

## Ferromagnetic 극박소재의 잔류응력 불량탐지 시스템의 설계 및 제작

포항산업과학연구원 재료공정연구센터 양 충 진, 김 상 원

### System design and H/W development of the residual stress measurement for ferromagnetic thin sheet

RIST C. J. Yang, S. W. Kim

#### 1. 서론

잔류응력평가에 대해서는 다수의 연구가 있지만 대부분은 응력해방에 의한 파괴 측정으로, 실물 측정시에는 비파괴 측정을 해야만 하는 부적당한 점이 많다. 잔류응력을 비파괴로 측정하는 방법으로 가장 일반적인 것이 X선 응력측정법이나 고가의 장치와 높은 기술이 요구되는 한편 측정되는 두께는 결정격자간 변위의 측정으로 표면으로부터 수십  $\mu\text{m}$ 의 얇은 층에 분포하는 응력이다. 따라서 미시적인 잔류응력의 측정에서는 가장 유용한 방법이지만, 상기의 거시적인 잔류응력측정에는 부적절한 점이 많다. 따라서 대부분의 기계 및 구조물은 철강재로 이루어져 있으므로 응력에 따라 재료의 자기특성이 변화하는 이른바 자기탄성효과를 이용해서 비파괴로 실물 측정하는 기술의 확립에 주안점을 두고 본 연구를 착수하였다. 특히 본 연구에서는, 국내 메모리 반도체 칩(chip)의 packaging용으로 사용되는 lead frame용 소재인 Fe-42%Ni 극박판의 스탬핑(stamping)공정에서 발생하는 잔류응력을 현장 on-line상에서 쉽게 판별할 수 있는 기술개발에 역점을 두고, 모든 작업자가 용이하게 사용할 수 있는 system의 개발을 목표로 자기유도센서(magnetic induction sensor)를 이용한 잔류응력 측정장치를 제작하였다.

#### 2. 잔류응력평가 시스템의 제작

##### 2.1 자기유도형 probe의 제작

probe제작에 있어 자기출력감도를 좋게 하기 위하여 자기회로를 짧게 하고 단면적을 크게 하며 투자율이 큰 물질을 사용하는 것이 유리하다. 현재 응력측정 대상체인 lead frame의 사양에 의존하여 자로와 단면적을 조절하는데는 한계가 있으므로 probe의 재질을 투자율이 큰 Mo-퍼멀로이로 한 5 mm  $\phi$ 인 probe를 제작함으로써 출력감도를 높였다. probe의 1차 코일은 0.22 mm  $\phi$ 의 피복동선을 자극이 되는 각각의 다리에 100 회씩, 2차 코일은 0.08 mm  $\phi$ 의 피복동선을 200 회씩 권선하였으며, 대향하는 자극에 있어 임의의 순간 자극의 분포가 반대 극성이 되도록 결선하였다.

## 2.2 시스템의 제작

수작업으로 불편했던 기존의 방법을 대폭 개선시키기 위하여 시스템을 고안·제작함에 있어 다음 사항을 고려하였다. ① 대면적의 시편에 있어서도 probe의 접촉도를 균일하게 하면서도 균일한 압력으로 접촉시켜 측정의 정확도를 높일 수 있고, ② probe의 측정위치 변경 및 회전각도의 제어가 가능하며, ③ 대면적 시편의 평가에 있어 단시간내 측정을 완료할 수 있을 것 등이다. 이러한 사항을 만족시키기 위하여 X, Y, Z축 이동을 위해서는 스마트 액츄에이터(smart actuator)가 접속된 스텝핑 모터(stemming motor)를 사용하여 각각 최대 300 mm, 200 mm, 50 mm로 이동 가능하게 하였고, probe의 회전은 스텝핑 모터의 구동력을 타이밍 벨트(timing belt)를 통하여 4개의 probe에 도달케함으로써 정확히 제어되도록 하였다. 피측정체에 4개의 probe를 동시에 접촉할 때 동일한 하중이 부하되도록 하기 위해, 동일 사양의 스프링(SWP강)을 사용하였다. probe에 투입하는 전류(1~50 mA) 및 주파수(0.1~10 kHz)를 결정하며 검출된 신호를 증폭(8 채널,  $\times 10 \sim \times 2650$ )하고 받아들이는 신호발생부 및 검출회로부를 제작하였다. probe의 이동과 관련한 로봇(robot)부와 각종 신호제어부를 컴퓨터로 interfacing시켜 모든 작업이 지령에 따라 자동 혹은 수동으로 진행될 수 있는 시스템을 구축하였다.

## 3. Lead Frame 소재의 잔류응력 평가결과

동일 공정으로 제작된 동일 사양의 lead frame재에 있어 실제 스텝핑 공정에서 양호와 잔류응력 과다존재로 불량판정이 난 시편을 활용하여, 제작된 시스템의 성능확인 은 물론 양호 및 불량재에서 나타난 자기 출력을 비교·검토하여 다음의 결과를 얻었다.

- (1) 자기유도형 probe의 전자기적 특성으로 주파수함수로 투입전류의 증가에 따라 출력 전압은 직선적, 투입전류함수로 주파수에 따른 출력전압은 포물선적으로 증가하였다.
- (2) 양호판정시편에 대한 잔류응력평가결과, probe의 방향에 따라서는 거의 균일한 분포를 나타내었고 시편의 폭방향 양쪽 가장자리쪽일수록 가운데에 비하여 크게 나타났으며 최대 응력의 방향은 시편의 압연방향이었다.
- (3) 불량판정시편에 대한 잔류응력평가결과, 전체적으로는 (2)와 유사한 결과가 얻어졌으며, 시편중 임의의 위치에서 얻어진 양, 불량재간 자기출력의 크기차는 불량재의 경우가 양호재에 비하여 약 30 %정도 큰 값을 나타내었다.
- (4) 냉간압연을 행한 시편에 대한 잔류응력평가결과, 각 측정조건에서 양호, 불량재간 자기출력의 크기에 있어 차가 관찰되었고, 일부 압연시편에 대해서는 응력의 방향 및 크기가 확연히 구분되는 영역이 존재하는 것으로 확인되었다.