

다층 양면 SA용접부의 개선 형상이 각 변형에 미치는 영향

Effect of groove shape on the Angular Distortion at the Both Side Multi-pass SA Butt Welds

김성윤*, 신상범
현대 중공업(주)

1. 서론

압력 용기의 제작을 위한 용접 공정은 단관 제작을 위한 longi. 용접 및 단관의 복관을 위한 girth 용접으로 이루어져 있으며, 주로 발생하는 변형 양상은 압력 용기의 형상에 의한 굽힘 강성에 기인하여 용접부의 중심부가 압력 용기의 내경 방향으로 국부적으로 함몰되는 gull 양상의 각 변형이다. 이러한 국부적인 각변형 양상은 압력 용기의 구조적인 안전성 문제를 야기하므로 허용 변형에 대한 규정이 엄격히 제한되고 있다. 또한, 최근 압력 용기의 사용 조건이 가혹화되고, 대형화됨에 따라 설계 조건을 만족시키기 위한 압력 용기 shell의 두께 증가는 용접 pass의 증가를 수반하고, 각 변형량의 증가를 야기할 뿐 아니라, 기 발생된 변형 교정을 거의 불가능하게 함으로써 적정 변형 제어 방안의 선정은 무엇보다도 중요하다. 현재 적용되고 있는 압력 용기와 같은 다층 양면 개선 용접부의 변형 제어 방안은 strong back과 bracing pipe를 이용한 단순 구속 방안과 용접부의 양 끝단면에 stretching force를 가하는 기계적인 구속 방안 그리고, 용접부 개선 형상의 적정 설계방안으로 대별된다. 그러나, 단순 구속 방안의 적용시 구속 제거 후 발생하는 용접 잔류 응력의 재 분포에 의한 탄성 복원의 문제에 기인하여 변형 제어 효과가 매우 유동적이며, 기계적인 구속 방안의 경우 실 적용시 용접부 위치에 따라 적용 범위가 매우 제한적이라는 점에서 효과적인 변형 제어 방안이라고 할 수 없다.

따라서, 본 연구에서 압력 용기와 같은 다층 양면 개선 butt 용접부의 변형 제어를 위하여 양면 용접부의 변형원을 상호간에 상쇄시키기 위한 적정 용접 개선 형상을 유한 요소 해석 및 실험 결과를 통하여 제안하고자 한다.

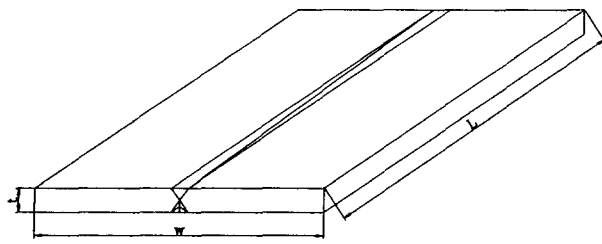
2. 실험 및 해석 방법

다층 개선 용접부의 각 변형 제어를 위한 적정 개선 형상을 얻기 위한 실험 및 해석 모델은 Fig. 1의 (a)와 같이 양면 X개선의 butt 용접부이며, 실험시 사용된 용접부의 초기 개선 형상은 Fig. 1과 같이 용착 금속의 비(backing pass의 용착 금속량/finishing pass의 용착 금속량)가 0.184인 경우로 가공하였다. 실험시 다층 용접부의 각 변형량은 data logging system과 dial gage를 이용하여 용접부의 가열 및 냉각시 발생하는 각 변형의 천이 거동 및 최종 냉각 상태에서 변형량을 용접선 방향으로 양 끝단부에서 100mm 떨어진 위치와 중앙부에서 측정하였다.

변형 제어를 위한 최적 용접부의 개선 형상을 위한 유한 요소 해석시 열전달 및 변형을 위한 열 탄소성 해석을 각각 비 연성된 것으로 가정하고 해석을 수행하였다. 열전달 해석시 용접선 방향으로 열 유동이 없는 것으로 가정하고 2차원 해석을 수행하였다, 그리고, 열 변형 해석시 모재의 열적, 기계적 물성치는 온도에 의존하고, 등방성인 것으로 가정하였으며, 항복 개시는 von-Mises 항복 조건을 적용하였다.

Table 1 Welding condition and variables used in this study

Dimension [mm]			Welding condition
L	W	t	
1000	600	53 - 71	600Amp × 32V × 400 mm/min



Thickness	Groove shape
53t	
62t	
71t	

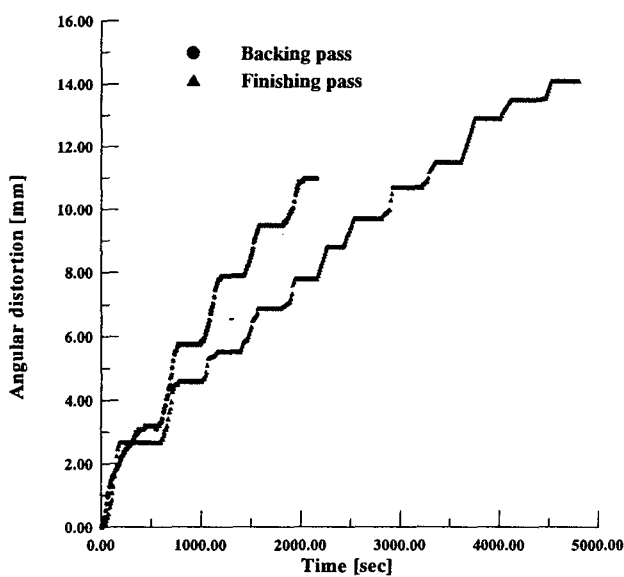
(a) Analysis model

(b) Groove shapes proposed by previous study

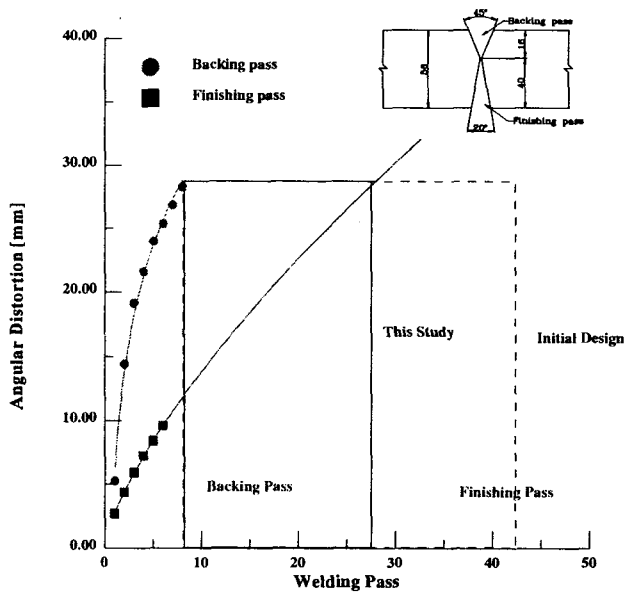
Fig. 1 Schematic diagram of experimental model

3. 실험 및 해석 결과

Fig. 2의 (a)는 주판의 두께가 53mm인 경우 Fig. 1의 (b)에 도시한 바와 같이 X 개선의 다층 맞대기 용접부에서 용접 pass에 따른 각 변형량의 천이 거동에 대한 실험 결과를 도시한 것이다. Fig. 2의 (a)와 같이 X 개선의 다층 맞대기 용접부의 각 변형은 backing 및 finishing pass의 용접 pass가 진행함에 따라 증가하나, 증가율은 감소한다. 이는 용접 pass가 진행됨에 따라 용접 입열량에 대한 굽힘 강성이 증가하기 때문이다. 이때, 양면 개선 용접부의 잔류 각 변형은 finishing pass의 방향으로 양 끝단부가 14mm 상승하는 각 변형이 발생함을 알 수 있다. Fig. 2의 (b)는 주판의 두께가 56mm인 경우 용착금속의 비가 실험 모델과 동일하게 0.184를 가지는 양면 X 개선의 butt 용접부에서 backing 및 finishing pass에 따른 각 변형의 천이 거동을 유한 요소 해석 결과를 도시하고 있다. Fig. 2의 (b)와 같이 용착 금속의 비가 0.184인 경우 Fig. 2의 (a)의 실험 결과와 동일하게 finishing pass로 각 변형이 발생함을 알 수 있으며, 이러한 각 변형을 제어하기 위해서는 backing과 finishing pass간의 용접 pass 비가 적정 수준으로 제어되어야 함을 알 수 있다.



(a) Experiment



(b) FEA

Fig.2 Changes of angular distortion at the X groove butt weldment with welding pass

따라서, 본 연구에서 양면 X 개선의 butt 용접부의 최적 개선 형상을 선정하기 위하여 backing 및 finishing pass간의 적정 용접 pass의 비 즉, 용착되는 금속의 무게비를 선정하기 위하여 수행한 유한 요소 해석 결과를 Fig. 3의 (a)에 도시하였다. Fig. 3의 (a)와 같이 각 변형 제어를 위한 backing과 finishing pass간의 용착 금속의 비는 두께가 증가함에 따라 감소하며, 70t이상으로 증가하는 경우 기존의 연구 결과와 동일하게 0.184로 수렴함을 알 수 있다. 본 연구에서 제안한 개선 형상의 타당성을 평가하기 위하여 용착 금속의 비를 이용하여 개선 형상을 가공하고, backing과 finishing pass에 따른 각 변형의 천이 거동을 평가하고, 이를 Fig. 3의 (b)에 도시하였다. Fig. 3의 (b)에서와 같이 본 연구에서 제안된 개선 용접부의 경우 finishing pass의 양끝단부가 약 0.2mm 정도 상승하는 각 변형이 발생하며, 거의 모든 각 변형이 "0"수준으로 제어됨을 알 수 있다.

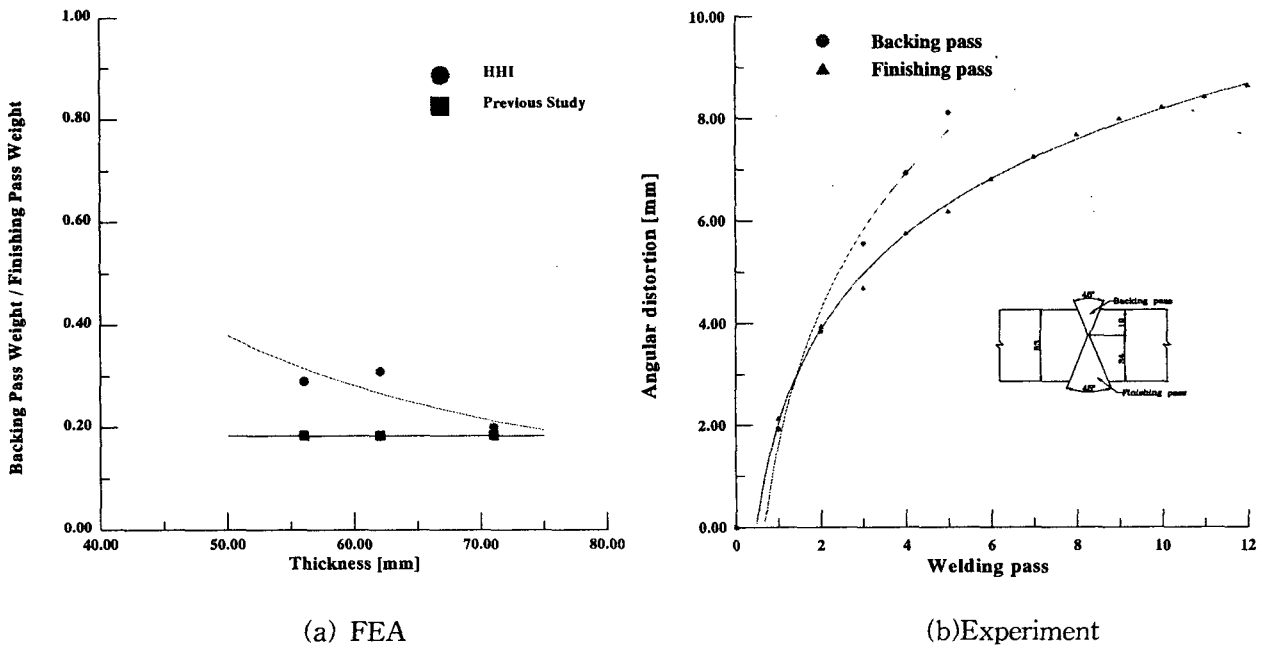


Fig. 3 Proper deposited weld metal weight ratio between backing pass and finishing pass

4. 결론 및 고찰

다층 개선 용접부의 각 변형 제어를 위한 적정 개선 형상을 얻기 위해 실험 및 유한요소 해석을 수행하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 다층 양면 X 개선 용접부의 각 변형을 제어하기 위한 backing 및 finishing pass간의 용착금속의 비를 유한 요소 해석 및 실험을 이용하여 제안하였다.
- 2) 다층 양면 개선 용접부의 각 변형은 용접 pass가 증가함에 따라 증가하지만 각 변형의 증가율은 감소하고, 용접 pass의 시공 위치에 의존한다.

참고문헌

1. Koichi Masubuchi : Analysis of Welded Structures, Pergamon Press Ltd. 1980
2. 신상범, 윤중근 : Fillet 다층 용접부의 각 변형 및 굽힘 변형에 관한 연구, 2000년 추계학술 발표 대회 개요집, 36(2000), pp173~174