

침상형 페라이트의 유효입경 측정에 관한 연구

Study on the Effective Grain Size Measurement of Acicular Ferrite Microstructure

김가희* **, 김희진*, 허무영**, 유희수*,

* 한국생산기술연구원

** 고려대학교

층으로 10패스 용접한 후 최종 비드에서 모든 분석을 실시 하였다

Table 1. Chemical composition of weld metal

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
0.045	0.55	1.17	0.015	0.01	0.027	0.026

1. 서 론

용착 금속의 미세조직은 여러 가지 미세조직들이 혼재하여 나타난다. 그 중 에서도 침상형 페라이트는 강의 강도와 인성을 동시에 향상시키면서 저온인성을 확보할 수 있는 미세조직으로써 최근 관심이 되고 있다. 이 미세조직은 용착 금속의 미세조직을 형태학적 측면에서 분류한 IIW에 따르면 오스테나이트 입내에서 찾을 수 있는 정렬되지 않고, 미세하며 높은 Aspect ratio(장축과 단축의 비)를 가지는 페라이트라고 정의 된다. 그러나 침상형 페라이트는 이처럼 형상에 대한 정의만 있을 뿐, 유효입경(Effective Grain Size)을 측정하는 방법에 대해서는 언급되어 있지 않다. 따라서 아직까지 저자들이 확인한 바에 의하면 침상형 페라이트의 유효입경을 측정한 보고는 찾아 볼 수 없었다. 또한 그에 대한 연구도 아직 없었다. 이에 본 연구에서는 침상형 페라이트의 유효입경 즉, 균열 전파에 방해물으로써 작용하는 고각 입계(Misorientation 15° 이상)을 EBSD(Electron BackScatter Diffraction Pattern)를 이용하여 측정해 보고자 하였다. EBSD는 전자 빔을 시편 표면에 조사하여 형성된 기구치 패턴을 이용하여 Crystal Orientation을 얻는 방법이므로, 미세조직의 고각 입계를 측정하는데 매우 유용할 것이라고 판단되었다.

2. 장 실험 방법

2.1 용접 실험

본 연구에서는, 화학성분이 Table 1과 같은 상용 와이어를 이용하여 용접하였는데, 용접조건은 용접전류 320A, 용접전압 32V 그리고 용접속도 35cm/min이며, Bead on-plate로 하였다. 또한, 모재와 성분이 회석되는 것을 막기 위하여 4

2.2 시편 분석

미세조직의 관찰은 광학 현미경과 SEM(Scanning Electron Microscopy), TEM(Transmission Electron Microscopy) 그리고 EBSD(Electron Backscatter Diffraction Pattern)를 이용하였다. 이때 시편 준비는 광학 현미경은 1% 나이탈로 에칭하였고, SEM 및 EBSD는 10% Perchloric acid로 영하 10°C 이하에서 전해 연마 하였다. 또한 TEM은 Ion milling하였다.

3. 장 실험 결과 및 고찰

침상형 페라이트의 유효입경을 측정하기 위하여 광학현미경과 SEM, TEM, EBSD를 이용하여 측정해 보았다. 우선 광학현미경은 에칭액의 종류 및 에칭 시간, 농도 차이에 따라 미세조직의 형상이 변함을 알 수 있었다. 예를 들면 에칭이 언더 에칭(under etching)되면 두 개 이상의 래스들이 입계가 잘 구분이 되지 않아 한 개의 래스 인 것 처럼 관찰되고, 오버 에칭(over etching)되면 Pitting이 생겨 유효입경 측정에 방해 요소가 된다. 이러한 에칭의 문제를 제외 하더라도, 침상형 페라이트 유효입경 측정에 있어서 광학현미경의 가장 큰 단점은 분해능의 한계이다. Fig. 5(a)는 광학현미경의 최대 배율에서 측정한 침상형 페라이트의 이미지 인데, 침상형 페라이트의 미세한 특성에 때문에 그 유효입경을 측정하는 것은 어려움이 있었다. Fig. 5 (b)와 같이 TEM으로 침상형 페라이트를 측정해 보면 폭

은 1~2 μ m, 길이 방향으로는 5 μ m이상 정도의 크기로 관찰된다. 하지만 침상형 페라이트의 유효입경을 측정하기에 TEM은 시편 준비에 소요되는 시간이 너무 길며, 국부적인 영역을 측정 대상으로 하기 때문에 적합하지 않다고 판단되었다.

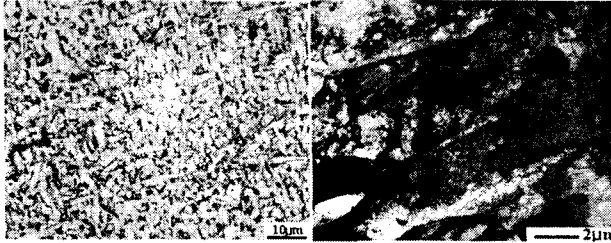


Fig. 1 Acicular ferrite image of microscopy (a)Optical microscope image (b)TEM image

그래서 SEM과 EBSD를 이용하여 침상형 페라이트의 유효입경을 측정해 보았다. 침상형 페라이트의 형상적 특성에 따라 두 가지 방법으로 측정했다. 첫 번째는 침상형 페라이트의 폭과 길이방향으로 크기를 나누어 측정하였고, 두 번째는 ASTM E112-96에 따라 Intercept방법으로 침상형 페라이트의 유효입경을 측정하였다. 이 결과는 Table 2에 나타내었다. SEM으로 측정한 침상형 페라이트의 유효입경이 EBSD로 측정한 것보다 작게 측정되는 것을 볼 수 있다. 그 이유는 Fig. 2를 보면 알 수 있다. Fig. 2는 동일 부위에서 (a)는 SEM으로, (b)는 EBSD를 이용하여 측정한 이미지이다. (b)의 EBSD는 고각입계(Misorientation 15° 이상)만을 그레인 맵핑한 것이다. 화살표가 있는 곳을 비교해 보면 실제 저각입계(Misorientation 15° 이하)인 입계도 SEM에서는 구분이 되지 않아 유효입경으로 측정되는 것을 볼 수 있다. 그러므로 SEM으로 측정된 유효입경은 저각입계와 고각입계를 모두 포함한 것이다. 반면 EBSD는 시편의 결정 방위(Crystal orientation)를 측정하여 이미지로 나타내기 때문에 Misorientation을 계산하여 저각입계와 고각입계의 구별이 가능 하다. Fig. 3과 같이 고각 입계는 까만 선으로, 저각 입계는 빨간 선으로 나타낼 수 있다. 입계들을 저각 입계와 고각 입계로 나누어 보면 침상형 페라이트는 저각 입계가 전체 입계의 26.7%를 차지하고 있다. 그러므로 광학현미경이나 주사전자현미경 이미지에 의해 침상형 페라이트의 유효입경을 측정하게 되면 실제로 유효입경으로 작용하지 못하는 저각입계 26.7%까지 포함하여 유효입경을 측정하게 되므로 실제 보다 더 미세하게 측정된다.

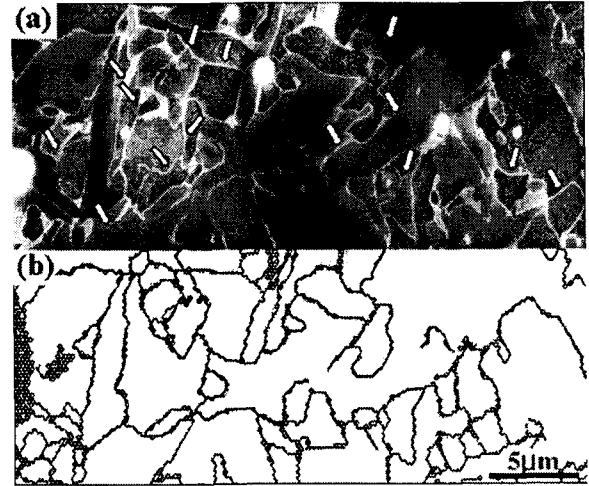


Fig. 2 Comparative image of (a)SEM and (b)EBSD high angle grain boundary mapping image

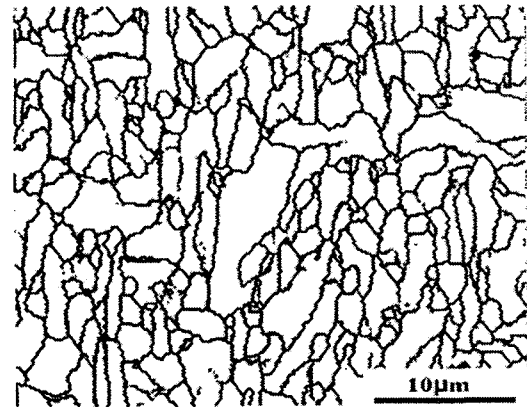


Fig. 3 Acicular ferrite image by EBSD

Table 2. Grain size measurement of acicular ferrite by SEM and EBSD

	Width direction	Length direction	Intercept
SEM	1.19	4.2	1.53
EBSD	1.83	6.75	2.34

4. 결 론

본 연구를 통해 다음과 같은 결론을 알 수 있었다.

침상형 페라이트의 유효입경은 저온균열 전파를 방해할 수 있는 고각 입계 (Misorientation 15° 이상) 만을 측정해야 하기 때문에 EBSD를 이용하는 것이 바람직하다.

참 고 문 헌

1. Hee Jin Kim, Bong Yong Kang: Microstructural characteristics of steel weld metal, J. of KWS, 18-5(2000), 565-572(in Korean)
2. 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)
3. Furen Xiao: Acicular ferritic microstructure of a low-carbon Mn-Mo-Nb microalloyed pipeline steel, Material Characterization, 54(2005)305-314
4. Sudarsanam Suresh Babu: The mechanism of acicular ferrite in weld deposits, Materials Science 8 (2004) 267-278
5. Jung-Soo Byun: Inoculated acicular ferrite microstructure and mechanical properties, Materials Science and Engineering A319-321(2001)326-331