

SAW 비드 용접을 통한 Flux 거동 해석

Analysis of Flux's Conduct by Bead Welding in SAW

이 재윤*, 이 성호**, 이 보영***

* 한국항공대학교

** 한국항공대학교

*** 한국항공대학교

ABSTRACT Elements of Pure Weld Metal(PWM) is important factor that understand to analyze Flux's conduct in SAW welding. For elements of PWM were got, Pile-up welding over 10 floor have used in the past. But, it take a long time to analyze elements of PWM in this method. Elements of Pure Weld Metal is needed to seize more easily. In this research, Bead welding is used to graps an element of Pure Weld Metal using mathematical formula which get to be derivation.

1. 서 론

서브머지드 아크용접(Submerged Arc Welding : SAW)은 용접선의 전방에 입상의 플럭스를 미리 산포하고 그속에 용접와이어를 자동으로 송급하여 와이어 선단과 모재 사이에 아크를 발생시켜 아크열로 용접하는 자동용접 중에 하나이다. SAW는 압력없이 사용되고 와이어로부터 삼입금속과 보충재(와이어, 플럭스 또는 금속입자)에 의해 용접된다. 플럭스는 아크 및 용융금속을 덮어 대기의 침입을 방지하고 플럭스가 아크열에 의해 용융하여 슬래그로 되면 용융금속을 덮어 대기를 차단함과 동시에 용융금속과 반응하고 용융금속이 응고할 때에는 비드의 형상을 조정한다.

이 용접법에서 사용되는 Flux는 제조 방식에 따라 용융형 Flux와 소결형 Flux로 구분하고, 소결형 Flux는 고온 소결형 Flux와 저온 소결형 Flux로 구분한다. 또한 용접 시 아크 전압(아크 길이)의 변화에 따라 용착금속에 함유되는 Si, Mn 함량의 변화에 따라 중성 Flux, 활성 Flux, 합금 Flux로 구분한다. SAW용접에 의한 용접부의 기계적 성질 및 용접 비드의 형상은 Flux에 따라 다르기 때문에 SAW용 Flux를 제조하는데 어려움이 있다.

따라서 SAW용접에서 Flux의 거동을 해석하

는데 중요한 순수용착금속의 성분을 기존의 10층 이상의 적층방식으로 하지않고, 비드용접으로 예측하는 것이 본 연구의 목적이다.

2. 이론적 배경 및 실험 방법

2.1 이론적 배경

SAW용접 과정이 Fig.1에 나와있다. SAW에서 생기는 용착금속의 성분은 모재(Basd Metal : BM), 와이어(Wire), Flux에 의해 결정되어진다.

SAW과정에서 금속화학적으로 반응으로 3가지가 있는데, 일으키는 순서를 살펴보면 첫 번째로 용적(Droplet)과 Flux간에 반응, 두 번째로 용적과 모재간에 반응, 세 번째로 모재와 슬래그(Slag)간의 반응이 있다. 이런 금속화학적 반응이 진행된 이후에는 용착금속(Weld Metal : WM), 슬래그가 생성된다.

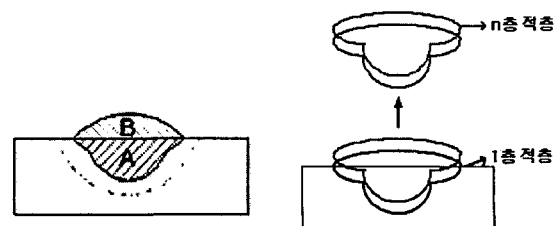


Fig.1 회석율과 적층 Undilution Deposit

2.1.1 이론식

희석(Dilution)은 모재 또는 용접된 용접금속과 용가재와의 혼입되는 현상을 말하고, 희석의 정도를 나타내는 것을 희석률(Dilution ratio)이라고 한다. 희석율은 Fig.1(왼쪽)처럼 용접이 되었을 때, 다음 식에 의해 구해진다.

$$\text{희석율}(D) = \frac{A}{(A+B)} \times 100$$

이전에는 순수용착금속을 구하기 위하여 Fig.1(오른쪽)에 나와있듯이, 10층 이상 적층을 하여 순수용착금속을 구하였다. 적층시 각층의 용착금속의 성분을 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} X_{WM1} &= X_{BM} \cdot D + (X_{wire} + \Delta R)(1 - D) \\ X_{WM2} &= X_{BM} \cdot D^2 + (X_{wire} + \Delta R)(1 - D^2) \\ &\quad \downarrow \\ X_{WMn} &= X_{BM} \cdot D^n + (X_{wire} + \Delta R)(1 - D^n) \dots(1) \end{aligned}$$

식(1)은 수학적 유도에 의해 다음과 같이 증명되어진다.

$$X_{PWM} = \lim_{n \rightarrow \infty} (X_{WMn}) = (X_{wire} + \Delta R) \dots(2)$$

따라서 식(2)를 식(1)에 대입하면 다음과 같다.

$$X_{WM1} = X_{BM} \cdot D + X_{PWM} \cdot (1 - D) \dots(3)$$

$$X_{PWM} = \frac{X_{WM1} - X_{BM}}{1 - D} \dots(4)$$

순수용착금속의 성분을 구하기 위하여 10층 이상 적층을 하던 것이 식(4)에 의하여 1층 적층으로 순수용착금속의 성분을 이론적으로 구할수 있게 되었다. 본 연구에서는 식(4)을 이용하여 모재(X_{BM})와 1층 적층에서의 용착금속(X_{WM1})의 성분 및 희석율(D)의 값으로 순수용착금속의 성분(X_{PWM})의 값을 구하는 간단한 식을 도출하였다. 이렇게 구한 식(4)으로 실제로 적층했을 때 구한 순수용착금속 성분값과 비교하기 위하여 다음과 같이 실험을 하였다.

2.2 실험재료

본 연구에 사용되었던 시편은 용접구조용강인 SM490을 사용하였다. 시편의 화학성분은

Table.1에 나와있다. 시편의 두께는 단층용접시 10mm, 적층용접시 20mm를 사용하였고, 와이어는 현재 시중에 시판중인 SAW용 와이어(선경 4mm)를 사용하였고, 화학성분은 Table.2에 나와 있다. Flux도 현재 시판중인 SAW용 Flux 1종을 사용하였으며, 염기도가 산성이었다. Flux의 화학 성분 값은 Table.3에 있다. 실험은 KRUMC-1500(JAPAN) SAW용접기를 사용하여 실시하였다.

Table.1 Chemical Composition of Base Metal

C	Si	Mn	P	S	Cu	Mo
0.156	0.387	1.365	0.010	0.011	0.024	0.024

Table.2 Chemical Composition of Wire

C	Si	Mn	P	S	Cu	Mo
0.075	0.005	1.850	0.011	0.007	0.010	0.054

Table.3 Chemical Composition of Flux

FeO	MnO	TiO ₂	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	CaF ₂	BI
3.5	1.0	26.0	7.5	26.5	23.0	4.0	0.0	0.27

2.3 실험방법

실험조건은 AC, 650A, 34V, 45CPM과 입열량 29.5 kJ/cm으로 실험하였고, 실험방식은 단층용접과 적층용접을 하였다. 이전에는 순수용착금속을 구하기 위하여, 같은 길이로 10층이상으로 적층하여 성분을 파악하였다. 그러나, 순수용착금속은 10층 이하에서 나올수도 있다고 판단하였다. 따라서 2차 실험에서는 적층방식을 1~6층까지 같은 길이로 적층하였고, 6~12층까지는 계단형식으로 적층하였다.

2.4 성분분석

단층용접과 적층용접에 대한 용착금속의 화학 성분 분석을 위하여, 각 시편을 Nital 10%로 마크로 에칭을 하였다. 성분분석은 BAIRD SPETROVAC 2000(USA)으로 화학성분 분석을 하였고, 성분 중 Mn은 Inductively Coupled Emission Spectrometer(Atom Scan 25), P는 UV - Vis Spectrophotometer(GENESYS-5), Si은 습식중량법으

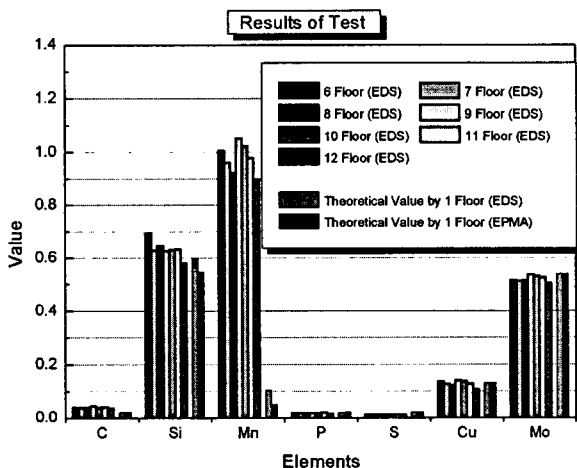
로 분석을 재실시하였다. 회석율(D)은 Image Analyzer로 계산하였다. 성분분석값은 2개의 시편을 앞뒤 4개의 평균값으로 구하였고, 회석율은 시편 1개로 앞뒤 2개의 평균값을 사용하였다.

3. 실험 결과

Image Analyzer로 구한 회석율(D)은 0.54로 계산되었다. 1층 적층으로 이론적 순수용착금속 성분을 구한 값과 12층 적층을 하여 순수용착금속 성분 값을 비교하여 보면 Mn을 제외한 다른 성분들의 경향이 비슷하였다. 그러나 Mn 성분의 경향이 실제 측정값과 이론 계산값과이 차이로 인하여 Si, Mn, P에 대한 성분을 EPMA로 다시 화학성분분석을 실시하였다. EDS와 EPMA로 분석을 한 값이 Table 4.와 Graph.1에 나와있다. Mn 성분에 대한 EPMA로 분석 역시 EDS로 분석한 값과 차이가 없었고, Mn성분에 대한 이론적 계산식의 수정 및 보완이 요구되어진다.

Table.4 PWM of Theoretical value

	C	Si	Mn	P	S	Cu	Mo
EDS	0.021	0.598	0.104	0.018	0.021	0.131	0.539
EPMA	0.021	0.546	0.050	0.021	0.021	0.131	0.539



Graph 1. Results of Test

4. 결 론

순수용착금속을 구하기 위하여 이전에 10층이

상 적층을 하였다. 그러나 적층을 수학적 유도로 $X_{PWM} = (X_{WM} - X_{BM}) / (1 - D)$ 식을 도출하였다. 이식으로 1층 적층을 하여 구한 용착금속의 성분값을 이용하여 계산된 순수용착금속값과 실제 적층된 순수용착금속값을 비교 분석을 한 결과, 다음과 같은 결론을 내릴수 있었다.

- 1) 1층 적층에 대한 용착금속의 성분값을 수학적 유도식으로 순수용착금속의 성분값을 예측한 값과 실제로 10층 이상 적층을 하여 구한 순수용착금속의 값에 대한 경향이 비슷하였다.
- 2) Mn 성분에 대한 순수용착금속의 성분값이 실제 순수용착금속의 값과 많은 차이를 보이는 것에 대한 이론식의 보완이 필요하다.
- 2) 이론식에 의하여 EDS의 성분분석능력을 예측할수 있고 EDS의 분석능력이 정확하다면, 1층 적층으로 순수용착금속성분을 예측할 수 있다. 즉, 10층 이상 적층으로 순수용착금속의 성분을 파악하여 3~4일 정도 분석시간이 필요한 EPMA 같은 정확도가 높은 분석기보다 시간적으로 훨씬 빠른 결과값을 얻을수 있다.

참고문헌

1. Boyoung Lee : Beitrag zur Untersuchung der Schweißguteigenschaften beim UP-Mehrlagenschweißen hochfester Feinkornbaustahle, BRAUNSCHWEIG, 1984, 5
2. Howard B. Cary : Modern Welding Technology(4th Edition), Prentice Hall, 1998, 163-175
3. Robert W. Messler, Jr. : Principles of Welding, A Wiley-Interscience Publication, 1999, 68, 280-281