

용접입열에 따른 철강 용착금속의 미세조직 특성

Microstructural Characteristic of Weld metal by Heat input in steel

김가희*, 김희진*, 유희수*, 김남훈*, 서금희*

* 한국생산기술연구원

1. 서 론

강(steel)의 아크(arc)용접에서는 용접재료의 조성 및 미세조직을 제어함으로써 용착금속의 특성을 향상시킬 수 있다. 미세조직과 기계적 성질 사이의 상관관계는 체계화되어 있어서 용접재료의 고강도·고인성화는 대부분 미세조직의 미세화에 의해 추진되고 있다.

탄소강 용접부에서 주상정 오스테나이트(γ)에서 페라이트(α)로 변태하여 생성되는 1차 미세조직은 용융부의 냉각속도에 따라 매우 다양한 조직들이 나타나게 된다. 이에, 본 연구에서는 철강용착금속에서 입열량에 따른 미세조직 변화와 미세조직이 용접금속의 기계적성질에 미치는 영향에 대해 알아보려고 하였다.

그러나 미세조직은 위치에 따라 차이가 많고 다양한 조직이 혼재되어 있기 때문에 그 자체를 정량화 한다는 것은 무척 어려운 일이다.

이에 본 연구에서는 미세조직의 정확한 정량화를 위하여 IIW(International Institute of Welding)에서 정한 규정을 따랐다.

위하여 10패스를 용접한 후, 최종 비드에서 시편을 채취하였다. Fig 1과 같이 용접 중 R-형 열전대를 이용하여 입열량에 따른 냉각속도를 측정하였다.

Table 2와 같이 입열량은 7, 14, 17, 20, 25kJ/mm의 다섯가지 조건으로 용접하였다. 용접속도는 27mm로 하였다. 입열량(H)을 구하는 식은 아래와 같다.

$$H(\text{kJ/mm}) = \frac{60VI}{S}$$

여기의 V는 전압, I는 전류, S는 속도이다.

Table 1. Chemical composition of welding material

C	Si	Mn	P	S
0.05	0.53	1.43	0.015	0.012



Fig 1. Measurement of cooling curve in weld metal

Table 2. Welding parameters by Heat input condition

Heat input(kJ/mm)	Voltage(V)	Current(I)
7	18	180
14	25	250
17	28	270
20	30	300
25	34	340

2. 실험 방법

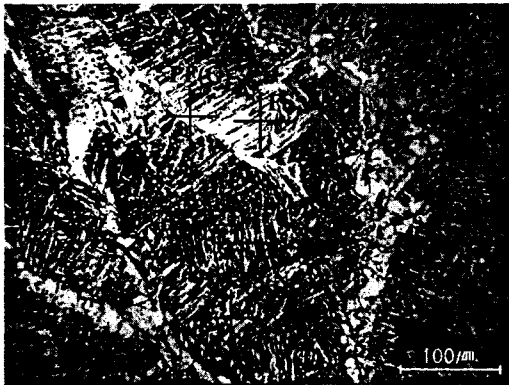
2.1 용접 조건

용접재료는 AWS E71T-1을 사용하였고, Table 1의 화학조성이다. 모재와의 확산을 막기

2.2 미세조직의 정량화

본 연구에서는 IIW에서 정한 규정을 따라 Fig 2와 같이 미세조직을 분류하였다.

저합금 용접금속을 대표하는 미세조직은 침상형 페라이트(acicular ferrite)와 입계 페라이트(grainboundary ferrite)이다. 이밖에도 위드멘스 테텐페라이트, 베이나이트등이 있는데, IIW의 규정에서는 이들을 모두 '제2상을 함유한 페라이트(ferrite with aligned second phase)'로 통칭하고 있다.



- PF-Primary ferrite
- PF(G)-Grain boundary ferrite
- PF(I)- Intragranular polygonal ferrite
- AF-Acicular ferrite
- FS(A)-Ferrite with aligned second phase
- FS(NA)-Ferrite with non-aligned second phase
- FC-Ferrite carbide aggregate(include pearlite)

Fig 2. As-deposit weld microstructures showing the various microstructural constituents.

용접금속의 냉각속도에 따라 이러한 미세조직의 분율의 변화를 관찰하기 위하여 Fig 3과 같이 각 입열량별 광학현미경사진에 grid를 중첩(overlap)시켜 1200point씩 측정하였다. 명확한 입계를 얻기 위하여 2% nital solution으로 충분히 에칭하였다.

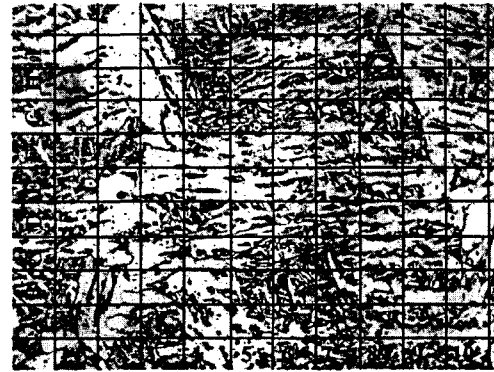


Fig 3. Micrograph with grid pattern superimposed

3. 실험 결과 및 고찰

3. 1 입열량에 따른 미세조직변화

입열량에 따른 냉각 곡선을 Fig 4에 나타내었다. Fig 5는 입열량에 따른 미세조직을 나타내었다. 침상형 페라이트가 입열량이 가장 적은 7kJ/mm에서 가장 많은 양을 차지하다가 입열량이 커지면서 분율이 줄어들었다. 또한 입열량이 증가할수록 침상형 페라이트가 조대화 되는 것을 볼 수 있었다. 정량적인 분석을 위하여 앞에서 언급한 IIW규정대로 정량분석 한 결과를 Table 2에 나타내었다.

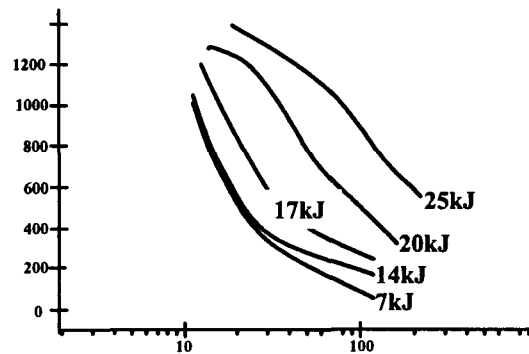


Fig 4 Cooling curve with different heat input

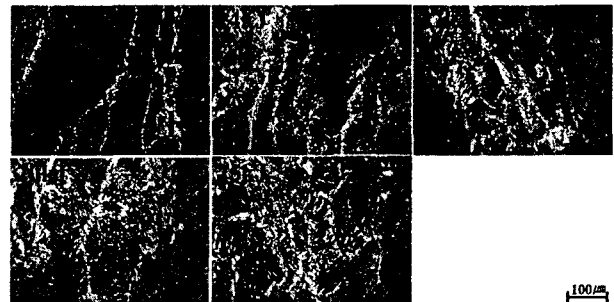


Fig 5. Microstructure of As-deposit weld metal with different heat input($\times 200$)

Table 2. Quantity of microstructure with different heat input(%)

Heat input(kJ/mm)	AF	PF	FS	FC
7	74.8	7.9	11.75	0.17
14	52	33.3	15.67	0.5
17	33.58	35.75	30.16	0.58
20	33.91	43.8	21.58	0.41
25	29.75	34.25	37.9	2

서론에 언급했듯이 용접금속의 미세조직들은 기계적 성질에 지대한 영향을 미치기 때문에 이들 간의 상관관계에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 중에서도 침상형 페라이트가 증가할수록 인장강도 및 충격인성이 향상된다는 사실은 널리 알려진 사항이다. 이에 입열량에 따라 침상형 페라이트의 양의 변화를 Fig 6에 나타내었다. 입열량이 증가할수록 침상형 페라이트 분율이 줄어드는 것을 볼 수 있다.

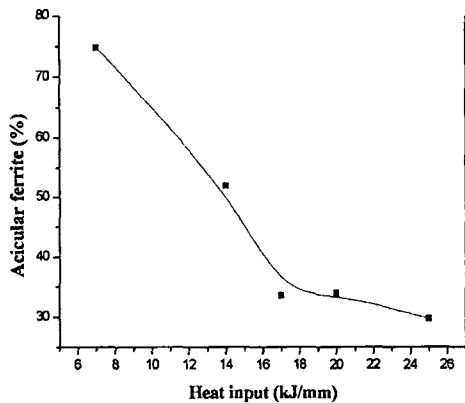


Fig 6. Variation of acicular ferrite with different heat input

3. 2 입열량에 따른 경도 변화

Fig 7과 같이 입열량이 증가할수록 경도가 감소하는 것을 볼 수 있다. 또한 입계페라이트의 경도값이 침상형 페라이트경도값 보다 낮은 것을 알 수 있다. 입열량이 증가할수록 침상형 페라이트의 양은 감소하고 경도는 감소하였다.

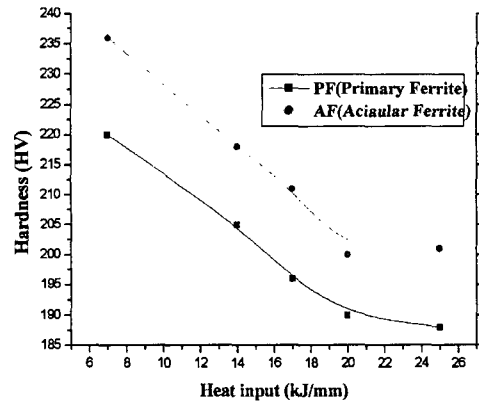


Fig 7. Variation of hardness with different heat input

4. 결 론

입열에 따라 미세조직의 변화를 관찰함으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 입열량이 증가할수록 침상형 페라이트의 양이 감소하였다.
- 2) 침상형 페라이트의 분율이 많을수록 용착금속의 경도값이 증가하였다.
- 3) 입열량이 증가할수록 침상형 페라이트는 조대화 되었다.

참고문헌

1. H.J Kim and B.Y Kang: Effect of Microstructure on Cold Cracking in Weld Metal
2. P. L. Harrison and R. A. Farrar: Application of continuous cooling transformation diagrams for welding of steels. International Materials Reviews 1989I
3. G. Thewis: Transformation kinetics of ferrous weld metals.
3. H.J Kim and B.Y Kang: Microstructural Characteristics of Steel Weld Metal. Journal of KWS,(2000)
4. D. J. AbsoIn: Guide to the light microscope examination of fer