

废旧机械产品再制造的资源环境评价*

朱绍华, 徐滨士

(装备再制造技术国防科技重点实验室, 北京 100072)

摘 要: 再制造不仅延续了产品的寿命周期, 而且具有巨大的资源环境效益。通过简式寿命周期评价矩阵中有关元素的分析、钢铁原材料生产过程的环境负荷分析、机械产品(零部件)原始制造与再制造中的环境负荷分析, 表明再制造产品的资源环境优势集中体现在其原料获取和产品生产阶段。零件再制造主要使用各种表面技术对局部失效表面进行修复与强化, 免去了其原始制造中金属材料生产、毛坯生产的全部及后续切削加工、材料处理中的大部分资源、能源消耗和废弃物排放, 其相应总量比原始制造一般低 1~2 个数量级, 整个产品再制造的资源环境效益随新品零件替换率的提高而降低。

关键词: 再制造; 资源; 环境负荷; 表面技术

中图分类号: TH17; X37

文献标识码: A

文章编号: 1007-9289(2006)02-0006-07

Resource Environment Assessment of Remanufacturing for Waste Mechanical Products

ZHU Shao-hua, XU Bin-shi

(National Key Laboratory for Remanufacturing, Beijing 100072)

Abstract: Remanufacturing can not only extend life cycle of products, but also has tremendous resource environment benefits. The relevant elements in the matrix for simplified life cycle, environment burden in the process of iron and steel raw material production and environment burden of original manufacture and remanufacturing for mechanical products (parts) are analyzed. The results show that the resource environment advantages of remanufacturing products is reflected on raw material acquisition and production stages. The remanufacturing of parts mainly uses all kinds of surface technology to repair and strengthen the local failed position, saves the majority of resource and energy consumptions and waste materials discharge in the original manufacture of metallic materials and blanks, and subsequent cutting and treating processes. Its corresponding gross is generally lower one or two orders than that of original manufacture, and resource environment benefit of the whole product reduces with the increasing replacement rate of new parts.

Key words: Remanufacturing; resource; energy; environment load; surface technology

0 引 言

废旧机械产品的传统处理方法是结束其寿命周期, 将其做低级的原料回炉或固体废料堆积、填埋, 这不仅造成资源的极大浪费, 还造成环境的严重污染。而对废旧产品及其零部件进行再制造, 将使其变废为宝, 起死回生。

再制造时, 废旧产品经完全拆解、鉴定后, 对可再使用的合格零件, 经彻底清洗、防锈等维护, 入库待用或直接投入装配; 对可修复的失效零件,

经修复和(或)表面强化, 或改造后, 投入装配; 对不能或不宜修复的零件则进行回炉冶炼等材料循环或做其它环保处理。各类零部件再经装配、试验, 形成质量等于或优于原始产品的恢复性或升级性再制造产品。

再制造是对产品寿命周期的延伸与革新。与传统的从摇篮到坟墓的产品寿命全过程相比, 从时间上将其全寿命周期大大外延, 再制造赋予了废旧产品新的寿命周期, 构成了产品多寿命周期循环, 成倍地延长了产品及其零部件的使用时间。从空间上将传统产品的空间范围大大拓展, 它使人们从资源环境与可持续发展的高度来认识和对待废旧产品的回收利用问题, 使制造商重视产品的可回收利用

收稿日期: 2006-02-23; 修回日期: 2006-03-23

基金项目: *国家发改委论证项目(2004 环资 4-01-01, 2005 环资 05-29); 中国工程院咨询项目(2005-05)

作者简介: 朱绍华(1938-), 男(汉), 河北山海关人, 教授。

及可再制造性，并担负起废旧产品回收利用的社会责任，使制造商、再制造企业及回收、环保等部门联系在一起，形成多企业、多部门参与的物流运作模式，从更大的范围来协同解决废旧产品的综合利用问题。废旧机械产品再制造的资源环境评价表明，再制造具有巨大的资源环境效益。

1 再制造产品寿命周期评价的优势

废旧产品再制造具有非常显著的资源环境效益。它不仅能够大幅度地节省资源、能源，对环境的负面影响也很小。产品寿命周期评价(Life cycle assessment, LCA)是一种对产品全寿命周期的资源消耗和环境影响进行评价的环境管理工具。不同产品的资源环境属性可采用LCA予以评价。但LCA过

程复杂，且经常出现数据缺少等问题。为了说明废旧产品再制造的这种资源环境优势，可对比分析一下表1简式寿命周期评价矩阵中的有关元素^[3]。

表1这种半定量的评价系统使用了5×8二维矩阵，其中的一维代表产品寿命周期的5个阶段，另一维代表8个环境要素。评定时需研究分析产品寿命周期各阶段对不同环境要素的影响程度，并将影响程度划分为5个等级(以数值0、1、2、3、4表示)，给予每个元素一个数值，其中对环境负面影响最大而予以否定的数值取0，影响最小的取4。此矩阵元素是由专家组根据经验和设计、生产的调查，列出合适的清单以及其它数据进行评价的。给出的评价可代表较正规的产品寿命周期评价的清单分析和影响分析的估算结果。

表1 产品寿命周期评价矩阵

Table 1 Matrix of product life cycle assessment

生命周期	环境要素							
	有害物质	大气污染	水污染	土壤污染	固体污染	噪声	能源消耗	资源消耗
原料获取	(1, 1)	(1, 2)	(1, 3)	(1, 4)	(1, 5)	(1, 6)	(1, 7)	(1, 8)
产品生产	(2, 1)	(2, 2)	(2, 3)	(2, 4)	(2, 5)	(2, 6)	(2, 7)	(2, 8)
销售(包装运输)	(3, 1)	(3, 2)	(3, 3)	(3, 4)	(3, 5)	(3, 6)	(3, 7)	(3, 8)
产品使用	(4, 1)	(4, 2)	(4, 3)	(4, 4)	(4, 5)	(4, 6)	(4, 7)	(4, 8)
回收处理	(5, 1)	(5, 2)	(5, 3)	(5, 4)	(5, 5)	(5, 6)	(5, 7)	(5, 8)

在对矩阵中每个元素取值之后，对其求和作为环境标志产品的评价指数 E_p ，即：

$$E_p = \sum_i \sum_j M_{ij}$$

式中， M —矩阵元素的数值； i, j —矩阵元素。如果每个元素对环境的影响均最小，即每个元素的数值均为4，则所得 E_p 的最大值为160。

与原始制造机电产品相比，再制造产品的资源环境优势集中体现在其原料获取和产品生产阶段，在矩阵的前两行元素可取最高值或较高值。这里先定性予以概略说明。

1.1 原料获取阶段

(1) 资源与能源消耗 再制造产品与原始制造产品的原料获取不同，原始制造的机电产品使用的是各种钢材、有色金属、塑料、橡胶等原材料，它们都要消耗大量的不可再生的自然资源，并在采

矿、冶炼、合成等过程中消耗大量的能源；而再制造使用的“原料”(或称“毛坯”)，是前期制造并经过服役的废旧产品及其零部件，其获取过程也就是废旧产品的回收过程。显然，此过程不需要消耗自然资源，也极少消耗能源。

(2) 废弃物对环境的影响 由于原始制造的机电产品在原料获取中要消耗大量的资源和能源，相应地在其由矿物质冶炼成钢材等转化过程中要排放出大量的有害物质，直接造成大气、水、土壤等污染，产生各种固体废物。而作为废旧产品回收的再制造“原料”获取过程，不仅不会排放污染环境的有害物质，反而因为将废旧产品加以高效利用，避免了固体垃圾的焚烧、堆放、深埋和其它处理，防止了由此而造成的各种污染，使环境大为改善。

1.2 产品生产过程

机电产品再制造的一般生产过程主要包括拆

解清洗、失效零部件的表面修复与强化、装配调试等。在生产过程中，再制造的主要优势在于：

(1) 工艺流程短，耗材、耗能及排放少 机电产品原始制造的生产过程一般较长，它的零件制造通常包括锻造或冲压、铸造、焊接、铆接、热处理、机械加工、热处理等过程，其消耗的原材料往往是零件重量的数倍，并在此过程中消耗了大量的能源，排放了大量的废弃物。而零部件再制造的生产过程较短，一般只需对失效零件的局部表面进行修复与强化，所消耗的材料只是零件重量的百分之一到十几分之一，相应地，其耗费的能源也很少。机械零件的再制造保留了原始零件制造时的绝大部分原材料的价值和制造过程中的投入的附加值。

(2) 一般没有重耗材耗能工序 原始制造中的铸造、锻造、冲压、焊接、铆接等零件成型工序是重耗材耗能工序，其排放和造成的环境污染非常严重；切削加工工序往往要去掉毛坯的大部分材料，耗材耗能及废弃物排放也十分可观。再制造一般没有锻造、铸造、冲压等工序，与原始制造相比，虽然有时也有表面处理、堆焊、机械加工等工序，但其相对数量小，相应地耗材、耗能和排放也少。

2 机械产品制造与再制造的环境负荷分析

材料（产品及零部件）对环境的影响可用如下泛环境函数来表达：

$$ELF=f(R, E, P)$$

式中： R —材料的资源消耗因子； E —材料的能源消耗因子； P —材料的三废排放因子。

对于环境负荷函数而言，其资源消耗因子、能源消耗因子、废弃物排放因子的叠加模型分别为

$$R = \sum A_i B_i ; E = \sum C_j D_j ; P = \sum E_k F_k$$

式中： A_i 、 C_j 、 E_k —分别为各种资源消耗、能源消耗、废弃物项； B_i 、 D_j 、 F_k —分别为各相应项的权重系数。上式采用的是叠加型模型，还可以使用均值型、加权型、均方根等模型加以处理。

2.1 钢铁原材料生产中的环境负荷

钢铁原材料生产过程可划分成若干级，如图 1 所示。一般经过采矿→选矿→炼铁→炼钢→连铸→轧钢等五、六级生产过程，材料成型后进入零部件的制造过程。

一级生产中的资源为各种矿产资源和水资源等，一级材料产品的资源因子 R_1 的计算要考虑资源

自然属性等方面的特征

$$R_1 = \sum_{i=1}^n W_i I_{0,i}^1 + R_{1,w}$$

式中： W_i —第 i 种自然资源的权重值（与自然资源稀缺程度、矿石品位、生物影响效应及化学属性等有关）； $I_{0,i}^1$ —单位产量的一级材料中第 i 种资源的消耗量； $R_{1,w}$ —单位产量一级材料产品的水资源因子。

自然资源经过一级过程（开采、筛选）后，作为二级材料的输入项。二级材料产品的资源因子 R_2 应该等于该生产中所用的各种一级材料携带的资源因子的总和，即

$$R_2 = \sum_{i=1}^m I_{1,i}^2 \cdot R_{1,i} + R_{2,w}$$

式中： $I_{1,i}^2$ —单位产量的二级材料产品生产中的第 i 种一级材料的消耗量； $R_{1,i}$ —第 i 种一级材料产品的资源因子； $R_{2,w}$ —单位产量二级材料产品的水资源因子。

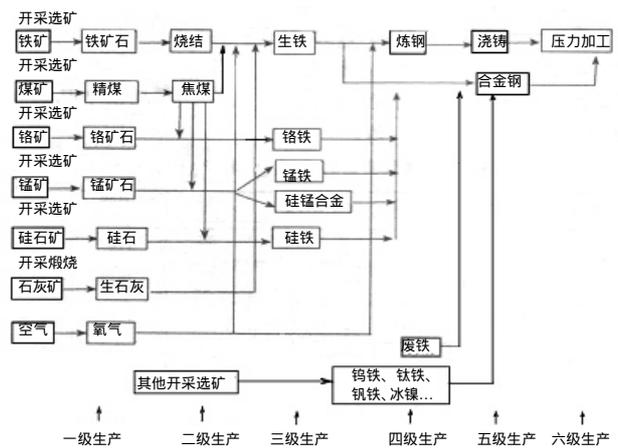


图 1 钢铁材料生产系统的分级结构图

Fig.1 Grade structural chart of iron and steel material production system

炼铁、碳钢冶炼、合金钢冶炼分别属于三级、四级、五级材料生产过程，压力加工（对连铸钢坯或钢锭钢坯进行的轧钢）是材料成型工序，为六级过程。对于 n 级材料生产，有：

$$R_n = \sum_{i=1}^k I_{n-1,i}^n \cdot R_{n-1,i} + R_{n,w}$$

依照同样思路，可得出 x 级材料生产过程中的能源因子为

$$E_x = \sum_{k=1}^l I_{x-1,k}^x \cdot E_{x-1,k} + (\sum_{j=1}^m B_{x,j} + \sum_{i=1}^n O_{x,i})$$

$i=1,2,3,\dots,n \quad j=1,2,3,\dots,m \quad k=1,2,3,\dots,l$

式中： $I_{x-1,k}^x$ —单位产量 x 级材料产品中第 k 种 $x-1$ 级材料产品的消耗量； $E_{x-1,k}$ —第 k 种 $x-1$ 级材料产品中的能源因子； $B_{x,j}$ —单位产量 x 级材料产品生产中输入的第 j 种能源物质的等效标准燃料量； $O_{x,i}$ —单位产量 x 级材料产品生产中输出的第 i 种能源物质的等效标准燃料量； $\sum_{j=1}^m B_{x,j} + \sum_{i=1}^n O_{x,i}$ — x 级材料产品生产中的净能耗量。

冶金生产中常用的能源消耗为压缩空气、水、焦炭、油料、煤、天然气、煤气、氧气等消耗及材料运输的能耗。

材料生产过程中的废弃物是目前对环境影响最大且最直接的因素，可分成三部分：

(1) 气体污染物 主要考虑 SO_2 、 NO_x 、粉尘、烟尘四种物质对环境的危害。

x 级材料生产中的气体污染物总量为

$$G_x = \sum_{i=1}^m G_{x-1,i} \cdot I_{x-1,i}^x + \sum_{j=1}^4 C_{x,j} \cdot S_j$$

式中： $G_{x-1,i}$ — $x-1$ 级材料生产中的第 i 种气体污染物量（折算为 SO_2 排放量）， kg/t ； $I_{x-1,i}^x$ — x 级材料生产中的第 i 种 $x-1$ 级材料的消耗量； $C_{x,j}$ — x 级材料生产中的第 j 种气体污染物的排放量； S_j —第 j 种气体的 SO_2 当量值。

(2) 液体污染物 常见液体污染物有总汞、总镉、总铬、六价铬、总铅、总镍、铜、锌 COD_{cr} 、石油类、挥发酚、氯化物、硫化物、悬浮物等，其总量以六价铬的当量来表示。

(3) 固体污染物 对环境的影响主要是占用土地和污染水体，前者可用 x 级材料生产中的土地资源使用指数 $U_{T,x}$ 表示。

根据以上方法，综合材料生产中的有关数据和标准，可得出不同生产过程的资源、能源和废弃物量及各种因子。表 2 列出了作为三级生产过程的常用铁合金生产的相应的数据。

表 2 常用铁合金冶炼原料消耗、能耗及污染物排放

Table 2 Metallurgical material and energy consumption and pollutant discharge of major ferro-alloy

项目	锰铁	硅铁	铬铁	硅锰合金	资源因子	项目	锰铁	硅铁	铬铁	硅锰合金	Si(气体);		
											Vj(液体)		
原料消耗/t	锰矿石	4.27		2.24	9.79	气体污染物/kg·t ⁻¹	二氧化硫/kg·t ⁻¹	11.56	8.10	7.25	9.18	1.00	
	硅石		1.80	0.27	0.4		4.66	粉尘/kg·t ⁻¹	36.39	23.51	22.84	28.92	0.5
	白云石				0.24		4.6	烟尘/kg·t ⁻¹	1.20	0.90	0.76	0.95	0.5
	铬矿石			2.19			10.44	折含量/kg·t ⁻¹	30.36	20.30	19.05	24.11	
	焦炭	0.65	0.76	0.42	0.84		15.52	六价铬	0	0	0.88	0	1
	新鲜水	121.6	42.17	37.4	31.14		0.005	挥发物	0.06	0.02	0.03	0.04	0.5
	资源因子量 t/t	R _{3,1} =52.50	硅铁 R _{3,2} =20.39	R _{3,3} =30.83	R _{3,4} =38.09			氟化物	0	0.01	0	0	1
能耗	电能/kW	3281	8413	3081.6	5034.2	液体污染物/g·t ⁻¹	石油类	0.01	30.14	0.01	0	0.025	
	新鲜水/t	121.6	42.17	37.4	37.14		COD	128.07	191.91	62.63	90.55	0.0025	
	循环水/t	21.9	91.32	66.0	101.2		悬浮物	797.19	502.45	389.81	563.54	0.002	
	蒸气/t	0.245	0	0.155	0.311		折含量	1.94	2.26	1.83	1.37		
	焦炭/kg (78%C)	652.2	760	415.5	841.1		热量用碳氧化热计算	以上铁合金生产中的固体废弃物可用作水泥厂的原料,则它们的固体废弃物量仅涉及原料携带的环境因子值					
	电极糊/kg (75%C)	754.3	70	27.5	75.12		注:1.不同能源与标准煤的折算:电能为 0.429kg·kW ⁻¹ ;新鲜水为 0.257kg·t ⁻¹ ;循环水为 0.143 kg·t ⁻¹ ;蒸气为 0.142 kg·t ⁻¹ ;						
	煤/kg	71.6	0	66.2	70.7		2.生铁冶炼:铁矿石 1.7t,资源因子 R _{3,5} = 29.32t·t ⁻¹ ;能源因子 E _{3,5} = 0.69t标煤/t;气体排放折含量 65.35 kg·t ⁻¹ ;液体排放折含量 58.90 g·t ⁻¹ ;土地资源使用指数 U _{T,3,5} =18.51。						
	能耗总计/t 标准煤	1.82	4.55	1.59	2.64								
	累积能源因子(标煤/t)	E _{3,1} =2.04	E _{3,2} =4.89	E _{3,3} =1.74	E _{3,4} =2.85								

工艺可见，空气等离子喷涂的 $Al_2O_3-Zr_2O$ (60:40) 表层具有最低的环境负荷。

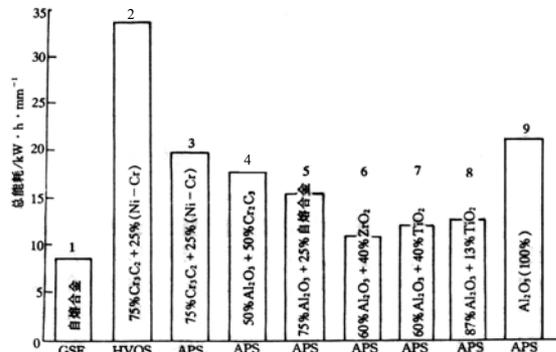


图3 不同热喷涂工艺的总能耗 (设备、气体、粉及预处理)
Fig.3 Total energy consumption (equipment, gas, powder and preprocessing) of different thermo-spraying technology

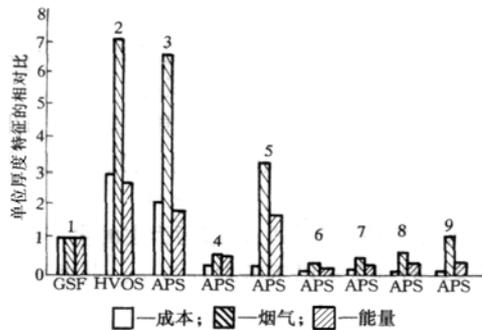


图4 不同热喷涂工艺的单位厚度特性 (编号同图3)
Fig.4 Unit thickness characteristics of different thermo-spraying technology (numbering as Fig.3)

材料 (零件) 对环境的影响的定量描述, 可以在获得了 R 、 E 、 P 之后, 利用不同的权重系数对其进行累加, 即

$$ELF = C_R \cdot R + C_E \cdot E + C_P \cdot P$$

式中: C_R 、 C_E 、 C_P 为权重系数。最简便的是取各权重系数均为 1, 亦可用专家评估法确定。

一种对若干表面热处理工艺环境特性的研究结果摘录于表 3 之中。

由图 1、图 2 可见, 零件再制造完全免去了其原始制造中金属材料生产和毛坯生产过程的这些在总量中占有绝大部分比例的资源、能源消耗和废弃物排放, 也免去了大部分后续切削加工和材料处理中相应的消耗和排放。零件再制造过程中虽然也使用各种表面技术, 进行必要的机械加工和处理, 但因所处理的是局部失效表面, 相对整个零件原始制造过程来讲, 其投入的资源 (如焊条、喷涂粉末、化学药品)、能源 (电能、热能等) 和废弃物排放要少得多, 大约比原始制造要低 1~2 个数量级 (如热喷涂修复强化行星框架零件的资源、能源和排放均为原始制造的 1% 上下)。至于整个产品恢复性再制造的资源、能源消耗和排放, 则主要取决于上述三部分零部件的比例。因为被替换的新品零部件的资源环境特性同原始制造完全一样, 故应尽量扩

表 3 几种表面热处理工艺的资源环境特性

Table 3 Resource environment characteristics of several surface heat treatment technology

工艺代码	工艺说明	资源项				能源项		废弃物项		
		* R_1	R_2	R_3	R_4	E_1	P_1	P_2	P_3	P_4
GP-45	45 钢高频淬火 + 回火	0	57.48	0	0	2.67	0	57.48	0	0
JG-40Cr	40Cr 钢激光淬火	0.01	7.41	7.92	0	0.94	0.004	7.41	0	0
DZ-18-4-1	W18Cr4V 钢电子束淬火	0	8.68	0	0	0.55	0	8.68	0	0
QT-18CrMnTi	18CrMnTi 钢气体渗碳 + 淬火 + 回火	0	10	85.47	0	31.78	0.01	10	85.33	9.27
LT-15CrMo	15CrMo 钢离子渗碳 + 回火	0	1040	91.33	0.60	34.93	0	1040	91.33	0.02
LD-38CrMoAl	38CrMoAl 钢离子渗氮 (装炉量 75%)	0	1104	6	0.02	104.19	0	1104	6	0
QCN-40Cr	40Cr 钢气体碳氮共渗	0	10	80.15	0.13	17.64	0	10	80	0.35
LCN-20CrMnTi	20CrMnTi 钢离子碳氮共渗	0	667	86.03	0.03	16.87	0	667	86	0.01
DH-18-4-1	W18Cr4V 钢电火花表面强化 + 回火	0.01	0	6	0	3.37	0.003	0	6	0
DH-40Cr	40Cr 钢电火花表面强化 + 回火	0.02	0	6	0	5.39	0.05	0	6	0

注: * R_1 代表固体资源消耗量 (g/cm^2), 即硬化 $1cm^2$ 所需的资源; R_2 代表水资源消耗量 (g/cm^2); R_3 代表有机溶剂 (介质、油等) 消耗量 (g/cm^2); R_4 代表各种气体消耗量 (g/cm^2); E_1 表示能耗 (g 标煤/ cm^2); P_1 表示固体废弃物量 (g/cm^2); P_2 为废水排放量 (g/cm^2); P_3 为废有机溶剂排放量 (g/cm^2); P_4 为废气排放量 (g/cm^2)

大第一、部分的比例,减少第二部分的比例。产品原始制造与再制造在装配、调试过程中的消耗和排放差别并不大,由于使用了相当比例的新品替换件,加上前期的废旧产品拆解、清洗及后期的装配、调试等消耗和排放,使得产品再制造比零件再制造在资源、能源和废弃物排放的减少幅度上要小。

总的说来,再制造过程很少消耗自然资源与能源。如国外汽车旧发动机的再制造仅需要新品制造阶段16%的能源和12%的材料,旧启动器的再制造需要的能源和材料分别占新品制造阶段的13%和11%。我国目前再制造1万台斯太尔发动机,可直接再用金属0.765万吨,节电1.45亿度^[6](对比回炉冶炼),减少CO₂排放11.3~15.3万吨(对比从采矿计算)。再制造能收回大约85%的“附加值”(这种包括劳动力、能源和使原材料转换成产品的附加值在产品成本中占有最大的比例)。按重量计,再制造产品平均使用的再制造部件占到85%~88%,或每磅新材料中旧材料的使用达到5~7磅^[5]。再制造产品生产所需能源是新产品所需能源的1/5~1/4。

3 结 论

(1) 再制造不仅延续了产品的寿命周期,而且具有巨大的资源环境效益。

(2) 与机电产品原始制造相比,再制造的资源环境优势主要集中在其原料获取和零件生产阶段。

(3) 零件再制造完全免去了其原始制造中金属材料生产和毛坯生产过程中的总量上占有绝大部分的资源、能源消耗和废弃物排放,也免去了大部分后续切削加工和材料处理中的消耗和排放。零件再制造主要是使用各种表面技术对局部失效表面进行修复强化。相对从采矿算起的原始制造全过程来讲,零件再制造投入的资源、能源和废弃物排放要少得多,大约比原始制造要低1~2个数量级。

(4) 产品再制造中,由于使用了相当比例的新品替换件,加上前期的废旧产品拆解、清洗及后期的装配、调试等消耗和排放,使得产品再制造比零件再制造在资源、能源和废弃物排放的减少幅度上要小,提高产品整机的旧件利用率,减少新品替换件数量是提高其资源环境效益的主要措施。

参考文献:

- [1] 徐滨士,等. 再制造工程基础 [M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社, 2005.
- [2] 徐滨士,等. 废旧机电产品资源化的基本途径及发展前景研究 [J]. 中国表面工程, 2004, 17(2): 1-6.
- [3] 刘飞,曹华军,张华,等. 绿色制造的理论与技术 [M]. 北京:科学出版社, 2005
- [4] 刘江龙. 环境材料导论 [M]. 北京:冶金工业出版社, 1999.7
- [5] Nabil Z Nasr. 再制造——从技术到应用 [C]. 柏林:世界可持续发展与寿命周期工程大会论文集, 2004.
- [6] 徐滨士,刘世参,史佩京. 再制造工程和表面工程对循环经济贡献分析 [J]. 中国表面工程, 2006, 19(1): 1-6.

作者地址:北京市丰台区杜家坎21号 100072

装备再制造技术国防科技重点实验室

Tel: (010)66718681

E-mail: zshl_05@yahoo.com.cn

• 学术动态 •

第六届全国表面工程学术会议 今年8月将在兰州召开

第六届全国表面工程学术会议暨首届青年表面工程学术论坛将于2006年8月11日~14日在兰州召开。会议主题:节约型社会和循环经济中的表面工程。会议由中国机械工程学会表面工程分会主办,中科院兰州化学物理研究所固体润滑国家重点实验室承办,全国表面工程领域著名专家徐滨士院士和薛群基院士为会议主席。学术委员会主席徐可为,组织委员会主席陈建敏。会议将出版《第六届全国表面工程学术会议论文集》。另外,中国科技核心期刊《中国表面工程》杂志将为本届会议论文公开发表出版增刊。凡自愿在增刊上发表的论文,需缴纳论文版面费,4页以内为400元,4页以上每增加1页需增加150元,版面费邮至《中国表面工程》编辑部。

参会代表需提前于2006年6月底前交会议注册费400元,如在会议注册现场交费,则为500元。

联系方式:

会议组委会 <http://www.bmgc.licp.ac> Tel: (0931)4968018、(Fax)8277088; 学会秘书处(027)83641631 征文投稿 E-mail: lihx@lzb.ac.cn