온도변화에 따른 구속력 측정

(A Measurement of restraint force during the heating and cooling cycle of the welding process)

김상진*,염동빈*,고준빈*,김기길,**이영호***
*충남대학교 기계공학과 대학원
**대전산업대학교 기계설계공학과
***충남대학교 기계공학과

1. 서 론

Sus 304강은 내열성 및 내식성이 우수하여 압력용기, 화학플랜트 등에 사용하고 있으며, 고온에서 장기간 사용하면 내압에 따른 하중 외에 열응력, 열 피로 등에 의해 기계적 성질, 특히 인성이 점진적으로 저하되는 열시효 취화현상(Thermal aging embrittlement) 이 발생하여 구조물의 기능손상 및 전체 설비의 안정성을 저하시키게 된다.

박판 용접에 대하여 수많은 방법들이 연구되어져왔고, 근래에는 유한요소법을 통한 판재의 열응력 , 각변형 해석[1] 과 박판에서의 용접성능[2] 이 연구가 진행되어 오는 실정이다.

본 연구에서는 이러한 설비의 안정성 및 잔여수명등을 평가하기 위하여 여러 조건 하에서의 박판용접성을 평가하기 위한 방법의 일환으로 Load sencer를 사용하여 실시간으로 구속력을 측정하고 더 나아가 탄소성 변형과 잔류응력들을 예측하기 위한 기초연구로서 제안하고자 한다.

2. 실험방법

본 실험에서는 용접모재로는 스테인리스 박판(sus304)을 사용하였고 크기는 3×280×300mm 이다. 모재를 제작한 Welding Jig에 bolt로 모재를 체결하였다. 이에 7.9KW TIG자동용접기를 사용하였다. 용접조건은 Tab.1에 나타내었다.

아르곤 가스압력은 10kgf/㎠을 유지하였고, 용접 전에 불순물 제거를 위하여 거즈로 용접부위를 세척하였으며 TIG 전극봉은 매 용접시 일정한 각을 유지하기 위해 grinding 되었다. 용접시 속도의 일정성을 위하여 자동이송기구를 사용하였다. 용접시 Load Cell의 온도영향을 고려하여 매 실험마다 적당한 간격을 두고 실시하였다.

구속력의 측정은 4개의 Strain gage를 Active arm으로 가지는 Wheatston Bridge circuit를 이용하여 Bending Force와 Tension Force의 측정에 적합하게 설계하여 직접 제작한 Load Cell을 사용하였다. Load Cell의 재료는 듀랄루민을 사용하여 가공하였다. 측정값의 정량화를 위해 Dead weight를 사용하여 실시간 Calibration을 하여 사용하였다.

용접시 발생되는 구속력은 Fig.1과 같이 Strain Gauge를 사용한 Load Cell을 전압오차를 받아들이고 이는 증폭기를 거쳐 Data Shuttle에서 A/D Converting 후 Work Bench Program을 통해 스트레인 값으로 변환되고 이를 다시 Calibration 값을 사용하여 Force로 변환하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

용접방향에서 가까운 부분을 전방으로 뒤쪽을 후방으로 하여 용접전압의 변화를 주면서 일정속도로 용접을 진행해 가며 전·후방의 인장력의 차이를 측정하여 보았다. Fig.2 에서 보여지는 전방의 인장력은 용접부의 모재가 용융되면서 팽창하지만, 주변 모재의 구속에 의한 힘이 상대적으

로 크므로 점진적으로 인장 구속력이 작용하게되고 일정시간이 지나면서 작용하는 힘이 약간은 감소하나 그 변화가 미세하고 인장력을 받는 상태로 용접이 종료하게 된다. Fig.3의 후방부 인장력은 초기에 변화는 거의 없지만 전방의 인장력이 작용하면서 상대적으로 회전에 의해 압축력이 작용하게 되고 모재의 중심부에 용접이 진행되면서 급 반전되면서 인장으로 전환되는 특징을 나타내고 있다.

전압의 차이에 의한 구속력의 차이는 고전압일수록 힘의 크기도 커지고 또한 급반전하는 특징을 가지고 있다.

인장력의 측정과 동일한 방법으로 전·후방의 굽힘력의 정도를 일정속도에서 세 가지의 전압변화를 주어 비교하였다. Fig.4 에서 나타나는 전방부의 초기에 나타나는 처짐은 고주파에 의한 아크의 발생에 따른 힘으로 간주되어진다. 이에 의한 변형은 바로 사라지나 용접부의 열유동에 의해 중심부가 받침대의 구속에 의한 영향으로 아래 방향으로 구속력을 받게 되고 다시 응고하면서 위쪽으로 굽힘력을 받게 된다. Fig.5 에서 보이는 후방부는 초기 아크에 의한 처짐은 나타나지 않으며 전방부의 용접부가 응고하면서 즉, 전방구속력이 상방향으로 변하는 지점에서 급속도로 하방향 굽힘을 받고 용접이 후방으로 진행하면서 다시 급속도로 상방향으로 변하는 모양이 나타나게 된다.

전압의 차에 의해 저전압에서 고전압으로 갈수록 큰 힘이 걸리게 되고 전방부의 용접부에 의한 힘이 아래 방향에서 윗 방향으로 전환의 시점에서 후방의 구속력은 급속도로 변화하는 모양을 보이고 있다. 후방부는 전방의 굽힘력에 비해 짧은 시간에 큰 변형을 하는 것으로 나타난다.

Reference

1. 배강열 Journal of KWS,Vol.17.No.1. February,1999

2. G. Lothongkum, Journal of Materials Processing Techonology 89-90(1999)410-414

3. 한응교 스트레인 게이지 이론과 운용,1987

4. V.P Kujanpa, weld defects in austenitic stainless steel sheet-effect of welding parameters

5. K.Satoh and S. Matsui: J. of the J.of welding Society, vol.36,1967,pp.1096-1109

6. 신상범.윤중군 大韓鎔接學會誌 第15卷 第1號 1997 年 2月 PP 9-14.

7. Satoh, K. and Terasaki, T. :Effect of Welding Conditions on Welding Deformation in Welding Society, 1976(45),p.302-308.

Welding Speed	Shielding gas	Distance from test sheet	Torch angle	Welding Voltage
20	Ar	4mm	90°	150V
				200V
				250V

Tab.1 Welding condition

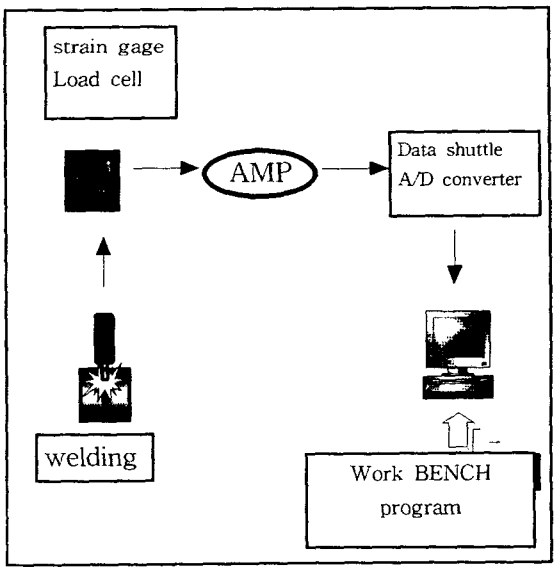

Fig.1 Schematic of data acquisition and processing

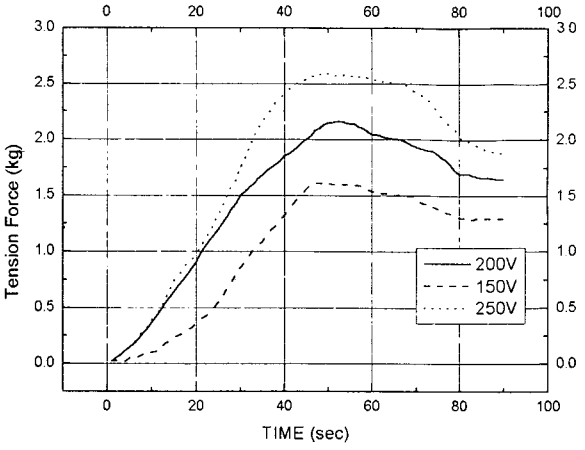

Fig. 2 forward tension force

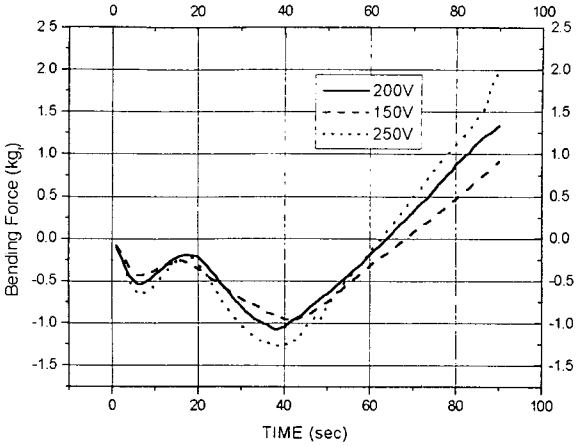

Fig. 4 forward bending force

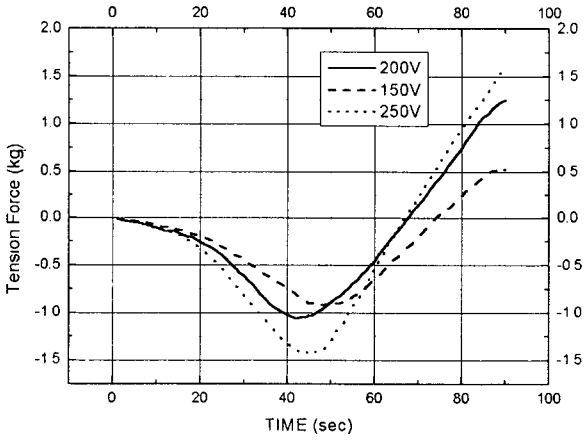

Fig. 3 behind tension force

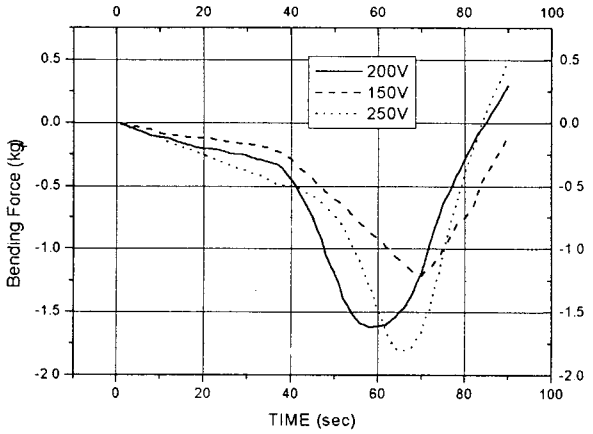

Fig. 5 behind bending force