초음파 복합기 봉지공정 냉각에 관한 수치해석

박상준*, 이영림**, 정의대**
*공주대학교 기계공학과
**공주대학교 기계자동차공학부
e-mail:ylee@kongju.ac.kr

Numerical Analysis on Cooling of Encapsulation Process for Ultrasonic Multifunction Equipment

Sang Jun Park*, Young Lim Lee**, Jung Eui Dae**
*Dept of Mechanical Engineering, Kongju National University, 330-717,Korea
**Dept of Mechanical and Automotive Engineering, Kongju National University, 330-717, Korea

요 약

초음파는 정보 측정분야와 에너지를 이용한 용접 및 가동 등에서 널리 사용되고 있으며 최근에는 이종금속 접합방법에 있어 초음파 에너지를 이용한 용접이 사용되고 있다. 진공유리 최종공정인 배기공정에 있어 연납과 유리의 접합에 초음파 에너지를 사용하고 있는데 초음파 접합기 하단부의 O링이 열에 의해 변형이 되어 기밀이 유지되지 않게 된다. 본 연구에서는 혼 하단부와 O링의 온도를 최적으로 유지하기 위해 냉각유로를 설치하여 O링의 온도에 미치는 영향에 대해 고찰하였다.

1. 서론

진공유리 최종공정인 배기공정에서 연납과 유리의 접합은 초음파 에너지를 이용하여 이종금속 접합방법을 이용하고 있다.[1] 초음파 접합의 장점은 단시간에 접합이 가능하며 복잡합 형상의 성형품에서 우수한 결과를 가지고 있다. 초음파 접합은 가습기, 자동차의 빗방을 제거 거울, 의료용 초음파 진단기, 어군 탐지기 등 넓은 활용범위를 가지고 있다.

최근까지 초음파 접합기를 이용한 진공유리 봉지에 관한 연구는 거의 이루어지지 않았고 접합기 성능 향상에 초점이 맞추어져 왔다. Kang[2] 등은 초음파를 이용한 공구 혼 설계를 위하여 고유 진동수를 해석하여 혼의 길이 및 외경 치수를 결정하였으며, Sherrit[3] 등은 Mason's model을 이용하여 스텝 혼을 볼트와 Piezoelectric stack, Backing layer, Horn의 세부분을 모델링하여 임피던스와 가속도를 실험을 통해 해석결과를 증명하였다. Park[4] 등은 설계 모델의 형상에 따른 공진주파수를 유한요소 프로그램을 이용하여 예측하였다.

진공유리 제작의 최종공정인 배기 및 봉지공정에서는 상판 유리 구멍에 초음파 복합기를 설치하여 배기 및 봉지 작업을 실시하게 된다. 두 장 유리사이의 압력을 10^{-3} torr 이하까지 낮추게 되면 공구혼 하단부에 연납을 녹이기 위해 최소 180℃의 온도를 유지하여 연납과 유리를 밀봉하게 된다. 하지만, 유리와 초음파 복합기 기밀을 유지하기 위해 설치된 O링이 종종 고온으로 인하여 변형이 일어나게 된다. 일반적으로 흔히 사용되는 O링은 110~150℃에서 변형이 일어나며 변형이 일어난 O링 사이로 기밀성이 떨어져 유리사이의 내부 압력은 점차 상승하게 되어 진공유리로서 기능을 상실하게 된다.

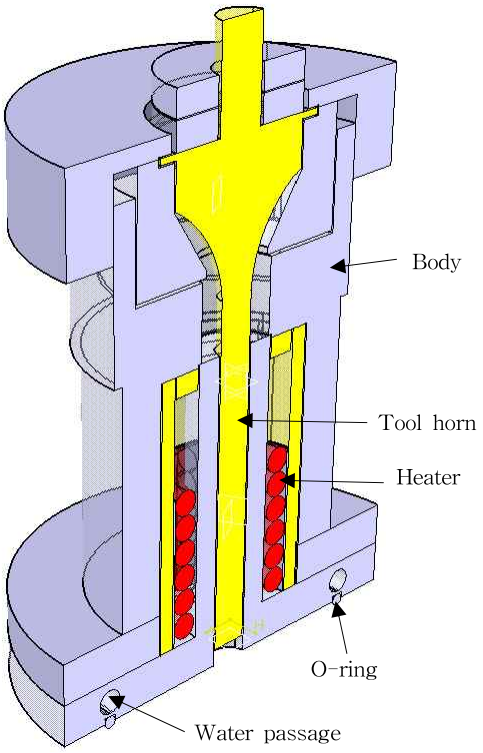
본 연구에서는 O링과 공구혼 사이에 유로를 설치하여 냉각수가 공구혼 하단부와 O링에 미치는 영향에 대해 알아보았다.

2. 수치해석

본 연구에서 고려된 유체유동은 3차원, 정상, 비압축성이고 난류모델은 $k-\epsilon$을 사용하였다. 그림 1은 수치해석에 사용된 초음파 복합기의 주요명칭을 나타냈다. 여기서, 혼은 티타늄, 히터는 구리, O링은 고무, 그 외는 STS404로 가정하였다.

유로는 O링 바로 위에 모델링하여 공구혼에 미치는 영향을 최소화하면서 O링을 효과적으로 냉각 시킬 수 있게 하였다. 냉각수의 유량의 변화를 0.5

lpm~2.5 lpm 까지 0.5 lpm 간격으로 열전달계수를



[그림 1] 초음파 접합기 주요명칭

$$Re_D = \frac{\rho VD}{\mu}$$

(1)

$$\Pr = \frac{\mu \cdot C_p}{k} \quad (2)$$

$$Nu_D = \frac{(f/8)(Re_D - 1000)\Pr}{1 + 12.7(f/8)^{1/2}(\Pr^{2/3} - 1)} \quad (3)$$

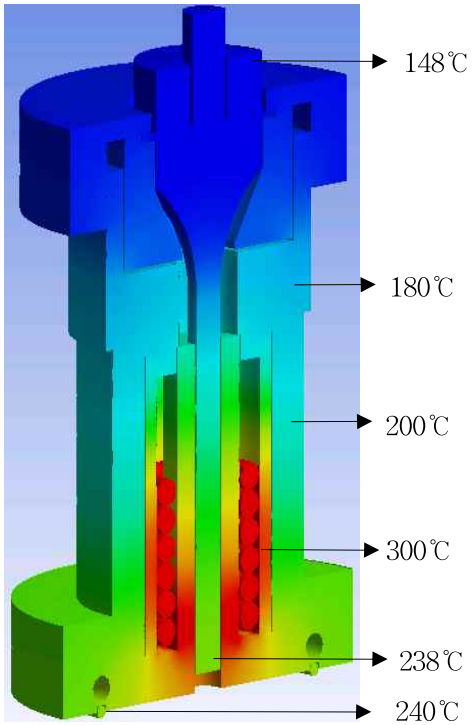
$$h = \frac{Nu_D \cdot k}{D} \quad (4)$$

식(4)로 계산하여 관로 벽면에 적용하였다. 유체는 물을 사용하였으며 관의 직경은 4 mm이며 입구쪽 온도는 25℃로 가정하였다. 해석에 사용된 격자 수는 약 8만 개이고 3차원 형상 설계에는 Catia[5], 격자 생성 및 3차원 전도해석은 Ansys[6]를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 초기 복합기 모델 온도분포

그림 2는 자연대류 상태에서 초음파 복합기의 단면에서 온도분포를 나타냈다. 히터의 온도가 300℃



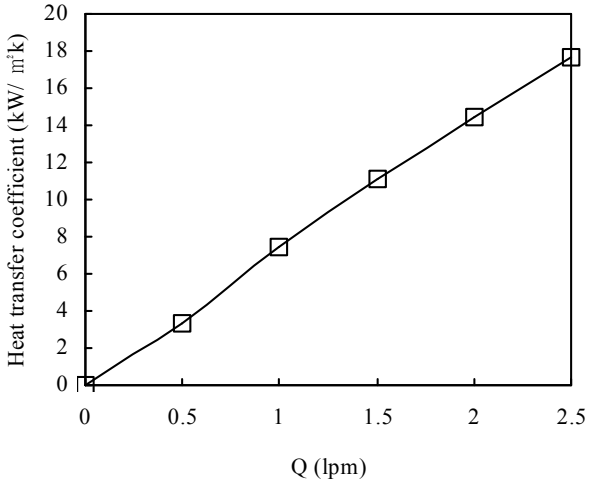
[그림 2] 초음파 복합기 온도 분포

일 경우 공구혼 하단부에서 238℃로 연납을 녹이기 충분한 온도가 확보되었다. 히터열의 공구혼으로 전달은 대류보다는 작은 틈새로 인하여 전도보다는 주로 복사 열전달에 기인함을 알 수 있다. 하지만 O링이 설치된 부분에서는 240℃로 예측되어 O링의 변형이 일어날 것으로 예측되었다. 따라서, O링의 온도를 110~150℃ 이하로 낮춰야 하는데 히터의 용량을 줄이게 되면 공구혼 하단부 온도가 180℃ 이하가 되어 봉지작업 수행이 불가능해진다. 이는 O링만의 온도를 효과적으로 낮출 수 있는 냉각시스템이 필요함을 의미한다.

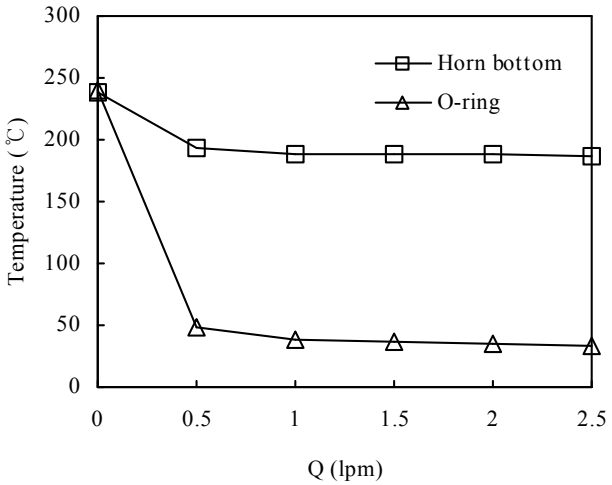
3.2 냉각수를 이용한 O링 냉각

자연대류 상태에서 예측한 결과 O링의 온도가 231℃로 예측되어 냉각 장치의 필요성이 대두되었다. 그림 3과 같이 유량에 따른 열전달계수를 1 lpm간격으로 알아 보았다. 유량이 증가할수록 열전달계수는 0.5 lpm에서 3.4 kW/m^{2}k, 2.5 lpm에서는 17.7 kW/m^{2}k로 거의 선형적으로 증가하였다. 예측된 열전달계수를 냉각수 관로 표면에 적용하여 전도해석

을 수행한 후 공구혼 하단부와 O링의 온도를 그림 4에 나타냈다. 0.5 lpm에서 공구혼 하단부와 O링의 온도는 각각 193℃와 49℃로 예측되어 충분한 냉각 성능을 보였다. 1.0 lpm에서는 189℃, 39℃로 예측되



[그림 3] 유량에 따른 열전달계수



[그림 4] 유량에 따른 공구혼 하단부와 O링의 온도변화

어 O링의 온도는 약 10℃정도 더 낮출 수 있었다. 하지만 유량이 0.5 lpm이상으로 증가하여도 공구혼 하단부와 O링의 온도는 거의 변화가 없어 0.5 lpm에서 가장 효과적인 조건임을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 진공유리 최종공정인 배기와 봉지공정에서 사용되는 초음파 복합기의 O링의 온도를 최적화하기 위한 냉각 연구를 수행하였다. 본 연구를 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

(1) 히터를 사용하여 공구혼 하단부의 온도를 유지하면 O링의 온도가 높아져 변형이 일어나게 된다. 이는 진공유리 봉지공정에서 기밀성이 확보되지 않으므로 O링의 냉각시스템이 채택이필요하다.

(2) 히터와 공구혼 사이에 유로를 모델링하여 예측한 결과 유량이 과도하게 흐르게 하여도 혼과 O링에 미치는 영향이 미미하여 O링을 효과적으로 냉각 시킬 수 있는 냉각수 유량은 0.5 lpm임을 알 수 있다.

후기

본 연구는 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업을 통해 연구된 결과임

참고문헌

[1] C. D. Yoo, "Design of Ultrasonic Welding Horn," KWJS, Vol. 26, pp. 9~11, 2008.

[2] J. P. Kang, "A Study on the Design of Ultrasonic Vibration Cutting Tool Horn", Journal of the KSPE Vol. 8, No. 3, pp. 55~63, 1991

[3] S. Sherrit, B. P. Dolgin, Y and Bar-Cohen, "Modeling of Horns for Sonic/Ultrasonic Application", Ultrasonic Symposium, Vol. 1, pp. 647~651, 1999

[4] M. H. Park, T. Y. Kim, T. G. Park and M. H. Kim, "Design and FEM Analysis of Langevin Type Ultrasonic Vibrator", KSMTE, pp. 525~528, 2000

[5] Catia V5 R17, Dassault Systems, 2006

[6] Ansys version 12.1. Ansys Inc.