000, 5.
- [9] Xu B S, Zhang Z X. Surface engineering and remanufacturing technology [C]. International Conference on Advanced Manufacturing Technology, Xi'an. New York Press, 1999: 1129-32.

作者地址: 北京市丰台区杜家坎 21 号

100072

装甲兵工程学院机械产品再制造国家工程研究中心

Tel: (010) 6671 7258 (梁秀兵)

E-mail: Liangxiubing@yahoo.com.cn