

SM 490 A 맞대기 용접부의 특성 연구

A study on the characteristics of X-grooved butt weldments of SM 490 A

오창록*, 구병춘*, 김재훈*

* 한국철도기술연구원

ABSTRACT The purpose of this study is to investigate the characteristics of X-grooved butt weldments of SM 490 A. The flank angles and toe radii of weld beads are measured and analysed statistically. In addition, other properties are also studied.

1. 서 론

각종 구조물들은 주로 용접에 의해 제작되어진다. 용접은 그 시공방법이 용이하여 널리 사용되어지고 있지만 용접시공의 특성상 가공시 발생하는 결함이 있는 것으로 알려져 있다. 용접은 조직변화를 수반할 뿐만 아니라 결함들에 의한 응력집중을 유발한다. 실제로 대부분 구조물의 피로 파괴는 용접부에서 발생하게 되며 이러한 현상은 용접시 발생하는 여러 가지 결함에 의한 응력집중으로 설명될 수 있다.⁽¹⁻³⁾ 그러나 용접 결함들을 최소화시키더라도 용접시 만들어지는 용접비드의 형상에 따라 응력집중의 분포가 달라지게 되며 이러한 응력집중현상은 실제 모재의 피로수명에 비해 빠른 피로파괴를 일으키는데 결정적인 역할을 하게 된다. 이러한 이유에서 용접시편의 형상을 제어함으로써 용접부의 피로수명을 예측할 필요가 있다. 본 연구에서는 용접시편의 형상을 측정, 분석하여 이것이 피로수명에 미치는 영향을 조사하고자 한다.

접으로 3패스 X형 맞대기용접을 하였으며 용접조건은 Table 1과 같다.

Table 1 Welding conditions

	전류(A)	전압(V)	속도(cm/min)
패스 1	150	103	29
패스 2	190	105	18
패스 3	180	105	18

용접된 시편의 일부는 Fig. 1에 보이는 과정에 따라 열처리를 하였다. 용접비드의 가공상태와 열처리의 유무에 따라 시편들을 Table 2와 같이 분류하여 실험하였다.

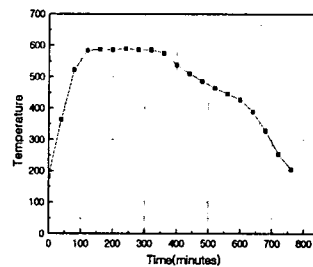


Fig. 1 Heat treatment curve of welded specimens

2. 시험 및 평가

2.1 시편 제작

용접에 사용되는 모재는 일반적으로 철도차량에 사용되는 용접구조용 압연강인 SM 490 A를, 용착금속은 AWS ER 70S-G 1.2 ϕ 를 사용하였다. CO₂ 보호가스를 이용한 GMAW 반자동 로봇용

Table 2 Classification of the specimens

	열처리	비열처리
무가공	AAN	AAV
3 ϕ 가공	GAN3	GAY3
5 ϕ 가공	GAN5	GAY5

2.2 용접시편의 조직관찰 및 경도실험

AAN과 AAY의 모재와 HAZ에 대한 조직관찰을 통해 용접에 의한 조직변화를 관찰하였다. 또한 일본의 AKASHI사의 AVK-C1 비커스경도기를 사용하여 5kg 하중조건에서 0.5mm 간격으로 경도를 측정하여 열처리로 인한 경도의 변화를 측정하였다.

2.3 용접시편의 형상측정 및 피로실험

Mitutoyo CV-3000S4를 사용하여 용접비드의 각도, 반지름 및 높이 등을 측정하였으며(Fig. 2) 측정부위는 Fig. 3에 나타나있다.

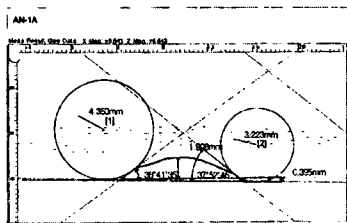


Fig. 2 Measurement of weld bead profiles

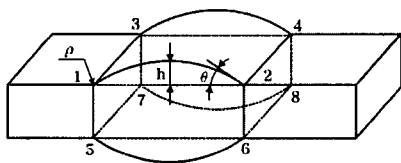


Fig. 3 Regions of measurement

25톤 용량인 Instron사의 S802 모델을 사용하여 각각의 시편을 피로실험하여 파단위치와 피로사이클을 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 용접에 따른 조직 및 경도변화

용접시편의 모재와 HAZ의 조직을 비교해보면 용접열의 유입으로 인해 HAZ 부분에서 재결정이 발생하여 모재에 비해 미세한 결정립들이 존재하는 것을 볼 수 있다(Fig. 4, 5)⁽⁴⁾. 이러한 이유로 Fig. 6에 표시된 부위에서 측정된 경도값은 HAZ

부분이 모재보다 높은 수치를 나타내게 되며(Fig. 7) 열처리과정을 거친 AAY시편에서도 유사한 현상이 나타난다. 내부응력을 없애기 위해 실행한 열처리로 인해 열처리전보다 열처리후의 경도가 약간 낮아짐을 알 수 있다.(Fig. 8, 9)



Fig. 4 Base metal of AAN

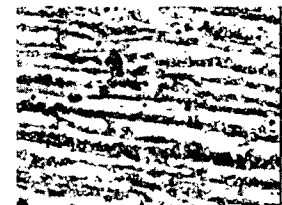


Fig. 5 HAZ of AAN

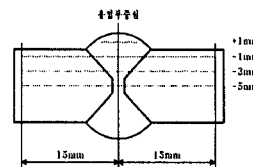


Fig. 6 Regions of hardness measurement

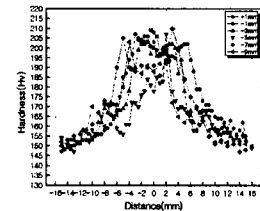


Fig. 7 Hardness distribution of AAN

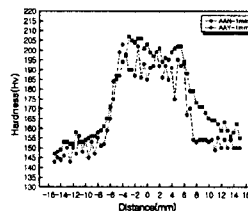


Fig. 8 Hardness at -1mm for AAN and AAY

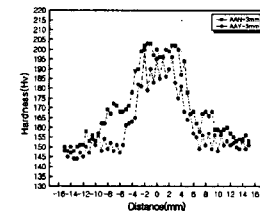


Fig. 9 Hardness at -3mm for AAN and AAY

3.2 용접비드 형상의 분포

모재 또는 용접시 발생하는 결함들이 완전하게 제거된 상태에서 피로수명에 영향을 미치는 요소는 Fig. 3에 나와있는 바와 같이 응력집중을 일으키는 용접비드의 형상과 관계있다고 볼 수 있으며, 특히 반지름과 각도가 관심대상이 된다.

각 시편의 반지름에 대한 각도의 분포가 Fig. 10-11에 나타나있다. 가공된 GA3시편의 경우에는 반지름과 각도가 특정분포에 밀집되어 있는

반면 가공되지 않은 AA시편의 경우에는 반지름이 넓은 분포를 가지고 있다. AA시편과 GA3시편의 반지름과 각도를 Weibull 분포곡선으로 나타낸 것이 Fig. 12-13에 나타나있다. 가공된 GA3의 반지름과 각도 및 AA의 각도는 Weibull 분포를 잘 따르고 있지만 AA시편의 반지름은 언더컷, 오버랩등 결함으로 일부 데이터가 Weibull 분포를 벗어나고 있다. 가공에 따른 분포경향은 각도에 비해서 반지름이 더 많은 영향을 받는다는 것을 알수 있다.

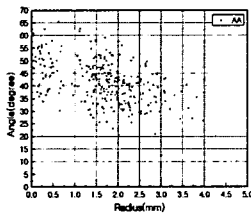


Fig. 10 Distribution for radii and angles of AA

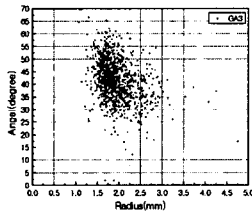


Fig. 11 Distribution for radii and angles of GA3

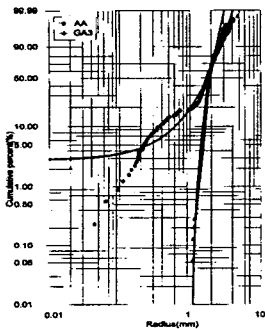


Fig. 12 Weibull distribution curve for radii

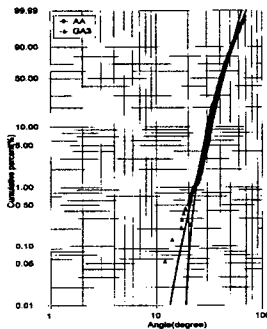


Fig. 13 Weibull distribution curve for angles

용접시편의 피로실험에서 실제 파단면의 반지름과 피로수명과의 관계가 Fig. 14-15에 나타나 있다. 3 ϕ 로 가공된 GAN과 GAY에 대해서 각각 320MPa와 260MPa의 일정한 최대응력상태(R=0.1)에서 실험한 결과를 나타내고 있다.

그림에서 보는 바와 같이 반지름의 크기가 커질 수록 피로수명은 현저하게 늘어나는 것을 볼 수 있다. 반지름이 0.5mm정도 커지게 되면 피로수명은 2배이상 늘어나게된다.

실제 데이터에서 반지름과 피로수명과의 비례 관계가 일치하지 않는 경우는 용접비드의 형상 이외의 조건들에 영향을 받았기 때문으로 보인다.

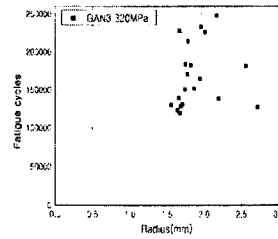


Fig. 14 Fatigue failure cycles for GAN3

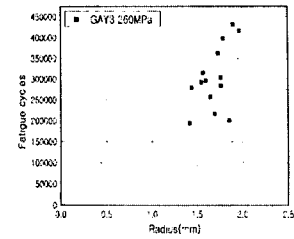


Fig. 15 Fatigue failure cycles for GAY3

결과적으로 용접부의 피로수명을 예측하기 위해서는 여러 가지 조건을 염두에 두어야 하겠으나 그 중에서도 피로수명에 상당한 영향을 미치고 제어가 용이한 용접비드의 형상에 관한 연구가 필요한 것을 알 수 있다.

4. 결 론

- 1) 용접부의 피로수명은 용접비드의 형상에 크게 의존한다.
- 2) 용접비드의 형상 이외에도 피로수명에 영향을 주는 요소가 존재하기 때문에 정확한 피로수명의 예측을 위해서는 발생가능한 모든 요소들에 대한 종합적인 분석이 필요하다.

후 기

본 연구는 과학기술부의 국가지정연구실사업의 지원으로 수행되었습니다. 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. Y. Ishii and K. Iida : J. soc Non-destructive T Japan, vol. 18, no. 10, 1969
2. R. J. D. Harrison : Metal Construction, vol. 4 1972, pp. 99-107
3. R.M. Brick, A.W. Pense and R.B. Gordon : St and Properties of Engineering Materials(4th E McGRAW HILL BOOK Co., 1977, 25-35
4. 용접핸드북, 대한용접학회,
5. 日本容接學會 編, 容接·접합공학 便覽