

# 예열온도에 미치는 용착금속 미세조직의 영향

## Effect of Weld Metal Microstructure on Preheating Temperature

\*\*김희진, \*\*유희수, \*서준석, \*김재학, \*고진현, \*\*\*김가희, \*\*\*허무영

\*한국기술교육대학교

\*\*한국생산기술연구원

\*\*\*고려대학교

### 1. 서 론

고장력강을 용접함에 있어서 용접열영향부 또는 용착금속부에서 저온균열이 발생할 가능성(저온균열 감수성)이 높으면 이를 방지하기 위해서 용접예열을 실시한다. 용접부 저온균열 감수성은 확산성수소량, 용접부 미세조직 및 잔류응력 등에 의해 결정되는데, 용접열영향부에서 발생하는 저온균열에 대해서는 이들의 영향이 정량적으로 규명되어 있는데, 용착금속부의 저온균열에 대해서는 미세조직의 영향이 명확히 규명되어 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 500Mpa급 FCA용접재료에서 미세조직 차이가 용착금속의 저온균열 감수성에 미치는 영향을 규명하고, 용착금속에서 발생하는 저온균열의 특성을 규명하고자 하였다.

### 2. 시험방법

본 연구에 사용된 FCA용접재료는 화학조성이 서로 다른 두 가지 용접재료이다. 각각의 용접재료로 전용착시험한 용접부에서 측정된 화학조성은 Ni 함량에 있어서 커다란 차이를 보여 주었는데, 이러한 차이로부터 각각의 용접재료를 0%Ni 및 1.5%Ni 이라고 명명하였다. GC법에 의해 측정된 확산성수소량은 4.93 및 4.45ml/100g 으로 유사하였다. 그리고 용착금속의 미세조직은 최종비드에서 관찰하고, 미세조직의 구성성분을 IIW방법으로 정량화 하였다. 저온균열 감수성 시험은 G-BOP 시험과 다층용접 구속균열 시험을 수행하였다.

### 3. 시험결과 및 검토

#### 3.1 미세조직의 정량화

그림 1은 용착금속의 최종비드에서 관찰된 광학현미경 미세조직 사진이다. 각각의 용접부에 대해 IIW에서 제안한 방법으로 미세조직을 정량화하였다. 0%Ni에서는 입계페라이트가 20%, 침상형 페라이트가 54%로 측정되었다. 반면에 1.5%Ni에서는 입계페라이트가 5.5%, 침상형 페라이트가 80%로 측정되었다. 이러한 미세조직의 차이로 인하여 경도는 1.5%Ni이 다소 높게 나타났다.

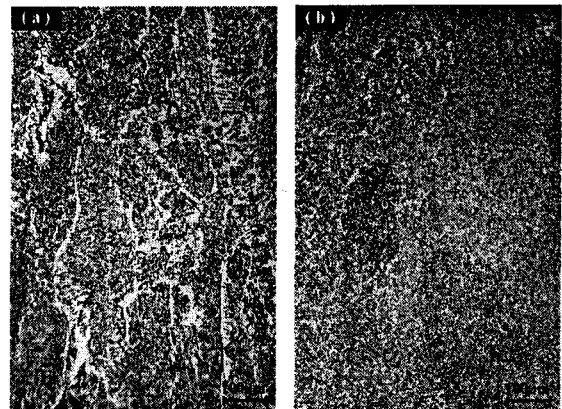


그림 1. 광학현미경 미세조직: (a) 0%Ni, (b) 1.5%Ni

#### 3.2 G-BOP 시험 결과

G-BOP 시험 결과는 그림 2에서 보여 주는데, 두 재료가 커다란 차이를 보여 주고 있다. 두 재료 모두 예열온도가 증가함에 따라 균열발생율은 감소하여 75C에서는 0%에 이르고 있다. 그러나 상온과 45C에서는 0%Ni의 균열발생율이 높게 나타나고 있다. 0%Ni 이 경도가 낮음에도 불구하고 균열발생율이 높게 나타나는 것은 미세조직의 차이

에 기인한 것으로 판단된다. 그림 3은 0%Ni의 G-BOP시편에서 보여주는 균열인데, 균열이 입계페라이트를 따라 전파하고 있음을 보여 준다. 따라서 용착금속의 미세조직에서 입계페라이트가 많으면 저온균열감수성이 높아지고, 이로 인하여 보다 높은 예열온도가 요구되는 것이다.

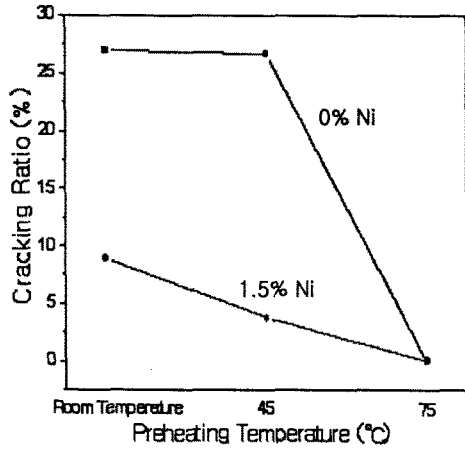


그림 2. G-BOP 시험 결과

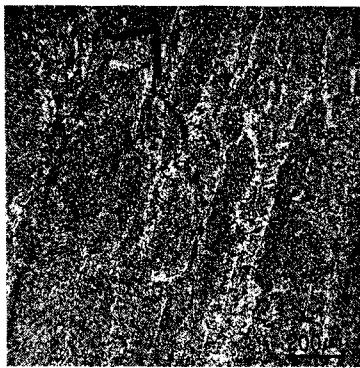


그림 3. 0%Ni 용접부 균열전파

### 3.3 다층용접 구속균열 시험결과

다층용접 구속균열시험편은 그림 4와 같다. 모재는 50mm의 EH36 강재를 사용하였다. 이를 H형 지그에 완전 구속하고 모재의 온도가 100C에 이르면 드라이 아이스로 냉각하여 모재의 온도가 40C에 이르면 다음 용접을 실시하였다. 용접이 완료되고 72시간이 경과한 후에 이들 시편을 절단하여 초음파 검사를 실시하였다. 초음파 검사를 실시한 결과에서 0%Ni 용접부에서는 많은 균열이 발생하였음을 확인할 수 있었으나, 1.5%Ni 용접부에서는 균열을 발견하지 못하였다.

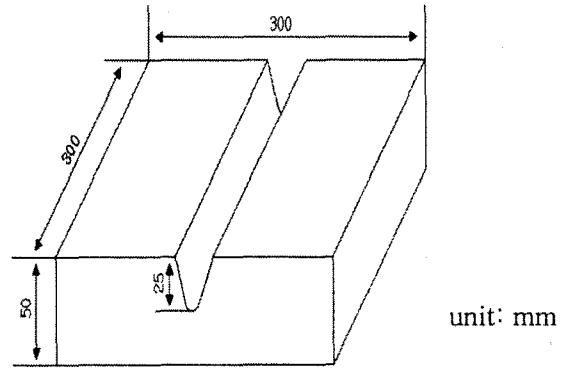


그림 4. 다층용접 구속균열시험편

### 3.3 다층용접부 저온균열 특성

0%Ni 다층용접 구속균열 시험편에서 나타난 저온균열은 두 가지 특성을 보여 주었는데, 한 가지는 용접방향과 45도 각도를 가지는 전형적인 세브론균열이었으며, 다른 하나는 국부적으로 함유원소가 편석되어 나타나는 균열이었다. 그림 5는 편석에 의해 나타나는 균열 양상을 보여 주고 있다. 균열부 주위에는 Si 및 Mn이 편석되어 있음을 확인하였으며, 마르텐사이트 조직을 보여 주었고 경도도 매우 높게 나타났다. 그리고 균열은 오스테나이트 입계를 따라 전파하였다. 본 연구에서는 FCA용착금속에서 편석이 발생하고 이러한 편석으로 인하여 저온균열이 발생한다는 현상만 발견하였을 뿐이다. 향후 이러한 편석의 원인에 대해서는 추가적인 연구와 이에 대한 대책이 절실히 요구된다.

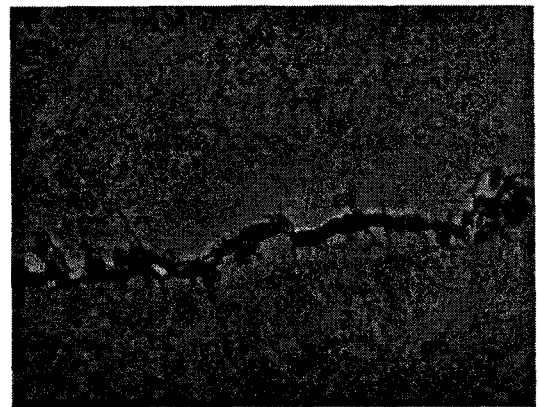


그림 5. 편석에 인한 저온균열

#### 4. 결 론

- 1) 500Mpa급 고장력강용 FCA용접재료의 저온 균열 감수성에 미치는 미세조직의 영향을 확인하였다. G-BOP 시험 및 다층용접 구속균열 시험에서 입계페라이트가 높은 용접재료가 저온균열에 대한 감수성이 높고 이로 인하여 보다 높은 온도의 예열이 필요함을 보여 주었다.
- 2) FCA 다층용접부에서 나타나는 저온균열은 두 가지 형태가 있는데, 하나는 세브론 균열이며 다른 하나는 합금원소의 국부적인 편석에 의해 발생하는 것이다.

#### 후 기

본 연구는 민군겸용기술개발사업의 일환으로 수행되었고 이에 감사드립니다.