

# FH36 강제 용접부 굽힘시험에 발생한 결함의 양상과 원인분석

## Study of open defects on bend test of the weld with FH36 base metal

### 윤 형목

삼성중공업 거제조선소 용접도장연구

#### 1. 서 론

액화가스운반선의 건조시 WPQT(welding procedure qualification test)외에 현장용접품질에 대한 검정이 규정에 요구되고 있으며 LNG선박의 경우 투입되는 용접사 기량시험으로 실시하며 LPG선박의 경우 현장용접부를 대상으로 production test를 실시하게 된다. 즉 액화가스운반선의 건조시 용접기술측면에서 가능한 각종시험을 통해 알맞은 용접절차사양서가 작성되어야 하고 현장작업측면에서는 용접절차사양서의 준수를 위한 특별관리를 통해 현장품질 검정시험에 의한 생산공정에 지장이 없도록 해야 한다. 특히 LPG선박의 탱크부분은 맞대기 용접선 50m마다 1개의 production test가 요구되며 production test에서 reject될 경우 해당 50m를 재시공해야 하는 부담을 안고 현업작업이 이루어지고 있다.

본 연구에서는 실제 LPG선박 건조시 실시한 production test중 굽힘시험에서 나타난 결함의 종류와 원인에 대하여 검토하여 보았다. 이 때 사용한 강재는 선급규정에 따른 FH36강재이며 참고로 production test의 굽힘시험에서 나타난 결함은 WPQT시 보이지 않았다.

#### 2. 결함의 종류 및 원인

-55℃에서 연성과 인성이 확보되는 선급용강재 F grade중 본 연구에서는 FH36 등급의 모재를 사용하였고 적용한 주된 용접기법은 FCAW와 SAW였다. 강재와 용접재료의 화학성분 및 물성치는 도표에 나타내었다.

두가지 용접기법에 대한 production test의 굽힘시험시 1.0mm미만의 미소 개구부가 일부 시험편에서 나타났으며 개구부에 관한 선급규정은 굽힘시험편에서 어떠한 개구부도 허용하지 않으므로 reject 항목에 속한다.

먼저 FCAW의 경우 결함부위의 EDX확인결과 Ti함량이 높게 나타나므로 슬래그 혼입에 의해 발생한 open defect로 판단되었으며 이것은 용접사 기량의 부족에 의해 발생하므로 concave한 형상을 만드는 용접조건의 적용과 층간 슬래그 청결에 의해 방지할 수 있는 결함이다. 그 외 육안상 결함으로 보여지는 비결함지시도 나타났다.

SAW 굽힘시험의 경우 열영향부에서 개구부가 나타났으며 결함의 원인을 찾기 위해 미세조직, SEM, EDX를 조사하였으나 뚜렷한 원인을 찾지 못하고 경도시험에서 열영향부의 낮은 경도값을 확인할 수 있었다. 이것은 용접에 의한 열영향부의 연화현상이 발생하였으며 굽힘시험시 변형집중에 의해 1mm미만의 개구부가 형성되었다는 것을 추정할 수 있었다. 이러한 열영향부의 연화현상은 일반적으로 QT강재의 대입열용접시 나타나는 현상이며 LPG에 사용되는 저온용강재인 FH36강재 용접시 열영향부의 좁은 구역에서 나타나는 특이한 현상을 보였다. 이러한 열영향부의 연화현상을 방지하기위해 용접입열을 낮추는 방향으로 작업을 행함으로써 연화를 방지할 수 있었고 굽힘시험에서 결함을 방지할 수 있었다.

#### 3. 결 론

LPG선박의 건조중 실시된 production test 굽힘시험편에서 미소 개구부가 발생하였으며 용접기법별 원인은 다음과 같았다.

FCAW의 경우 슬래그 혼입에 의해 굽힘시험시 결함이 발생하였으며 육안상 결함으로 보여지는 비결함지시도 나타났다.

SAW의 경우 용접열영향에 의한 열영향부의 연화가 일어나고 연화부분의 변형집중으로 굽힘시험시 결함이 나타났으며 입열을 낮추어 작업함으로써 열영향부의 연화를 방지할 수 있었다.

|  |    |     |       |   |      |    |    |       |     |    |
|--|----|-----|-------|---|------|----|----|-------|-----|----|
| Base metal(FH36)                                 |    |     |       |   |      |    |    |       |     |    |
| Chemical composition(%)                          |    |     |       |   |      |    |    |       |     |    |
| C  | Si | Mn  | P     | S | Cu   | Ni | Cr | Mo    | Nb  | V  |
| X100   |    |     | X1000 |   | X100 |    |    | X1000 |     |    |
| 9  | 26 | 148 | 8     | 2 | 1    | 1  | 3  | 0     | 0   | 5  |
| Mechanical properties                            |    |     |       |   |      |    |    |       |     |    |
| Y.P.:447MPa, T.S.:521MPa, Impact(-60℃):326Joules |    |     |       |   |      |    |    |       |     |    |
| Chemical composition of flux cored arc weld (%)  |    |     |       |   |      |    |    |       |     |    |
| C  | Si | Mn  | P     | S | Cu   | Ni | Cr | Mo    | Nb  | V  |
| X100   |    |     | X1000 |   | X100 |    |    | X1000 |     |    |
| 4.2  | 50 | 156 | 7     | 7 | 1    | 1  | 4  | 2     | 1.8 | 17 |

|  |    |     |       |   |      |    |    |       |    |   |
|--|----|-----|-------|---|------|----|----|-------|----|---|
| Chemical composition of submerged arc weld (%) |    |     |       |   |      |    |    |       |    |   |
| C  | Si | Mn  | P     | S | Cu   | Ni | Cr | Mo    | Nb | V |
| X100   |    |     | X1000 |   | X100 |    |    | X1000 |    |   |
| 7.8  | 24 | 141 | 8     | 2 | 3    | 2  | 4  | 19    | 0  | 3 |