

文章编号: 1001-3806(2006)03-0308-03

膏药在线激光制孔的研究

赵学民¹, 汪盛烈¹, 杨海¹, 王晓东¹, 周琼², 李中清², 张忠国²

(1 华中科技大学 激光加工国家工程研究中心, 武汉 430074; 2 河南羚锐制药股份有限公司, 新县 465550)

摘要: 膏药在线激光群孔加工替代了传统的机械冲孔的工艺, 提高了生产效率, 节约了生产成本, 并使膏药有防伪的功能。通过设计传动装置和速度校正、振镜校正, 实现了膏药的在线激光制孔。结果表明, 该工艺和设备具有制孔速度快、稳定可靠, 膏药生产线在 1m/min~8m/min 的速度范围内, 不仅能够实现群孔的加工, 而且孔的大小、形状和疏密均可调整。

关键词: 激光技术; 膏药制孔; 动态校正; 振镜扫描

中图分类号: TG665 **文献标识码:** A

Study on dynamic laser drilling for sticking plaster

ZHAO Xue-min¹, WANG Sheng-lie¹, YANG Hai¹, WANG Xiao-dong¹, ZHOU Qiong²,
LI Zhong-qing², ZHANG Zhong-guo²

(1. National Engineering Research Center for Laser Processing, HUST, Wuhan 430074, China; 2. Henan Lingrui Pharmaceutical Co. Ltd, Xinxian 465550, China)

Abstract Dynamic laser drilling in the sticking plaster is being applied on the product line so that the traditional means is replaced. The method makes group-drilling into reality by means of gearing and dynamic emending. Dynamic emending includes speed emending and galvanometer scanning emending. The size and shape of the holes and distance between holes can be adjusted under 1m/min~8m/min by the control system.

Key words laser technique; drilling; sticking plaster; dynamic emending; galvanometer scanning

引 言

目前, 国内的膏药制作工艺是将橡胶膏剂均匀涂布在纤维织物上, 经烘烤、复膜、分切而成。近年来, 国内外出现了带透气孔的膏药, 在膏药上用机械方法冲出若干排列整齐的 1.2mm~5mm 的透气孔, 由于膏药是一种粘稠状物体, 在工艺上比较复杂。国内这类冲孔设备的生产效率不高, 而且易出故障; 另外这种透气孔孔径较大, 透气有余, 而药效大减。

1 激光制孔原理和系统构成

1.1 膏药的光谱特性

膏药是一种由膏状药膏与纤维织物组合的双层复合非金属材料, 其主要成分是薄荷脑、冰片、颠茄流浸膏等药以及辅助材料如氧化锌等。抽取不同膏药产品样本分别进行光谱分析。图 1 和图 2 显示了远红外光谱分析膏状药膏的结果。图中横坐标为波长, 纵

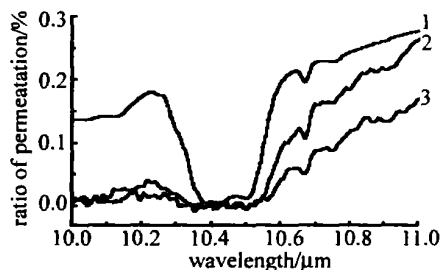


Fig 1 Ointment spectrum characteristic curve

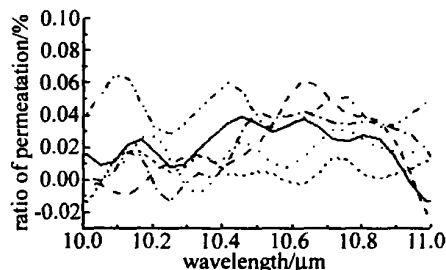


Fig 2 Plaster spectrum characteristic curve

坐标为光透过率, 1, 2, 3 曲线代表不同种类膏药样品的透过率曲线。从图中可以清楚看出, 对于波长 10.6μm CO₂ 激光的吸收率不小于 95%, 说明选择 CO₂ 激光能够使膏药材料对光束强吸收, 可利用其热效应实施加工。图 2 显示了远红外光谱分析成品膏药的结果, 一条曲线代表一个相应品种的膏药透过 CO₂

作者简介: 赵学民 (1972-), 男, 硕士, 从事大功率 CO₂ 激光器和射频 CO₂ 激光器的设计及应用的研究工作。

E-mail: whxmcr@126.com

收稿日期: 2005-03-16 收到修改稿日期: 2005-04-05

激光光强的情况。

1.2 激光制孔原理

激光打孔时,材料的汽化去除量与材料的热扩散率、汽化潜热以及表面反射率有关,如果忽略热传导损耗和材料表面的反射,则汽化去除量仅由汽化潜热决定。在实际激光打孔中,孔深会受到材料表面的反射与吸收特性的影响。根据膏药材料的特性,激光动态制孔的基本原理是:利用激光的高能量作用于连续运动的膏药上,使被加工部分瞬间汽化形成通孔。控制程序能够设置制孔图样,从而得到设定的打孔效果^[12]。

选择 100W 连续 CO₂ 激光作用于静止膏药表面,在膏剂材料上的试验结果如表 1 所示。

Table 1 Effect of laser processing(static state/percussion drilling)

last time	0.4ms	0.6ms	1.1ms	1.3ms	1.7ms
o intn ent result	o intn ent brown	o intn ent penetrate th rough	fiber penetrate th rough	via hole	via hole 0.15mm

1.3 系统方案

膏药激光制孔系统包括 100W 射频 CO₂ 激光器、光学扩束系统、振镜系统、控制电路和辅助系统。技术参数如下:激光输出功率 ≥100W,声光调制频率为 5kHz~20kHz,打孔范围为 900mm,切孔孔径为 0.1mm~0.5mm,切孔速度为 1m/min~10m/min,制孔方式有激光直接冲孔和激光切孔两种方式。

激光打孔的截面形状与入射的激光能量有关,同时在很大程度上取决于激光束的聚焦条件:焦深与透镜的焦距的平方成正比,要打小直径的孔,则需要选择短焦距的透镜。

若打孔图样为行列整齐的矩阵,将垂直于材料运动方向定义为行,则打孔的行间距为:

$$L = v \cdot (t_1 \cdot n + t_2) \quad (1)$$

式中, t_1 为打一个孔的激光作用时间, n 为每行孔数, t_2 为光束偏转机构的空走时间, v 为材料运动速度。由上式可见,为提高材料的运动速度,并要求孔疏密不变,必须减小打一个孔的激光作用时间 t_1 和光束偏转机构的空走时间 t_2 。

2 系统实现

为了实现该系统在线运行的要求,还需要对激光进行位移动态校正、光束扫描系统校正等方面进行控制软件的处理,保证在动态情况下加工出来的小孔和在静态时保持一致。

2.1 位移动态校正

动态校正打孔是指在被打孔材料连续运动时,激光束跟随材料同步移动。为达到位移动态校正,采用光电脉冲盘式传感器,通过该传感器可测出位移偏移

量。计算机将位移传感器产生的位移脉冲进行累加,通过并行口获取位移累加值,校正光束偏转。

在开始打孔前,计算出用于控制光束偏转系统的静态位置坐标集 $\{(x_{n_0}, y_{n_0})\}$,按 $\{(x_{n_\sigma}, y_{n_\sigma})\}$ 输出得到要求的图样。当被打孔材料连续运动时,实时加入动态校正量。加入动态校正量后的光束偏转坐标可表示为:

$$\begin{cases} x_n = x_{n_0} \\ y_n = y_{n_0} + \beta \cdot \sum_{m=1}^n \Delta l_m, (n = 1, 2, 3, 4 \dots N) \end{cases} \quad (2)$$

式中, x_{n_0} 表示垂直于生产线运动方向第 n 个坐标位置, y_{n_0} 表示补偿前沿生产线运动方向第 n 个坐标位置, β 表示绝对坐标与光束偏转坐标的转换系数^[3]。

2.2 光束扫描系统校正

双振镜扫描系统有所固有的几何畸变,必须做出相应的校正,在本系统中,采用软件校正方法。如图 3 所示, x, y 构成扫描平面,坐标轴 x 与振镜 2 的转轴

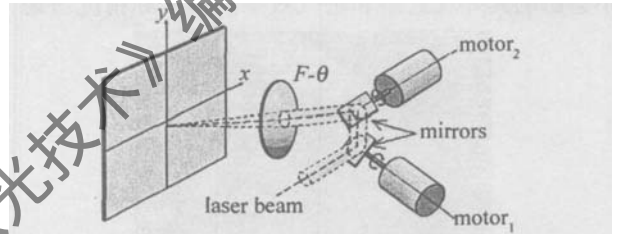


Fig 3 Two galvanometer scanners system

平行,振镜 1 的转轴垂直于 x, y 平面,振镜 1, 2 分别在起始位置上偏转 ω_x, ω_y , 聚焦镜为焦距 f 的 $F-\theta$ 透镜,用几何方法计算得到:

$$\cos\theta = \cos 2\omega_x \cos 2\omega_y \quad (3)$$

$$r = f \cdot \theta = f \cdot \cos^{-1}(\cos 2\omega_x \cos 2\omega_y) \quad (4)$$

$$\tan\beta = \cos 2\omega_x \sin 2\omega_y / \sin 2\omega_x \quad (5)$$

则扫描场上每一点坐标可表示为:

$$\begin{cases} x = r \cdot \cos\beta = f \cdot \sin 2\omega_x \cos^{-1}(\cos 2\omega_x \cos 2\omega_y) \times (1 - \cos^2 2\omega_x \cos^2 2\omega_y)^{-1/2} \\ y = r \cdot \sin\beta = f \cdot \sin 2\omega_y \cos 2\omega_x \cos^{-1}(\cos 2\omega_x \cos 2\omega_y) \times (1 - \cos^2 2\omega_x \cos^2 2\omega_y)^{-1/2} \end{cases} \quad (6)$$

定义畸变量: $\Delta x = x - x_0; \Delta y = y - y_0$ (7)

综合式以上各式,得到加入位移校正和双振镜畸变校正后的最终校正公式为:

$$\begin{cases} x_n' = x_n + f \cdot \sin 2\alpha_n \cos^{-1}(\cos 2\alpha_n \cos 2\alpha_{y_n}) \times (1 - \cos^2 2\alpha_n \cos^2 2\alpha_{y_n})^{-1/2} - f(2\alpha_n) \\ y_n' = y_n + f \cdot \sin 2\alpha_{y_n} \cos 2\alpha_n \cos^{-1}(\cos 2\alpha_n \cos 2\alpha_{y_n}) \times (1 - \cos^2 2\alpha_n \cos^2 2\alpha_{y_n})^{-1/2} - f(2\alpha_{y_n}) \end{cases} \quad (8)$$

式中, α 为振镜控制坐标换算为振镜轴偏转角度的转

换系数。将(2)式和(8)式用于动态打孔程序,很好地消除了枕形和桶形失真现象^[3~5]。

实际生产中,激光功率 87W、2.5倍扩束、焦距 100mm的聚焦镜,生产线速度 8m/min。

3 效果分析

激光制出的小孔一般为圆形。如果调整焦点的位置,就会出现如图 4a和图 4b所示的情况。图 4a为焦

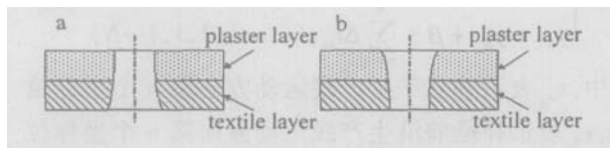


Fig 4 Performance sketch map

点在膏剂面以上的孔型,图 4b为焦点在膏剂面以下的孔型。孔型轴剖面为锥形,部分小孔略有一点椭圆形变,其原因主要是光斑内能量分布不均匀和存在一定的发散角。但由于激光制孔的孔小,微小的椭圆形变不会影响其外观效果和透气效果。从实际情况考虑,

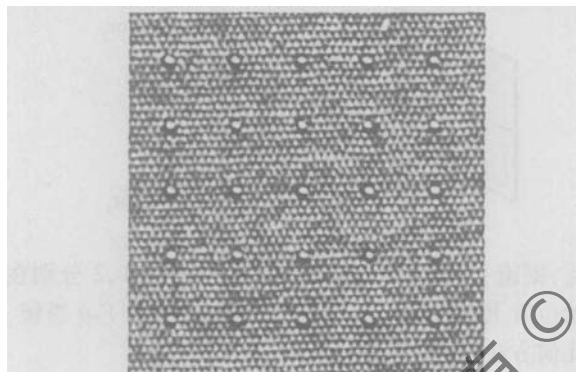


Fig 5 Final result

激光制孔时,药膏仍然成糨糊状,最好是采用负离焦,小孔形状如图 4b所示,激光切缝处形成凝聚层,使小孔不被堵塞。

图 5是在速度 10m/min的情况下厚度为 0.5mm的化纤织物上进行打孔的效果图。孔形无拉长现象,孔大小、疏密一致,行列均匀,在制孔位没有出现焦糊,达到了预期的效果。

4 结论

在理论分析的基础上,对膏药在线动态打孔方法和相应的传动系统进行了研究,研制成功该套系统,并实现了良好的动态打孔效果,打孔速度快,打孔图样调整灵活。该系统已经应用于 5条膏药生产线,并获发明专利一项,实用新型专利一项。

参考文献

- [1] LI J F, LI L, STOTT F H. Comparison of volumetric and surface heating sources in the modeling of laser melting of ceramic materials [J]. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2004, 47(6~7): 1159~1174.
- [2] NG C K L, LI L. The effect of laser peak power and pulse width on the hole geometry repeatability in laser percussion drilling [J]. Opt & Laser Technol, 2001, 33(6): 393~402.
- [3] WAN Zh, DU W X. Calibration of graphic distortion and compensation of exposure for dual galvanometer scanning [J]. Optics and Precision Engineering, 2000, 4(2): 115~118 (in Chinese).
- [4] GUAN Z Zh. Handbook of laser processing [M]. Beijing: China Metrology Publishing House, 1998, 58~90 (in Chinese).
- [5] WANG X D, ZHAO X M. The study on dynamic and high speed laser drilling system [J]. Laser Technology, 2003, 27(6): 563~566 (in Chinese).

(上接第 267页)

- [4] HUSMANN A, WESNER D A, SCHMIDT J *et al*. Pulsed laser deposition of crystalline PZT thin films [J]. Surface and Coatings Technology, 1997, 97(1~3): 420~425.
- [5] COLLINS C B, DAVANLOO F, JUENGERMAN E M *et al*. Laser plasma source of amorphous diamond [J]. Appl Phys Lett, 1989, 54(3): 216~219.
- [6] PARK B H, KANG B S. Lanthanum-substituted bismuth titanate for use in non-volatile memories [J]. Nature, 1999, 401(6754): 682~684.
- [7] DIAMANT R, JIMENEZ E, FORTATOWSK E H *et al*. Plasma dynamics inferred from optical emission spectra during diamond-like thin film

pulsed laser deposition [J]. Diamond and Related Materials, 1999, 8(7): 1277~1284.

- [8] YOSHIMOTO M, YOSHIDA K. Epitaxial diamond growth on sapphire in an oxidizing environment [J]. Nature, 1999, 399(6734): 340~342.
- [9] AO Y H, HU Sh L, LONG H *et al*. Study on pulsed laser deposition technology [J]. Laser Technology, 2003, 27(5): 453~459 (in Chinese).
- [10] CHRISSEY D B, HUBLER G K. Pulsed laser deposition of thin films [M]. New York: Wiley, 1994, 199~227.