

重型车从动锥齿轮 压淬变形控制的研究

一汽嘉信热处理电镀科技有限公司 (吉林长春 130011) 李 军

一、现状及分析

1. 537 压床调整前压淬零件变形情况

取调整前, 生产批次号为“04”, 批次序号为“1~100”个零件作为样本。其内孔椭圆度和平面度数据如下 (按压淬顺序排列):

内孔椭圆度/平面度 (单位: mm/mm):

0.10*/0.08 0.09*/0.08 0.18*/0.24 0.20*/0.18
0.18*/0.09 0.11*/0.22 0.12*/0.21 0.07/0.18*
0.06/0.21* 0.04/0.07 0.07/0.18* 0.10*/0.08
0.07/0.08 0.12*/0.25 0.04/0.21* 0.09*/0.07
0.04/0.21* 0.08/0.07 0.07/0.16* 0.05/0.07
0.05/0.14* 0.06/0.08 0.05/0.08 0.06/0.09
0.06/0.04 0.05/0.09 0.05/0.06 0.05/0.12*
0.06/0.08 0.06/0.07 0.07/0.07 0.05/0.09
0.06/0.05 0.07/0.07 0.05/0.07 0.06/0.15*
0.05/0.05 0.05/0.15* 0.03/0.05 0.06/0.10
0.05/0.05 0.07/0.06 0.05/0.08 0.07/0.10
0.06/0.06 0.05/0.08 0.04/0.05 0.07/0.10
0.05/0.06 0.04/0.10 0.07/0.08 0.06/0.09
0.05/0.05 0.16*/0.05 0.05/0.05 0.07/0.06
0.05/0.06 0.10*/0.09 0.06/0.07 0.04/0.07
0.03/0.07 0.02/0.07 0.02/0.07 0.02/0.07
0.03/0.07 0.05/0.10 0.06/0.07 0.04/0.10
0.06/0.08 0.04/0.09 0.08/0.08 0.02/0.05
0.03/0.05 0.04/0.04 0.03/0.05 0.02/0.07
0.16*/0.08 0.07/0.12* 0.17*/0.09 0.11*/0.08
0.15*/0.11 0.07/0.09 0.04/0.09 0.06/0.08
0.03/0.07 0.05/0.09 0.04/0.07 0.07/0.08
0.05/0.13 0.04/0.07 0.06/0.10 0.08/0.07
0.05/0.11* 0.09/0.07 0.05/0.13* 0.06/0.08

0.06/0.13* 0.05/0.08 0.06/0.10 0.04/0.07

“*”者为不合格品。

2. 内孔椭圆度和平面度数据的统计分析

(1) 内孔椭圆度的数据整理及直方图 由上述内孔椭圆度数据可知: $X(1) = 0.02$, $X(100) = 0.20$, 求得极差 $R_{100} = 0.08$; 样本均值 $\bar{X} = 0.065$; 工序能力指数 $C_p = 0.13$ 。

取 $a = 0.01$, $b = 0.21$, 组数 $k = 10$, 组距 $\Delta t = (0.21 - 0.01) / 10 = 0.02$, 分组、频数 (n_i)、频率 (f_i)、矩形高 (Y_i) 如表 1 所示。

表 1

分组号	分组 (t_{i-1} , t_i)	频数 n_i	频率 $f_i = n_i/n$	$Y_i = f_i/\Delta t_i$
1	0.01 ~ 0.03	11	0.11	5.5
2	0.03 ~ 0.05	36	0.36	18
3	0.05 ~ 0.07	33	0.33	16.5
4	0.07 ~ 0.09	5	0.05	2.5
5	0.09 ~ 0.11	5	0.05	2.5
6	0.11 ~ 0.13	2	0.02	1
7	0.13 ~ 0.15	2	0.02	1
8	0.15 ~ 0.17	3	0.03	1.5
9	0.17 ~ 0.19	2	0.02	1
10	0.19 ~ 0.21	1	0.01	0.5

根据表 1 做出直方图 (见图 1)。

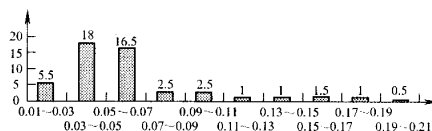


图 1 内孔椭圆度直方图

(2) 平面度的数据整理及直方图 由上述平面度数

据可知: $X(1) = 0.04$, $X(100) = 0.25$, 求得极差 $R_{100} = 0.21$; 样本均值 $\bar{X} = 0.0937$; 工序能力指数 $C_p = 0.04$ 。

取 $a = 0.035$, $b = 0.255$, 组数 $k = 11$, 组距 $\Delta t = (0.255 - 0.035) / 11 = 0.02$, 分组、频数 (n_i)、频率 (f_i)、矩形高 (Y_i) 如表 2 所示。

表 2

分组号	分组 (t_{i-1}, t_i)	频数 n_i	频率 $f_i = n_i/n$	$Y_i = f_i/\Delta t_i$
1	0.035 ~ 0.055	13	0.13	6.5
2	0.055 ~ 0.075	29	0.29	14.5
3	0.075 ~ 0.095	30	0.3	15
4	0.095 ~ 0.115	10	0.1	5
5	0.115 ~ 0.135	5	0.05	2.5
6	0.135 ~ 0.155	3	0.03	1.5
7	0.155 ~ 0.175	1	0.01	0.5
8	0.175 ~ 0.195	2	0.02	1
9	0.195 ~ 0.215	4	0.04	2
10	0.215 ~ 0.235	1	0.01	0.5
11	0.235 ~ 0.255	2	0.02	1

根据表 2 做出直方图 (见图 2)。

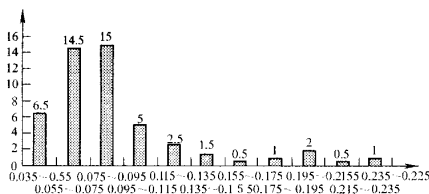


图 2 平面度直方图

3. 现状分析

内孔椭圆度、平面度数据组中带“*”号者为不合格品, 共有 29 件, 那么随机抽样样本中, 随机变量符合要求的比率占 71%, 也就是在所抽样本中有 29% 的不合格品存在。

从图 1、图 2 中可以看出, 无论是内孔变形还是平面变形, 数据集中在中上限比例偏高, 占 60% ~ 70%, 数据在下限比例仅占 10% ~ 15%, 而且样本极差偏大 (分别为 0.18、0.21)。样本均值偏技术要求上限 (分别是 0.065、0.0937)。由此可见, 上述统计数据的分布不是一个合理的分布, 数据离散程度较大。

另外, 从工序能力指数可以看出, 无论是内孔椭圆度的工序能力指数 ($C_p = 0.13$), 还是平面度的工序能

力指数 ($C_p = 0.04$) 都太低, 说明工序能力满足公差要求的程度严重不足, 应该说在重型车从动锥齿轮压淬变形控制上存在一些缺陷。那么究竟什么原因引起零件压淬变形变形呢? 通过分析原因主要有以下几点: 床子精度、模具结构及精度、零件表面状态、计量器具的统一及校准等。

二、改进措施

针对现状原因及分析, 我们对床子精度及模具精度进行了测量并修正; 对个别关键模具结构进行了重新的设计制造; 对零件表面状态进行了较严格的控制, 最大限度地消除偶然因素带来的影响; 计量器具也做到了与上道工序厂统一……所有这些工作为保证零件压淬变形都起到了积极的作用。

1. 格里森 537 压床精度测量及修正

我们重点对格里森 537 压床进行测量, 其修正前后数据详见表 3。

表 3

项目 压床	中心缸垂直度/mm		通用下模平面度/mm	
	修正前	修正后	修正前	修正后
1#	0.05	未修正	0.10	0.02
2#	0.04	未修正	0.15	0.02
3#	1.1	0.05	0.12	0.02

从测量结果显示, 3 号压床中心缸垂直度偏差较大, 中心缸与支座垂直度达 1.1mm。因为在测量时是以支座作为支承基准面, 所以问题可能出在支座身上。测量支座发现平面度为 0.13mm, 磨后为 0.02mm, 安装后再测量, 中心缸与支架垂直度仅为 0.05mm, 基本满足需要。

537 压床通用下模 (俗称排骨环), 设计要求平面度 0.02mm, 经多年使用磨损及磕碰, 其平面度已满足不了设计使用要求, 必须对通用下模进行修正。修正结果见表 3。

2. 模具精度测量及修正

我们重点对 537 压床的支承底板 (R61—14825—3)、内环 (R61—14825—2)、外压环 (R61—14825—3)、俄罗斯压床的支承底板 (无号)、内压环 (R61—14824—2) 以及外压环 (R61—14824—1) 进行测量并修正, 修正后达到图样要求。详细情况见表 4。

表 4

项目 模具号	平面度/mm	
	修正前	修正后
R61—14825—1	1# 0.05; 2# 压床 0.06; 3# 压床 0.05	0.01
R61—14825—2	1# 0.06; 2# 压床 0.06; 3# 压床 0.05	0.01
R61—14825—3	1# 0.30; 2# 压床 0.07; 3# 压床 0.15	0.02
R61—14824—1	0.06	0.01
R61—14824—2	0.05	0.01
俄罗斯压床支承座底板	0.10	0.02

3. 模具的改进

控制零件内孔椭圆度的关键模具是扩张器。扩张器螺钉变形直接影响压淬零件受力情况,引起不合格品产生,所以为了提高螺钉强度,减小变形,我们对原扩张器 R61—14825—4 螺钉进行了改动,材料由原来 35 钢调质变为 40Cr 调质。

为彻底解决扩张器螺钉变形,我们对新结构的扩张器 R61—14813—4 进行设计并制造调试。新扩张器主要优点是涨块在扩张器底座上滑动,保证涨块沿着径向运动的稳定性;螺钉材料为 40Cr,尺寸由原 M6 增至 M8,提高螺钉强度,减轻固定螺钉变形而带来对压淬零件受力的影响,保证零件压淬合格。

另外,扩张器的涨块、底座的加工精度,直接影响压淬零件的质量。为了保证扩张器的制造质量满足使用要求,我们对其尺寸公差和形位公差重新给予较严格合理的界定。

4. 控制零件表面状态

从以往的数据统计来看,零件内孔椭圆度、平面度超差有相当一部分(据统计约占不合格品 15%)是由于零件表面铁屑引起的。

零件在切削加工过程中,表面存在飞边,不通孔内存在铁屑,若不及时清理掉,在压淬过程中,飞边、铁屑掉进淬火油中与模具发生干涉,使零件受力状态发生变化,势必影响零件压淬变形。因此我们一方面与上道工序取得联系加强控制,另一方面主动采取办法控制入炉前的表面状态。操作者用砂轮片打毛刺,用锉刀修飞边,用压缩空气清理不通孔里的铁屑。在此基础上我们又把淬火油槽进行了彻底清理。

即使这样有时也会出现铁屑随零件带入淬火压床内,影响个别零件压淬质量。由于扩张器中粘有铁屑,也会改变涨块工作时的运动方向。扩张器的涨块共被切割成 8 块。在工作时由于定心压头的作用,使每个涨块沿径向运动。理想状态下,涨块作用在零件内孔上的力应是水平方向且均布。若在某一涨块底部垫一铁屑,势必改变此涨块运动方向,作用在零件上力的方向也发生变化(不是水平方向),这样是无法保证零件椭圆度的;另外,由于垫有铁屑的涨块运动方向的改变,也加剧了螺钉与底座的干涉,引起螺钉变形,从而进一步影响零件椭圆度和平面度。另外,铁屑若夹在零件与下模之间,零件压淬后平面度也无法保证。

5. 计量器具的统一

测量平面度的量具原设计是 24—19685,而上道工序厂使用 24—19748。从使用状态分析,后者更为合理。所以,我厂经计量部门同意批准,对测量平面度的量具改用 24—19748 来测量拉点,并配有塞尺测量平面度。测量内孔椭圆度的量具结构较合理,未做改动。但这两种量具在使用过程中不断磨损,应定期送检定部门进行认真检定,以确保其测量精度。

三、效果及分析

通过上述五方面的改进措施,并对每台压床压淬参数及通用下模凸凹度进行合理调整,重型车从动锥齿轮的压淬合格率已达 98% 以上,并且数据分布更为合理。

1. 537 压床调整后压淬零件变形情况

取调整后的生产批次号是“3”、批次序号为“41~145”的 100 个零件作为样本。其内孔椭圆度和平面度数据按压淬顺序排列如下:

内孔椭圆度/平面度 (单位: mm/mm):

0.05/0.07	0.06/0.08	0.07/0.06	0.06/0.07
0.07/0.07	0.06/0.07	0.04/0.05	0.05/0.05
0.06/0.05	0.05/0.06	0.04/0.06	0.05/0.05
0.06/0.07	0.07/0.07	0.06/0.11*	0.06/0.07
0.05/0.06	0.07/0.06	0.05/0.05	0.06/0.06
0.08/0.06	0.04/0.05	0.05/0.06	0.06/0.06
0.05/0.06	0.06/0.06	0.04/0.06	0.05/0.06
0.04/0.07	0.06/0.05	0.06/0.07	0.05/0.06
0.06/0.06	0.12*/0.06	0.04/0.06	0.05/0.06
0.06/0.08	0.04/0.08	0.05/0.09	0.04/0.08
0.03/0.08	0.08/0.06	0.05/0.07	0.07/0.07
0.04/0.06	0.06/0.06	0.04/0.05	0.03/0.06
0.06/0.06	0.05/0.07	0.06/0.06	0.06/0.06

0.05/0.06	0.07/0.06	0.06/0.06	0.05/0.06
0.06/0.06	0.05/0.06	0.06/0.07	0.05/0.06
0.06/0.06	0.05/0.06	0.04/0.06	0.05/0.06
0.06/0.05	0.05/0.06	0.05/0.05	0.04/0.05
0.06/0.07	0.05/0.07	0.04/0.06	0.06/0.07
0.05/0.07	0.03/0.06	0.07/0.07	0.04/0.05
0.06/0.07	0.05/0.06	0.04/0.06	0.04/0.05
0.04/0.07	0.04/0.06	0.04/0.06	0.05/0.07
0.05/0.06	0.06/0.07	0.04/0.05	0.05/0.07
0.07/0.07	0.06/0.07	0.05/0.05	0.04/0.06
0.05/0.05	0.04/0.07	0.04/0.07	0.08/0.07
0.04/0.05	0.05/0.05	0.05/0.05	0.04/0.06

“*”为不合格品

2. 内孔椭圆度和平面度数据的统计分析

(1) 内孔椭圆度的数据整理及直方图 由上述内孔椭圆度数据可知: $X(1) = 0.03$, $X(100) = 0.12$, 求得极差 $R_{100} = 0.09$; 样本均值 $\bar{X} = 0.0529$; 工序能力指数 $C_p = 0.75$ 。

取 $a = 0.025$, $b = 0.125$, 组数 $k = 10$, 组距 $\Delta t = (0.125 - 0.025) / 10 = 0.01$, 分组、频数 (n_i)、频率 (f_i)、矩形高 (Y_i) 如表 5 所示。

表 5

分组号	分组 (t_{i-1}, t_i)	频数 n_i	频率 $f_i = n_i/n$	$Y_i = f_i/\Delta t_i$
1	0.025 ~ 0.035	3	0.03	3
2	0.035 ~ 0.045	25	0.25	25
3	0.045 ~ 0.055	32	0.32	32
4	0.055 ~ 0.065	28	0.28	28
5	0.065 ~ 0.075	8	0.08	8
6	0.075 ~ 0.085	3	0.03	3
7	0.085 ~ 0.095	0	0	0
8	0.095 ~ 0.105	0	0	0
9	0.105 ~ 0.115	0	0	0
10	0.115 ~ 0.125	1	0.01	1

根据表 5 做出直方图 (见图 3)。

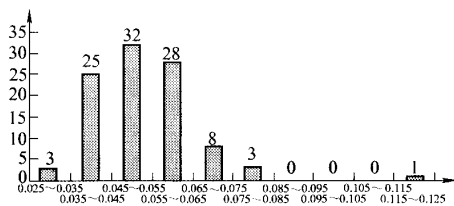


图 3 内孔椭圆度直方图

(2) 平面度的数据统计整理及直方图 由上述平面度数据可知: $X(1) = 0.05$, $X(100) = 0.11$, 求得极差 $R_{100} = 0.06$; 样本均值 $\bar{X} = 0.0627$; 工序能力指数 $C_p = 1.1$ 。

取 $a = 0.045$, $b = 0.115$, 组数 $k = 10$, 组距 $\Delta t = (0.115 - 0.045) / 10 = 0.007$, 分组、频数 (n_i)、频率 (f_i)、矩形高 (Y_i) 如表 6 所示。

表 6

分组号	分组 (t_{i-1}, t_i)	频数 n_i	频率 $f_i = n_i/n$	$Y_i = f_i/\Delta t_i$
1	0.045 ~ 0.052	19	0.19	27.1
2	0.052 ~ 0.059	0	0	0
3	0.059 ~ 0.066	46	0.46	65.7
4	0.066 ~ 0.073	28	0.28	40
5	0.073 ~ 0.08	5	0.05	7.1
6	0.08 ~ 0.087	0	0	0
7	0.087 ~ 0.094	1	0.01	1.4
8	0.094 ~ 0.101	0	0	0
9	0.101 ~ 0.108	0	0	0
10	0.108 ~ 0.115	1	0.01	1.4

根据表 6 数据做出直方图 (见图 4)。

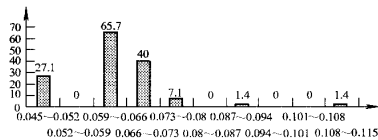


图 4 平面度直方图

3. 效果分析

在内孔椭圆度, 平面度数据组中, 带“*”号者为不合格品, 共有 2 件, 说明此随机抽样样本中有 2% 不合格品存在。

由图 3、图 4 可以看出, 数据比较集中, 而且数据 85% ~ 90% 落在中下限, 而且样本极差和均值也比较小 (分别为 0.09, 0.0529; 0.06, 0.0627)。由此可见, 上述统计数据的分布比较合理, 概率密度曲线近似正态分布。

从工序能力指数可以看出, 控制平面度的工序能力指数 $C_p = 1.1$, 与改进前比较提高近 30 倍, 工作能力 ($1.33 > C_p \geq 1.0$), 基本正常满足公差要求。控制内孔椭圆度的工序能力指数 $C_p = 0.75$, 虽然与改进前提高

(下转第 55 页)

12. 前后翻板门关不上

(1) 原因 ①压缩空气压力过低。②电磁阀不好用。③设备停电、停气。④消声器堵塞。

(2) 排除方法 ①提高压缩空气压力,使其维持在0.2MPa左右。②更换新的电磁阀。③通电、通压缩空气。④拆洗消声器,消除其卡阻现象。

13. 内炉门升降受阻、不灵

(1) 原因 ①内炉门拉杆由于长期受热而引起变形,或者内炉门下障碍物,如掉进的零件或沉积的炭黑等造成炉门拉杆弯曲。②炉门拉杆的液压油缸位置发生位移,造成偏心。③炉门框变形。

(2) 排除方法 在连续炉停炉期间,在其炉温降至室温后:①清理炉门下的障碍物或沉积的炭黑。②更换新的炉门拉杆。③更换新的炉门框。④固定液压油缸。

14. 推出料炉门不能下降,炉门关不上

(1) 原因 炉门变形。

(2) 排除方法 ①更换新的炉门。②没有备用炉门情况下,可以卸下变形炉门进行加工,将炉门两侧刨去一层,但此时应采用石棉板封住炉口,等待安装炉门。

15. 炉门动作速度缓慢

(1) 原因 供给的压缩空气量不足。

(2) 排除方法 调整压缩空气单向节流阀,保证压缩空气量,使炉门动作速度正常。

16. 侧推料受阻

(1) 原因 ①推头与淬火台之间有卡阻。②链条箱内导向板隙间过小。③润滑不够。

(2) 排除方法 ①检测淬火台的标高,并加大淬火台边缘的倒角。②调整导向板与软链条之间的间隙。③在软链条箱内加入足够的二硫化钼润滑油脂。

17. 侧推杆卡死,翻料盘

(1) 原因 ①料盘在前室或出炉最后一盘位置不准确。②侧推料导向槽有障碍物。③料盘、夹具损坏或掉零件,阻碍侧推杆运行。④连续炉计算机程序混乱,导致动作失灵。

(2) 排除方法 ①料盘位置不对,可以采取措,打开后故障门或从窥视孔用工具将料盘摆正。②调整好主推杆及前软推杆限位开关。③采取措施,打开后故障门,取出侧导轨槽中的障碍物,或取出料盘及散落夹具、零件。④在装件时检查料盘与夹具,变形大及破损的不用。⑤检查计算机程序。

18. 渗碳炉内料盘推偏

(1) 原因 ①主推头不正。②主导轨不平。

(2) 排除方法 ①调整主推头。②排除主导轨缺陷。

19. 主推杆过载

(1) 原因 ①运行阻力过大,润滑不好。②料盘损坏、变形或掉件使主推杆运行受阻。

(2) 排除方法 ①按连续炉装载量要求装件,不要超载。②经常进行润滑,在渗碳炉外料盘导轨上涂刷专用润滑溶液,即一份石墨溶液(100mL酒精+55g石墨粉)加上五份汽油或机油。③调整、更换限位开关。④装件前检查料盘、夹具,对变形过大及损坏的进行更换。

(全文完)(20071008)

(上接第53页)

近6倍,但是工序能力($1.00 > C_p \leq 0.67$)满足公差要求程度还是不足,这主要是内孔椭圆度公差带要求太严格。另外,在现有条件下,内孔椭圆度的工序能力很难满足公差要求。

若内孔椭圆度也要求 $\leq 0.1\text{mm}$ 的话,工序能力指数 $C_p = 1.04$ ($1.33 > C_p \geq 1.0$),基本正常满足公差要求。由于重型车从动锥齿轮内孔磨量 0.30mm ,所以建议内孔椭圆度公差范围也应放宽为 $\leq 0.1\text{mm}$,不应过严,要求为 $\leq 0.08\text{mm}$ 。

综上所述,我们可以看出,通过对压床中心缸垂直度、通用下模平面度、内外环平面度的修正,扩张器结

构及加工的改进,效果非常明显。那么2%不合格品存在的原因是什么呢?通过日常观察分析,是由于模具粘有铁屑、零件加工缺陷等造成。

四、结语

(1) 在现有条件下,零件压淬合格率达98%以上,但控制内孔椭圆度的工序能力满足公差要求程度不足,生产时要加强管理。

(2) 模具精度、床子精度是影响重型车从动锥齿轮压淬变形的主要因素。

(3) 在模具精度、床子精度得到保证的前提下,冷加工随零件带来的飞边及铁屑上升为影响重型车从动锥齿轮压淬变形的主要因素。热 (20070718)