

零件再制造中局部损伤的治理方法*

张 庆^a, 杨军伟^b, 孟令东^a, 梁志杰^a, 沈 维^b

(装甲兵工程学院 a. 装备再制造工程系 b. 全军装备表面工程重点实验室, 北京 100072)

摘 要: 局部损伤是零件再制造中常见的一种失效形式, 由于损伤情况的多样性, 成为企业再制造加工中的一个难点。文中针对零件表面局部损伤的特点和现有修复方法热输入量大、修复效率低和成本高的不足, 主要对高能脉冲精密冷补技术、电火花表面强化修复技术和微脉冲电阻焊修复技术的工作原理、应用特点进行了阐述, 列举了以上几种技术在金属零件表面修复与再制造中的应用实例。

关键词: 再制造; 局部缺损; 治理方法

中图分类号: TH17 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9289(2012)01-0110-05

Method of Governance of the Local Damage in Remanufacturing of Parts

ZHANG Qing^a, YANG Jun-wei^a, MENG Ling-dong^b, LIANG Zhi-jie^b, SHEN Wei^b

(a. Department of Equipment Remanufacture Engineering b. Key Laboratory for Surface Engineering of PLA, Academy of Armored Forces Engineering, Beijing 100072)

Abstract: Local damage is a common failure mode in remanufacturing parts, due to the diversity of the damage, it is difficult for companies to remanufacture. In this paper, based on the characteristics of local damage parts on the surface of the remanufacturing parts and the lack of available repair methods such as a mass of heat input low efficiency and high repairing cost, the principle and application characteristics of the high-energy pulses of laser-precision cold-welding technology, EDM surface hardening technology and micro-pulse resistance welding technology are introduced, at the same time some examples of application are given.

Key words: remanufacturing; local defect; treatment method

0 引 言

机械设备零部件产生的局部磨损、划伤、压坑、崩落、锈蚀等局部损伤的修复, 一直是一个技术难题^[1]。传统的工艺方法, 如电弧焊、气焊等由于发热量大, 会使金属零件产生热变形、金相组织发生严重的变化, 影响零件再制造修复后的正常使用寿命; 电刷镀技术具有热输入小的优点, 但修复层厚度有限, 治理局部损伤时生产效率低; 激光焊修复工艺, 修复精度高, 热量输入小, 但存在设备成本高的不足。文中主要针对零件表面磨损、划伤、压坑等损伤失效的特点介绍几种比较先进和实用的局部损伤的治理方法^[2-3]。

1 高能脉冲精密冷补技术

高能脉冲精密冷补技术是一种新型金属零件表面修复技术, 其原理是采用断续的高能电脉冲, 在电极和工件之间形成瞬时电弧, 使修补材料和工件迅速熔结在一起, 达到冶金结合, 从而实现工件表面尺寸的恢复。图 1 为冷补设备外形, 图 2 为其工作示意图。

高能脉冲精密冷补技术在工作过程中采用的脉冲电弧能量输入方式与一般的脉冲氩弧焊有很大不同, 其脉冲电源的工作过程如图 3 所示。一般脉冲氩弧焊采用持续电弧, 即在脉冲的间隙以小电流维持电弧的燃烧, 其脉冲时间在几秒以上。高能脉冲精密冷补技术的脉冲电弧采

收稿日期: 2011-12-27; 修回日期: 2012-01-13; 基金项目: * 再制造技术重点实验室基金(9140C850302100C8504)

作者简介: 张庆(1984—), 男(汉), 河南南阳人, 硕士生; 研究方向: 再制造成形技术

引文格式: 张庆, 杨军伟, 孟令东, 等. 零件再制造中局部损伤的治理方法 [J]. 中国表面工程, 2012, 25(1): 110-114.

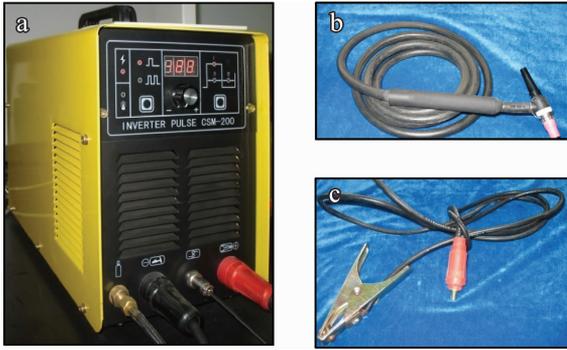


图 1 冷补设备(a)主机电源(b)冷补焊枪(c)阳极夹具

Fig. 1 Cold-welding equipment (a) power (b) torch (c) anode fixtures

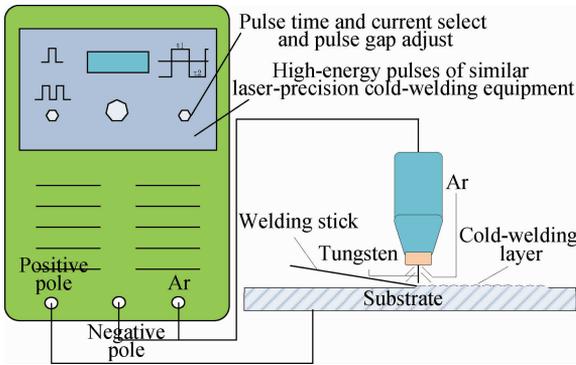


图 2 高能脉冲精密冷补机工作示意图

Fig. 2 Sketch map of high energy pulse precision cold-welding equipment

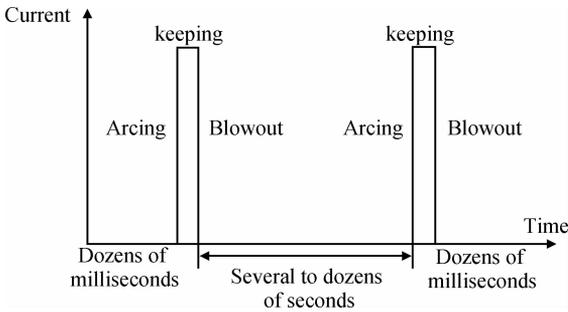


图 3 高能脉冲电源工作示意图

Fig. 3 Sketch map of pulse power source

用的是断续电弧,即每次脉冲的产生都由起弧、维弧、熄弧 3 个过程组成,每个脉冲的时间为几十毫秒,两个脉冲电弧间有几秒到十几秒的间隔时间,使被修复工件有充分的冷却时间^[4]。

该技术具有以下特点 ①焊补精度高,通过对脉冲电流和脉冲时间的精确控制,最小修复宽度为 0.2 mm。②焊补冲击小,由于脉冲作用时间极短,能量集中,其焊补应力和焊后变形都较小。

③热影响区小,对基体的热输入小,基体基本无宏观热变形。④结合强度高,基体与补材属于冶金结合,适合各种加工方式,不会出现结合不牢固、脱落现象。⑤操作工艺简单,可实现手工操作及自动化控制。⑥应用范围广,可实现精密修复、磨损、划痕、裂纹及缺陷的焊补、特形表面修复、局部不解体现场修复^[5]。

文中分别利用电容充放电和逆变整流技术研制了两种类型高能脉冲精密冷补设备,通过对脉冲电流的大小和脉冲持续时间的精密控制,实现了对金属零件表面最小热输入下的精密修复。

2 电火花表面强化修复技术

电火花表面强化的基本原理是储能电源通过电极以 10~1 000 Hz 的频率在电极与工件之间产生火花放电,在 $10^{-5} \sim 10^{-6}$ s 内电极与工件接触的部位即达到 $8 \times 10^3 \sim 25 \times 10^3$ °C 的高温,将电极材料熔化,并在旋转电极的作用下扩散到工件表面,形成强化修复层^[6-7]。图 4 为电火花修复设备的外形图,图 5 为电火花金属表面强化冷补机工作示意图。



(a) Power source



(b) Torch and anode fixture

图 4 电火花修复设备(a)主机电源(b)旋转焊枪及夹具

Fig. 4 Edm repair equipment

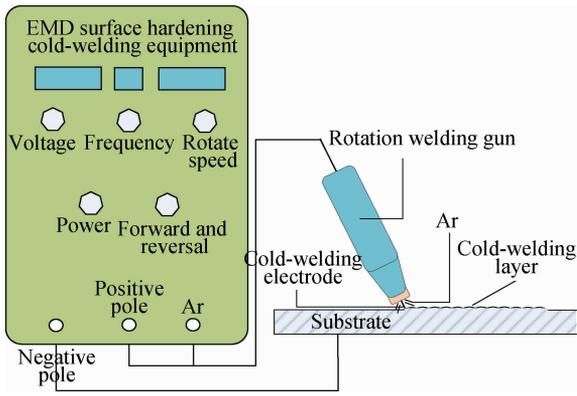


图5 电火花金属表面强化冷补机工作示意图

Fig. 5 Sketch map of edm equipment

该技术具有以下特点：①电火花强化修复时，放电时间短、放电面积小，对基体的热输入小，修复零件基本处于室温状态，所以不会出现变形、退火、剥落、热裂纹等现象。②修复层与基体结合强度高。由于强化修复层是电极和工件材料在高温高压条件下合金化而形成，因此其结合强度明显高于其它表面涂层工艺。③修补材料广泛，可自由选择电极材料。对于以提高耐磨性为目的的表面强化修复，可选用 YG、YT 或 YW 类硬质合金；以修复磨损表面为目的的强化修复则可选用碳素钢、紫铜等材料作为电极。④工艺控制简单，通过调节工艺参数及控制强化时间，可得到不同厚度和粗糙度的强化修复层。⑤适应性好，可对平面、曲面和一些特性表面的缺损进行修复。⑥操作简便、安全，对操作人员技术要求不高；不会产生有毒气体、液体等环境污染，噪音小。⑦可进行现场不解体修复，不用拆卸被修复件，可在强化修复的表面进行多次强化，强化修复的成本极低。

电火花表面修复工艺过程可分为 3 个步骤如图 6 所示。当旋转电极接近修复基体时，气体介质被极间电压击穿电离，形成放电通道(图 6 (a))；在电火花产生的热量下电极材料被熔化，通过旋转电极的作用力被甩出(图 6(b))；当焊枪离开修复基体电火花消失，熔化的电极材料冷却形成冷补修复层(图 6(c))。

由于具有上述突出优点，电火花表面强化技术问世便引起了各国工业界的重视。五十年代至八十年代各国分别研制不同类型的电火花强化，主要产品有美国制造的 1269、TVNG-

CARB220 和 F-5 型，英国制造的 SPARCARD，法国制造的 CARBUMATIG，日本制造的 DE-POSITRON 等。这些设备主要用于模具和刀具的表面强化。进入九十年代后，日本的电火花强化技术得到很大发展，研制的 Spark depo 强化设备功率较大，涂层厚度有所增加，可获得较均匀的表面强化层。

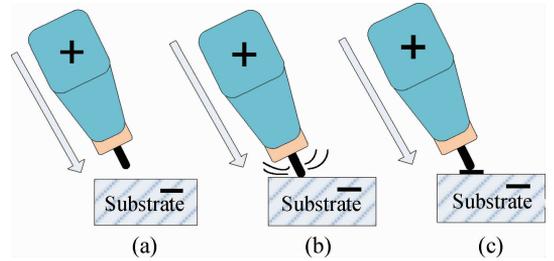


图6 电火花金属表面修复过程

Fig. 6 The repair process of Edm technology

3 微脉冲电阻焊修复技术

微脉冲电阻焊修补工艺，是将补材通过电脉冲作用熔融到母材上去的一种修补工艺。工作时，正极接施焊电极，先将补材靠在待修母材上，电极通过补材对母材施压，在补材和母材之间形成一接触电阻 R 。此时，脉冲电流 I 经由正极 \rightarrow 电极 \rightarrow 接触电阻 $R \rightarrow$ 负极，在 R 上产生的热量正比于 $I^2 R \Delta t$ (其中 Δt 为电脉冲的持续时间)，这个热量可导致补材与母材界面间微小区域的温度上升，直至产生金属熔融。熔融区介于补材和母材之间，有一个极短的冶金反应，之后电脉冲消逝，由于热传导而迅速冷却，从而得到一个微区熔接点^[8]。

图 7 用图形和曲线说明了微脉冲电阻焊修复技术的施焊工艺特点。电极接电源正极，母材接电源负极，手动操作电极向下对补材施加一个压力 F ，在补材和母材的接触点 P 处形成接触电阻(图 7(a))。此时，接通脚踏开关，一个电脉冲通过接触电阻。

脉冲电流通常可达到 103 A 数量级，而脉冲的宽度约为 1~2 ms。这个电流脉冲在 P 点附近产生热量，因为电脉冲作用的区域微小，热量涌入速度极高，使 P 点附近界面金属温度突然上升，直至熔融(图 7(c))，并随着电流脉冲的消失， P 点周围温度迅速跌至室温。

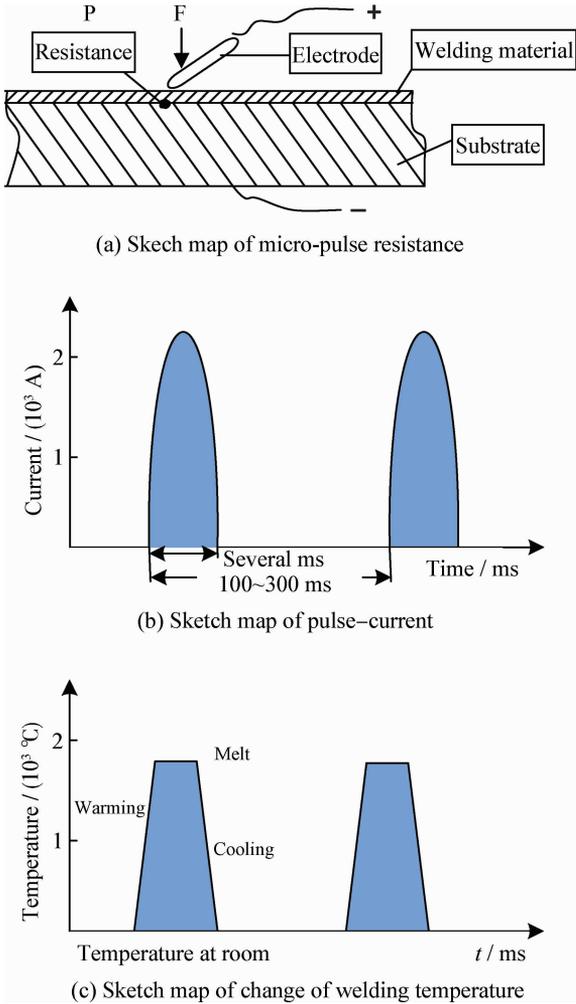


图 7 微脉冲电阻焊修复技术施焊特征说明

Fig. 7 The features of micro-pulse resistance welding technology

该技术有如下特点:①补材的选择面宽。选用不同性能的补材可得到高硬度、耐磨、耐冲击、耐高温或耐腐蚀的修补层。②适用范围广。可

用于填补尺寸不足,又适用于修补零件气孔、砂眼、划痕、崩刃、钝边、凹槽等局部缺损。③修补层加工性能好,修补、加工可交替进行。④修补尺寸范围广。⑤操作简便,设备便于携带。

电阻焊机发展经历了工频交流、直流脉冲、三项低频、二次整流以及电容储能电焊机的过程。20 世纪 80 年代中期,随着计算机技术和电力电子技术的发展,发达国家先后推出了逆变式电阻焊机和柔性化的电阻焊成套设备。

装甲兵工程学院研制的微脉冲电阻焊设备,在普通电阻焊的基础上对脉冲能量的输出进行了改进,实现了不同零件材质的修复要求,同时通过逆变电源技术将电源体积大大减小,促进了电阻焊设备的小型化的发展。

4 应用

4.1 液压支柱划伤的修复

某厂液压泵在使用过程由于液压缸体橡皮衬垫老化,对液压柱塞表面造成了划伤。图 8(a)为液压支柱划伤的表面形貌。根据厂家的修复指标要求采用高能脉冲精密冷补工艺对其划伤表面进行了修复^[9]。修复过程中采用的高能脉冲能量集中、作用时间短,产生的瞬时电弧使得热影响区金属过热比较小,同时在修补过程中有氩气在电弧周围形成气体保护层,防止了空气对钨极、熔池及邻近热影响区的有害影响。图 8(b)为修复后的液压柱塞杆。

为确保修复精度,采用自动控制修复的方法,将焊枪固定于数控铣床上,先将焊丝预置于划伤处,通过控制数控铣床的运行速度和脉冲间隔使其达到较好的焊缝成形,图 9 为修复现场照片。

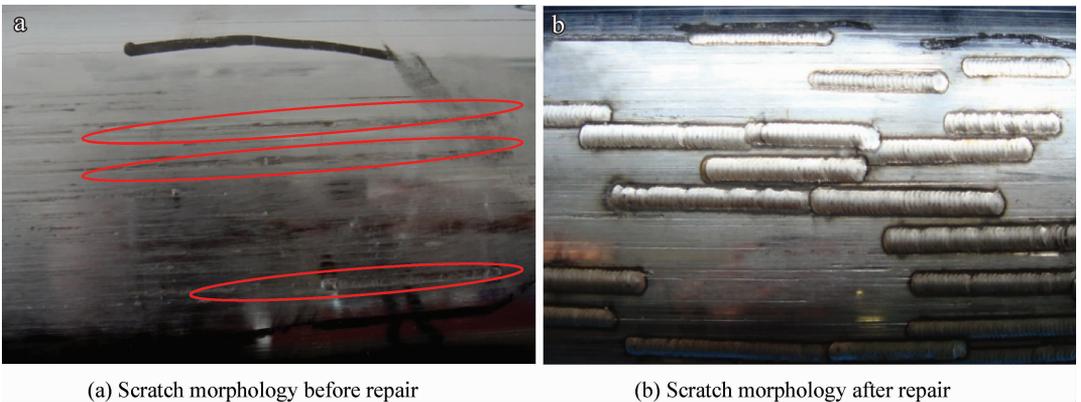


图 8 液压柱塞杆修复前后表面形貌

Fig. 8 Morphologies of the hydraulic piston rod before and after repair



图9 液压柱塞杆的自动修复现场

Fig. 9 Auto repair scene of the hydraulic piston rod

4.2 轴类零件表面磨损修复

某大型设备主轴表面在使用过程中由于磨损造成表面失效,无法正常使用。采用电火花表面修复技对磨损区域进行修复,图10为修复现场的照片。图11为修复后的零件表面形貌。



图10 电火花修复轴类零件表面磨损现场

Fig. 10 Repair scene of the shaft surface wear by Edm



图11 修复后的零件表面

Fig. 11 Repaired surface of the parts

4.3 特形表面的修复

微脉冲电阻焊修复技术可用于特形表面或异形构件的修复。图12为采用微脉冲电阻焊修复技术修复汽车凸轮轴曲面。图13为采用微脉冲电阻焊修复技术修复弹子槽特形面。

强化技术和微脉冲电阻焊修复技术,与电弧焊等传统修复工艺相比由于具有热输入量小、修复精度高、操作简单和修复成本低的特点,在零件表面局部损伤修复方面必将具有广阔的应用前景。

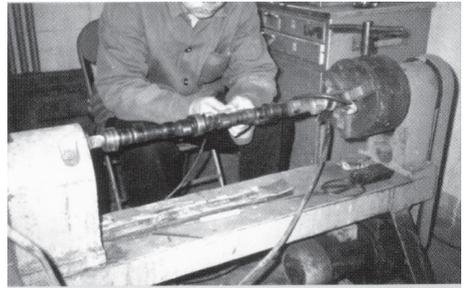


图12 汽车凸轮轴曲面修复

Fig. 12 Repair surface of the auto motive camshaft



图13 弹子槽特形面的修复

Fig. 13 Repair special-shaped surface of the marble tank

参考文献

- [1] 顾迅. 现代表面技术的应用 [J]. 金属热处理, 1994, 4:1-6.
- [2] 徐滨士, 朱绍华, 等. 表面工程理论与技术 [M]. 国防工业出版社, 1997: 87-95.
- [3] 郭晓霞. 几种常用表面强化技术的比较 [J]. 现代制造工程, 2008(3): 84-86.
- [4] 梁志杰, 孟令东, 杨军伟, 等. 类激光高能脉冲精密冷补技术的研究与发展 [J]. 第八届表面工程学术会议, 2004: 394-398.
- [5] 张庆, 孟令东, 杨军伟, 等. 高能脉冲精密冷补技术用于修复零件表面局部缺损 [J]. 中国表面工程, 2011, 24(1): 79-83.
- [6] 陈钟燮. 电火花表面强化工艺 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1987.
- [7] 朱世根, 施群, 顾伟胜, 等. 沈剑电火花表面强化工艺及设备 [J]. 机械设计与制造, 2002(6): 80-81.
- [8] 胡仲翔, 杨军伟, 李强. 微区脉冲点焊技术用于模具修复 [J]. 中国表面工程, 2002(1): 21-23.
- [9] 杨军伟, 张庆, 孟令东. 类激光高能脉冲冷补技术用于铸造缺陷的修复 [J]. 铸造技术, 2011, 5: 622-625.

5 结论

零件局部损伤的再制造具有巨大的经济效益和社会价值,高能脉冲精密冷补技术、电火花表面

作者地址: 北京市丰台区杜家坎21号

100072

Tel: 150 1019 9984

E-mail: 15010199984@139.com