

## EBSD를 이용한 침상형 페라이트의 유효입경 측정

### Effective grain size measurement of acicular ferrite by EBSD

김가희\* \*\*, 김희진\*, 유희수\*, 서금희\*, 허무영\*\*

\* 한국생산기술연구원

\*\* 고려대학교

## 1. 서 론

강(steel)의 아크(arc)용접에서는 용접재료의 조성과 미세조직을 제어함으로써 용착 금속의 기계적 성질을 향상시킬 수 있다. 미세조직과 기계적 성질과의 상관관계는 체계화 되어 있어 용접재료의 고강도·고인성화는 대부분 미세조직을 최적화 함으로써 이루어 지고 있다. 미세조직의 측면에서 주관심 대상 조직인 침상형 페라이트는 미세한 특성을 가지고 있어 용착금속의 강도와 인성을 동시에 향상 시킬 뿐 아니라 저온 균열 저항성을 확보하는데 필수적인 조직으로 인식되고 있다. 따라서 용착 금속에서는 이 침상형 페라이트의 분율을 향상시키기 위해 냉각속도를 빠르게 한다든지, 합금을 첨가하는 등의 방법을 쓰고 있다. 그러나 이렇게 형성된 침상형 페라이트의 정확한 형상적 특징이라든지, 유효입경에 대한 연구는 아직 이루어지지 않고 있다. 이에 본 연구에서는 각 공정에서 형성된 침상형 페라이트 조직들의 특성을 EBSD(Electron BackScatter Diffraction Pattern)를 이용하여 분석하고자 한다.

## 2. 장 실험 방법

### 2.1 용접 실험

본 연구에서는 2가지 시편을 준비하여 실험하였다. 용접은 2시편 모두 동일하게 용접전류 320A, 용접전압 32V 그리고 용접속도 35cm/min의 조건으로 Bead-on-plate로 하였다. 용접 재료의 성분은 Fe-0.045C-0.55Si-1.17Mn-0.015P-0.01S-0.027Cr으로 Ni를 제외한 다른 성분 함량은

비슷하다. 따라서 table 1과 같이 Ni의 함량에 따라 시편을 분류하였다.

Table 1. Specimen classification

	A	B
Ni composition(%)	0.026	1.52

### 2.2 시편 분석

미세조직의 관찰은 광학 현미경과 SEM(Scanning electron Microscopy) 그리고 EBSD(Electron backscatter diffraction pattern)를 이용하였다. 이때 시편의 준비는 광학 현미경은 1% 나이탈로 에칭하였고, SEM 및 EBSD는 10% Perchloric acid로 영하 10℃이하에서 전해 연마 하였다. 미세조직 정량화는 IIW에서 규정한 방법을 따라 AF(Acicular ferrite), PF(Primary ferrite), FS(Ferrite with second phase)로 분류하였다. 또한 시편의 기계적 특성을 측정하기 위하여 로크웰 B스케일로 경도를 측정하였다.

## 3. 장 실험 결과 및 고찰

### 3.1 용착 금속의 기계적 성질

Ni의 함량에 따라서 분류된 A,B 시편에서의 기계적 특성을 로크웰 경도로 측정하였다. Table 2와 같이 측정되었다.

Table 2. Mechanical property of specimen

	A	B
Rockwell Hardness (HR <sub>B</sub> )	95	98.52

Ni의 함량이 큰 B시편이 Ni의 함량이 적은 A시편보다 경도가 증가하는 것을 볼 수 있다.

### 3.2 미세조직의 정량화

Fig. 1의 광학현미경 사진으로 Ni의 함량에 따라 침상형 페라이트가 증가 하였 음을 확인 할 수 있다. 앞에서 언급한 IIW에서 규정한 방법대로 미세조직 정량화한 결과를 Fig. 2에 나타내었다. Ni이 오스테나이트 안정화에 기여하는 원소로 잘 알려진 바와 같이 Ni의 성분이 증가함에 따라 입계 페라이트에서 침상형 페라이트로 변화한 것을 볼 수 있다.

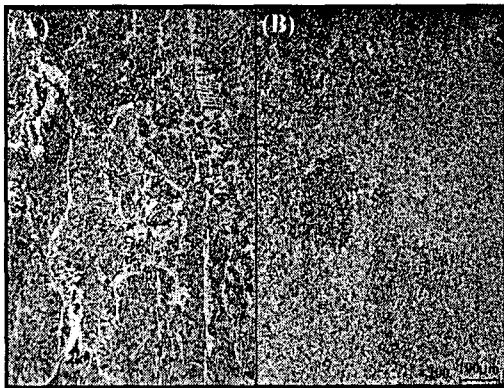


Fig.1 Microstructure of as-deposit weld metal with different Ni chemical composition

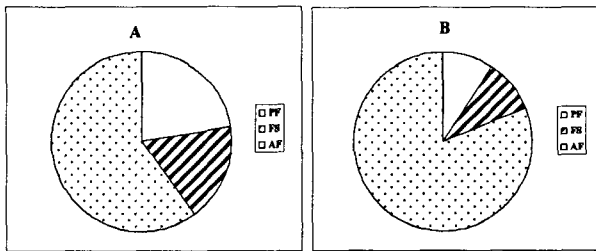


Fig.2 Quantity of microstructure with Ni composition(%)

### 3.2 침상형 페라이트의 유효입경 측정

Ni 합금의 첨가에 따라 증가된 B시편의 침상형 페라이트와 B시편의 침상형 페라이트의 형상을 광학현미경을 이용하여 측정해 본 결과 에천트의 종류 및 농도 차이, 에칭 시간에 따라 형상이 변함으로 광학현미경 사진으로 침상형 페라이트의 형상을 정의하는데 어려움이 있었다. 예를 들면 언더 에칭(under etching)되면 저각 입계를 가지는 입계가 구분이 되지 않아 두 개 이상의 grain에서 한 개의 그레인 처럼 관찰되고, 오버

에칭(over etching)되면 pitting이 생겨 그레인 크기 측정에 방해 요소가 된다. 또한 침상형 페라이트의 형상적 특성에 따라 지금껏 광학현미경으로 침상형 페라이트의 그레인 크기를 측정하는 것이 불가능 하였다. 이에 본 연구에서는 침상형 페라이트의 형상을 정의하고 침상형 페라이트의 그레인 크기를 측정하기 위하여 EBSD를 이용하였다. Fig. 3은 광학현미경, SEM, EBSD image를 나타낸다. 각 현미경별 측정 원리에 따라 같은 시편에서 서로 다른 형상을 나타내는 것을 볼 수 있다. 앞에서 설명한 바와 같이 (a) (b)의 광학현미경과 SEM은 에칭에 따라 조직이 달라질 수 있는 한계를 지니고, SEM은 3차원적인 형상을 나타내기 때문에 입계에서의 콘트라스트가 낮아 구분이 쉽지 않다. 이에 반해 (c)의 EBSD는 시편의 결정 방위(crystal orientation)를 측정하여 나타내기 때문에 Misorientation을 계산하여 저각 입계 까지 정확하게 측정할 수 있다.

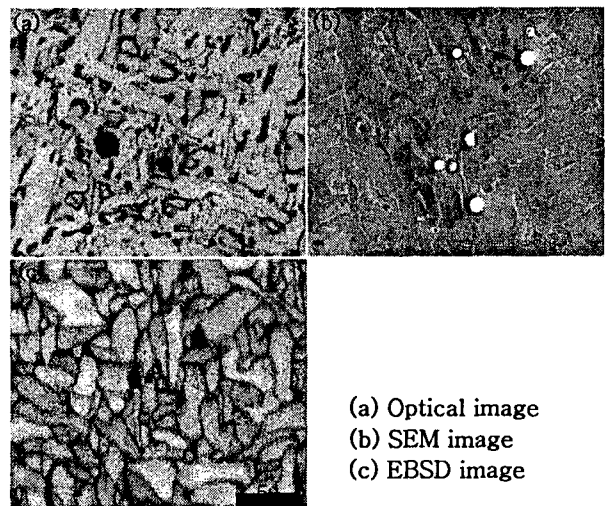


Fig. 3 Acicular ferrite image of microscopy

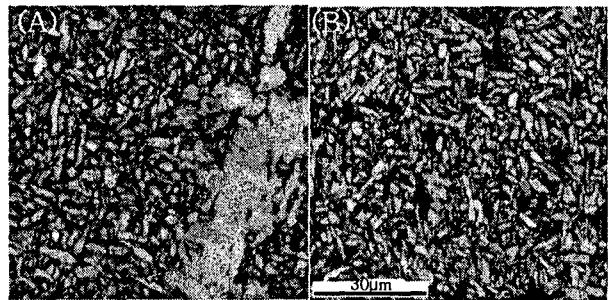


Fig. 4 Microstructure of As-deposit weld metal by EBSD

이러한 이유로 EBSD를 이용하여 각 시편에서 침상형 페라이트의 그레인 형상과 크기를 측정하

였다. Fig. 4는 2000배율로 각 시편에서 EBSD 측정된 사진이다. Ni의 함량에 따라 침상형 페라이트의 그레인 크기는 크게 차이가 나지 않았다. 침상형 페라이트의 유효입경은 육안으로 보기에 는 래스의 길이 방향으로 5 $\mu$ m, 폭방향으로 1 $\mu$ m정도를 보여지고, EBSD를 이용하여 Intercept로 그레인 크기를 측정한 결과 또한 두 시편이 서로 비슷한 결과를 나타내었다.

Table 3. Grain size measurement of acicular ferrite by EBSD

	Intercept ( $\mu$ m)
A	1.76
B	1.49

그레인 형상은 광학현미경 사진으로 관찰하였을 때 Ni함량이 작은 A시편의 침상형 페라이트가 B의 것보다 aspect ratio가 큰 길쭉하고 뾰족한 모양을 하고 있는 것처럼 보였으나, EBSD 측정 결과 형상은 육안적으로나, 정량적으로도 시편간의 차이가 없이 table 4와 같은 Grain shape aspect ratio를 가지고 나타났다.

Table 4 Grain shape aspect ratio of Acicular ferrite

	Fraction
0.12~0.26	10%
0.26~0.40	14.9%
0.40~0.55	20.5%
0.55~0.69	9.4%
0.69~0.84	0.8%

#### 4. 결 론

본 연구를 통해 다음과 같은 결론을 알 수 있었다.

1) Ni합금을 첨가함으로써 침상형 페라이트의 분율을 증가시켜 강의 인성을 증가 시킬 수 있다.

2) 용착 금속에서의 침상형 페라이트는 오스테나이트 그레인 속의 정렬되지 않았으며 크기가 작고 aspect ratio가 큰 페라이트로 정의하는데 광학현미경 사진으로 이러한 형상을 기준으로 하여 침상형 페라이트의 분율을 측정 하는데에는 문제가 없으나, Grain size를 측정할 때에는 여러 Grain들이 뭉쳐서 구별되지 않을 수 있기 때문에 광학현미경사진으로는 적절치 않으며, Grain

size를 정량적으로는 측정 할 수가 없다.

3) 따라서 용착 금속의 미세조직 정량화는 편의상 광학현미경 사진으로 측정하지만, Grain의 정확한 구별이나, Grain size를 측정 할때는 EBSD를 이용하여 나타내는 것이 바람직하겠다.

#### 참 고 문 헌

1. D. J. Abson, A. Duncan, R. J. Pageter: Guide to the light microscope examination of ferritic steel weld metals, IIW Doc. No. 1533-88 (1988)
2. Hee Jin Kim, Bong Yong Kang: Microstructural characteristics of steel weld metal, J. of KWS, 18-5(2000), 565-572(in Korean)
3. E. Levine, D. C. Hill: Structure-property relationships in low C weld metal, Met. Trans. A, 8A-9(1977), 1453
4. R. Thibau, S. R. Bala: Influence of electroslag weld metal composition on hydrogen cracking, Welding Journal, 62-5(1983), 97s