

研究报告

YAG 激光用于发动机缸体淬火技术研究

张国顺¹, 张泰石¹, 杨昭霞², 张健¹, 李荷芬², 赵爱国²

(1. 天津大学精仪学院激光器件研究室; 2. 天津市力能激光技术有限公司, 天津 300072)

[摘要] 论述了 500 W 连续 YAG 激光器用于汽车发动机缸体淬火技术的最新研究成果及实验情况, 分析了 YAG 激光淬火比 CO₂ 激光淬火的诸多优越性。在微机控制系统上, 首次提出了横向头数与纵向头数的新概念, 导出了新的数学模型, 还提出了网纹局部加密技术, 通过软件程序实现了高精度网纹的激光淬火。

[关键词] YAG 激光淬火; 发动机缸体; 纵向头数; 横向头数; 局部加密网纹

激光淬火是近年来发展起来的一项高新技术, 它利用高能激光束快速扫描工件表面, 光束能量被工件表面快速吸收而迅速升温, 随后由于热传导的作用在瞬间自冷淬火, 实现工件表面的激光相变硬化, 经淬火后的缸体可以明显提高硬度和耐磨性, 从而延长了发动机使用寿命。

YAG 激光器输出 1.06 μm 的激光束, 激光波长比 CO₂ 激光的输出波长短, 发动机缸体的钢类材料对 YAG 激光的吸收率大于对 CO₂ 激光的吸收率^[1]。在相同热处理效果时, 如果 YAG 激光需 500 W, CO₂ 激光就需 1.5 kW, 因而 CO₂ 激光淬火热影响严重, 会引起缸孔变形, 增加了珩磨时间, 且淬火之前还需表面涂层处理。YAG 激光淬火变形小, 工件表面不需涂层处理, 整机体积小, 操作简便, 运行成本低, 淬火深度容易控制。

YAG 激光淬火区宽度一般为 0.8~1.5 mm, 比 CO₂ 激光淬火线细, 因而网纹头数较多, 由于经过淬火的网格是硬化区, 未经淬火的部分相对较软, 珩磨后, 未淬火区形成储油池, 摩擦副成为油膜间隔摩擦副, 增加了工件表面的耐磨性, 与微油池理论相符。微油池理论由天津纺织工学院的林子光教授提出^[2], 即在零件机械加工的表面上再用

激光进行表面形貌的改造, 创造出一个人造的有利于零件间润滑的, 具有抗擦伤能力的工件表面。激光淬火过程中, 激光功率达到一定值时, 会使局部金属气化形成微凹, 轮廓偏斜度为负值。网纹间距适当时, 既保证轮廓有较好的具有淬火硬度的支承表面, 又有足够的微油池。YAG 激光淬火在提高淬火网纹硬度的同时, 还形成了微油池, 更有利于提高耐磨性。

在发动机缸孔中, 网纹的形成是由工件的转动和激光头的升降组合形成的, 为了使操作者能更方便地选择网纹头数和角度, 笔者提出了新的概念和相应的数学模型, 并设计了一套参数可灵活选择的网纹设计软件, 对任意头数网纹, 只要能在一运动过程中形成闭合的网纹图形, 软件均可自动计算出相应的网纹夹角 β 。由图 1 可知, 对一种横向头数 n_x , 可以有多种夹角的网纹, 其夹角不同, 形成的纵向头数 n_y 也不同。为了便于对网纹的描述, 首次提出横向头数 n_x 与纵向头数 n_y 的概念, 并通过几何分析, 推导出了横向头数与纵向头数的关系, 建立了以下的数学模型。

当 n_x 为奇数时, 与 n_x 没有公约数的 n_y 值是可取的。当 n_x 为偶数时, $2n_y + 1$ 与 n_x 没有公约

[收稿日期] 2000-11-09

[作者简介] 张国顺 (1938-), 男, 河北张家口市人, 天津大学精仪学院教授, 博士生导师

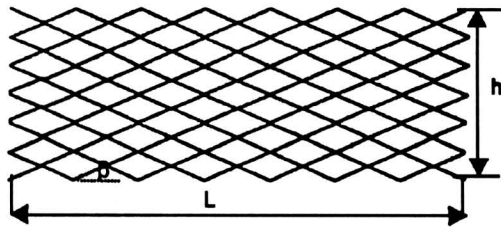


图1 菱形网纹示意图

Fig.1 Schematic diagram of rhombic mesh

数的 n_y 值是可取的。即

n_x 为奇数时

$$\beta = \arctg\left(\frac{h \cdot n_x}{2\pi R \cdot n_y}\right)$$

n_x 为偶数时

$$\beta = \arctg\left[\frac{n_x \cdot h}{\pi R \cdot (2n_y + 1)}\right]$$

式中, h 为网纹高度, R 为缸孔半径, β 为图示网纹夹角。

由于网纹头数只能为整数,所以在特定高度下, β 只能是特定值,是不连续的,用户只要输入 R 、 h 、 n_x 等参数值,程序就可计算出允许的 β 值。网纹选择流程图如图2。

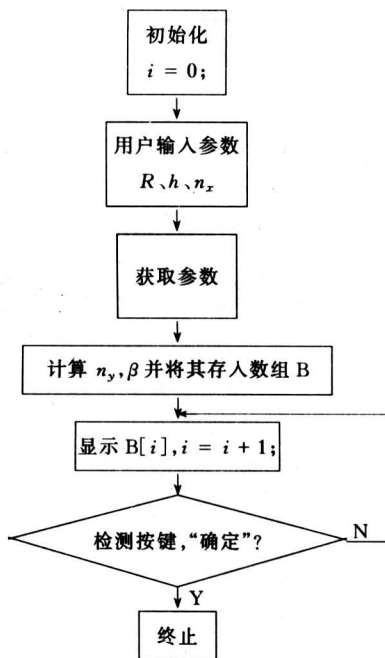


图2 网纹选择流程图

Fig.2 Flowsheet of mesh selection

经验得知,缸孔内壁上端磨损最为严重,由于对缸体进行网纹淬火面积不是越大越好,整体淬火面积太大,容易引起缸体变形加大,同时又违反了油膜润滑理论,故在软件中设计了局部加密网纹的功能。采用这种网纹加密技术,在缸孔上部一定高度上制作出加密网纹,既有效地提高了缸体内壁上端的耐磨性,又防止了整体淬火面积过大的弊病。

图3所示A点为加密网纹的起始点,虚线表示加密网纹,加密网纹的形成原理与普通网纹相同,也是从始至终一次完成的。为保证网纹整体的均匀性,加密网纹必须均匀地插入被加密网纹,程序中将加密网纹的起始点选在被加密网纹小菱形的中心点处,即图3中A点。要形成规则网纹,加密网纹的横向头数,网纹夹角必须与被加密网纹相同,而且加密网纹的纵向头数是有一定选择的,要使加密网纹一次完成不是任意纵向头数都可以的;只有当选择的加密网纹纵向头数与横向头数没有公约数时,才可以一次画出完整的加密网纹。在输入了缸体半径 R ,网纹高度 h ,横向头数 n_x ,并选择了允许的网纹夹角 β 后,计算机根据这些参数自动计算出可选用的加密网纹的纵向头数,供操作者选择,网纹加密后的淬火面积比的公式为:

$$A = \frac{n_x \cdot (h + h_1) W}{\pi R \cdot h \cdot \sin\beta}$$

h_1 ——为网纹加密部分的高度,

W ——为淬火网纹的线宽。

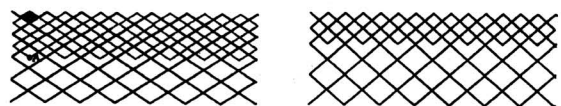


图3 加密网纹示意图

Fig.3 Schematic diagram of densified mesh

网纹轨迹的实现由系统硬件在程序控制下完成,设计基本硬件电路时,综合考虑了元器件的性能,元器件合理选择,同时充分发挥软件的功能,尽量简化硬件设置。还考虑了抗干扰措施,提高了系统的工作稳定性。

网纹轨迹是一次启动后,整机在连续运动中完成的,网纹的起始点与终点必须重合,这是在精确误差分析基础上,严格计算控制的结果。目前本项成果已在现场实用,通过本系统提供的友好用户界面,操作者可以自己根据需要输入参数,降低了加

工难度,提高了产品质量,尤其是网纹头数与夹角的自由选择,使淬火网纹的花样不受头数的限制,操作者可以根据需要灵活的掌握,将激光淬火技术的水平又提高一步。

参考文献

- [1] Dausinger F. 提高耦合率使激光材料加工更便宜 [J]. 激光与光电子, 1996, 11 (2): 4
- [2] 林子光. 改善机械零件表面形貌的实验研究 [J]. 机械设计, 1995, (5): 26~28

Study on Quenching of Engine Cylinder Block by YAG Laser

Zhang Guoshun¹, Zhang Taishi¹, Yang Zhaoxia², Zhang Jian¹, Li Hefen², Zhao Aiguo²

(1. *Laser Device Section Institute of Precision Instrument Tianjin University, Tianjin 300072, China*

2. *Tianjina High-Power Technology Limited Company, Tianjin 300072, China*)

[Abstract] This paper presents the new research achievements and experiment results of the application of 500 W CW YAG laser quenching for engine cylinder block, and then analyses the advantages of YAG laser quenching compared with CO₂ laser quenching. In computer controlling system, the concept of horizontal diamond number and vertical diamond number is proposed, new mathematics model is derived, and derived new technique of locally densified mesh is put forward. Laser quenching in high precision mesh is realized by software controlling.

[Key words] YAG laser quenching; engine cylinder; vertical diamond number; horizontal diamond number; local densified mesh

(Cont. from p. 55)

[A]. Proc of FUZZ - IEEE/IFES'95 [C], Japan, 1995.793~798. 见: 系统工程理论与实践, 1997, 17 (5): 140~144

Journal of Fuzzy Mathematics, 1993, 1 (2): 285~293

[8] 曹炳元. 经济数学教程——线性规划与模糊数学 [M]. 天津: 天津科技翻译出版公司, 1994

[7] Cao B Y, Extended fuzzy geometric Programming [J].

Model of Fuzzy Geometric Programming in Economical Power Supply Radius and Optimum Seeking Method

Cao Bingyuan

(*Mathematics Department, Institute of Mathematics, Shantou University, Shantou, Guangdong 515063, China*)

[Abstract] The choice of power supply radius for transformer substations is a complicated problem. A fuzzy geometric programming model of power supply radius under the fuzzy environment, including problems of soft constraints and fuzzy functions with fuzzy coefficients, is built in order to determine the best choice with less investment and lower energy loss. From the model built in this paper more information can be collected and more satisfactory results can be obtained compared with other static and dynamic optimum mathematical models such as controlling models and classical geometric programming ones.

[Key words] fuzzy geometric programming; economic power supply radius; optimum seeking; transformer substations capacity (or number)