

工程机械液压阀再制造及其效益分析^{*}

黄 伟¹, 杨 军¹, 洪 旗², 江代祥², 许桂伟², 吴 慧¹

(1. 广西大学 机械工程学院, 南宁 530004; 2. 广西柳工机械股份有限公司 再制造公司, 广西 柳州 545007)

摘 要: 液压阀是控制工程机械行动与工作的关键元件。由于工程机械结构复杂、工作条件恶劣、工作环境和介质多变, 每年发生故障失效的液压阀数量巨大。这些失效的液压阀往往被当作废品进行回炉再利用, 其中的附加值绝大部分被浪费掉, 同时消耗大量资源。再制造产业的日益成熟可以有效的解决这一问题。通过回收大量失效的液压阀, 利用专业化的处理方式对其进行批量化修复、性能升级, 使得失效的液压阀恢复原有的性能。文章对工程机械液压阀的失效模式以及再制造工艺流程进行了介绍, 并对再制造液压阀的经济效益、资源效益和环境效益三方面进行深入分析。结果表明, 工程机械再制造液压阀不仅可以恢复原产品的质量和性能, 缩短生产周期, 并且能够节约成本 55%, 节能 85%, 节材 90%。

关键词: 再制造; 工程机械; 液压阀; 效益分析

中图分类号: TH137.52; TH17 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9289(2013)02-0107-05

Remanufacturing and Benefits Analysis of Construction Machinery Hydraulic Valves

HUANG Wei¹, YANG Jun¹, HONG Qi², JIANG Dai-xiang², XU Gui-wei², WU Hui¹

(1. School of Mechanical Engineering Guangxi University, Nanning 530004; 2. Liugong Machinery Co., Ltd. Liuzhou 545007, Guangxi)

Abstract: The hydraulic valve is the key part of controlling the movement and working of construction machinery. A large number of hydraulic valves lose efficacy every year because of the complex mechanism of construction machinery, bad working conditions and changeable objects. These invalid hydraulic valves were melted down in the oven and then reused. However, the additional value of valves is wasted, and it will consume a lot of resources. The remanufacturing industry, which is becoming increasingly mature, can solve this problem. The hydraulic valve can be remanufactured by recollection using professional technology. The failure modes and remanufacturing process of the hydraulic valve were introduced, and the benefits of economy, resources and environment were analyzed. The results show that remanufacturing can restore the function of the invalid hydraulic valve and shorten the production cycle. It also can save costs by 55%, save resources by 85%, and save material by 90%.

Key words: remanufacturing; construction machinery; hydraulic valve; benefits analysis

0 引 言

再制造生产是指对全生命周期内回收的产品进行拆卸和清洗, 对某些零件采用高新表面工程技术及其它技术进行加工和再装配, 使零部件的尺寸、形状和性能等得以恢复和重新利用的过程。再制造的目标是要尽量加大废旧零件的回用次数

和利用率, 尽量减少再循环和环保处理部分的比例, 以便最大限度地利用废旧产品中可利用的资源, 延长产品的生命周期。再制造产品比新产品制造过程节能 60%, 平均有 70% 的材料可以被再利用, 成本实际上不到原来的 50%, 对环境的不良影响显著降低。

收稿日期: 2013-01-06; **修回日期:** 2013-03-10; **基金项目:** * 国家科技支撑计划(2012BAF02B02)

作者简介: 黄伟(1963-), 男(汉), 广西南宁人, 教授, 博士; **研究方向:** 可靠性与优化设计

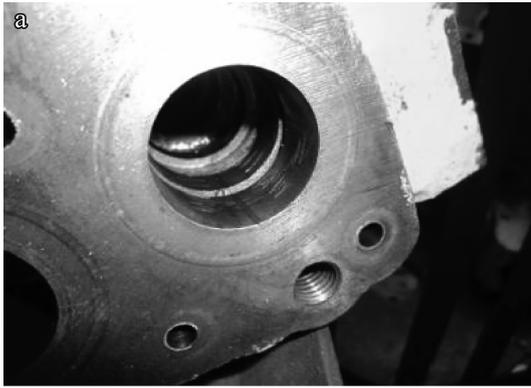
网络出版日期: 2012-03-26 16:02; **网络出版地址:** <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.3905.TG.20130326.1602.006.html>

引文格式: 黄伟, 杨军, 洪旗, 等. 工程机械液压阀再制造及其效益分析 [J]. 中国表面工程, 2013, 26(2): 107-111.

工程机械多在条件恶劣的室外进行工作,如风霜雨雪、泥土尘砂、潮湿腐蚀、严寒酷暑等环境中,加之工作对象多种多样,工作动作变换频繁,引起工作载荷多变并伴有振动、惯性冲击等现象,导致液压元件极易发生故障失效。工程机械市场保有量巨大,通过回收工程机械失效的液压阀并对其进行再制造修复,将获得巨大的经济和社会效益。

1 失效模式分析

工程机械液压阀是控制液压系统油液的方向、



(a) Valve hole (b) Valve rod

图1 磨损失效的工程机械液压阀

Fig. 1 Wear failure pictures of the hydraulic valves

(2) 变形。液压阀在使用过程中外载荷超过零件材料的屈服极限时,零件发生变形而导致失效,如阀芯弯曲变形或弹簧变形等。零件变形将使其移动灵活性降低,造成系统压力不稳定,或状态转换过程缓慢等问题。

(3) 疲劳。处于长期的交变载荷工作下,液压阀中的弹簧及有关阀芯、阀座会产生疲劳及裂纹,造成弹簧长度缩短、弹性下降或折断,阀座密封表面剥落、损坏。弹簧弹性下降,将会影响阀芯工作位置及正常复位,使得某些执行元件不能履行规定的动作。

(4) 腐蚀。液压油中混有水分或酸性物过高,经过长时间的使用后,某些零件表面会产生腐蚀,进而丧失应有的精度或密封效果导致失效。

除此之外,液压阀还有不同于一般机械零件的属于液压特性的失效形式:

(1) 液压卡紧。这种现象主要是由于加工误差导致阀杆阀孔同轴度不好,使得配合间隙内压力不平衡而产生径向力所引起;或是由于阀杆表面质量不佳,例如存在局部凸起或毛刺,在液流作

压力和流量的元件。液压阀常见失效模式主要有:

(1) 磨损。液压零件运动副之间在使用过程中不断进行相对运动而发生摩擦,使得零件表面质量降低进而导致失效,如图1。产生磨损的原因是液压系统内存在污染物,如工作环境中的固体颗粒或粉尘进入零件运动副间隙内,对零件表面产生磨粒磨损;液压油氧化变质所生成的粘稠状物质对阀体内表面产生腐蚀和黏着磨损。同时由于磨损导致零件表面的金属脱落,增加了液压系统内的杂质数量,又加剧了磨损程度。

用下会产生一个压向阀孔的力而造成卡紧。轻微的“液压卡紧”将阻碍阀杆的移动,严重时可导致元件动作滞后,破坏给定的动作循环。电磁阀若发生卡死现象极易导致电磁铁烧坏。此外,“液压卡紧”也会加速阀的磨损,降低使用寿命^[5]。

(2) 气穴现象。液压系统内由于液压油的流速发生变化,某一局部的压力低于工作温度下溶于油液中空气的蒸汽压时,空气就会析出形成气泡。大量气泡聚集在一起形成“气穴”,使原来充满管道或元件中的油液成为不连续的状态。那些附在零件表面的“气穴”遇到高压油流的冲击迅速破裂并在此处形成真空,引起周围的高压油液质点以极大的速度向真空处猛烈冲击。经过反复的冲击,零件表面材料逐渐剥落,形成小麻点或蜂窝状,即产生气蚀。气穴和气蚀降低了液体的流动性,影响执行机构的运动精度与可靠性^[5]。

2 液压阀再制造工艺流程

下面以装载机流量放大阀为例介绍液压阀再制造工艺流程。

2.1 拆解

拆解前用高压水进行冲洗,并用物理或化学方法把旧漆清除。拆解过程中进行初步判断,直接淘汰掉明显无法再制造或再利用的零部件,从而避免进入清洗等工艺环节,降低成本提高效率。这些淘汰的零件包括磨损或老化的密封圈、弹簧、调整垫片,以及严重变形的零部件等,装配时直接用品替换。拆解过程中尤其要注意的是最大限度的保证零件不被进一步损坏,也就是尽量做到无损拆解。

2.2 清洗

用超声波清洗机对阀体进行清洗,通过超声波本身具有的能量、空穴破坏时释放的能量以及对液体的搅拌作用等,可有效的清洗零件表面附着的顽固污垢。根据物质容易溶解在与其结构相似的溶剂中的原理,用柴油清洗阀体各内孔、表面及螺栓孔的油污,在不损伤工作表面的前提下,用毛刷进行清理。清洗过程中仔细检查阀孔是否相通,并用白布绕在钩子上伸进阀孔内清理各档位表面,用油石打磨配合面的凸起和划痕。

2.3 分选检测鉴定

严格按照零部件制造时的尺寸要求,对清洗后的零件进行检测鉴定,并对检测后的零件进行分类。检测内容包括阀孔内有无异物,油路是否通畅,配合面有无磨损、磕碰伤,螺纹是否完好,表面有无裂纹,零件是否变形等。对于检测后其尺寸及性能符合制造时的标准要求的、可直接再利用的零件放在指定地点存放好,供再制造装配时使用。这类零件主要包括端盖、阀座、螺栓等。可进行再制造加工的失效零部件主要包括阀体、阀杆,一般这类零件可再制造恢复率达95%以上。

2.4 修磨重配

采用再制造修理尺寸法进行修磨重配,其工艺流程如图2所示。采用机械加工法切去不均匀磨损部分,而获得一个新尺寸,然后根据这一修理尺寸配置或修复相应的配合件,保证原有的配合关系不变。这种对配合副进行再制造的方法称为再制造修理尺寸法。阀孔与阀杆失效模式以轻微磨损划伤为主,通过表面增减材料修复配合关系。其中阀孔采用珩磨工艺进行修复,可以实现通过较少的材料去除达到修复的目的。一般去除材料尺寸小于0.1 mm。阀杆的修复过程则是先用酸

液去除原表面损坏的铬镀层,然后磨外圆使表面光滑平整,最后根据阀孔的尺寸重新进行电镀,一般镀层厚度不超过400 μm 。为了保证配合间隙,阀杆与阀孔必须进行配磨,间隙要求为0.020~0.028 mm。此外,还要保证零件的表面粗糙度、圆柱度等达到标准要求。

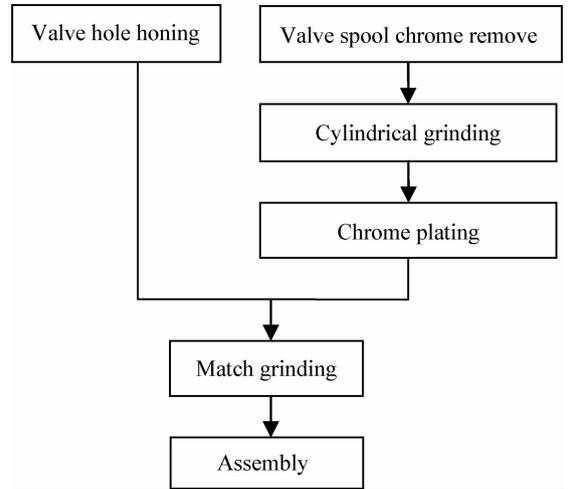


图2 流量放大阀再制造工艺流程

Fig. 2 Remanufacturing process of flow amplifying valves

将全部检测合格的零部件与直接更换的新零件严格按照新件的技术标准进行装配。装配前用柴油清洗各零件。装配时注意检查阀体内腔应无任何杂物,加工表面无磕碰伤,注意保持配合面清洁;检查零件各部位应无毛刺、水珠存在;检查O形密封圈应完好无损;检查阀杆、阀芯移动是否灵活,应无卡死现象;螺栓按要求的力矩拧紧。

对再制造流量放大阀按照新件标准进行性能指标测试。将流量放大阀固定安装在试验台上,启动试验台并用工具推动阀杆,观察阀杆运行是否灵活以及阀杆处于中位时,用于连接油缸的两油口是否溢油。试验台工作状态下,转动方向盘使油缸活塞杆部分伸出,而后停止转动方向盘,观察活塞杆有无动作;接着操作方向盘,观察活塞杆伸出到最大行程和收回至零行程时,压力表数值是否符合技术要求,并作记录,同时观察各接合面有无渗漏现象。对于不合格件要重新返工。

阀体外表的喷漆和包装入库。试验合格产品要进行喷漆。喷漆前去除表面锈蚀、污垢等杂物并清洗干净。喷漆技术参数为:油漆粘度控制在18~25 s,喷枪距离300~400 mm,漆层厚度不小于50 μm 。喷涂时掌握好喷涂角度和速度,保证

涂层平整均匀,工件表面无流挂、露底、桔皮、针眼、起泡等油漆缺陷。喷漆完后用测厚仪、光泽仪进行检验。最后将检验合格的产品包装入库。

3 液压阀再制造效益分析

3.1 经济效益分析

对废旧工程机械液压阀进行再制造给企业 and 客户均带来可观的经济效益。零件制造成本由原材料成本、劳动力成本、能源消耗成本和设备消耗成本组成,后三项称为产品的附加值,如图3所示。以工程机械液压阀为例,原材料的价值只占成本的25%~30%,而产品的附加值却高达70%以上。

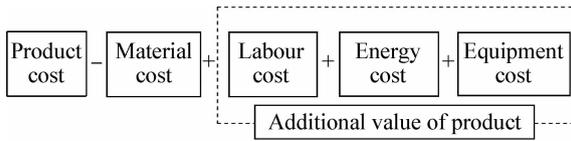


图3 产品附加值分析

Fig. 3 Additional value of products

再制造液压阀能够有效的回收原产品制造过程中注入的各种附加值,因而使得劳动力消耗、能源消耗、设备消耗与正向制造相比大幅减少。统计表明,若企业每年通过再制造修复2 000个工程机械液压阀,产值可达400万元以上,可直接利用的和再制造后可利用的零件价值占总价值的95%以上,节约成本55%。此外,再制造产品属于绿色产品,通过树立对环境和社会负责任的态度,能够提升企业的形象和品牌价值。

对于消费者来说,购买再制造产品仅为新品的70%~80%,同时享受与新品相同的产品性能和售后服务,因此更具吸引力。

3.2 资源效益分析

再制造工程能够节约大量的材料和能源。由于再制造是直接利用回收产品的零部件进行生产的,所以原产品第一次制造中的大部分材料和能源都得到了保存,而且减少了因产品生产所需材料和能源对原生矿的开采。

对装载机流量放大阀和分配阀的再制造统计结果表明,可直接再利用的零件质量占总质量的7%;可进行再制造修复的零件质量占总质量的90%;需要更换的零件质量占总质量的3%。每年通过再制造修复2 000个流量放大阀和分配

阀,可以节省90%、近70吨的材料;节省燃料、水、电等能源约85%。具体的零件资源化情况见表1和表2。

表1 可直接再利用的主要零件

Table 1 Reuse parts

Item	Part name	Material	Mass/kg	Reuse rate/%
1	Cover	HT250	3	95
2	Valve seat	40Cr	0.3	90
3	Sleeve	HT200	2	90
4	Spring holder	35	0.5	95

表2 再制造加工后可使用的零件

Table 2 Remanufacturing parts

Item	Part name	Material	Mass/kg	Failure	Reman rate/%
1	Valve body	HT250	45	Hole wear	95
2	Spool	20CrMnTi	2	Surface wear	95
3	Tilt spool	40Cr	2	Surface wear	95
4	Lift spool	40Cr	2	Surface wear	95

3.3 环境效益分析

通过正向生产与逆向生产(再制造)的对比可以得知再制造的环境效益显著。液压阀正向生产阶段,生产原材料主要有铁、铜、橡胶等,而这些材料在生产过程中消耗大量资源的同时,还产生大量的大气污染物、水污染物、固体废弃物等,对环境的负面影响较大。而对于液压阀再制造来说,其毛坯为回收的废旧液压阀,原料来源对环境的影响极小。因此可以说,由于液压阀再制造省去了对原材料的加工环节,对环境保护起到显著的作用。

液压阀正向生产过程中的主要环节为铸造、锻造、机加工、热处理等。此过程会有大量烟尘和CO₂、SO₂、氟化物等有害气体排出,同时还会排放出固体废弃物等有害物质。而液压阀再制造过程的主要工序是拆解、清洗、修复和装配,其过程中也会造成一些环境污染,但与正向生产相比污染明显小得多,对环境仅为轻度影响。有数据显示,每生产一吨钢排放的CO₂量为2.39吨^[9]。若再制造2 000个液压阀,节省的钢材至少可以减少150吨的CO₂排放量。

4 结 论

通过对工程机械液压阀再制造工艺流程的介绍,以及对经济效益、资源效益和环境效益 3 个方面的深入分析,可以看出再制造液压阀不仅可以恢复原产品的质量和性能,缩短生产周期,并且能够节约成本 55%,节能 85%,节材 90%。因此,对废旧工程机械液压阀进行再制造,不仅能使企业、用户获得可观的经济效益,对落实国家可持续发展战略,支持我国制造业降低资源消耗、减少环境污染、推动新兴产业的发展具有重要意义。

参考文献

[1] 徐滨士. 再制造工程基础及其应用 [M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2005.

[2] 朱胜, 姚巨坤. 再制造技术与工艺 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.

[3] 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): 107-111.

[4] 徐滨士, 史佩京, 刘渤海, 等. 再制造产业化的工程管理问题研究 [J]. 中国表面工程, 2012, 25(6): 107-111.

[5] 刘忠, 杨国平. 工程机械液压传动原理、故障诊断与排除

[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.

[6] 江代祥. 装载机分配阀的再制造修复 [J]. 装备制造技术, 2012, (3): 67-71.

[7] Gutowski T G, Sahni S. remanufacturing and energy savings [J]. Environmental science & technology, 2011, 45, 4540-7.

[8] 刘赞, 徐滨士, 史佩京, 等. 废旧产品再制造性评估指标 [J]. 中国表面工程, 2011, 24(5): 94-99.

[9] 韩颖, 李廉水, 孙宁. 中国钢铁工业二氧化碳排放研究 [J]. 南京信息工程大学学报:自然科学版, 2011, 3(1), 53-57.

[10] Pigosso D, Zanette E T, Filho A G, et al. Ecodesign methods focused on remanufacturing [J]. Journal of cleaner production, 2010, 18(1): 21-31.

[11] Ferrer G, Ayres R U. The impact of remanufacturing in the economy [J]. Ecological economics, 2000, 32(3): 413-429.

[12] 田欣利. 再制造与先进制造的融合及其相关技术 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2010.

作者地址: 广西南宁市大学东路 100 号 530004
 广西大学机械工程学院
 Tel: 152 9654 5250
 E-mail: beckham07120@163.com



• 本刊讯 •

《中国表面工程》再次被评为 RCCSE 中国核心学术期刊

近期,中国科学评价委员会发布“2013~2014 年中国学术期刊评价结果”,《中国表面工程》期刊在第三届中国学术期刊评价中被评为“RCCSE 中国核心学术期刊(A)”,在机械工程学科 92 种期刊中位列第 10 名。

本次评价由武汉大学中国科学评价研究中心、武汉大学图书馆和中国科教评价网等单位共同完成,根据基金论文比、总被引频次、影响因子、web 即年下载率、国外重要数据库收录情况(自然科学)、二次文献收录(社会科学)5 个指标值对学术期刊进行遴选,并按矩阵计算各刊指标隶属度计分评定出期刊级别。此次评价对全国 65 个学科,6448 种中国学术期刊的质量、水平和学术影响力进行了全面、系统的研究,按期刊各指标综合排名,将期刊分为 A+(权威期刊)、A(核心期刊)、A-(扩展核心)、B+(准核心)、B(一般期刊)、C(较差期刊)等 6 个等级。

这是本刊连续第三次被评为中国核心学术期刊(A)。今后编辑部将进一步提高期刊的学术性、指导性和实用性,同时也感谢各位专家、作者和读者对本刊一如既往的关注和支持。

(《中国表面工程》编辑部)