

470144

5776
03027

曲轴的自动堆焊

QUZHOU DIZI DONG DU HAN

交通部科学研究院公路所 编

5776
027

人民交通出版社

曲 轴 的 自 动 堆 焊

交通部科学研究院公路所 编

人 民 交 通 出 版 社

1 9 7 7 · 北 京

内 容 提 要

本书介绍修复发动机曲轴的各种自动堆焊方法的原理、设备和规范,以及应用这些方法修复曲轴的生产实践和科学实验经验。

本书可供汽车、农机和其他机器修理企业从事堆焊生产和科研工作的工人、技术人员参考。

曲轴的自动堆焊

交通部科学研究院公路所 编

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 006 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 3 字数: 62 千

1977年3月 第1版

1977年3月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—22,000册 定价(科三): 0.26元

毛 主 席 语 录

千万不要忘记阶级斗争。

列宁为什么说对资产阶级专政，这个问题要搞清楚。这个问题不搞清楚，就会变修正主义。要使全国知道。

节约是社会主义经济的基本原则之一。

自力更生，艰苦奋斗，破除迷信，解放思想。

2A.05.13

序 言

伟大领袖毛主席教导我们：“要使我国富强起来，需要几十年艰苦奋斗的时间，其中包括执行厉行节约、反对浪费这样一个勤俭建国的方针。”“节约是社会主义经济的基本原则之一。”修旧利废是汽车运输企业实行增产节约的一项重要措施。在当前情况下，积极开展汽车旧件的修复工作具有更大的意义。不少汽车修理厂和保养场，由于开展了汽车旧件修复工作，收到了以下效益：

1. 改善了汽车修理过程中的配件供应状况，减少甚至消灭了停工待料现象，使在厂车日缩短，提高了车辆的完好率；
2. 节约了原材料，降低了修车成本；
3. 恢复或保持了若干没有配件来源的老旧汽车的生产能力；
4. 发扬了自力更生、艰苦奋斗的革命传统，体现了备战的要求。

曲轴是汽车发动机的主要零件之一，形状复杂，精度要求高。怎样采取合理的方法和工艺路线修理曲轴，是汽车修理中的一个重要课题。当前国内外所应用的修复方法很多，有堆焊、电镀、喷涂等，这些修理方法各有优缺点。采用喷涂和镀铬方法，所修曲轴耐磨性好，不产生热应力，不变形，但因工艺复杂，费工费时，成本较高，修理前还需预加工，削弱了曲轴轴颈的断面，降低了曲轴的疲劳强度，而且涂、镀层与基体金属间结合强度较低，所以应用并不广泛。采用堆焊方法修复曲轴，成本低廉，工艺简单，劳动条件好，堆焊层与母材的结合强度高，因此成为当前修理汽车发动机曲轴的主要方法。

目 录

序 言

第一节 液流中振动堆焊	1
一、原理	1
二、设备	3
三、规范参数	4
四、存在的问题	8
第二节 水蒸汽保护振动堆焊	10
一、原理	10
二、设备	11
三、规范参数	12
四、曲轴的堆焊	14
五、曲轴堆焊质量的分析	16
第三节 细焊丝二氧化碳气体保护振动堆焊	21
一、原理	21
二、设备	24
三、曲轴的堆焊	26
四、技术经济效果分析	27
第四节 合金焊剂层下自动堆焊	29
一、原理	29
二、曲轴的堆焊	31
第五节 球墨铸铁曲轴的堆焊	33
一、强氧化性的焊剂层下自动堆焊	33
二、空气流中振动堆焊	33

三、纯氧气流中振动堆焊	34
四、用含稀土元素的焊丝无保护介质堆焊	35
第六节 堆焊层的缺陷及防止方法	37
一、裂纹	37
二、气孔	40
三、渣眼与黑疤	41
第七节 堆焊曲轴的几个工艺问题	41
一、焊前的准备工作	42
二、油孔的堵塞方法和材料选择	43
三、堆焊顺序	44
四、曲轴轴颈圆角的堆焊方法	45
五、轴颈的光磨	46
六、修复曲轴的检验	47
第八节 应用强化轴颈的方法提高曲轴的疲劳强度	47
一、滚压强化法	48
二、锤击强化法	50
三、热滚压强化法	51
第九节 各种直流电源设备改装成振动堆焊电源设备的方法	54
一、振动堆焊电源设备的特殊要求	54
二、几种直流弧焊发电机改装成振动堆焊电源设备的方法	55
三、其他直流电源设备改装成振动堆焊电源设备的方法	63
四、振动堆焊电源设备外特性的测定方法	64
第十节 NU-300型振动堆焊设备	65
一、堆焊电源设备	65

二、堆焊机床·····	69
三、堆焊机头·····	71
结束语·····	78
附录 1 水蒸汽保护振动堆焊修复曲轴的工艺 流程·····	79
附录 2 细焊丝二氧化碳气体保护振动堆焊修复 曲轴的工艺流程·····	80
附录 3 曲轴堆焊前的检验标准·····	81
附录 4 水蒸汽保护振动堆焊曲轴的修复检验 标准·····	81
附录 5 细焊丝二氧化碳气体保护振动堆焊曲轴的 修复检验标准·····	82
附录 6 断裂曲轴的焊接工艺·····	83
附录 7 振动堆焊的常见故障与原因分析·····	85
附录 8 振动堆焊的安全技术·····	87
附录 9 振动堆焊的工位布置·····	88

第一节 液流中振动堆焊

液流中振动堆焊，是目前我国汽车修理业中修复磨损零件的主要方法之一，在农机修理和其他机械维修部门中，也得到了广泛的应用。这是由于液流中振动堆焊具有以下特点：

1. 堆焊层薄而均匀，一次堆焊焊层的厚度可达0.5~3毫米，不经过热处理就可以直接获得硬而耐磨的堆焊层；
2. 热影响小，焊后工件的变形小；
3. 熔合性能好，堆焊层与基体金属的结合强度高；
4. 能够修复磨损零件的内外圆柱表面、锥面、球面、花键槽与平面等；
5. 堆焊自动进行，生产率高。

一、原 理

液流中振动堆焊的具体过程，可通过图1来说明。

堆焊开始时，夹在机床主轴卡盘上的工件1旋转，焊丝9由送丝滚轮10经振动的焊嘴4均匀地送向工件。因为焊嘴和工件分别接在硬外特性低压直流电源3的正、负极上（即直流反极性接法），通过50赫芝交流电的电磁振动器6使焊嘴以每秒100次的频率振动*，这样就在焊丝与工件之间产生接触脉冲放电。电回路中还接有电感调节器2，使这个接触电弧过程得以稳定地进行下去，焊丝则随着堆焊机头沿着工件的纵向送给而均匀地、螺旋状地熔敷在工件上。在整个

*有的振动器是机械式的，但应用极少。

堆焊过程中，焊嘴与辅助冷却液管不断地将冷却液(4~6 % 的碳酸钠水溶液) 送向工件，使焊嘴得到冷却，同时也冷却工件，提高堆焊层的硬度，减少工件的变形。用过的冷却液经冷却液接盘16沉淀后重复使用。

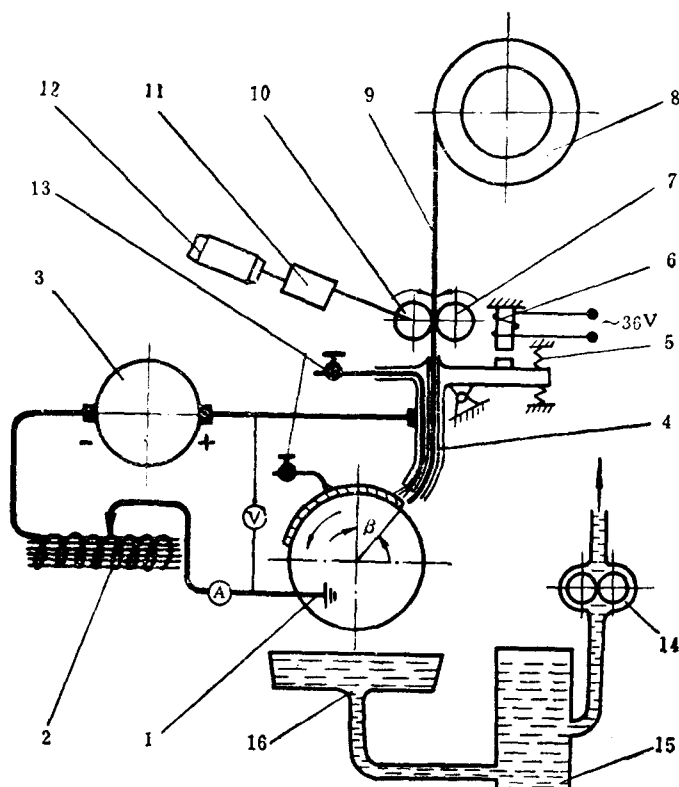


图1 液流中振动堆焊示意图

1-工件; 2-电感调节器; 3-直流电源; 4-振动焊嘴; 5-弹簧; 6-电磁振动器; 7-压紧滚轮; 8-焊丝盘; 9-焊丝; 10-送丝滚轮; 11-减速器; 12-直流送丝电机; 13-冷却液调节阀; 14-冷却液泵; 15-沉淀箱; 16-冷却液接盘

液流中振动堆焊的原理，是利用焊丝的周期性振动，与工件之间产生短路和脉冲电弧放电，使焊丝金属可以在较低的电压下（12~20伏），以较小的溶滴稳定地、均匀地过渡到工件的表面，因而所获得的堆焊层薄而均匀，质量良好，而且允许堆焊规范在较宽的范围内变化，堆焊过程仍旧很稳定。

二、设 备

液流中振动堆焊设备的组成、规格和要求如下：

1. 堆焊机床

有效中心距	大于1800毫米
有效中心高	大于300毫米
主轴转速	0.3~15转/分
堆焊螺距（走刀量）	2~4毫米/转

2. 堆焊机头

堆焊机头由下列几部分组成（见图1）：

（1）电磁振动系统：包括36伏的电磁振动器6、弹簧5和弹力调节螺栓等。通入50赫芝交流电的振动器，可使焊丝产生每秒钟100次的振动，振幅为1~3.5毫米。

（2）送丝机构：由焊丝盘8、直流送丝电机12（35瓦、24伏、4400转/分）、减速器11、送丝滚轮7和10以及焊嘴14组成。

（3）机架：由底座、旋转导向装置、支架立柱及托架组成。

（4）冷却系统：由冷却液泵14、沉淀箱15、冷却液接盘16和水管等组成。水道共有两股，一股冷却焊嘴，另一股冷却工件。

3. 堆焊电源设备

无论是硒整流的、硅整流的或经改装后的直流电焊发电机、电镀发电机，均需满足下列要求：

- (1) 额定电流300安，堆焊电压15~20伏；
- (2) 外特性为缓降的或是平的；
- (3) 空载电压最好比工作电压稍高一些，以便于引弧；
- (4) 焊接回路有适当的电感值（0.18~0.60毫亨），一般是串入电感调节器。

目前，我国已有许多汽车、农机及其他机械修理厂的振动堆焊机投入生产，所用设备除少部分是由上海劳动电焊机厂生产的定型产品外，其余都是由各厂本着因陋就简、自力更生的原则，在大搞技术革新和技术改造的过程中搞起来的，花钱少，收效快，在生产上起到了很大的作用。

三、规范参数

为使堆焊过程能够稳定地进行，必须控制以下几个参数：

1. 电参数

(1) 堆焊电压。振动堆焊的堆焊电压较空载电压低1~3伏，一般可以在12~20伏范围内调节，比手工电弧焊和焊剂层下焊要低得多。随着电压的增高，焊道变得宽而平坦，电弧过程逐渐由“接触电弧”过渡到“振动电弧”。

(2) 电流。在振动堆焊过程中，电流是个因变量，它是随所用焊丝的直径、成分、电源电压、焊丝的送进速度以及回路中的阻抗值而变化，一般约为100~220安。堆焊电流的大小除了影响热功率外，也是判断堆焊过程稳定与否的重要标志。当堆焊过程稳定时，电流值的变化不超过 ± 10 安。

(3) 电感。堆焊电路中的电感，是保证接触电弧过程稳定的重要因素，即当焊丝和工件接触短路的瞬时，从电路中

产生一反电动势，抑制电流的突然增大；在焊丝与工件脱开时，又释放出电磁能量，以维持电弧的燃烧，缩短断弧的空程时间。但是电感值过大时，会使电源的动特性变坏，短路电流过小，熔化不良，影响堆焊质量，这在提高堆焊速度以降低堆焊层厚度时，显得非常突出。因此，对于不同的堆焊厚度，就需要相应地选择不同的电感值。此外，电感值的大小还对飞溅有显著的影响，电感值大，飞溅减小；电感值小，飞溅严重。

2. 运动参数

(1) 堆焊速度。振动堆焊的堆焊速度，是由工件的直径和机床的主轴转速决定的（在 0.2~0.8 米/分都可以实现稳定的堆焊），应根据工件直径和焊层的厚度要求来选择。一

堆焊速度的选择

表 1

堆焊速度 (米/分)							
工件直径 (毫米)	工件转速 (转/分)	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
20		4.8	6.3	7.9	9.4	11.0	12.8
30		3.2	4.2	5.2	6.3	7.4	8.5
40		2.4	3.2	4.0	4.7	5.5	6.4
50		1.9	2.5	3.2	3.8	4.4	5.1
60		1.6	2.1	2.6	3.2	3.7	4.3
70		1.4	1.8	2.3	2.7	3.2	3.6
80		1.2	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2
90		1.0	1.4	1.8	2.1	2.5	2.8
100		0.96	1.3	1.6	1.9	2.2	2.5

注：粗黑线框内为常用数值

般当工件直径较小或是空心时，可以选用较快的堆焊速度；而工件直径较大时，则宜采用较慢的堆焊速度。如果堆焊速度过快，会在焊层中形成大的孔洞。对于不同直径的工件，可先确定堆焊速度，然后再按表 1 选取工件转速。

(2)堆焊螺距。指螺旋线焊道中两相邻焊道之间的距离，实际上就是机床的走刀量。堆焊螺距会影响焊层的结合强度和疲劳强度。如果堆焊螺距过小，将会降低堆焊层与基体金属之间的结合强度，严重时可形成脱壳现象；堆焊螺距过大，则焊道之间的重叠部分不够，影响堆焊层表面的平整度。堆焊螺距的大小，应根据所用焊丝的直径来确定，一般可取焊丝直径的1.5~2倍。

(3)送丝速度。送丝速度要随所用焊丝的直径以及所要求的堆焊层厚度而定。送丝速度与焊丝直径之间的关系见表 2。

送丝速度与焊丝直径的关系

表 2

焊丝直径 (毫米)	1.4	1.6	1.8	2.0
送丝速度 (米/分)	1.1~2.0	1.0~1.7	0.9~1.3	0.8~1.1

(4)焊丝振幅。焊丝的振幅能够决定电弧间隙的长短。一般应通过调节电磁振动器衔铁的间隙，使焊丝的振幅保持在1~1.5毫米范围内。

3. 热规范参数

包括预热的情况、焊嘴和辅助冷却液管内冷却液的流量、冷却液的施加位置、焊后处理等。改变这些参数，能够影响堆焊层淬硬的程度，对堆焊层会不会产生裂纹有着决定

性的影响。一般强的热规范（预热和冷却速度快）易产生裂纹，而弱的热规范（预热和冷却速度慢）不易产生裂纹。

4. 几何参数

指焊丝与工件在空间的相对位置，即它们在水平面与垂直平面内的夹角和焊丝的伸出长度。这些参数在整个焊接过程中很少改变或不变。一般 β 角（见图 1）取 $30 \sim 45^\circ$ ，焊丝伸出长度取 8～10 毫米，焊丝振动平面与工件轴线的夹角 α 取 90° 。焊丝伸出长度过小，堆焊时会在焊嘴的端部堆积大量飞溅物，使电弧中断；过长，会使焊丝提前熔化，也要断弧。 β 角的大小，影响到电弧间隙的大小，对堆焊表面的成形情况和堆焊过程的稳定性有影响。

上述振动堆焊需要控制的规范参数，在实际操作时大致可分为二类：一类是不需要变化的或不需要经常变动的，如回路电感、焊丝振幅、几何参数等；另一类是需要针对工件的不同质量要求、加工性能、生产率、几何形状和堆焊部位等而调节的，如堆焊电压、送丝速度、堆焊速度、堆焊螺距、热规范等。这些参数间有着非常密切的联系，调节时需要结合考虑。例如，当要求有较厚的堆焊层，而且结合强度也要求高时，可通过加快送丝速度，同时相应提高堆焊电压、减慢堆焊速度与减小堆焊螺距来实现，或者只改变其中的某一个参数（这里要注意，如堆焊螺距调得太小，结合强度将会下降，所以对于较厚的堆焊层，只能通过加快送丝速度和减慢堆焊速度的方法实现）。

总的说来，振动堆焊的每一个规范参数，都可以在较大的范围内调节，是比较容易掌握的。本书所推荐的一些规范数据，在一般的场合下基本适用，除非所采用的机头型号、电源不同，或被焊工件不同（新装堆焊机在投产以前，安排一定的时间对规范参数进行摸索和调整是非常必要的）。

四、存在的问题

现在，液流中振动堆焊法已广泛地用于修复半轴套管、变速器十字轴、转向节、前后制动凸轮轴等汽车零件，但是用于修复发动机曲轴还存在一些问题。

有些厂修复解放 CA10B 型汽车发动机曲轴采用下列规范：

堆焊电压	17伏
堆焊电流	170安
电感调节器级数	6
曲轴转速	2转/分
堆焊螺距	2.9毫米/转
送丝速度	1.34米/分
焊丝振幅	2毫米
焊丝直径	1.6毫米
焊丝牌号	50号
焊嘴冷却液流量	75滴/分
曲轴冷却液流量	0.3升/分

用这种规范修复的曲轴，耐磨性不亚于新件。但是由于堆焊是螺旋状进行的，又有附加冷却液的冷却，液流经常改变形状和相对于电弧的位置，使堆焊层的金属受热与冷却不均匀，所形成的焊层金相组织极为复杂，既有马氏体，又有回火马氏体、回火索氏体与回火托氏体，这些复杂的组织使曲轴的疲劳强度有所下降。

液流中振动堆焊采用裸焊丝，没有焊剂或保护气体的保护（冷却液受热蒸发后所产生的水蒸汽的保护作用是微弱的），故很容易被空气中的氧、氢、氮等气体侵入。在采用高碳钢丝或中碳钢丝堆焊时，往往在焊层的底部和基体金属

交界处产生微气孔，如操作不当，也会在焊层中部产生气孔。

一般堆焊用的焊接材料，多半含碳量较高，加上冷却液直接滴入堆焊部位，熔池的冷却速度快，因此很容易产生热裂纹。裂纹的长短和宽窄不一，绝大部分裂纹都是从焊层的表面开始，向焊层的深处延伸，并且越来越窄，一般不超过熔合线。裂纹在工件表面上的分布情况，有轴向的，也有环向的或转向的。有的轴向裂纹贯穿整个焊段，环向裂纹回绕成圈。大部分裂纹较为细碎，长度2~40毫米均有。也有些裂纹构成网状。从这些裂纹所在的位置及沿柱状晶界分布的特点看来，主要是热裂纹，当然亦不能排除冷裂纹的可能性。

液流中振动堆焊时，堆焊层的冷却是不均匀的，在堆焊层内产生残余拉伸应力。这个应力将在交变载荷的作用下，促使曲轴上裂纹扩展，最后导致曲轴断裂。

据国外资料介绍的不完全统计，他们采用液流中振动堆焊法修复的格斯51型汽车发动机曲轴，断裂率为1.5~11.1%。断裂往往是在装车运行0.5~3万公里时发生，极大部分是发生在运行0.7~1万公里时。断裂的位置在第2、5、6道连杆轴颈堆焊方向的起端，垂直于曲轴的轴线，即连杆轴颈紧挨曲柄臂的圆角上，有时还扩展至曲柄臂上。破裂断面的特征是疲劳破坏。疲劳破坏的起因是堆焊层里的微裂纹，有些裂纹起源于堆焊以前，有些是光磨轴颈时产生的。光磨轴颈时，常使轴颈的圆角半径小于原厂规定的尺寸，形成了应力集中，也导致曲轴的损坏。

应用液流中振动堆焊法修复柴油发动机曲轴，断裂现象更为严重。除了因堆焊质量不高以外，柴油发动机曲轴的负荷大，材质又多为合金钢，可焊性不好，也是引起曲轴断裂