

## 미크론 수준의 용접변형 시뮬레이션에 관한 연구

### -(I)용접변형 온도 모니터링과 변형 모델 정립-

#### A Study on Thermal Deformation Simulation of the Micro-meter Order

### -(II)Welding Deformation Monitoring & Deformation Analysis -

장경복\*, 정진우\*, 강성수\*, 최규원\*\*, 박찬우\*\*, 조상명\*\*

\* 부산대학교 기계기술 연구소 미시소성 연구실

\*\* 부경대학교 대학원 생산가공학과

### 1.서론

전보에서 정립되어진 3차원 열전달 모델을 기준으로, 실질적으로 미크론 수준의 제품 변형(코어 및 코어 내의 작동부 틈새 변형)을 예측할 수 있는 변형 수치 모델을 정립하였다. 이 과정에서 다양한 구속 조건의 검토를 통하여 제품변형 시뮬레이션을 위한 가장 합리적이고 적합한 경계조건 찾아 낼 수 있었다. 그리고, 이렇게 정립된 변형 모델의 해석 결과의 Modification 및 검증을 위해 변형 모니터링 시스템을 구축하여 계측 결과와 시뮬레이션 결과를 비교 및 검토하였다. 그 결과 정성적 뿐만 아니라 정량적으로도 미크론 수준까지 좋은 일치성을 보였다.

### 2.변형 모니터링 시스템

아크스팟 용접시 코어 내의 작동부 틈새 변화를 계측 관찰하기 위하여 본 제품에 적합한 변위 모니터링 시스템을 제작하였다. 기본 사양은 작동부 틈새(4.7mm)±0.5mm(500 $\mu$ m)의 변위를 계측할 수 있도록 C1, C2, R2의 세 개의 변위계를 제작하였다. Fig.1은 제작한 변위 모니터링 시스템으로서 Dynamic Amp를 사용하여 변위계로부터 출력된 전압을 증폭시켜 모니터링 시스템을 통하여 전압의 변화를 계측하여 변위량을 산출하는 방식이다. 우선, 변위 모니터링시스템의 신뢰성을 확보하기 위해 마이크로미터를 이용하여 100 $\mu$ m, 20 $\mu$ m, 2 $\mu$ m, 1 $\mu$ m 단위로 변위 변화를 주어 변위를 모니터링하여 변위계의 계측 정도(직진성)을 알아보았다. 이 때 2 $\mu$ m까지 변위 변화는 직진성을 나타내었는데, 1 $\mu$ m 변위 변화에서는 다소의 오차를 보였다. 이는 변위계 접촉면의 위치가 약간만 벗어나거나 움직이면 출력되는 전압 변화가 일정하지 않다는 것을 의미하며, 변위 계측시 주의를 요하는 부분이다. 그러므로, 직진성이 뚜렷이 나타나는 100 $\mu$ m변화의 변위-출력전압 간의 1차 회귀식을 이용하여 코어의 작동부 틈새 변화를 계측 고찰하였다. 최종적으로 각 변위계를 4.7mm에서 0V가 출력되게 Dynamic Amp를 조정하고 4.69mm를 +2V, 4.71mm를 -2V로 세팅하여 20 $\mu$ m씩 변위를 변화시켜 직진성을 검토한 결과이다. Fig.2는 변위계의 부착 위치를 나타낸 것이고, Fig.3은 아크스팟 용접시 코어 내의 작동부 틈새의 시간에 따른 변위를 모니터링 한 결과이다. 용접시 시작되면 작동부 틈새는 벌어졌다가 용접 종료 후 일정 시간 부터는 작동부 틈새는 다시 줄어들어 최종적으로 틈새가 좁아진 형태로 변형된다는 것을 알 수 있다.

### 3.변형 모델 및 해석 결과

전보에서 정립되어진 3차원 열전달 모델을 기준으로 변형 모델을 정립하였다. 용접공정을 시뮬레이션하는 열탄소성 변형 모델 정립시 중요한 것으로는 온도 변화에 따른 재료 물성치에 대한 정확한 데이터, 정확한 경계 조건의 설정, 합리적인 요소 형성 및 Control Procedure의 선정 등을 들 수 있다. 일반적인 열탄소성 해석에서는 이 중 일부는 무시되거나, 중요하게 고려되지 않는 경우가 많다. 그러나, 본 연구와 같이 마이크로미터 수준의 변형을 예측하는 모델을 정립하기 위해서는 이 중 어느 것 하나 소홀히 고려되어서는 안되며, 이를 위해서는 공정 지식, 계측 능력, 시뮬레이션 능력이 유기적으로 확보되어 각 모듈사이의 Feedback 및 Tuning이 원활히 이루어져야 한다. 이러한

과정에서 고려해야 할 부분은 모델의 효율성이다. 즉, 기본적으로 정밀한 해석이 수행되어야 하므로 상당히 큰 3차원 모델이 정립되어지는데 이로 인해 계산 용량 및 시간의 소요가 엄청나다. 그러므로, 정확한 결과를 나타내면서 효율적인 모델을 정립하는 것이 중요하다.

Fig.4는 이렇게 정립되어진 변형 모델로서 아크 스폿 용접시 코어 내의 작동부 틈새 변형을 해석한 결과이다. 정성적 및 정량적으로 Fig.3의 계측 결과와 잘 일치하고 있음을 알 수 있다.

#### 4.결론

전보에서 정립된 열전달 모델을 기준으로 공정 지식, 계측 능력, 시뮬레이션 능력의 각 모듈사이의 Feedback 및 Tuning을 통하여 본 모델의 아크스폿 용접시의 코어내의 작동부 틈새 변형을 정성적으로 뿐만 아니라 정량적으로도 예측 할 수 있는 열탄소성 변형 모델을 정립할 수 있었으며, 이를 통해 제품의 변형을 제어할 수 있는 방안을 수립할 수 있었다.

#### 5.참고문헌

- 1] P. Tekriwal and J. Mazumder : "Finite Element Analysis of Three-Dimensional Transient Heat Transfer in GMA Welding". Welding Research Supplement 151-s.
- 2] K.W.Mahin, W.Winters, T.M.Hosbonds and S.R.Macewen : "Prediction and Measurement of Residual Elastic Strain Distributions in Gas Tungsten Arc Welds". Welding Research Supplement 245-s, September 1991.

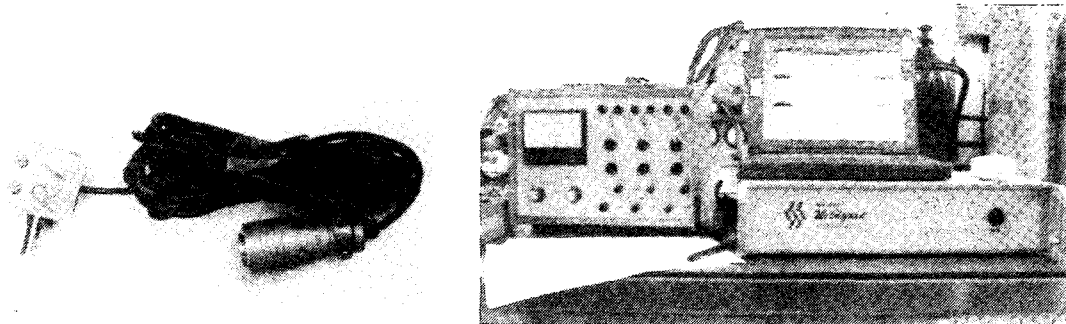


Fig.1 Displacement gauge and Deformation-monitoring system

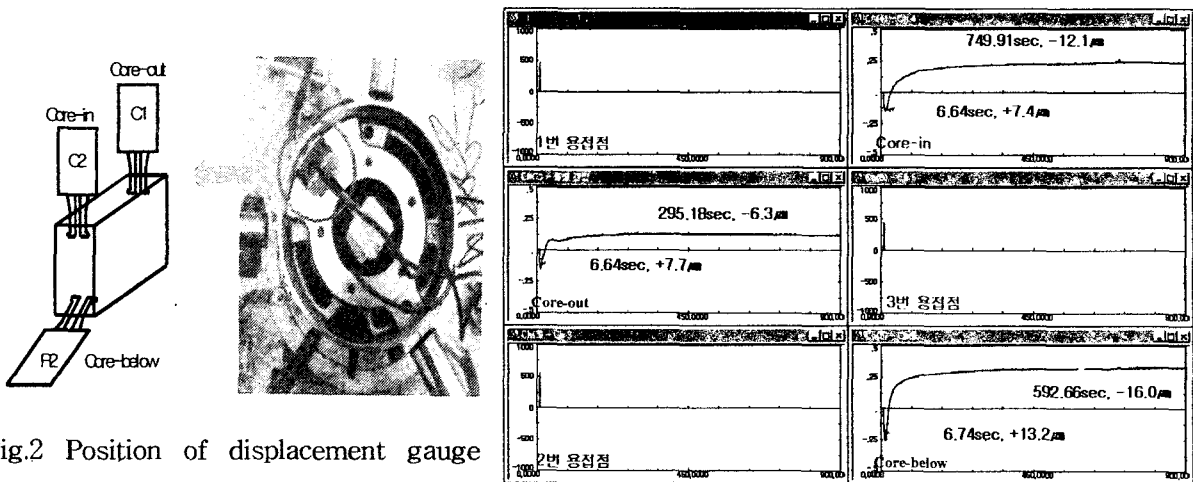
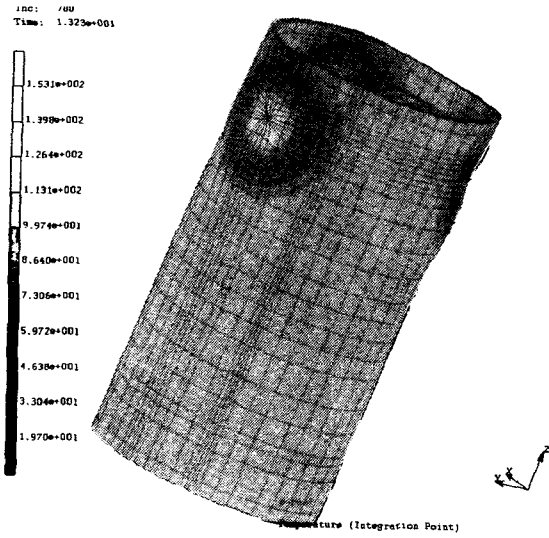
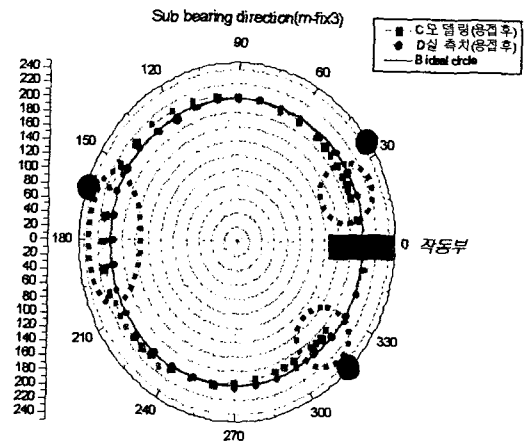


Fig.2 Position of displacement gauge

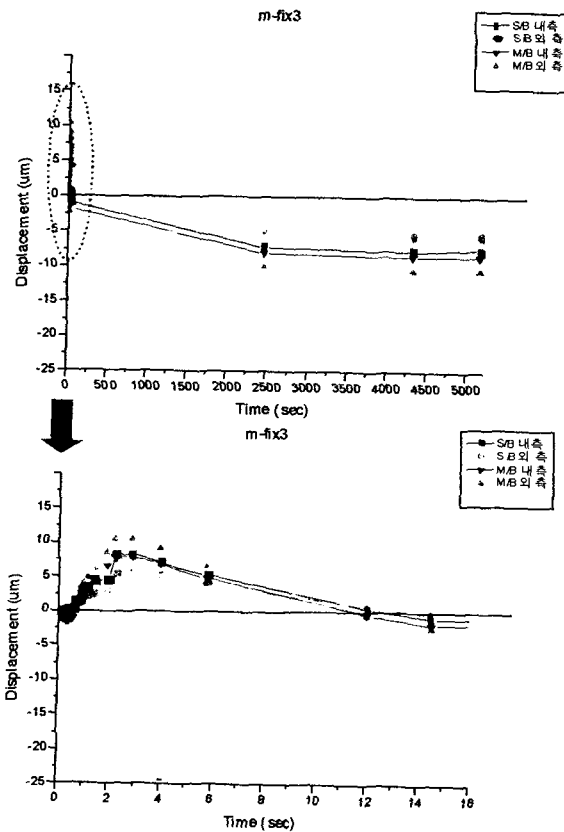
Fig.3 Result of displacement monitoring



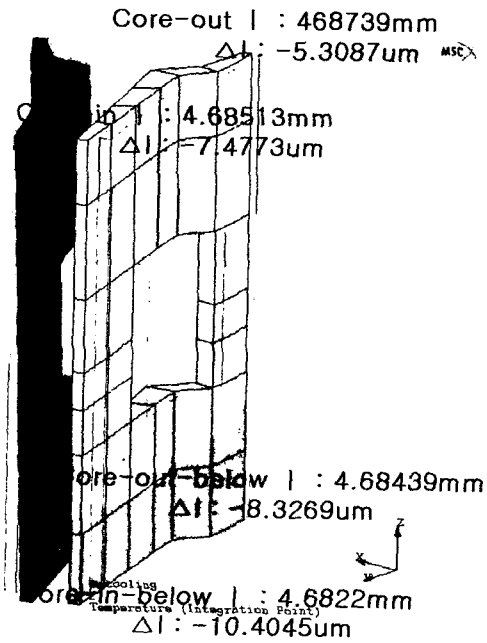
(a) Deformation shape after welding ( $\times 100$ )



(b) In-diameter of core



(c) Displacement profile of working part



(d) Final deformation shape of working part

Fig.4 Analysis results