

# GMAW를 이용한 파이프 이면비드 시각화를 위한 연구 A study on visualization of pipe back-bead geometry using the GMAW

\*김인주<sup>1</sup>, 김지선<sup>1</sup>

\*I. J. Kim<sup>1</sup>, J.S.Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국생산기술연구원 그린몰드기술센터

Key words : Welding, Back-bead, GMA(gas metal arc), Root-pass, Orbital welding

## 1. 서론

최근 고도로 발전된 산업에서 용접이 차지하고 있는 비중은 대단히 높으며, 기계가공, 조립, 제작 등의 모든 공정에서 용접은 필수적인 공정이 되고 있다. 현재 용접과 관련된 연구는 용접부 품질을 대변하는 변수들을 측정하여 그에 영향을 주는 여러 외란에 의한 영향을 실시간으로 보상할 수 있는 시스템 개발 및 로봇을 이용한 용접공정을 전자동화 시키는 방향으로 진행되고 있다. 파이프 간의 결합제작 공정은 주로 초층(root-pass)층과 필패스(fill-pass) 용접으로 구성되며, 초층 용접은 일반용접에 비해 자동화 공정이 매우 까다롭고, 용접 품질을 보장하기 어려운 현실이다[1]. 일반적으로 배관용접에는 통상 수동 GTA 용접법이 적용되고 있다. 초층 용접품질은 이면비드의 폭과 높이로 대변될 수 있으며 이면비드의 형상을 예측하기 위한 다양한 연구가 수행되고 있다[2]. 본 연구에서는 이면비드의 형상을 예측하기 위한 수학적 모델과 그 형태를 구현할수 있는 커브를 찾는 데 목적이 있으며, 이를 위해 GMA 용접공정을 이용하여 배관 초층 용접실험을 수행하였다.

결과를 바탕으로 이면비드의 표면 형상을 표현 하기에 적합한 함수를 선정하였으며, 개발된 수학적 모델과 2차 함수를 이용하여 이면비드의 형상을 시각화하였다.

## 2. 이면비드 형상 시각화

이면비드의 형상을 시각화하기 위해 이면비드 형상을 표현하기 가장 적합한 2차 곡선함수 선정을 위한 실험을 수행하였다. Fig. 1은 본 연구에 대한 전반적인 흐름도를 나타낸다. 이면비드 형상데이

터를 추출하기 위해 2차원 스캐너를 이용하여 Fig. 3 과 같이 나타낸 것과 같이 실험이 완료된 시험편은 각 구간으로 나누어 이면비드 형상데이터를 획득하였다.



Fig. 2 The experimental results of pipe welding experiment process

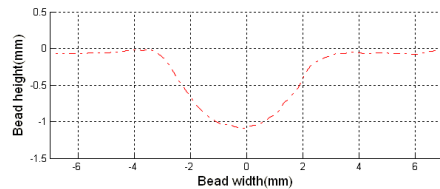


Fig. 3 The data measured back-bead geometry based on different welding conditions

구간 1(Section 1 (0°~45°))은 아래보기 자세이며, 구간 2(Section 2 (45°~135°))는 수직자세, 구간 3(Section 3 (135°~180°))은 위보기 자세를 나타낸다. 각각의 자세에서의 이면비드 형상이 어떤 2차 함수와 가장 일치하는지 알아보기 위해 수식 (1~4)와 같은 4개의 2차 곡선함수를 이용하여 평가하였다.

Polynomial function :

$$f(x) = a_1x^3 + a_2x^2 + a_3x + a_0 \quad (1)$$

Gaussian function :

$$f(x) = ae^{-(x-b)^2/c^2} \quad (2)$$

Fourier function:

$$f(x) = a_0 + a_1 \cos(wx) + a_2 \sin(wx) \quad (3)$$

Sine function :

$$f(x) = a_1 \sin(b_1x + c_1) \quad (4)$$

각각의 함수들의 정확성을 평가하기 위해 분산 분석(ANOVA)의 결정계수(R<sup>2</sup>)와 잔차의 제곱합(SSE)을 이용하였다.

Table 1 Comparison of curve fitting with different functions

Section	Function	SSE	R <sup>2</sup>
Section 1 (0°~45°)	Polynomial	0.1564	0.9752
	Gaussian	0.1870	0.9704
	Fourier	0.1050	0.9834
	Sine	0.0625	0.9901
Section 2 (45°~135°)	Polynomial	0.6785	0.8848
	Gaussian	0.1413	0.9760
	Fourier	0.4406	0.9252
	Sine	0.0459	0.9922
Section 3 (135°~180°)	Polynomial	0.6950	0.9284
	Gaussian	0.4869	0.9498
	Fourier	0.4310	0.9556
	Sine	0.2251	0.9772

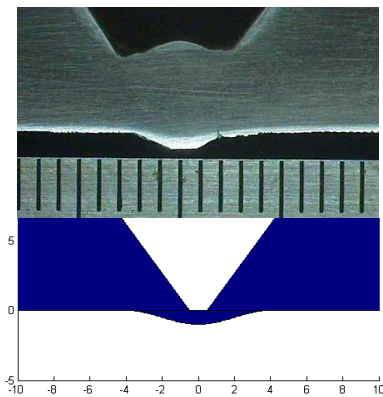


Fig. 18 Comparison of experiment result with predicted result which use sine function and empirical

Table 1 에 나타난 바와 같이 구간 1의 경우, 사인함수의 R<sup>2</sup> 값이 가장 높게 나타났다. 또한 SSE 값은 0.625로 잔차의 크기도 매우 적음을 알 수 있다. 구간 2와 구간 3의 경우 역시 R<sup>2</sup> 값이

0.9772 0.9922으로 사인함수가 이면비드 형상을 표현하기에 가장 적합함을 나타내고 있다. 전반적으로 SEE 값 또한 사인함수가 나머지 함수들에 비해 현저히 낮음을 알 수 있다. 이를 통해 각각의 구간의 이면비드 형상을 표현하기 위한 함수로 사인함수를 선정하였다. 선정된 사인함수를 바탕으로 다음과 같은 함수를 개발하였으며, 앞서 이면비드 예측을 위한 수학적 모델과 개발된 사인함수를 이용하여 이면비드의 형상을 시각화 하였다.

### 3. 결론

본 연구는 오픈갭(Open-gap)형태의 파이프라인 결합공정에서 이면비드의 형상예측에 집중되었으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 이면비드 형상을 표현하기 위해 4종류의 2차 함수에 대한 적합성을 판단하여 가장 적합한 모델을 개발하였다.
- 2) 이면비드의 형상을 시각화하기 위해 개발된 수학적 모델과 사인함수를 이용하여 10%이내의 형상오차를 갖는 알고리즘을 구현하였다.

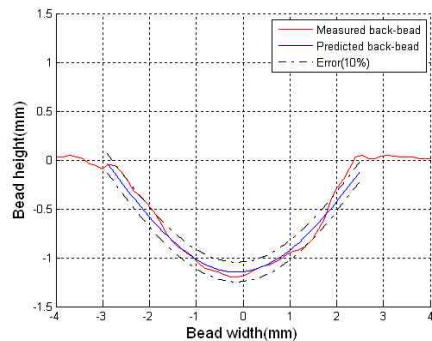


Fig. 4-51 Accuracy of prediction for back-bead geometry (overhead position)

### 참고문헌

1. J. W. Jeong, I. S. Kim, H. H. Na, J. H. Lee, and S. H. H, "A Study on the Selection of Optimal Conditions in V-Groove Root-pass Welding of STS316L," Proceeding of the KAMES 2010 Joint Symposium, pp. 275~276, 2010.
2. B. W. Lee, S. M. Joe, "A Study on the Welds Characteristics of Stainless Steel 316L Pipe using Orbital Welding Process," The Korean Society for Power System Engineering, 14, 2, pp.71~77, 2010.