

## 초음파수지접합기의 동작주파수보상에 대한 연구

김성철, 리철수

선행연구들[1, 2]에서는 초음파발생진동자의 부하조건과 온도에 따라 정수들이 변하는 문제들에 대해서는 논의하였으나 그 보상에 대한 문제는 거의 고찰하지 않았다.

논문에서는 수지접합기에 리용되는 초음파진동자의 고유공진주파수가 부하나 온도에 따르는 변화의 보상방법을 논의하였다.

일반적으로 압전사기를 능동요소로 하는 복합진동자는 다른 진동자들과 마찬가지로 에너지변환효율이 가장 큰 2개의 고유공진주파수(공진주파수  $f_r$ , 반공진주파수  $f_a$ )를 가진다. 그런데 이 고유공진주파수는 부하조건과 열적환경에 따라 변화되므로 동작주파수를 보상하지 않으면 효율이 떨어지게 된다. 수지접합기의 진동자가 동작되면 수십만Pa의 압력과 열적효과를 받게 되므로 부하조건에 따라 고유공진주파수가 변하게 된다.

수지접합기진동자는 접착매질을 경계로 누름압력과 초음파에 의한 열적효과를 받으므로 등가질량과 용량이 다같이 변한다.

우리는 수지접합기진동자의 등가회로(그림 1)로부터 부하조건에 따르는 주파수변화관계를 고찰하였다.

등가회로를 전달함수로 표시하면 다음과 같다.

$$F(\omega) = R_{\text{부}} / (R_{\text{부}} + Z)$$

여기서  $R_{\text{부}} = s\rho c$ ,  $s$ 는 복사면적,  $\rho$ 는 매질의 밀도,  $c$ 는 음속도이며 전저항은 다음과 같이 표시된다.

$$Z = r_1 + j\{\omega(L_1 + \Delta L) - 1/[\omega(c_1 + \Delta c)]\}$$

복사면적과 매질이 고정된 경우  $r_1$ 은 상수로 되며  $Z$ 는 부하에 따라 달라진다. 즉 공구 복사면적이  $120\text{mm}^2$ 인 경우  $1\text{MPa}$ 의 압력을 받을 때  $0.1\text{kg/mm}^2$ 이므로  $12\text{kg}$ 의 질량이 부가되는것으로 된다.

한편 수지의 접착은 열적효과에 의하여 이루어지므로 진동자가 가열되면서 주파수변화를 가져온다.

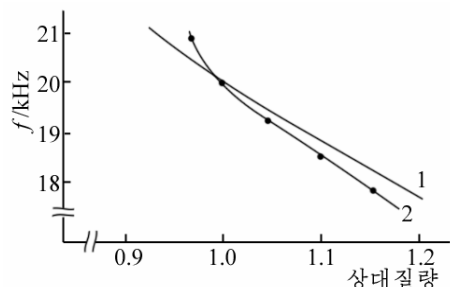


그림 2. 부하조건에 따르는 주파수변화  
1-계산값, 2-실험값

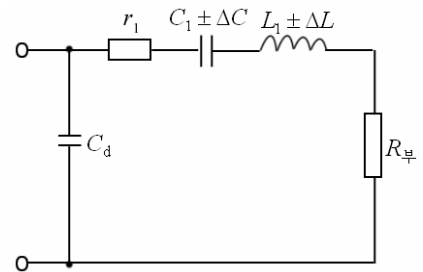


그림 1. 수지접합기진동자의 등가회로

등가회로해석에 의한 부하조건에 따르는 주파수 변화는 그림 2와 같다.

상대질량값 1은 무부하상태의 주파수값이다.

그림 2에서 보는바와 같이  $4 \cdot 10^5 \text{Pa}$ 의 압력을 받을 때 주파수는  $20\text{kHz}$ 로부터  $17.8\text{kHz}$ 로 낮아졌다. 실험값과 계산값이 차이나는것은 압력과 온도에 따르는 두 관계를 구분할수 없으므로 압력에 따르는 등가질량조건만 고려한것이지만 경향성은 매우 잘 일치한다.

이로부터 주파수보상대역은  $\pm 3\text{kHz}$  이상 보상하여야 한다는 것을 알 수 있다.

론문에서는 발진이 이루어지기 위한 진폭, 위상조건을 고려하여 진동자의 고유공진특성과 회로의 고유공진특성이 합성되어 새로운 위상특성이 나타나는 회로계를 구성하였다.

주파수보상회로체계는 그림 3과 같다.

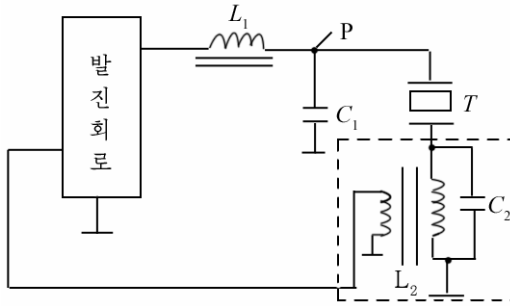


그림 3. 주파수보상회로체계

그림 3의 점 P에서 위상특성이  $\pm\pi/3$  만 한 급격한 변화를 가진다. 이로부터 진동자의 반공진 주파수보다 약 500Hz 낮게 위상합성점을 조절할 수 있도록 회로계(그림 3에서 점선구역)를 구성하였다.

수지접합기의 동작특성은 진폭주파수측정기(《LSW-115》), 오실로그래프(《TDS2022B》), 출력측정기(《OP-112》)를 리용하여 측정하였다.

이 회로에서 진동자에 가해지는 전기적출력은 2kW, 주파수는 20kHz이며 진동자앞면에 가해지는 압력  $4 \cdot 10^5 \text{Pa}$ 에 대하여 출력변동값은 2%이하이다.

## 맺는 말

수지접합기에 초음파진동자를 도입하는 경우 부하나 온도에 따라 출력효율이 떨어지는 것을 보상하기 위한 회로를 구성하여 수지접합기의 출력안정체계를 세우고 약  $4 \cdot 10^5 \text{Pa}$ 의 부하조건과 수십  $^{\circ}\text{C}$ 의 온도변화에서도 2kW의 출력을 보장하였다.

## 참고 문헌

- [1] He Xiping; Ultrasonics, 49, 419, 2009.
- [2] Zhaoli Yan et al.; Applied Acoustics, 87, 198, 2015.

주체106(2017)년 9월 5일 원고접수

## On the Operating Frequency Compensation of the Ultrasonic Plastic Attachment Machine

Kim Song Chol, Ri Chol Su

We designed a circuit to compensate the reduction of output efficiency according to load and temperature when the ultrasonic transducer was applied to plastic attachment machine. We made the output stabilized system of the plastic attachment machine.

Key words: ultrasonic, plastic