

控制超声工具头振幅分布的新方法

在超声塑料焊接中,常使用大尺寸超声工具头。为了形成均匀的焊缝,要求在超声工具头的辐射面上有均匀的位移振幅分布。本文提出了一种控制大尺寸超声工具头辐射面位移振幅分布的新方法,其装置如图1所示。在带有开槽的工具头上,在换能器驱动的一面再附加两个或更多个小的弹性部件,这些弹性部件的形状可以是等截面圆杆,也可以是变截面杆件。附加的弹性部件可视为作用于超声工具头的反作用力源,该力对工具头辐射面的振幅分布起适当的扰动作用。改变附加弹性部件的数目或形状,即可改变辐射面的位移振幅分布。

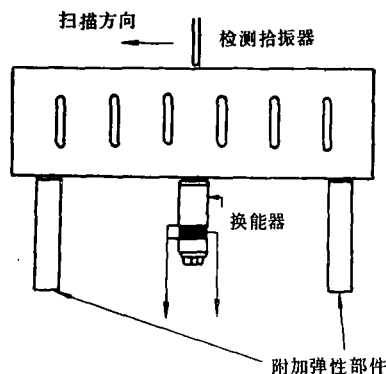


图1 实验装置

在这个新方法中,超声工具头被视为在谐振频率附近由多个力作用着的作正弦振动的弹性系统。因此,振动模式是格林函数的叠加。在辐射面上指定的点 x_i 上的振幅矢量 u_i 与在驱动点 y_i 上的力矢量间的关系由众所周知的方程式表示如下:

$$\begin{pmatrix} G(x_1, y_1, \omega) & G(x_1, y_2, \omega) & \dots & G(x_1, y_n, \omega) \\ G(x_2, y_1, \omega) & G(x_2, y_2, \omega) & \dots & G(x_2, y_n, \omega) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ G(x_n, y_1, \omega) & G(x_n, y_2, \omega) & \dots & G(x_n, y_n, \omega) \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} f_1 \\ f_2 \\ \vdots \\ f_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_n \end{pmatrix} \quad (1)$$

式中 $G(x_i, y_i, \omega)$ 代表格林函数的张力值,格林函数中的独立变量是角频率 ω (译者注:(1)式原文有误,已更正)。按照对辐射面上位移振幅分布的要求,即根

据指定的 u_i 值,从(1)式即可求出所需的驱动力 f_i ,用有限元法可求出这些值。

附加的弹性部件可以采用不同的形状,对于等截面圆杆,其长度由下式计算:

$$l = \left(\frac{1}{K} \right) \tan^{-1} \left(\frac{F}{u k y A} \right) + \frac{\pi}{K} \quad (2)$$

式中 $K = \omega(\rho/y)^{\frac{1}{2}}$, F 是驱动力, u 是在驱动点上的位移振幅, A 是杆的横截面积, y 是所用材料的杨氏模量, ρ 是其密度。通过改变杆的长度,可在驱动端得到任意大小的无功机械阻抗,以此可控制辐射面上的位移振幅分布。图2是图1所示装置的振幅分布情况,图中虚线是计算结果,实线是实际测量结果,超声工具头的尺寸是: $1.7\lambda_1 \times \lambda_1/2 \times \lambda_1/8$, λ_1 是纵振动声波波长。

采用过不同数目和不同尺寸的弹性部件在有5个开槽的工具头上进行实验研究,计算值与实际测量值都较好符合,得到满意的结果。

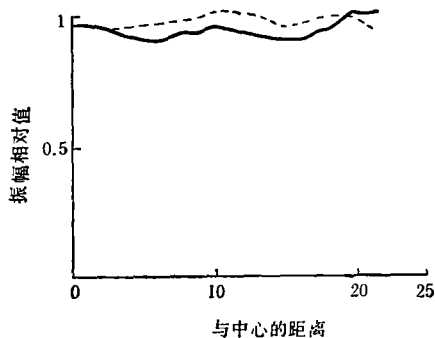


图2 振幅分布曲线

——测量值 频率19.19kHz
弹性部件长13.9cm, 半径 $R = 1.5\text{cm}$
----计算值 频率19.05kHz
弹性部件长14.0cm, 半径 $R = 1.5\text{cm}$

对许多其他用途的具有开槽的大尺寸超声工具头也作了实验研究,这种控制辐射面位移振幅分布的方法都是很有效的。

(程存弟摘译自 *J. Acoust. Soc. Am.* 87-1, 1990, 208—214)。