

용접부의 균열 및 그 방지(VI)

- 저온균열(II) -

박 화 순

Cracking in Welds and Its Prevention(VI)

- Cold Cracking in Welds(II) -

Hwa-Soon Park

1. 기타 저온균열

1.1 라멜라 테어링(Lamellar tearing)

(1) 균열의 특징 및 기구

라멜라 테어링은, 후판의 T 및 +자형 이음부의 다층 용접부에서, 강판이 판 두께 방향으로 큰 구속을 받는 경우에 발생하기 쉽다. 균열의 특징은 HAZ 및 모재의 압연면에 평행한 계단상으로 발생하며, 평행부를 테라스(terrace), 수직부를 월(wall)이라고 부른다. 테라스부의 균열은 그림 1과 같이 모재 내의 미소한 MnS 계 개재물의 이상(異相)계면의 박리에 의한 것이 대부분이며, 월부는 덩플파면이 많다. 그러므로 균열은 용접에 의해 판 두께 방향의 인장응력을 받아 먼저 테라스부에서 균열이 발생하며, 월부로 연결되었다고 볼 수 있다.

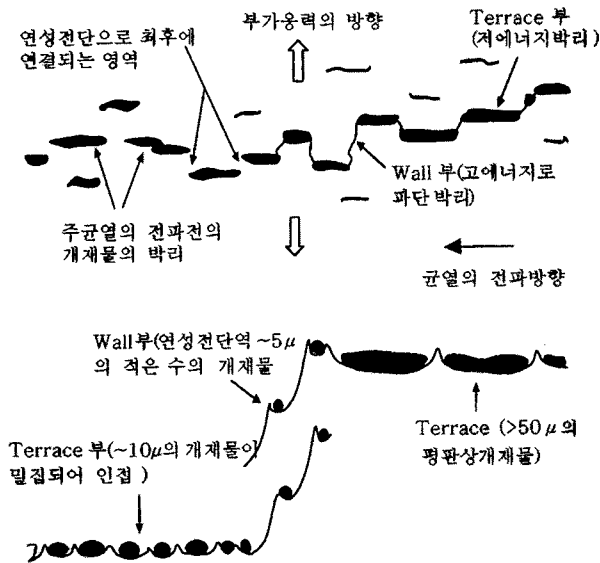


그림 1 라멜라 테어링의 모식도

라멜라 테어링의 형태로서는 주로 다음과 같은 것이 있다. ① 최초 루트(root)부 혹은 토우(toe)부에서 발생한 균열이 기점으로 되어, 다층용접의 진행과 함께 압연강판의 판면에 거의 평행하게 분포하는 개재물을 따라 성장하는 것. ② HAZ를 따라서 발생하는 것. ③ HAZ로부터 상당히 떨어진 판 두께 중심에 가까운 위치에서 발생하는 것.

라멜라 테어링의 발생형태로부터 알 수 있는 바와 같이, 가장 큰 발생요인은 압연강판에 존재하는 비금속개재물(주로 MnS 계)이며, 그 외에 강판의 판 두께 방향에 작용하는 구속응력 및 스트레인을 들 수 있다. 그리고 균열발생이 루트 균열 등으로부터 발생하는 경우에는 확산성수소가 문제가 되는데, 일반적으로 수소는 부차적인 것으로 여기고 있다.

(2) 균열의 방지

라멜라 테어링의 가장 효과적인 대책은 강판 중의 층상 개재물을 감소시키는 것이다. 층상 개재물이 존재하면 판 두께 방향의 인장 인성을 크게 저하시킨다. 따라서 내(耐) 라멜라 테어링용 강판의 판정방법으로는 판 두께 방향의 인장 인성을 측정하는 것이 널리 사용되고 있다. 판두께 방향의 인성은 S의 함량과도 밀접한 관계가 있다. S는 강 중에서 MnS 계 개재물을 만들어서 압연시에 층상으로 편석한다. 따라서 강 중의 S의 함량을 줄이는 것이 필요하며, 회토류원소를 첨가하여 층상 개재물을 구상화하는 방법도 아울러 행하여지고 있다.

용접구조물의 설계나 시공의 경우, 판 두께 방향에 큰 구속 응력/변형이 걸리지 않도록 구조물의 적절한 조합 및 이음부의 형상 등을 충분히 고려하여 판두께 방향의 구속을 저감화하여야 한다.

강판 중의 S 양이 비교적 많고, 따라서 라멜라 테어링의 발생이 예상되는 강판을 용접 시공하는 경우에는 시공법을 충분히 검토하여야 한다. 예를 들면, 용접 시공순서를 연속 적층법에서 블록(block) 적층법으로 변경한다. 또 먼저 판의 표면에 오버레이용접을 한 후 본용접을 하는 것 등도 한 방법이다. 그리고 루트균열이 라멜라 테어링의 기점이 될 수 있는 경우에는 예열이 필요하다.

1.2 변형균열(Distortion cracking)

다층 용접부에서 구속이 비교적 약한 경우, 용접하는 측과 반대측에 변형이 생기기 쉽다. 이 때문에 토우부나 루트부에 국부적인 소성변형이 생겨서 균열이 발생하는 수가 있다. 이 균열이 수소에 기인하는가에 대한 여부는 분명치 않으나, 일반적으로 각변형 등의 변형이 주원인으로 생각되어지고 있으므로 변형균열이라고 부르고 있다. 이 균열은 고장력강 이외의 연강에서도 자주 발생한다. 또 단층 용접부에서도 구속이 거의 없는 경우에는 루트부에 균열이 발생하기도 한다.

이 균열의 특징은 다음과 같다. ① 구속이 적은 용접부에서 발생한다. ② 통상의 예열로는 방지할 수 없다. ③ undercut, overlap 등 응력 집중을 높이는 결함이 있으면 발생하기 쉽다.

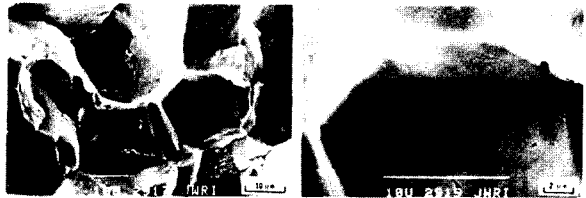
변형균열의 방지대책으로서 다음과 같은 것을 들 수 있다. ① 구속을 증대시켜 각변형을 방지한다. ② 후판에서는 양측을 교대로 용접한다. ③ 용접과 반대측의 응력 집중을 완화시킨다. ④ 용접금속의 강도를 모판의 강도와 동등하게 한다.

1.3 퀴칭균열(Quenching crack)형 저온균열

중, 고탄소강 및 중, 고탄소저합금강을 용접하는 경우, 냉각 도중의 약 200℃ 이하의 온도에서 주로 마르텐사이트 변태에 기인하는 균열이 발생한다¹⁾. 이것을 quenching crack형 저온균열이라고 부르고 있다. 특히 최근에는, 이들 강종에 대하여 전자빔용접이나 레이저용접을 많이 적용하고 있는데, 이 경우 이 균열에 대한 문제가 자주 발생한다. 이 균열의 파면의 특징은 거



(a)SNCM439



(b)SK5

그림 2 퀴칭균열형 저온균열 파면의 예

의 입계파면으로서 일부 벽개파면이 혼재한다. 그 예를 그림 2에 나타내었다.

아크용접부에서는 비드 밑(under bead), 루트 또는 토우균열 등으로서 HAZ에 발생하는 것으로 알려져 있는데, 전자빔 용접부에서는 비드 중앙부의 수직균열로도 발생한다. 전자빔 용접부의 균열발생 가능성을 검토한 결과에 의하면 모재(또는 용접부)의 경도가 높을수록, 또한 구속도가 클수록 균열이 발생하기 쉬운 경향을 나타낸다²⁾.

Quenching crack형 저온균열을 방지하기 위한 대책으로서 다음과 같은 것이 있다. ① 예열(Ms 점 이상)을 하여 냉각속도를 느리게 한다. ② 용접직후에 후열을 행한다. ③ 구속을 작게 한다. ④ 저수소계의 용접재료를 사용한다. ⑤ 저강도의 용접재료를 사용한다.

참 고 문 헌

1. 松田福久 등: 溶接學會論文集, 7-2(1989), 219-224
2. 峰久節治 등: 日立造船技報, 44-3(1983), 9-14



- 박화순(朴和淳)
- 1955년생
- 부경대학교 재료공학부
- 용접결합, 용접금속학, 표면개질학
- e-mail: parkhs@pknu.ac.kr