

塑料超声熔焊特性的研究 I

牛 勇

(陕西师范大学应用声学研究所 西安 710062)

1997 年 3 月 17 日收到

1997 年 5 月 25 日定稿

摘要 对塑料超声熔焊特性进行了研究, 熔焊过程中高频电功率可分为三个阶段, t_1 振动摩擦发热, t_2 熔焊为一体, t_3 能量过剩。熔焊拉力强度 F 随着单位体积所消耗高频电能 p 增加而提高, 达到饱和状态, F 达到饱和后, 继续增加 p 熔焊件焊缝凸起。本研究为开发自动熔焊设备和提高熔焊质量提供有用信息。

PACS 数 43.35

Study on characteristics of ultrasonic plastic soldering-I

NIU Yong

(Applied Acoustics Institute, Shaanxi Teachers University Xian 710062)

Received March 17, 1997

Revised May 25, 1997

Abstract The characteristics of ultrasonic plastic soldering were studied. During the soldering the high frequency electric power may be divided into three parts, t_1 -vibration causes friction and heating, t_2 - components were soldered together, and t_3 -the excess power was left over. The soldering strength F increases with the power p lost in unit volume. When saturation was reached, the soldering seam will protrude with the electric power was increased again. The study is useful for developing automatic soldering equipment and for improving the ultrasonic plastic soldering.

引言

塑料超声熔焊技术比粘接及高频焊接等其它技术, 有着较高的生产效率, 所以近年来得到快速发展和应用。超声熔焊是由于超声振动作用焊接面处, 短时间内产生的热, 又在静压力作用下熔焊成一体。超声熔焊时所产生的热, 可分为内部损耗发热, 和焊接面处振动摩擦发热^[1]。所有的热都是由输入给换能器的高频电能转换而来, 所以输入电功率变化过程, 及熔焊试件单位体积所消耗的高频电能(电能密度), 对熔焊效果有很大的关系。但此前多为小信号状态的研究, 对大功率实用状态熔焊特性的研究报导较少。

本研究选中了工业和日常使用较多、机械性能好、但很少有人研究的 PC（聚碳酸酯）材料自制 1200 件熔焊试件，进行了各种条件下的实际熔焊实验，用示波器观察研究熔焊时输入电功率变化过程，该过程可分为三个阶段、 t_1 为振动发热阶段， t_2 为熔焊阶段， t_3 为输入能量过剩阶段，并得出高频电能密度 p 与熔焊强度 F 之间的关系。

1 测量实验设置

本实验所用 PC 熔焊试件为圆柱形，分为上下两部分、外形如图 1 所示，A 图为上件；B 图为下件。为了防止熔焊过程中，因振动造成焊接面相对滑动，特加工壁厚 1 mm，深 2 mm 的圆环。试件的长度及数量为表 1 所示， $H = H'$ 的间隔 2.5 mm。

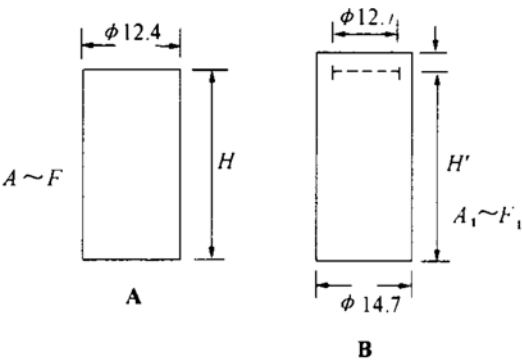


图 1 PC 溶焊试件图

表 1 PC 熔焊试件长度及数量表

试件号	A	A ₁	B	B ₁	C	C ₁	D	D ₁	E	E ₁	F	F ₁
H (mm)	10		12.5		15		17.5		20		22.5	
H' (mm)		10		12.5		15		17.5		20		22.5
数量	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

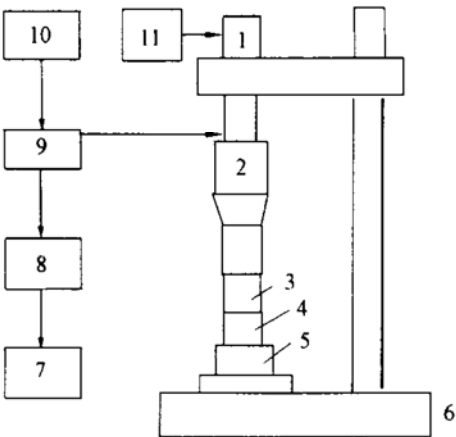


图 2 塑料超声熔焊特性测量实验框图

- 1. 加压系统，2. 超声换能振动系统，
- 3. 上熔焊试件，4. 下熔焊试件，5. 下声极（夹具），6. 熔焊台架，7. 记录仪，
- 8. 记忆示波器，9. 高频电功率计，10. 超声发生器（电源），11. 时间控制系统

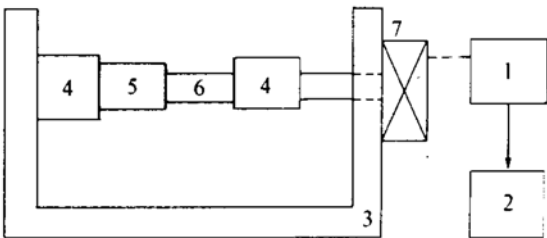


图 3 熔焊拉力强度测试装置框图

- 1. 拉力强度显示系统，2. 压缩空气源，
- 3. 拉力台架，4. 夹头，5. 下熔焊试件，
- 6. 上熔焊试件，7. 气缸

熔焊实验所用设备框图为图 2 所示，其加压系统、超声换能振动系统、熔焊台架、时间控制系统、超声发生器均采用 WA-6285 型塑料超声熔焊机部件，该超声发生器具有频率自动跟踪和

恒振幅控制系统, 谐振频率 $f = 19.5 \pm 0.5 \text{ kHz}$, 高频功率计具有测试信号输出功能, 示波器具有记忆功能, 下声极为 $\lambda/2$ 高度的合金铝圆柱, 并在上端加工了直径稍大于下焊件直径、深度 2 mm 的盲孔、把下焊件放置在里面, 以防止熔焊中试件的滑动。

实验按下列程序进行, 熔焊时间分别为 0.2、0.3、0.4、0.5、0.6 s; 停振后加压时间与熔焊时间相同。静压力分别为 0.3、0.4、0.5 MPa, 工具头端面振动振幅 $(P-P)$ 分别为 50、60、70 μm 。对每种长度 100 对试件进行排列组合, 每种条件状态下基本有 3 组试件进行实验, 对所得数据求和, 再取平均值。关于熔焊过程中高频电功率变化状态的记录, 是采用将发生器输出给换能振动系统的电功率, 通过高频功率计测试信号输出端, 加到示波器上可显示出熔焊时电功率变化的全过程, 再用记录仪进行记录, 可得出任意时刻电功率值。

熔焊强度是衡量熔焊效果的重要指标之一, 熔焊强度测量装置为图 3 所示, 采用气动拉力方法。

2 实验结果与分析

通过对各种条件状态下 PC 材料超声熔焊实验, 熔焊时电功率变化状态为图 4 所示, 其中 a、b、c 图中的曲线, 所使用的熔焊试件外形完全一样, 振动振幅均为 70 μm ($P-P$), 静压力为 0.5 MPa, 熔焊时间分别为 0.2、0.4、0.5 s。熔焊高频电功率变化曲线显示为三种状态, t_1 过程为振动摩擦发热阶段、熔焊面摩擦发热是塑料熔化最主要的能量^[2], 但 t_1 时间较短, 未能获得足够的热量使熔焊面熔化, 熔焊强度较低, 只有 0.8 kgF/mm²、熔焊后外观无变形, 但熔焊效果不良; t_2 为熔焊阶段, 此时所获得热量使熔焊面全部充分熔化, 在静压力的作用下被熔焊成一体, 熔焊强度为 2.39 kgF/mm² 以上的高强度, 熔焊后外观无变形, 熔焊效果优良; t_3 为输入能量过剩阶段, 由于所获得的能量超过了熔焊面熔化所需的能量, 造成熔化层加厚, 又因静压力的作用, 使熔焊缝径向凸起, 熔焊后外观变形较大, 虽然熔焊强度达到要求, 但熔焊效果不良。熔焊效果良否, 由熔焊强度和熔焊后外观是否变形两方面因素所决定。

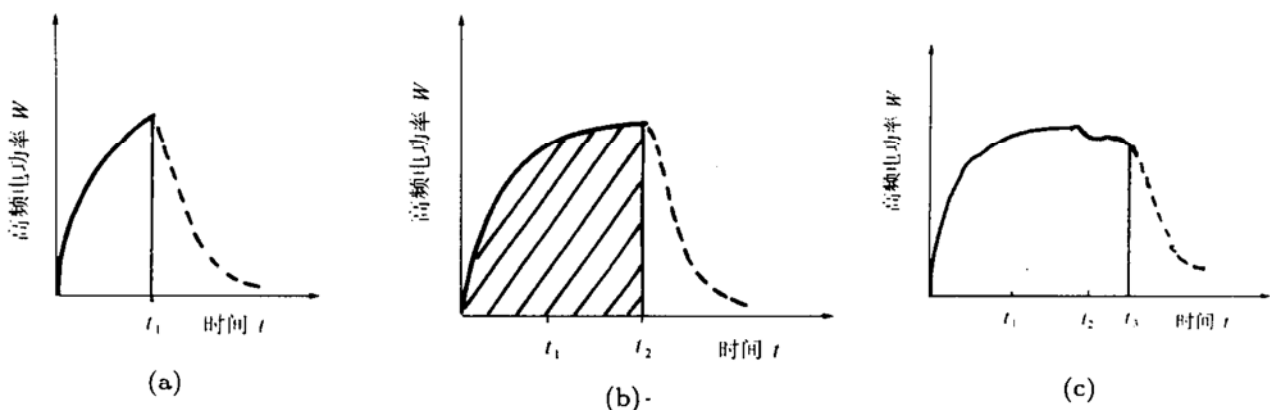


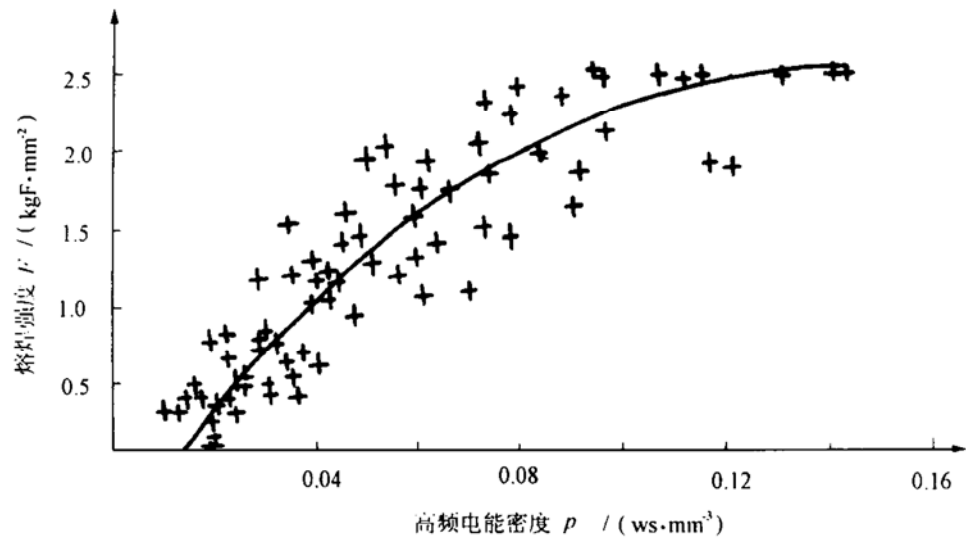
图 4 PC 熔焊过程电功率变化曲线图

熔焊时所消耗的高频电能 P 为 (1) 式, W 为熔焊时的电功率, 也就等于图 4 中 b 图电功率曲线所包围的面积。以上熔焊试件单位体积所消耗的高频电能 (电能密度) p 为 (2) 式, V 为上熔焊试件的体积 (mm^3)。图 5 为实验所得高频电能密度 p 与熔焊强度 F 的关系。a 图静压力为 0.3 MPa、b 图静压力为 0.4 MPa、c 图静压力 0.5 MPa。由图中看出随着电能密度 p 的增加,

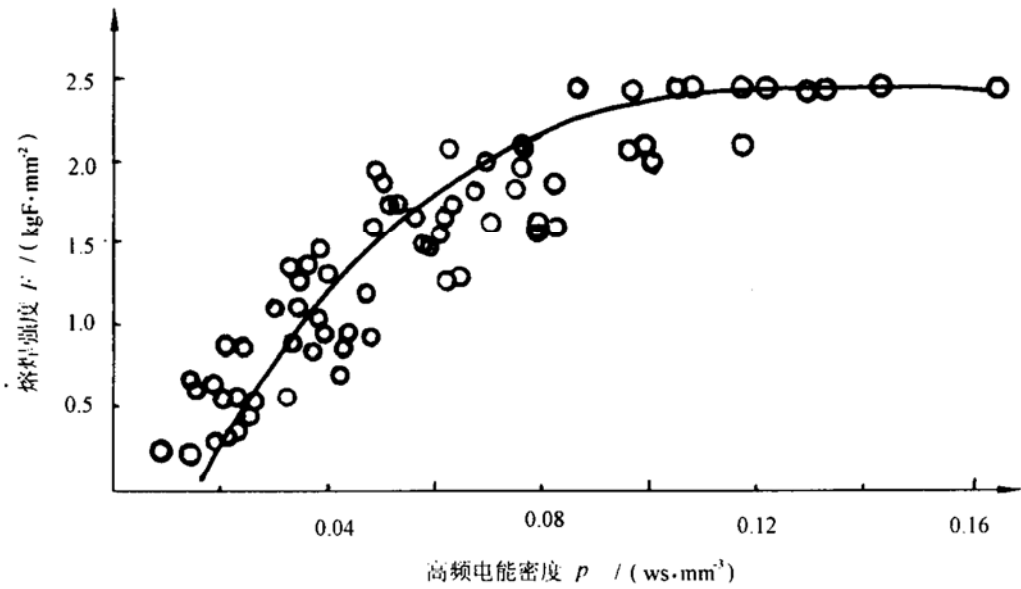
$$P = \int_0^t W dt \quad (1)$$

$$p = P/V \quad (2)$$

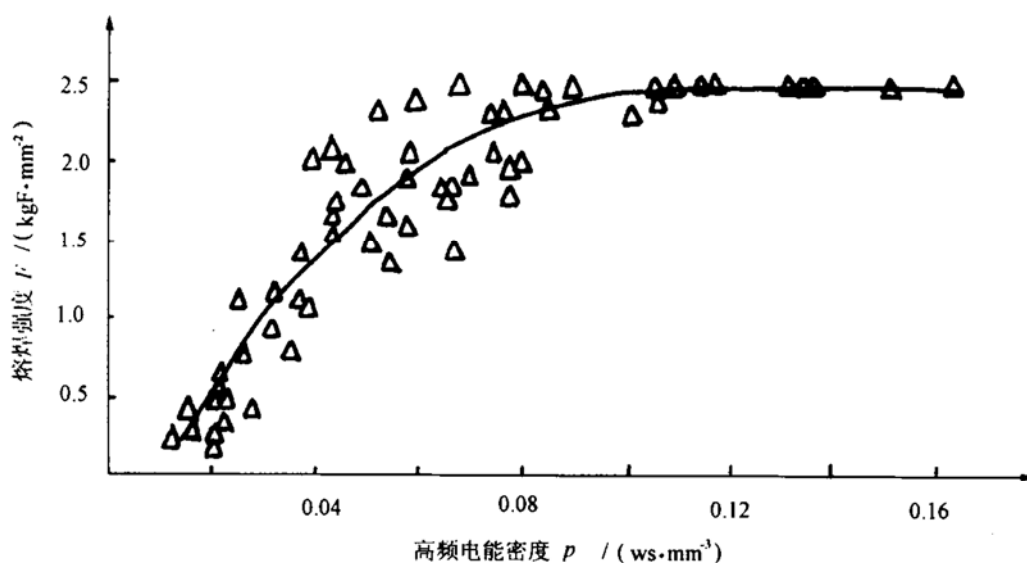
强度 F 也提高, 但当 p 增加到某一值时, 强度 F 则饱和, p 再继续增加, F 反而不再增长, 熔焊后试件焊缝凸出, 长度方向变形量增大。从 a、b、c 三图中也可看出, 静压力对强度 F 的影响约为 10%, 静压力较大时达到饱和熔焊强度 F 所需的电能密度 p 较小。



(a) 静压力 0.3 MPa



(b) 静压力 0.4 MPa



(c) 静压力 0.5 MPa

图 5 高频电能密度 p 与熔焊强度 F 之间的关系

3 小结

塑料超声熔焊特性研究表明, 熔焊过程中电功率变化可分为三个阶段, t_1 振动摩擦发热, t_2 熔焊为一体, t_3 能量过剩。熔焊强度 F 随着高频电能密度 p 增加而提高, 达到饱和状态。将对开发自动塑料超声熔焊设备、及提高熔焊件质量提供有用的信息。

感谢东京工业大学名誉教授森荣司先生的指导, 和 KAIJO 会社桥本芳树先生的大力帮助。

参 考 文 献

- 1 Kaneko S, Ueha S, Mori E. Ultrasonic welding of plastics (An acoustical consideration on welding point and supporting method of specimen), *The Journal of the Acoustical Society of Japan*, 1986, **42**(5): 365—371
- 2 Fu S, Ide M. A study on frictional heat of welding surface and heat due to internal loss in ultrasonic plastic welding, *The Journal of the Acoustical Society of Japan*, 1996, **52**(4): 276—280