

文章编号: 1001-3806(2002)01-0068-03

## 圆片冲头零件激光淬火工艺实验\*

邹湘军 樊湘芳 石世宏 娄燕 周荣安

(南华大学机械系, 衡阳, 421001)

**摘要:** 对药物冲头零件采用激光淬火及其淬火后机械加工工艺参数优化进行了综合研究。用 2kW CO<sub>2</sub> 激光器对医药系统的 f4mm~f5.5mm 圆片冲头的工作面进行激光淬火, 淬火深度为 0.7mm, 其主要组织为细小马氏体。结果表明, 零件的强度、韧性、耐磨性、抗冲击性、使用寿命均有提高。介绍了利用激光淬火改善材料组织、减少变截面应力产生、防止机械加工时裂纹的产生、提高零件综合机械性能的方法。

**关键词:** 激光热处理; GCr15; 细小马氏体; 药物冲头; 工艺

**中图分类号:** TG156.99 **文献标识码:** A

## Laser hardening process for tablet punch pin

Zou Xiangjun, Fan Xiangfang, Shi Shihong, Lou Yan, Zhou Rongan

(Department of Mechanical Engineering, Nanhua University, Hengyang, 421001)

**Abstract:** Laser hardening process and machining process parameters for tablet punch pin have been studied. A 2kW CO<sub>2</sub> laser is used to harden the punch pin for a pharmaceutical factory. Through laser hardening, petty martensite has obtained with a depth of 0.7mm. Results show that the working surface of the punch pin hardened by laser has higher hardness and strength, abrasive resistance, impact resistance and longer life. This paper introduces the laser hardening process to improve material organization, reduce stress on variable sections, prevent crack produced in the process of manufacture and improve the combined mechanical performances of the punch pin.

**Key words:** laser hardening; GCr15; petty martensite; tablet punch pin; process

## 引言

圆片冲头零件是把药粉冲压成圆片形的成药, 在使用过程中头部表面受到磨损、冲击力和介质腐蚀。其材料为 GCr15, 由于使用寿命短, 损耗材料很多。国产零件使用寿命一般在 12~15d, 国外进口的零件使用寿命一般在 40d 左右, 其价格是国产的 10 倍。因此, 研究圆片冲头的强化工艺对延长零件的寿命和节约合金材料、降低成本具有十分重要的意义。国内对该零件采用传统的热处理淬火工艺。在 f4mm~f12mm 系列冲头产品中, f4mm~f5.5mm 系列产品工艺复杂, 由于直径差大用传统工艺处理后易产生变形和应力集中<sup>[1]</sup>, 在尖角过渡处易产生微裂纹, 生产合格品率低。使用时冲头刃口易磨损、少数零件产生疲劳剥落<sup>[2]</sup>现象。

激光热处理加热速度快, 可实现自冷淬硬, 变形很小, 其光学系统焦距深长, 在一定范围内对冲头这种变截面零件的表面可使用同一加热器进行处理。采用激光淬火工艺对冲头工作面进行热处理与传统工艺相比, 内应力大大减少, 各种机械性能得到改善。往往在讨论变截面零件的内应力和裂纹产生时, 只考虑热处理单方面的因素而忽视了有效地防止了淬火零件在机械加工时微裂纹产生的倾向, 我们介绍了利用激光淬火改善材料组织、减少变截面应力产生、防止机械加工时裂纹的产生、提高零件综合机械性能和使用寿命的方法。

### 1 试验条件

#### 1.1 试验零件与材料

试验零件有 f4mm~f5.5mm 系列圆片冲头, 其材料为 GCr15 轴承钢, 含 C 量: 0.95%~1.05%, 含 Cr 量: 1.30%~1.65%。零件结构如图 1 示, 要求 B 面、小头

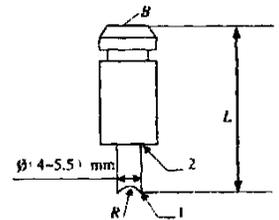


Fig. 1 Simple diagram for tablet punch pin

\* 湖南省教委科研基金资助项目。

作者简介: 邹湘军, 女, 1957 年 11 月出生。副教授。主要从事机械制造工艺和设备及特种加工等方面的教学与研究。

收稿日期: 2000-03-21; 收到修改稿日期: 2001-05-08

f4mm~ f5.5mm 及 R 面有较高的耐磨性、耐冲击性, 保证尺寸 L, 如该尺寸磨损至  $L - \Delta$ ,  $\Delta = 0.15\text{mm}$ , 则零件报废。试验时对 B 面和 f4mm~ f5.5mm 及 R 面进行激光淬火。

### 1.2 激光淬火实验方法及组织分析

选用 2kW 的激光器, 扫描速度为 12.7mm/s, 光斑直径为 f4mm, 对零件上述表面进行淬火处理。

先用下料的余料 GCr15 作试件, 试件尺寸为 f25mm × 20mm, 把试件切割制成样品, 淬火处理后其金相组织见图 2, 从图中可看出, 淬火层分 3 层。1 为上表层, 2 为过渡层, 3 为中心原始组织, 激光淬火深度 0.7mm, 淬火表层至深度 0.09mm 处之间的组织逐渐变细, 为针片状的马氏体及残余奥氏体和少量粒状的碳化物。图中上表层较粗大的马氏体是由于试件表面加热温度过高, 反而使表层组织粗大。硬度为 60~ 62HRC。在 0.09mm 以下的过渡层, 得到

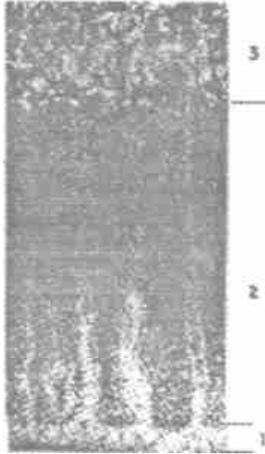


Fig. 2 The microstructure of laser beam hardening for test sample (100 $\times$ )

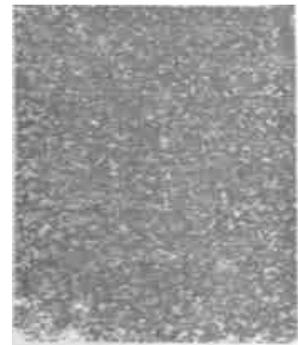


Fig. 3 The microstructure of laser beam hardening for workpiece (500 $\times$ )

的是较理想的细小的针状马氏体、隐晶马氏体、均匀分布的少数细小碳化物。硬度为 59~ 61HRC。中心层为原始组织, 淬火之后其心部组织硬度仍保持淬火前的组织和硬度。用同组材料制成的工件, 经各道工序处理 (包括预处理)、激光淬火和精磨后成品工件表层金相组织见图

3, 为细小马氏体。零件宏观形貌见图 4。

### 1.3 机械加工工艺参数分析

对于零件综合工艺的考虑, 不但要考虑淬火时减少内应力和防止裂纹的产生, 在机械加工时也要考虑这一因素。因此, 在磨削时, 对机械加工工艺参数进行优化, 控制进给量和进给速度, 合理选取砂轮参数, 可以有效地防止微裂纹的产生。



Fig. 4 The exterior of punch pin after laser beam hardening

精加工工序为: 激光淬火后安排精磨工序, 留磨 0.1mm。磨去上表层的组织, 使零件表面为过渡层组织。因此, 激光热处理工序放在粗磨之后精磨之前是比较合适的。该零件精加工的简略工艺过程为: 粗磨 → 激光淬火 → 精磨。

冲头零件在进行机械加工前要进行预先热处理, 在此工序要求得到较细的珠光体, 否则淬火后的硬度会降低, 表面组织会偏大。同时, 心部要求有一定的硬度。由于激光淬火几乎没有变形, 留精磨余量 0.1mm 即可。

通过参数优化和实验得出: 精加工磨削时, 采用小进量、砂轮必需随时保持锋利, 选取中软细砂轮, 否则, 磨削后易产生微细裂纹和隐裂纹, 使产品在使用时易产生损坏和加快磨损。

## 2 实验对比分析

### 2.1 零件运行实验对比

取两件 M<sub>1</sub> 和 M<sub>2</sub> 经激光淬火的冲头与 17 件 N<sub>1</sub> ~ N<sub>17</sub> 经传统工艺热处理的冲头组成 1 组在线工作, 工作机型为: ZP19A, 转速为 87.7r/min, 冲头每转 1 转工作 1 次。试件使用时间对比如表 1。工件长度为 L, 如果磨损量大于 0.15mm, 则冲头报废。

Table 1 Test components service time and attrition value

test components	microstructure	service/h	hardness/HRC	attrition value of dimension L/mm
M <sub>1</sub>	exiguous acicular martensite	288	60~ 61	0.140
M <sub>2</sub>	exiguous acicular martensite	305	60~ 62	0.148
N <sub>1</sub>	relatively bulky acicular martensite	220	56~ 59	0.15
N <sub>2</sub>	relatively bulky acicular martensite	210	56~ 60	0.149
N <sub>3</sub>	.....	220	55~ 59	0.151
.....	.....	.....	.....	.....
N <sub>17</sub>	relatively bulky acicular martensite	220	56~ 60	0.15

### 2.2 性能测试

对激光淬火后的试样进行拉伸试验(60t 万能试验机)和冲击韧性(PSW3000/1500 试验机)试验,用传统淬火为 A 组、激光淬火为 B 组,每组 3 件,取平均值。对试件进行对比,其数据见表 2。

Table 2 Test components service time and attrition value

text components	$\sigma_b$ /MPa	$\alpha_k$ /J·cm <sup>-2</sup>	hardness /HRC	method
A	1700	70	56~ 60	furnace quenching
B	1900	80	60~ 62	laser beam hardening

### 2.3 试验结果分析与应用

采用激光淬火的零件可使用 288~ 300h,总的成品合格率为 98%,变截面处的硬度一致,零件 1 处和 2 处几乎没有变形,内应力小,合格品高。传统的淬火工艺处理后,冲头尖角 1 和 2 处(见图 1)易产生应力集中、变形和裂纹,其合格品率为 92%。同时要考虑对机械加工工艺参数优化,这样才可以有效地防止微裂纹的产生。从表 1 实验可知,经过激光淬火的试件在线使用寿命高于传统工艺处理的零

件。激光淬火后试件金相组织其组织细密均匀。有效表面主要为细小针状马氏体。由表 2 可看出,激光淬火试件的强度和抗冲击性能优于传统处理的试件。

## 3 结 论

实验说明,经激光淬火的圆片冲头零件在线使用时间为 264~ 288h(每天按 8h,两班工作制,为 18~ 19d),成品合格率高于传统淬火工艺。激光淬火变截面处的硬度一致,内应力小,金相组织细密均匀,主要为细小针状马氏体,在工作时冲头刃口不易产生微裂纹和不正常的剥落。对淬火后零件加工工艺参数进行优化,有效地防止了变截面的零件在精加工时产生微裂纹。采用激光淬火与淬火后精加工工艺参数优化的综合研究,使药物圆片冲头具有好的耐磨擦磨损、抗冲击性能,使用寿命明显提高。

### 参 考 文 献

[1] 胡昭如. 机械工程材料. 长沙:中南工业大学出版社, 1991.  
 [2] 林秀珍. 机械工程材料, 2000(4): 40~ 41.

(上接第 67 页)

部时,  $\mu$  对光强分布的影响主要决定于实部,虚部仅对旁瓣有微小的影响。当  $\mu$  的实部较大时,如图 2b、图 2d, 横向光强分布有旁瓣出现,这是由贝塞耳函数本身决定的。

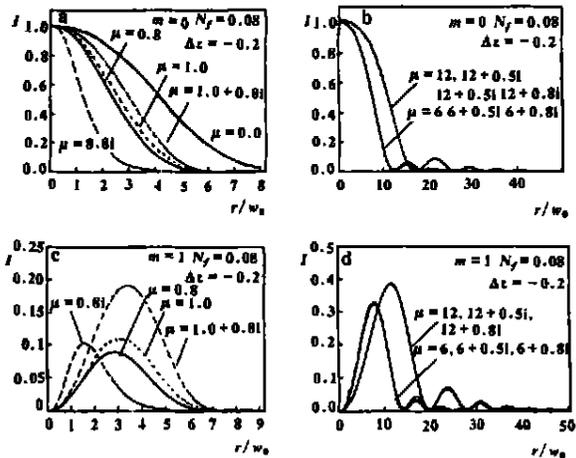


Fig.2 The intensity distribution of QBG beams focused by an unapertured thin lens

## 2 总 结

本文由广义菲涅耳衍射积分出发推导出了 QBG 光束通过一阶 ABCD 系统的一般传输公式及成

像系统的变换公式。以 QBG 光束通过薄透镜系统为例,对于入射面位于薄透镜前  $s$  处,出射面位于薄透镜后  $z$  处的一般情况给出了传输变换公式,并以  $N_f = 0.08, m = 0, m = 1, \Delta z = -0.2, \mu$  取不同值时,做了数值计算,计算结果表明当  $\mu$  的实部与虚部(均指绝对值,下同)大小相当时( $|\text{Re}(\mu)| < 1$ ), 横向光强由实部与虚部共同决定,而当实部远大于其虚部时,实部对横向光强分布起主要作用;当实部大于 1 时,横向光强分布有旁瓣出现。由(8)式分析得到,当 QBG 光束经过成像系统时,其横向光强分布与入射光强分布的形状相似,其光强减小为入射光强的  $A^2$  倍,其横向光强分布在径向拓展为入射时的  $A^2$  倍。本文的结果将对 QBG 光束的特性研究及应用有一定的参考意义。

### 参 考 文 献

[1] Caron C F R, Potvliege R M. Opt Commun, 1999, 164: 83.  
 [2] Collins S A. J O S A, 1970, 60: 1168.  
 [3] 梁昆森. 数学物理方法. 3 版, 北京: 高等教育出版社, 1998.  
 [4] Erdelyi A. Tables of Integral Transforms. New York: McGraw-Hill, 1954.  
 [5] 吕百达. 强激光的传输与控制, 北京: 国防工业出版社, 1999.