

# 카에어콘 銅管 브레이징 이음부의 강도평가

|            |         |
|------------|---------|
| 한국해기연수원    | 조 상 명   |
| 한국해양대학 대학원 | 이 해 순   |
| 한국해양대학     | 김 영 식   |
| 동환산업(주)    | 최 용 근   |
| 동환산업(주)    | * 황 용 태 |

## 1. 서 언

가스토오치 브레이징(Brazing)에 의한 금속끼리의 접합을 위하여 설계를 할 때는 경험적인 요소가 많이 고려되며, 생산성과 작업성을 매우 중요시 한다. 이것은 제품의 품질이 설계에 의하여 좌우되는 경우보다는 모재의 가공과 브레이징 공정 자체에 의하여 큰 영향을 받기 때문인 것이다.

그러나, 高附加 가치의 제품생산을 위해서는 기밀성, 내구성, 내충격성등이 확실하게 얻어져야 하고, 높은 신뢰성이 확보되어야 한다. 이를 위해서는 이음부의 강도설계가 반드시 요구되며, 상세하고 표준화 된 생산설계 및 공정관리가 요구된다.

본 연구에서는 브레이징한 銅管의 겹치기 이음부(Lap joint)의 강도에 미치는 이음부 형상의 영향을 검토하기 위하여 유한요소법(FEM)을 이용하여 응력해석을 행하였다.

## 2. 브레이징한 겹치기 이음부의 일반적 특성에 대한 검토

용접설계에서는 맞대기 이음(Butt joint)의 적용이 보편적이지만, 브레이징 설계에서는 주로 이것을 겹치기 이음으로 하여 접합면적을 충분히 크게 잡도록 함으로서 작업시의 오류가 이음부의 기능성 저하에 결정적인 영향을 미치지 않도록 하고 있다. 여기서 브레이징한 겹치기 이음부의 강도에는 여러가지 요소가 영향을 미치지만 중요한 인자를 들면 다음과 같다.

- 1) 모재와 브레이징부 각각의 강도특성과 그 差
- 2) 겹침길이
- 3) 겹침부의 간격
- 4) 필릿의 형상(오목형, 볼록형, 직선형)
- 5) 모재의 가공형태(직선형, 굴곡형 또는 擴管形)
- 6) 불용착부 및 기공의 형상과 분포
- 7) 기타 공작불량

한편, Fig.1과 같이 건전하고 동일한 강도특성을 가진 직선형 겹치기 이음(폭b)의 경우, 모재의 평균인장응력과 브레이징부의 평균전단응력 및 각각의 파단하중은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\text{모재의 평균인장응력} : \sigma = P/tb$$

$$\text{모재의 파단하중} : P_B = \sigma_{ut}b$$

$$\text{브레이징부의 평균전단응력} : \tau = P/lb$$

$$\text{브레이징부의 파단하중} : P_L = \tau_{ul}b = \sigma_{ul}b/2$$

단,  $\sigma_u$ : 인장강도,  $\tau_u$ : 전단강도,  $\tau_u = \sigma_u / 2$

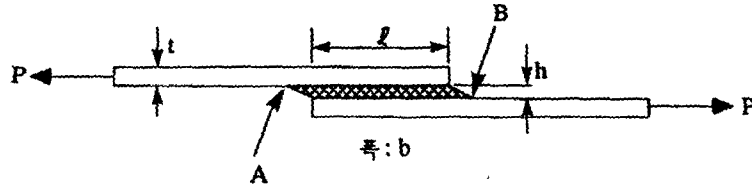


Fig. 1 Configuration of lap joint

이 경우 인장하중  $P$ 에 의한 파단이 적어도 브레이징부가 아닌 모재에서 생기도록 하기 위해서는 상기의 각 파단하중의 관계로부터 브레이징부의 겹침길이  $l$ 이 충분히 커야 한다. 즉,  $P_B < P_L$ 로부터  $2t < l$ 의 관계가 성립하여야 한다. 그러나 브레이징부가 견전하지 않을 가능성이 있으며, 응력집중등을 고려하여 안전계수를 통상 2~5 정도로 잡아서 겹침길이  $l$ 은,

$$l > 4t \sim 10t$$

로 한다. 이와 같은 겹침길이를 만족하여 모재에서 파단하는 경우라도 이음부의 인장특성은 Fig. 1의 A, B부의 실제적인 응력집중계수 즉 접합부의 간격  $h$ 와 A, B 모서리부분의 형상에 크게 의존하게 된다. 간격  $h$ 는 클수록 응력집중은 심하게 되며, 양쪽 모서리부분의 형상은 약간 오목형으로 되는 것이 유리하다.

한편, 동일 직경의 銅管(Copper tube)을 끼워넣어서 겹치기 이음으로 브레이징하는 경우에는 Fig. 2와 같이 한쪽을 擴管하여 사용한다.

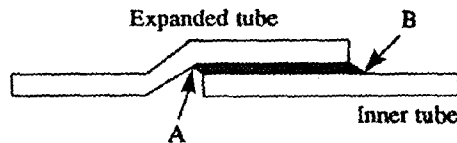


Fig. 2 Lap joint using expanded tube in brazing

Fig. 2의 A와 B부는 서로 응력집중계수가 다를 것이 예상되며, 이 이음부를 대상으로 하여 이하에서는 FEM을 적용하여 응력해석을 행하였다.

### 3. 擴管形 겹치기 이음부의 응력해석

#### 3.1 응력해석 조건

Fig. 3은 2차원 평면 응력해석에 사용한 모델의 일례를 나타낸다. 해석에는 일정 변형률의 3각형요소를 사용하였고, 총절점수는 300, 총요소수는 487이었다. 재료는 純銅으로 가정하였으며, 브레이징부는 인동납(BCuP-2)으로 하였다. 또한 판두께는 0.41mm로 하고, 겹침길이  $l$ 은 5.78mm로서 약  $14t$ 로 하였으며, 겹침부 간격은 0.1mm를 기준으로 하였으나, 끝부분을 2차擴管하여 약간 벌린 필릿(Fillet)형상을 고려하였다.

하중은 인장 및 굽힘하중을 별도로 고려하였으며, Fig. 2의 A부로부터 2mm정도

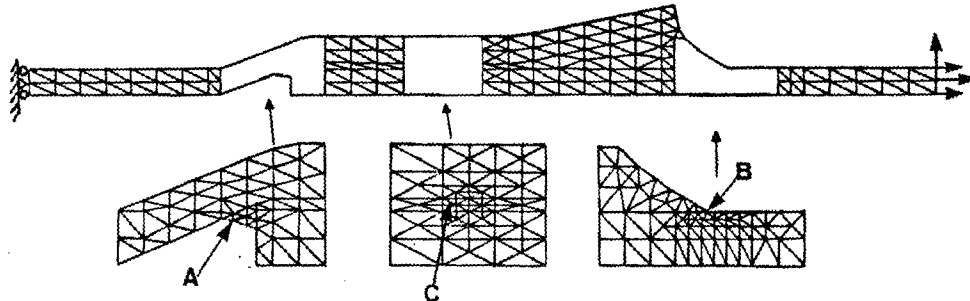


Fig. 3. FEM model for stress analysis of lap joint using expanded tube

의 불용착부가 생겨있을 때의 이음부에 대한 해석도 함께 수행하였다.

### 3.2 응력해석 결과 및 고찰

앞의 Fig. 1과 같은 직선형 접치기 이음부에서는 A, B부의 응력집중계수는 거의 동일한 값을 가지게 되지만, Fig. 3과 같은 擴管形 또는 굴곡형 접치기 이음부에서는 A부에 대한 응력집중계수가 B부의 값보다 약 2 배의 큰 값을 가지고 있음이 확인되었다. 특히 擴管시에 냉간가공되어 취성을 갖는 모재의 굴곡부와 Cu+Cu<sub>3</sub>P의 조직을 가지므로 취성이 강한 인동납이 접합된 A모서리에서 가장 심하게 응력집중이 발생하는 특성을 보였다.

이러한 銅管내부에서의 심한 응력집중을 완화하기 위한 방법으로는 擴管시에 굴곡부의 길이를 길게 하여 A부가 예리한 각을 갖지않도록 하거나, 굴곡부에서 약간 벗어나서 접침부를 형성하도록 내부관을 약간 작게 삽입하여 브레이징하는 것이 유효할 것이다. 그러나, 擴管한 치수가 너무 크거나 내부銅管의 직경이 작게 되는 경우는 접침부의 간격h가 커지게 되어 브레이징시에 결합발생은 물론이고 심한 응력집중이 생기게 되므로 반드시 피해야 할 것이다. 이것은 각 銅管의 진원도가 맞지않아도 국부적으로 생길 수 있는 현상이다.

한편, 용융납은 B의 모서리에서 흘러들어가는데 A의 모서리에서 약2mm정도의 불용착부가 존재하는 경우는 불용착부에 매우 심한 응력집중이 형성되었다. 그러나 굴곡부인 A부에도 C부의 0.7~0.8배의 응력집중현상을 보임을 알 수 있었다. 이러한 불용착부의 응력집중은 그 부분의 세부적인 형상에 따라 상당한 영향을 받을 것으로 보인다. 즉 내부관의 온도가 낮아서 擴管된 외부관쪽으로 용융납이 많이 접촉하여 있는 경우는 응력집중은 다소 완화될 것이다. 반면에 擴管한 외부관쪽의 온도가 낮아서 용융납이 내부관쪽에 길게 접촉한 본 해석에서의 대상과 같은 경우는 응력집중이 보다 심하게 된다. 따라서 작업시 銅管의 예열 및 본가열시의 불꽃조정과 온도분포가 매우 중요한 인자가 된다고 할 수 있다.

또한 자동브레이징을 실시할 때는 접침부의 간격이 지나치게 크게 되거나 진원도가 맞지않아서 이상과 같은 불용착부가 종종 발생하므로 치수공차의 확보를 위한 충분한 대책이 필요하게 된다.

<결론 및 참고문헌 생략>