

압출고무용 적외선 가교장치 개발

Development of Far Infrared Ray Crosslinking Apparatus

**윤동원¹, 박희창¹, 이성휘¹, 김병인¹, 함상용¹

**D.W. Yun(dwyun@kimm.re.kr)¹, H. C. Park¹, S.H.Lee¹, B.I.Kim¹, S.Y.Ham¹

¹ 한국기계연구원 로봇메카트로닉스 연구센터

Key words : hot emboss, roll-to-roll, Ni stamp

1. 서론

유도가열(induction heating)이란 가열하고자 하는 환봉 외부에 유도코일을 감고 교류전류를 흘리면, 자속이 발생하고, 이 자속의 변화에 의해 와전류(eddy current)가 환봉의 표면에 유도되고 환봉의 전기 저항에 의해 주열(Joule) 열이 발생하게 된다^{1,2}.

본 연구에서는 압출고무의 가교공정을 위한 유도가열기의 제작을 위한 해석, 설계 및 시제품 제작을 수행하였다. 기존의 가교 공정은 주로 열풍이나 RF등을 사용하였으나, 본 연구에서는 효율을 증가시키고, 작업 속도를 향상시키기 위해서, 유도가열장치를 이용한 고무가교장치를 고안하였다³.

2. 본론

본 연구에서 제안된 시스템은 유도가열 현상만을 이용해서 고무를 가교하는 것이 아니고, 유도가열을 이용해서 철판을 가열한 후, 철판 표면에 코팅된 적외선 방사 물질이 가열된 철판에 의해서 가열되면 적외선 방사 물질에서 방출되는 적외선을 이용하여, 고무를 가교하는 것이다. 적외선에 의한 가열 특성을 증가시키기 위해서, Fig.1과 같이 원통형의 가교장치를 고안하였다. 이러한 형상은 원통의 표면에서 방사되는 적외선이 모든 방향에서 고무를 가교시킬 수 있을 뿐만 아니라, 고무를 직접 가열하지 않은 원적외선은 맞은편의 원적외선 방사 물질을 가열함으로써, 맞은 편의 방사물질의 원적외선 방사량을 증가시킬 수 있어, 전체적으로 보면 원적외선에 의한 가열 효율을 증가시킬 수 있다.

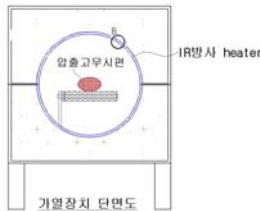


Fig. 1 Proposed apparatus

그림 Fig. 1는 고안된 원통형 원적외선 방사 장치의 전체 단면도이다. 그림과 같이, 원통형의 가열 기구가 있으며, 그 중심으로 압출고무 시편이 지나가면, 유도가열 현상과 원적외선 방출 메카니즘에 의해 고무를 가교되는 것이다. 이때 발생한 열에 의해 스테인리스 판에 코팅되어 있는 원적외선 방사 코팅제가 가열되게 되고, 어느 온도 이상이 되면, 원적외선 방사코팅제에서 원적외선이 방출되게 되므로, 고무를 가열할 수 있게 되는 것이다. 이렇게 유도가열을 사용함으로써, 발열체로부터의 전도가 필요 없고, 외부로의 전도손실도 없으며, 스테인리스 판을 직접 가열함으로써, 스테인리스 판의 온도 제어가 용이하게 된다.

제안된 가교장치의 제작을 하기위해서 유도가열에 대한 해석을 수행하였다. 먼저, 원통형 스테인리스 판에서 일부분만 유도코일을 감았을 때, 시스템의 성능을 살펴보기로 하였다. Fig. 2에 길이 200mm, 반경 100mm 인 스테인리스 판이 있다. 그리고, 갭이 2mm 떨어진 상태에서 구리선으로 판의 길이의 절반 부분에 코일을 감고, 교류전류를 인가하는 시스템의 유한요소 해석을 수행해 보았다. 원통형 판은 SUS 40 계열로 만들어져 있으며, 코일에는 500A-t 25kHz의 전류를 인가하였다. Fig. 2는 유한요소 해석의 결과로써 자속선의 분포를 보여 주고 있다. 그림에서 알 수 있듯이, 코일 주위의 부분에 자속선과 유도전류가 집중됨을 알 수 있다. 이를 더 자세히 살펴보기 위해서, 스테인리스 원통의 표면에서 0.02mm 떨어진 위치에서의 원통의 축방향의 유도전류 밀도를 Fig. 3에 표시하였다. Fig. 3에서 알 수 있듯이 코일이 감겨져 있는 부분에서 대부분의 유도전류가 발생함을 알 수 있었다. 따라서, 실제 시스템을 제작시에는 균일한 온도가 열을 위해서, 부재의 전 표면에 유도코일을 설치해야 함을 알 수 있었다.

위의 해석결과를 바탕으로, 유도코일을 제작 시에는 균일한 온도분포를 위한 설계가 필요함을 알 수 있었다. 실제 시스템은 넓은 면적을 가지는 3차원 스테인리스 판재이므로, 3차원 유한요소법을 실시하여 시스템의 성능을 해석해보기로 하였다. 우선, 균일한 온도 분포를 위한 코일 배선 방법을 찾기 위해서, 가장

간단한 시스템인 3차원 평판형 스테인리스 판재에 대한 유한요소 해석을 수행해보기로 하였다. Fig. 4에 유도코일이 균일하게 감겨 있는 모델을 보여주고 있다. 코일은 500At이며, 인

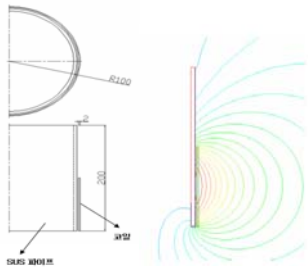


Fig. 2 FE Analysis for induction heating.

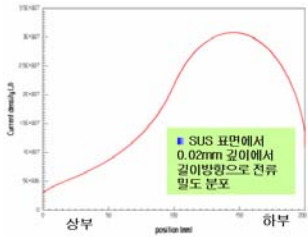
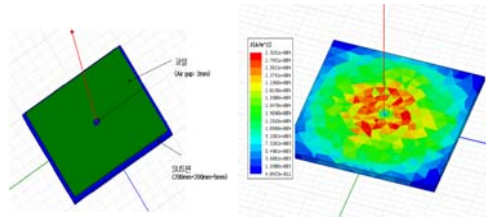


Fig. 3 Analysis results

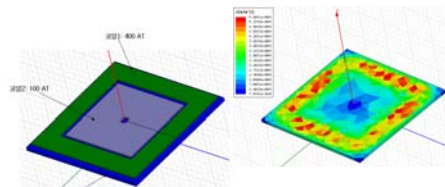
가전류는 60Hz와 25kHz의 두 가지 경우로 가정하였다. Fig. 4(b)에 유한요소 해석결과가 나와 있다. 그림과 같이, 코일을 균일하게 감은 경우는 대부분의 자속밀도와 유도전류밀도가 도체판의 중심부에 집중한다는 것을 알 수 있었다.

이와 같이, 유도전류밀도의 불균일을 제거하기 위하여, 도체판의 전면에 걸쳐서 코일의 분포를 반경방향으로 다양한 형태로 하여 해석을 수행해보기로 하였다. 자속분포가 내부에 집중하는 것을 막기 위해, 코일을 도체판의 바깥부분에 더 많이 감으므로써, 유도전류밀도의 분포를 고르게 하기로 하였다. 이를 위해서 유도코일의 안쪽 절반과 바깥쪽 절반의 코일 턴수를 다르게 하여 모델을 만들었다. Fig. 5는 코일 면적의 내부 절반부분은 전류-턴수의 값이 100At, 외부 절반부분은 400At 일 경우의 유도가열기의 모델이다. 인가 전류가 60Hz 일 때, 해석을 수행한 결과가 Fig. 5(b)에 나타나 있다. 세번째 경우로써, 내부 코일이 300At, 내부 코일이 200At의 유도코일을 모델링하고, 해석을 수행해 보았다. 해석은 인가전류가 60Hz로 가정하였다. Fig. 6(b)와 같이, 외부 코일이 300At, 내부 코일이 200At 인 경우, 외부 코일이 400At, 내부 코일이 100At인 경우 보다 도체판 전면에 있어서 자속밀도와 유도전류 밀도가 균일함을 알 수 있다.



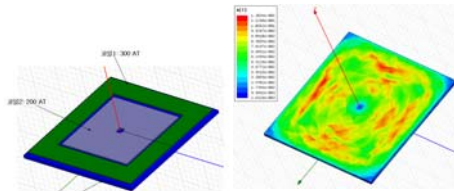
(a) Geometry (b) Induction current

Fig. 4 Model 1



(a) Geometry (b) Induction current

Fig. 5 Model 2



(a) Geometry (b) Induction current

Fig. 6 Model 3

3. 결론

본 논문에서는 고무가교 장치를 위한 유도가열장치에 대한 해석을 수행해 보았으며, 대면적을 고르게 가열하기 위한 코일의 배치에 대한 연구를 유한요소법을 통해서 고찰해 보았다. 결과, 피가열체가 대면적인 경우 안쪽과 바깥쪽의 코일분포를 달리하여 균일한 가열을 할 수 있음을 알 수 있었다.

참고문헌

1. Valey Rundnev, "Handbook of induction heating", Taylor & Francis, 2003
2. J. Davis, P. Simpson, "Induction Heating Handbook", McGraw-Hill Book company, Ltd
3. 박희창, "압출고무용 유도가열방식 원통형 적외선 가교장치 개발", KIMM, 20091. 서론