

表2 不同处理剂量下存放与不存放的影响

品 种	存放时 间(天)	处 理 时 间 (分)											对 照		
		10		13		15		18		20		25			
		0	10	0	17	0	15	0	13	0	22	0		11	
友	三天时的发芽势	80	30	100	30	90	30	80	20	90	0	80	20	30	
	达80%发芽率 所需天数	3	5	3	5	3	7	3	5	3	6	3	5	5	
谊	胚芽长度 (厘米)	8/11	0.72	0.22	1.25	0.4	0.8	0.5	0.65	0.5	0.58	0.3	0.73	0.3	0.5
		9/11	1.13	0.43	2.15	0.48	1.4	0.7	1.16		1.18	0.39	1.27	0.44	0.5
		10/11	2.18	0.6	3.08	0.83	2.32	1.0	2.0	0.6	1.82	0.7	2.22	0.7	0.62

2. 经激光处理后,不存放者,不论处理时期长短,达到80%以上的发芽率所需的时期都比对照短,而存放10天以后,发芽所需的时间,又与对照差不多。

3. 胚芽生长的速度,经激光处理后,立即发芽的比对照生长快,一般都高一倍以上,有的高达二倍。但存放以后,激光产生的效应又减弱了,生长慢,与对照差不多。

三、小 结

综上所述,本试验所用的He-Ne激光器,在功率为1.2毫瓦,波长6328 Å的条件下,处理干小麦种子10、13、15、18、20、25分钟后,立即发芽者,一般都能提高发芽率,缩短发芽时期,促进生长。但存放太久,则大大降低了发芽率,减弱了激光对小麦产生的各种效应。因此,应用激光处理种子,促进作物生长时,应在激光处理后立即播种,不要存放过长的时期,否则,会减弱激光的效应。

NGJ-2型激光打孔机

吉林工业大学 六三六厂

经过无产阶级文化大革命运动,激光的研究与应用如雨后春笋地在全国各地普遍开展起来。我校的激光打孔研制工作,就是在文化大革命后的批林批孔运动中迅速发展起来的。

我校激光科研组在校党委的正确领导下,坚持内外三结合搞科研。承担了为六三六厂喷嘴小孔研制激光打孔机的任务,和工厂密切合作,成立了有工人、领导干部和教员参加的三结合研制小组,坚持贯彻毛主席的“独立自主、自力更生”的伟大方针,破除激光“神秘论”,敢

想敢干，土洋结合，在1975年完成了三二四厂某零件小孔的激光打孔中间试验后，在六三六厂喷油嘴小孔的激光打孔上，有了一定的进展。尤其在粉碎“四人帮”篡党夺权的伟大胜利的大好形势鼓舞下，同志们一致表示要狠抓革命，猛促生产，用我们的实际行动把“四人帮”破坏社会主义建设所造成的损失夺回来。目前，在喷油嘴淬火前小批量激光打 $\phi 0.25 \pm 0.02$ 毫米喷油孔试验时，采用手动操作，经六三六厂检查，喷油试验合格率为91.5%，尺寸分组试验合格率为92.8%，综合成品率为85%。其中尺寸分组在大功率输出的II、III组的为84%，且基本上解决了激光不打到 58° 锥面密封带的问题，成品件的转速、耗油量指标符合使用要求，寿命试验正在进行中。为激光打喷油嘴小孔应用于生产实际打下了良好的基础。打算进一步提高打孔机的稳定性和为满足激光打孔应用于喷油嘴生产自动线而对电、光、机系统进行改进设计。

一、打孔机简介

光泵采用两根 $\phi 14 \times 150$ 毫米脉冲氙灯，灯外套有 $\phi 20$ 的GG17玻璃冷却管。工作物质是含铍量为3% $\phi 8 \times 210$ 的铍玻璃棒，棒外套有 $\phi 14$ 的GG17玻璃冷却管。为使工作物质受光均匀及提高氙灯的使用寿命，聚光腔采用双椭圆腔结构(图1)。椭圆腔焦距 $2f=30$ 毫米，长半轴 $a=33$ 毫米，短半轴 $b=29.4$ 毫米，椭圆率 $e=0.89$ ，内腔宽 $B=96$ 毫米，内腔高 $H=58.8$ 毫米。内腔长为 $K=164$ 毫米。内腔采用0.5毫米厚的钝银皮抛光至 $\nabla 14$ 作为反光物质，椭圆腔加工工艺参数 $\cos \varphi = 27^\circ 1'$ ，选用谐振腔长 $L=670$ 毫米，双椭圆激光器效率为0.5%左右。

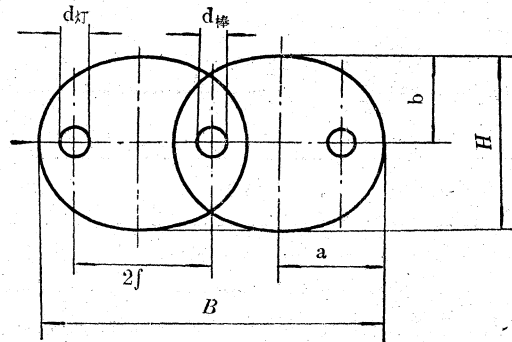


图1 双椭圆腔结构

由于采用了双椭圆腔，使激光输出光斑稳定，经四小时工作的检测，光斑基本上不发生畸变。由于采用了双灯系统，氙灯可以在较低的工作电压下工作，氙灯的使用寿命得到了提高，目前，我们使用的氙灯寿命达一百万次左右。

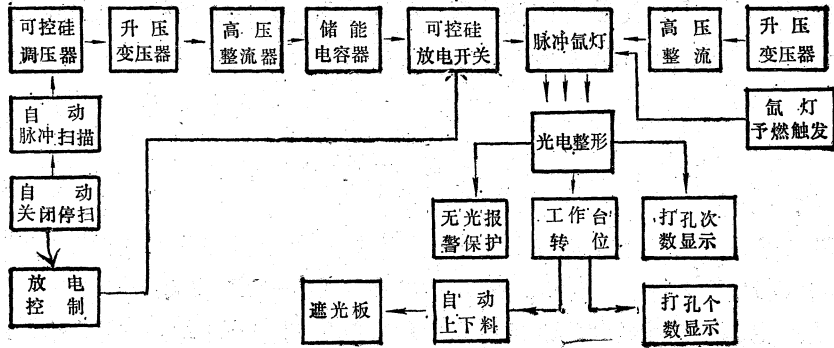
打孔时，由于激光与金属作用，而产生的金属熔融颗粒飞溅，容易把保护片粘敷，致使打孔不能进行，我们采用压缩空气吹气，解决了这个问题。

根据重复率固体激光器电源运行于瞬变状态及高频高压触发氙灯时易产生射频干扰两大问题，本机采用了脉冲自动扫描触发可控硅自动调压及氙灯预引燃电路。其具体电气参数为：

工作电压: 1500~2000 伏
 储能电容: 800~1600 微法
 预引燃电流: 200 毫安
 重复周期: 1~2.5 秒/次

输入能量: 650~1444 焦耳
 输出能量: 2.9~9.9 焦耳
 脉冲宽度: 1.85~2.38 毫秒

为适用于自动线生产, 本机拟采用自动程序控制系统。完成自动上下料、工作台转位、打孔次数和打孔个数以及数字显示等工作。当机器发生故障时(如氙灯预引燃熄灭), 有自动报警保护。其电气系统原理图如下:



二、关于影响打孔的几个问题的试验情况

1. 激光器的输出特性

对激光器输入大小不同的能量, 用 JN-1 型能量计测得其相应的输出能量大小, 如表 1 及图 2 所示。

表 1

输入能量 (焦耳)	900	1224	1600	2024
输出能量 (焦耳)	2.9	5.1	7.3	9.9
效率	$\text{tg } \alpha_1 = 0.33\%$	$\text{tg } \alpha_2 = 0.43\%$	$\text{tg } \alpha_3 = 0.46\%$	$\text{tg } \alpha_4 = 0.49\%$

由图 2 可以看出, 输入能量和输出能量之间呈近似直线关系。直线 AB 与横坐标之交点 B 为激光器的能量阈值, 当外界输入的能量小于该能量阈值时, 该激光器则没有激光输出。由图 2 可见, 此激光器的能量阈值约为 500 焦耳左右。

由图 2 及表 1 可见, 激光器效率并不是一个常数, 而是随着输入能量的增大而增大的。因此, 从激光器效率角度来看, 在一定范围内输入能量离开激光器的能量阈值远一些, 则激光器的效率就高一些。

2. 电压对孔径尺寸的影响

经过我们对铝及镍铬钢的 500 个孔的统计测量, 作出曲线如图 3 和图 4 (图中每点为 50 个孔径尺寸的平均值), 发现随着电压的增加, 铝材料孔径尺寸增大的幅度要比镍铬钢材料的大一些 ($AB > CD$, $A'B' > C'D'$), 但它们共同的特点是, 随着电压的增加, 孔径尺寸的增大愈来愈迟缓。

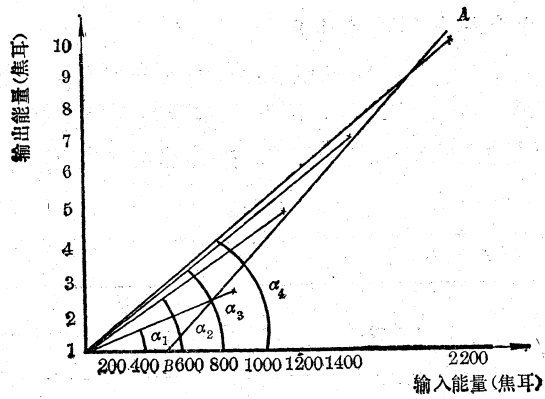


图 2

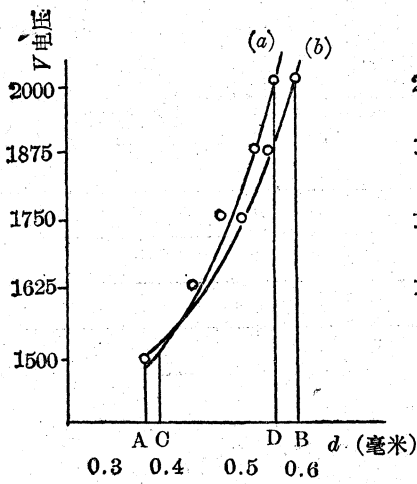


图 3

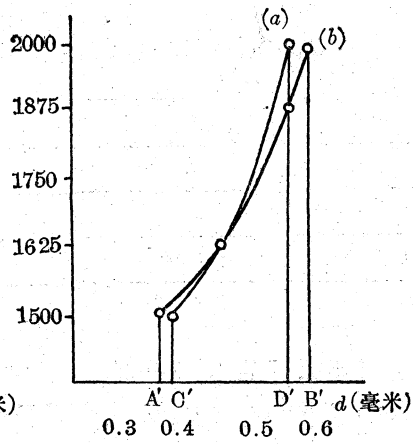


图 4

(a) 镍铬钢; (b) 铝

3. 电容对孔径尺寸的影响

通过我们对 300 个孔径的统计测量, 作出曲线如图 5 和图 6, 由图可见。随着电容量的加大, 孔的加大愈来愈趋于饱和。

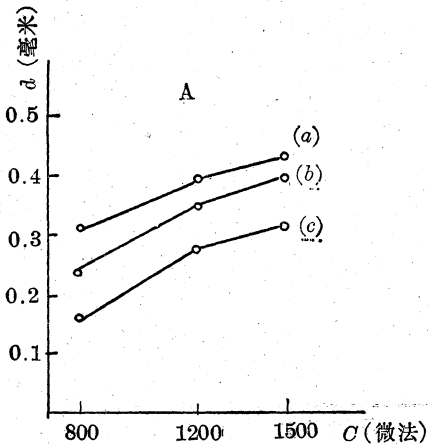


图 5 电容对铝孔径的影响
(a) 1875 伏; (b) 1750 伏; (c) 1625 伏

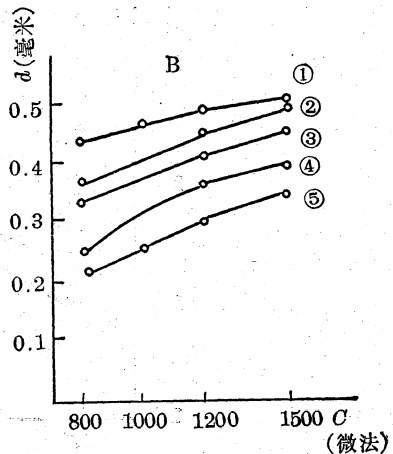


图 6 电容对镍铬钢孔径的影响
① 2000 伏; ② 1875 伏; ③ 1750 伏; ④ 1625 伏; ⑤ 1500 伏

4. 脉冲宽度 T 与电参数 LCV 的关系

我们是采用机械测量方法,用黑相纸接收经聚焦后的激光。通过激光在黑相纸上接收的光斑分布角,经计算测得脉冲宽度 T 的。马达用转速表测得实际转速为 3350 转/分,则脉冲宽度 $T_{\pi} = 0.00005 \varphi_{\pi}^{\circ}$, 试验数据如表 2 和表 3。并作出曲线如图 7、图 8 和图 9 所示。

表 2

L (毫亨)	1625 伏	1750 伏	1875 伏	2000 伏
	T (毫 秒)			
120	1.95	2.13	2.30	2.40
160	2.28	2.42	2.53	2.84
188	2.38	2.60	2.85	3.01

表 3

C (微法)	1625 伏	1750 伏	1875 伏	2000 伏
	T (毫 秒)			
400	0.88	0.91	0.93	1.05
800	2.04	2.32	3.08	3.23
1120	3.32	3.64	4.10	4.43
1444	4.52	5.02	5.42	5.87

由表 2 和表 3 及图 7、8、9 分析:

- (1) 脉冲宽度 T 都随电感 L 、电容 C 及电压 V 变化而变化;
- (2) 电容 C 的变化,对脉冲宽度 T 的影响很大;
- (3) 电容 C 小时, T 随 V 变化迟缓;电容 C 大时, T 随 V 变化得稍快。

我们知道,脉冲宽度 T 对孔径精度的影响较大。由于 L 只影响 T ,而 C 既影响 T ,又影

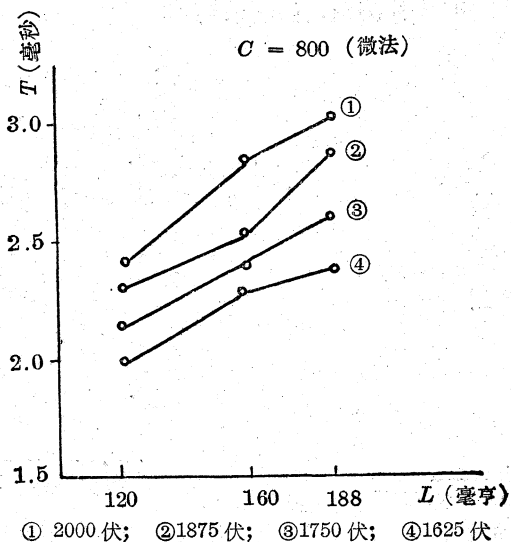


图 7

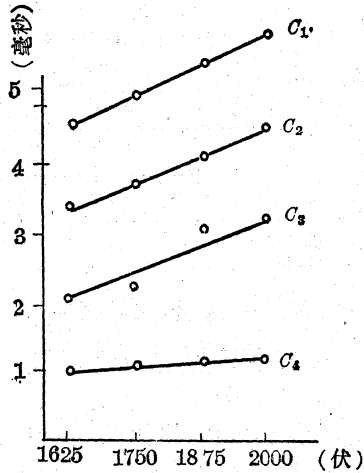


图 8

C_1 —1444 微法; C_2 —1120 微法;
 C_3 —800 微法; C_4 —400 微法

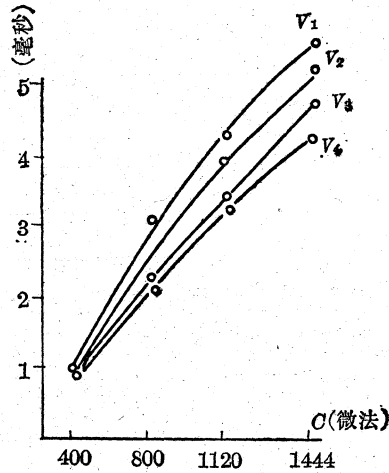


图 9

V_1 —2000 伏; V_2 —1875 伏;
 V_3 —1750 伏; V_4 —1625 伏

响输出能量的大小,而 V 对 T 的影响较小,但对输出能量影响较大。因此,在选择打孔电参数时,首先选择最佳的 L 、 C 值,以获得一确定的脉冲宽度 T ,而后固定 L 、 C 值,变化电压 V 的数值是适宜的。根据我们机器的具体情况,我们选用 $L=40$ 毫亨, $C=800$ 微法。

5. 孔径的椭圆度和锥度

我们试验时,对铝及镍铬钢材料的每种电压测量 50 个孔的椭圆度,并取其平均值,列表 4 如下:

表 4

材 料		1500(伏)	1625(伏)	1750(伏)	1875(伏)	2000(伏)
		椭圆度 (0.01)				
铝 片	进 口	2.26	2.08	1.72	2.34	1.96
	出 口	2.33	2.66	2.64	3.14	2.40
镍 铬 钢 片	进 口	2.14	2.74	2.60	2.96	2.16
	出 口	0.74	1.90	2.94	2.67	2.16

表 4 中,除有平均值为 3.14 外,其他椭圆度全都在 0.03 毫米以内。可见,电压的变化对孔径椭圆度影响不大。而 0.03 毫米以内的椭圆度可以满足喷油嘴要求。通过实践,我们感到影响孔径椭圆度的主要参数是激光输出的光斑是否圆整。激光是否在聚焦透镜的主光轴上聚焦,以及聚焦光轴是否处于光阑(或气嘴)的中心位置上。

关于锥度情况,我们将四个已打好孔的零件,沿小孔中心剖开,测量其孔径变化。由于入口处有 0.1 毫米深度的入口烧熔层,因喷油嘴激光打孔后要热处理,之后还要磨去 0.1~0.15 毫米一层余量,所以,我们从入口处往里 0.1 毫米开始测量其孔径,每隔 0.2 毫米左右测得一个直径,所测数据见表 5。

由表 5 可见最大锥度为 0.05,最小锥度为 0.025,平均锥度为 0.04。这样的锥度尚不能

表 5

件 号	d_1	d_2	d_3	d_4	差 值
1	0.32	0.31	0.30	0.28	0.04
2	0.30	0.29	0.30	0.31	0.02
3	0.30	0.29	0.28	0.26	0.04
4	0.33	0.34	0.35	0.34	0.02

满足图纸要求。而且从放大 50 倍的投影仪上,可以看到形如树干一样,存在宏观的不平度,这从表 5 的孔径尺寸变动上也可看出。因此,锥度问题需待进一步解决。

6. 激光打孔重复周期与输出能量的关系

我们原来采用重复周期为 2.5 秒进行打孔试验,可以打出合格的孔。后来由于工厂要求 40 秒打完一个工件,我们便采用了重复周期为 1.3 秒进行打孔试验。发现打出的孔径小于图纸要求,甚至打不透孔。经检测输出能量和重复周期的关系列于表 6 及图 10。

表 6

重复周期(秒/次)	1.3	2	2.5
检流计读数(格)	24.5	27.5	28.5

* $V=2000$ 伏, $C=800$ 微法。

由表 6 及图 10 可见在输入能量不变的情况下,输出能量随重复周期的缩短而下降。重复周期由 2.5 秒/次变为 1.3 秒/次,则输出能量下降约 20% 左右。因此,随着重复周期的缩短,输入能量必须加大,才能打出合格的孔。

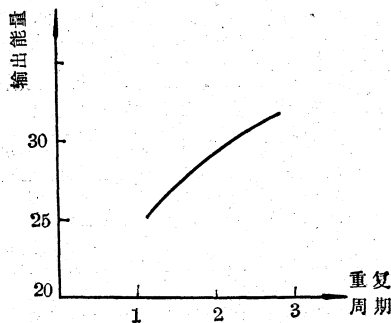


图 10

7. 保护片材料不同对输出能量的影响

保护聚焦透镜的保护片的材料的选择,对输出能量影响也很大。我们用有机玻璃片和光学玻璃片做保护片材料,每种各打 10 个孔,测其长短轴,列于表 7 中。

由表 7 可见,由于光学玻璃对 1.06 微米波长的透过率高于有机玻璃的,所以孔径比之增大 18.5%,亦即输出能量比之增大至少 18.5%。

8. 关于防止保护片烧伤飞溅物粘敷的问题

在未采用压缩空气打孔前,保护片的烧伤和飞溅问题,一直是一个关键问题。经常是打不

表 7

有机玻璃片	孔序 $d(0.01)$	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	d_7	d_8	d_9	d_{10}	$d_{\text{平均}}$
	长轴 a	25	25	24	25	22	24	24	25	25	24	24.4
	短轴 b	24	23	23	23	20	24	22	24	22	23	22.7
光学玻璃片	孔序 $d(0.01)$	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	d_7	d_8	d_9	d_{10}	$d_{\text{平均}}$
	长轴 a	28	28	29	29	30	29	30	27	30	31	29.2
	短轴 b	27	26	26	27	28	27	27	24	27	28	26.2

$$* \Delta a_{\text{平均}} = 29.2 - 24.4 = 4.8$$

$$\Delta b_{\text{平均}} = 26.2 - 22.7 = 3.5$$

到一百次,保护片就不能用了。自1975年我们采用了通入压缩空气进行打孔以后,保护片的烧伤及粘敷金属飞溅物的问题有了一定改善,即在打孔一个多小时后,有机玻璃保护片上才形成一个光斑大小的烧伤斑,两个多小时后,保护片上面才粘敷有少量的金属雾化物,所以一个保护片最多只能使用半个工作日。这距用于生产自动线的要求差距还很大。今年,我们采取了如下几个措施:

(1) 用光学玻璃来代替有机玻璃做保护片,增大了激光透过率,防止了保护片受激光的烧伤;

(2) 改用大压缩空气泵,并使喷气通光嘴由原来的筒形改为现在的喷嘴形,这就加大了压缩空气的压力(2.5~3大气压);

(3) 进气口由一面进气改为两面对称进气,使金属飞溅物无法钻入喷气嘴内。

这样保护片就可以较长时间进行工作,而不需经常更换了。

四、初步检验结果

在前一阶段试验的基础上,我们用手动操作打了四十七个喷油嘴成品件,综合成品率为85%,检测结果为:

1. 尺寸分等检验

工厂将 0.25 ± 0.02 毫米小孔分为I、II、III等。经检测,等外品2件,I等品5件,II等品22件,III等品17件,特等品1件,成品率为92.8%,其中尺寸分等在大功率输出的II、III等品为84%。

2. 喷油试验

喷油试验主要检测七个孔的喷油角度和喷油雾化情况,经检测,4个件不合格,43个件合格,成品率为91.5%;

3. 孔径尺寸分散范围

由于在打孔参数调整后,激光打出的孔径尺寸分布一般认为是近似随机的,可用分布

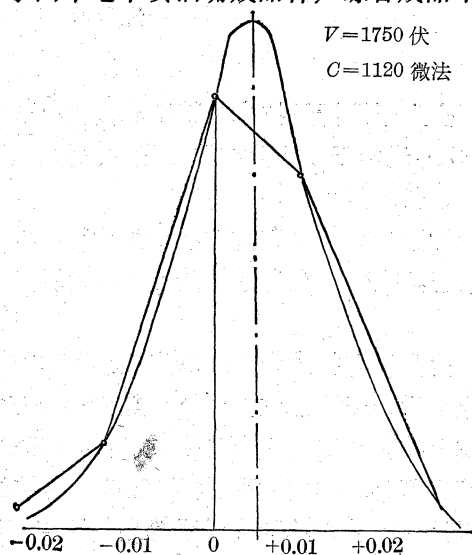


图 11

曲线对它们进行讨论。按品级画出它的分布曲线如图 11 所示。由图可见,孔径的大部分尺寸在 0.04 范围内变动,其几率为 90% 以上。只要控制输入能量的大小,就可以改变分布曲线的中心位置。

4. 金相组织

喷油嘴材料为 18CrNiWA, 热处理为氰化处理。我们将激光打孔和电火花打孔的热处理前后的材料做成试片。热处理前两者的金相组织大致相同,一般都为索氏体。热处理之后,两者的组织皆为(马氏体+碳化物+残余奥氏体),但激光的要比电火花打的氰化层深度大得多,碳化物比之多,残余奥氏体比之少,且在最表层还有一层细马氏体的白亮层,因此,激光打的孔的金相组织要比电火花打的为好。

五、存在问题

1. 用激光打出的孔,其入口处有深度约 0.1 毫米厚的烧熔层,外表显得孔径较大,经加内外光阑后无明显改善(因该零件打孔后热处理,热处理后尚需磨去 0.1~0.15 毫米厚一层,因此,该烧熔层对零件使用性能无影响);
2. 机器的稳定性不够高,尚不能满足自动线对激光打孔机的要求;
3. 电气系数的耐压尚需进一步提高。

用全息照相测量发动机活塞的热变形

沈阳仪器仪表研究所激光全息组

全息干涉计量技术是精密测量机械零部件三维微变形的新技术。对具有漫反射表面的物体,这种光学干涉法能够非接触地测量它在热负荷或机械负荷下整体形状的变化,测量精度为光波波长的数量级。

为了正确地确定汽缸活塞的设计尺寸,提高发动机的效率,必须知道活塞受热后变形的情况。我们用全息干涉法初步测量了小轿车发动机活塞的热变形,取得定量的测量结果。

全息干涉技术利用双曝光法或实时法来比较两个有细微差别的物体光波,把物体的变形信息显示为干涉条纹。活塞的热变形是三维的,一般情况下,测量三维形变矢量需要从不同的方位对物体拍摄三张全息图,或者用对单张全息图扫描的办法,所用的装置和解释条纹的方法都较为繁杂。然而,活塞有特定的对称结构,并且要求测定的,只是裙部的径向变形量。因而可以选择比较简单的光学系统进行照相观察,条纹的解算也很简单,而不降低测量的精度。这个方法还适合于其他一些型面对称的物体的形变测量。