



应用振动时效改进柴油机油底壳加工工艺

大连机车车辆厂工艺处 (辽宁 116021) 孙文新

随着市场经济快速发展的要求,铁路实现了多次大提速,对内燃机车的各种性能有了新的要求,因此,作为内燃机车心脏的柴油机的各部件性能也需要有较大的提高。

一、问题的提出

内燃机车柴油机的油底壳是由钢板压型的壳体、各种板件和法兰等焊接而成,其长度与机体相等,负责储存柴油机的大量机油。其结构见图1。

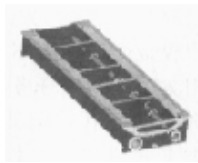


图 1

柴油机油底壳焊接成形后具有较高的残余应力,且分布极不均匀,它是结构产生初始裂纹的根源,也是造成柴油机油底壳使用中发生变形、裂纹的主要原因。

为了降低和均化残余应力,原工艺方案在柴油机油底壳焊接成形后采用热时效处理。主要采用退火处理,油底壳被加热到 500°C 左右后长时间保温,然后缓慢冷却至室温,在热的作用下油底壳的残余应力得到松弛和去除。但由于柴油机油底壳属于薄壁壳体类零件,在大型退火窑里处理时,多个工件重叠摆放后经常出现较大变形,当退火处理后油底壳的变形量超出了毛坯的留量时,变形量超差的油底壳在划线工序中被挑出,需采用大型油压机对变形量超差的油底壳进行校平,然后再进行其他机加工工序。在对工件变形进行校平后,油底壳内部的残余应力又有较大的提高,留下了使用中产生初始裂纹的隐患。因此采用热时效法消除油底壳的残余应力,综合效果不理想,而且消耗大量能源,花费的工时也较多,影响生产效率。

二、振动时效工艺的原理和特点

最近10多年来,国内外使用振动处理方法消除金属构件的残余应力,以代替热时效。振动处理技术又称为振动消除应力,我国又称作振动时效。

1. 振动时效工艺的原理

振动时效实际上就是用周期的动应力与残余

应力相叠加,使局部产生塑性变形以释放应力。这里,残余应力是作为平均应力提高周期应力水平而起作用的。

振动处理是对构件施加一交变应力,如果交变应力幅与构件上某些点所存在的残余应力之和达到材料的屈服极限时,这些点将产生塑性变形。如果这种循环应力使某些点产生晶格滑移,尽管宏观上没有达到屈服强度,也同样会产生微观的塑性变形,这些塑性变形往往是发生在残余应力最大的点上,因此使这些点受约束的变形得以释放,从而降低了残余应力,这就是用振动时效可以消除残余应力的原理。

2. 振动时效工艺的特点

振动时效之所以能够取代热时效,是由于该项技术具有一些明显的特点。

(1) 力学性能显著提高 经过振动处理的构件其残余应力可以被消除 $20\% \sim 80\%$ 左右,高拉力区消除的比低拉力区大,因此可以提高使用强度和疲劳寿命,防止和减少焊接等工艺过程中造成的微观裂纹的发生,提高构件抗变形能力,稳定精度,提高机械质量。

(2) 适用性较强 设备易于搬动,可以在任何场地进行现场处理。

(3) 节省能源和费用 振动时效只需几十分钟即可进行下道工序,而热时效至少需一天以上,相对于热时效来说,振动时效可节约能源 90% 以上。

三、油底壳振动时效工艺的制定

为了完善柴油机油底壳的加工工艺,我们借鉴国内外使用振动时效方法消除金属构件内的残余应力的成功经验,进行了柴油机油底壳组焊后以振动时效处理代替热时效处理的工艺的研制。

由于柴油机油底壳的品种较多,从12缸到4缸的柴油机油底壳,工件的长度由 4m 到 2m ,因此我们共进行5种型号柴油机油底壳振动时效工艺的研制,每种油底壳取两件,其中一件做工艺参数的选择,另一件是用反复试振选择的一组参数处理油底

壳,并做振前振后的残余应力测试,得出消除率来检验参数的合理性,最后确定工艺参数。

1. 油底壳振动时效工艺分析

根据油底壳薄壁、工件尺寸较大的结构特点,分析它的共振频率较高。根据结构动力学的原理,我们选择组合共振法中的振动台处理法,采用有弹簧水平支承的振动台,而激振动力和频率主要来自装夹在平面上的激振器。工作时将油底壳用刚性点支承装夹在台面上,其支承位置应尽量选在油底壳共振时的节线处,以保证工件共振时不消耗能量和产生噪声。根据国内外振动时效工艺的实践经验,当工件的长与宽之比大于3,长与厚之比大于5时则认为工件是梁形,可在距两端2/9处用两个支承,由此我们确定在振动台2/9处安装两个刚性支承,工作时将油底壳中心装卡在台面中心线上,将激振器装夹在台面右侧,拾振器安放在工件左前端。振动台处理、装夹方式见图2。应用这种振动台一次可对两个油底壳进行振动时效处理,明显地提高了生产效率。

2. 振动时效工艺参数的选择

试振设备为智能型振动时效机,将油底壳按图2所示安放在振动台上,夹紧工件,再将激振器刚性固定在离节线稍远的位置,并与振动时效机连接好。调整激振力的档级,开始置于最小为宜。根据初步估算找出动应力较大的点在工件左前段200mm,打磨并安装上拾振器,上述准备工作完成后,开始选择振动时效工艺参数,其过程如下。

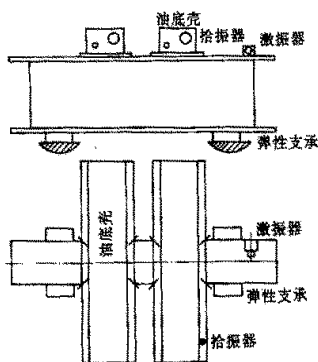


图2 油底壳振动处理布置图

(1) 利用该设备手动调频,同时观察记录器划出的曲线。当油底壳出现共振现象时,振幅频率将出现一个波峰,动应力曲线也将出现一个最

大值,一直扫频到设备的额定频率。

(2) 观察到在设备允许的范围内油底壳出现的共振次数、共振频率以及在共振情况下动应力的最大值。

(3) 观察在每个共振频率下油底壳的共振形式,以调整支承位置到节线上。在停机后可再适当调整激振器的位置,以使油底壳产生最大的振幅,并根据动应力测试的结果多次反复调整激振器的偏心档级。

(4) 根据上述试振情况(均是手动调节),确定出试验性振动处理工艺参数(包括激振频率、激振档级等主要参数),以作为试振时的处理参数。

(5) 最后是试振,用上述方法选择的参数对被试油底壳做全程的振动时效处理,观察振动加速度的变化规律(时间—振幅曲线应是上升、上升—下降、下降型三种中的一种;振幅—频率曲线上的共振峰应是升高并左移),如果均符合要求,则该组曲线即可作为油底壳初定工艺参数。试振参数见表1。

表1 油底壳的试振参数

油底壳 型号	共振频率 /Hz	振动 形式	激振器 档级	处理时间 /min	加速度 变化/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$
13C121000	61.85	底壳	4档	25	1.0
	75.52	总体			1.1
	79.38	总体			3.2~2.9~2.6
09C121000	61.15	底壳	4档	25	0.7
	98.60	总体			1.8~1.9~2.0
12C121000	53.10	底壳	4档	25	0.7
	57.23	总体			3.2~3.0~2.4
25C121000	47.50	底壳	4档	25	3.2~4.2
	57.07	总体			
11C121000	75.40	总体	4档	25	3.5~2.4
	82.50	总体			

3. 振动时效工艺参数的检验

对试振当中所选择的工艺参数必须经过实际应用的检验和考核,具体内容如下:

(1) 油底壳的振动时效处理 将每种油底壳的另一件(第一件已做试振)放在振动台上,用表1中所选择的对应参数对该件进行正式的振动时效处理,仔细观察检测曲线的变化,如图3所示。图中曲线应是:振幅时间曲线 $G(T)$ 曲线呈上升、上升—下降、下降等形式的一种,振幅频率曲线 $G(F)$ 曲线应是最后画出的曲线,它的共振峰高于振前的



共振峰，并左移，这时初步认为从表现形式上看这个处理参数是可行的。以 11C121000 油底壳的处理曲线为例，见图 3。G 为加速度传感器反应到示波器上的一个波高，反应了振动加速度的变化。G(T) 为时间—振幅曲线。

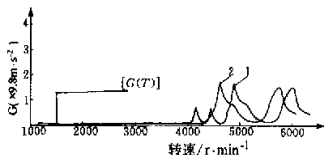


图 3

1——振前所测曲线 2——为振后所测曲线

(2) 油底壳的残余应力检测 对油底壳的振前、振后的两次残余应力的检测，目的是对比两次残余应力的消除率，从而确定工艺参数是否合理，不合理则必须改变工艺参数，再重新处理和检测。国家标准已明确规定两次残余应力的消除率，焊接件应大于 30%。

采用应变跟踪法实现对 5 种型号柴油机油底壳残余应力检测，即先在未振试件上进行钻孔法的残余应力测试，确定其应力水平，再在同样试件的相同点上打磨光后贴上三向直角应变片，再将所有测点的全部应变片连接到静态应变仪上，并通电调零，关掉电源后开始进行振动时效处理，最后再次测量各应变片的应变值，并根据测出的三个方向的应变值 ϵ_1 、 ϵ_2 、 ϵ_3 计算出各测点的释放应力，释放应力和原始残余应力的比值，即为残余应力消除率，检测结果见表 2，检测点布置见图 4。

表 2

型号	σ_1 /MPa			σ_2 /MPa		
	振前	振后	消除率 (%)	振前	振后	消除率 (%)
13C121000	138.80	73.46	-47.07	147.35	88.14	-40.18
08C121000	228.06	120.65	-47.10	167.93	104.49	-37.78
25C121000	167.95	95.97	-42.86	144.55	77.47	-46.41
11C121000	132.93	57.23	-56.94	128.91	76.92	-40.33
12C121000	220.43	130.30	-40.89	147.35	88.14	-40.18

4. 综合分析

(1) 从振动处理时的检测曲线不难看出，5 种油底壳在振动构成中均出现 G(T) 时间—振幅幅曲线上升，振幅—频率曲线其振峰升高、峰值左移等。

(2) 从表 2 应力检测结果上看，经振动时效处理后的油底壳的残余应力下降均在 40% 以上。

因此可以认为，通过试振所得到的工艺参数

是合理的，其处理效果达到了国家标准，可以应用于生产。

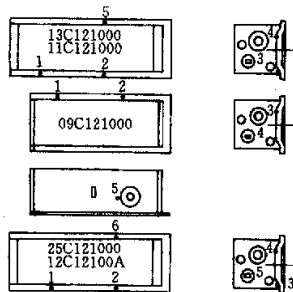


图 4 油底壳检测布点图

四、振动时效工艺规程的制定

油底壳振动时效的处理参数见表 3。

表 3

油底壳 型号	共振 频率/Hz	振动 形式	激励器 档级	处理 时间/min	加速度 变化/ $m \cdot s^{-2}$
13C121000	79.38	总体	4 档	25	3.2
09C121000	98.60	总体	4 档	25	1.8
12C121000	57.23	总体	4 档	25	3.2
25C121000	57.07	总体	4 档	25	3.2
11C121000	75.40	总体	4 档	25	3.5

五、结语

实际生产证明，应用振动时效工艺改进油底壳的加工工艺，有效地降低和均化了残余应力，避免了热时效处理产生的柴油机油底壳变形问题，取消了柴油机油底壳的校平工序，节约了大量的生产成本和能源，明显地提高了加工效率和产品质量。

(20031119)

(上接第 49 页)

(3) pH 值控制 当发黑液的 pH 值 > 4.0 时，发黑效果较差。pH 值应控制在 2~3.5 为佳。

(4) 发黑时间控制 发黑时间要适当，一般以零件发黑膜层呈灰黑色为宜。时间过长，膜层疏松；时间过短，膜层薄，结合力差。

5. 结语

(1) 发黑膜不产生浮灰，在形成发黑膜的同时在膜中形成磷化质点，其耐磨性、耐蚀性好。

(2) 发黑液无毒，环保效果好。

(3) 新工艺成本低，原料易得，经济效益明显。

(20030908)