

# 브레이징 접합부의 설계(III)

## - 이음부 형상 설계방안 -

강정윤

### Design of Brazing Joints(III)

#### Design for performance

Chung-Yun Kang

#### 1. 응력집중을 고려한 설계방안

브레이징되는 모재의 크기, 형상 및 재질의 차이는 응력이 불균일하게 분포하기 쉽고, 파단의 원인이 되므로 설계상에서 응력이 균일하게 분포되도록 하는 것이 중요하다. 접합재에 하중이 걸리면, 이음부는 모재와 재질이 다르고, 크기 형상 등의 차이 때문에, 특히 이음부의 끝 부분에서 불연속이 되고, 응력집중 부위로 작용한다. 더우기, 정적인 하중 하에서 안전율을 감안하여 모재에서 파단되도록 설계한 접합재일지라도, 하중의 방향이 변하거나, 반복하중을 부가하는 경우, 이음부에서 응력이 집중되어 이음부에서 파단하는 경우가 발생한다.

따라서, 이음부 형상을 설계할 때에 가장 먼저 생각하여야 할 것은 이음부에 걸리는 응력집중을 가능한 분산시키는 것이 바람직하다. 그림 1의 (a)와 같이 판재에 환봉을 브레이징한 접합재에 (b)와 같이 수직방향(P방향)으로 하중이 걸리면, F점에서는 인장응력이 작용하여, (c)와 같이 우선 F점에서 파단되고, 순차적으로 접합부가 파단될 것이다. 이것을 방지하기 위한 방법으로는 환봉과 판재가 동시에 변형되도록 형상을 설계하는 것이다. 이런 경우 (d)와 같이 환봉에 테이퍼를 주어 브레이징하면, 부과된 응력이 모재로 분산되어 환봉의 끝점이 판재와 함께 변형이 일어나고, F점에서 파단되기 어렵게 된다. 또한 노치효과를 피하기 위하여 그림 (e)와 같은 설계를 생각할 수 있지만, 가공에 문제가 있다. 또 하나의 방법으로는 그림 2와 같이 전형적인 이음부인 (a)보다도 삼입금속의 양을 약간 많이 사용하고 필릿을 형성시켜, 노치효과를

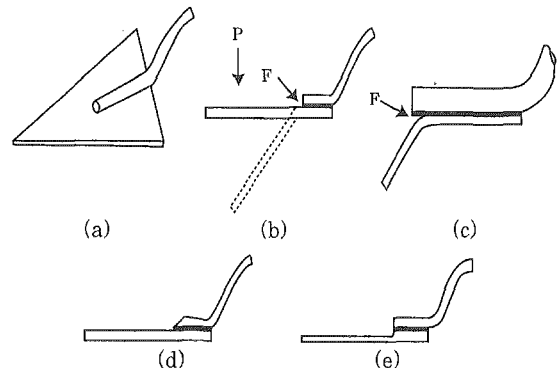


Fig. 1 응력집중 현상((a), (b), (c))과 개선 방법((d), (e))

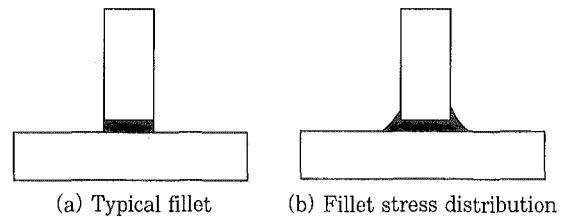


Fig. 2 필릿형상과 응력집중 현상 개선

줄이는 방안도 있다.

둘째로 이음부의 위치를 이동시켜 응력집중을 완화시키는 방법이 있다. 특히 이 방법에서는 그림 3과 같이 얇은 프렌지에 굵은 환봉을 브레이징하는 경우, 화살표와 같이 인장하중(P)이 걸리면, 점선 화살표처럼 우력이 생기고, 이음부의 외측에는 굽힘모멘트가 걸려, 이음부 끝 쪽에서 균열이 발생한다. 따라서 (b)와 같이 접합 부위를 굵은 모재 쪽으로 이동시키면, 5배 이상의 하중에 견딜 수 있다.

셋째로 보강재를 두는 방법이다. 그림 4의 (a)의 경우, 수평방향에 대한 하중에 대해서는 어느 정도 견딜 수 있으나, 수직방향으로 하중 P가 부과되면, 낮은

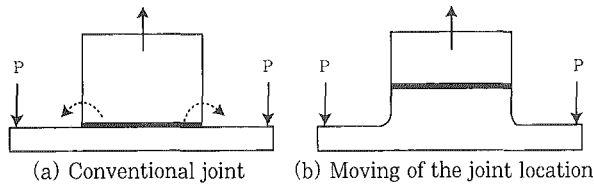


Fig. 3 응력집중 방지를 위한 이음부의 이동

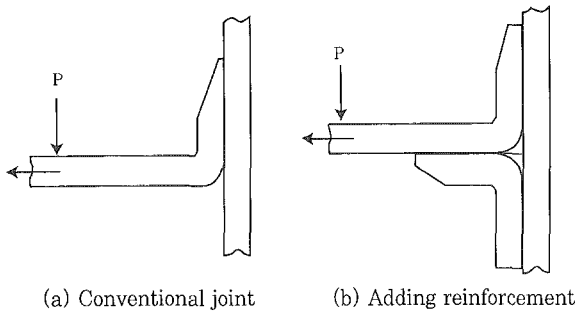


Fig. 4 보강재에 의한 접합부 강도 개선

중에서도 이음부에서 균열이 발생하여 최종에는 파단될 우려가 있다. 이런 경우에는 (b)와 같이 보강재를 더 두는 것이 가장 현명하다.

그림 5는 판재에 히프 혹은 샤프트를 삽입하여 브레이징된 회전체에서 접합부의 F점에서 걸리는 응력집중을 피하는 방법을 나타낸 것이다. B 및 C와 같이 그루브를 두면 응력이 분산되어 접합강도는 증가한다. 접합강도는 A, B, C, D 순으로 높다.

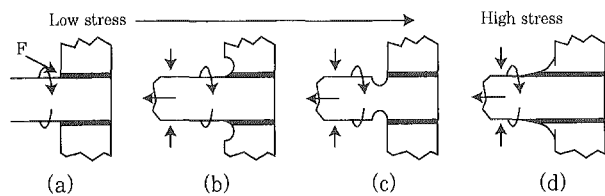


Fig. 5 브레이징 이음부의 응력집중 현상을 제거하기 위한 이음부의 설계 예 (a)→(d) 순으로 개선효과 양호

## 2. 용융삽입금속의 흐름을 고려한 설계방안

용융삽입금속은 적정한 틈 사이에서는 흘러들어 가지지만, 만약 부분적으로 간격이 넓은 곳이 있으면 정지한다. 이런 현상은 특히 모서리 부분에서 많이 발생한다. 예를 들면, 그림 6의 (a)와 같이 모서리 부분에서 틈 사이의 간격이 커지면 용융삽입금속이 채워지지 않고, (b)와 같이 모서리가 직각이 되는 경우도 모서리 부분에서 보이드로 남는다. 이와 같은 모서리 부분에서는 될 수 있는 한 (c)와 같이 라운드지게 하는 것이 최선의 방법이라고 할 수 있다.

또한, 적정한 간격을 유지한 경우라도, 플라스틱 혹은 삽입금속에서 발생한 가스, 내부에 존재했던 공기 등

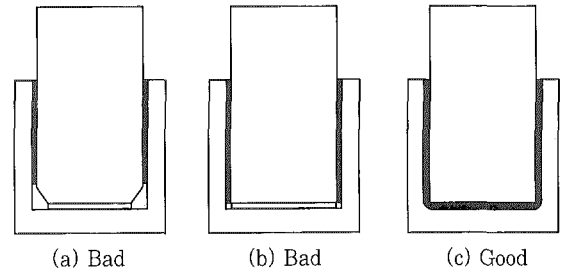


Fig. 6 이음부 형상과 용융삽입금속의 흐름 상태 비교

이 빠져나갈 곳이 없으면, 용융삽입금속의 흐름은 멈추기가 쉽다. 이런 경우 외관상으로는 문제가 없는 것처럼 보이지만, 실제로는 용융삽입금속의 흐름이 불량하여 보이드 등이 존재하는 경우가 많다. 예를 들면, 그림 7과 같이 밀폐된 상태인 형상을 브레이징할 때 (a)처럼 공기 혹은 가스 누출 구멍을 고려하지 않으면, 용융삽입금속은 압력 때문에 흐르지 못하고 멈춘다. 그러나, (b)처럼 누출 구멍을 설계하면, 용융삽입금속의 흐름에는 문제가 없다. 가스 누출을 배려한 설계의 예를 그림 8에 표시한다.

그림 9의 (a) 및 (b)는 하니컴 구조물을 브레이징할 때, 각각 면으로서 접촉하는 경우와 선으로서 접촉하는 경우를 나타낸 것이다. (a)의 경우, 구조적으로는

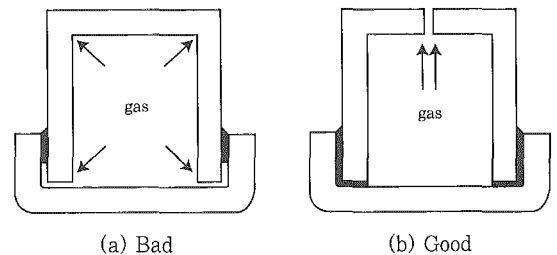


Fig. 7 가스 누출 구멍의 설계와 용융삽입금속의 흐름 상태 비교

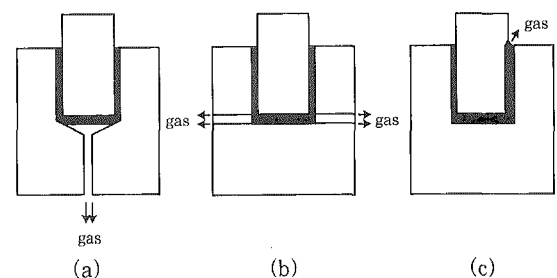


Fig. 8 가스 누출 구멍 설계 예

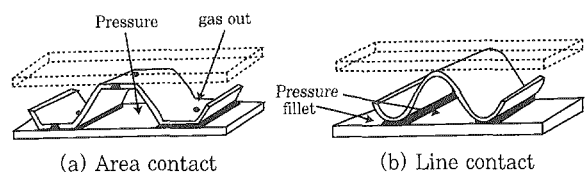


Fig. 9 하니컴 구조물에서 접합형상에 따른 설계상의 주의점

문제가 없지만, 작업 면에서는 내부에 플럭스가 잔류할 위험이 있으므로, 그림처럼 플럭스의 배출구를 설계할 필요가 있다. (b)의 경우, 내부 압력이 존재하면 불완전한 필릿을 형성할 우려가 있으므로, 충분히 필릿이 형성할 수 있도록 약간의 압력을 가하는 등의 브레이징 공정을 고안하여야 한다.

### 3. 삽입금속의 배치

용융삽입금속의 흐름에 대한 설계 방안과 더불어 고려해야 할 점은 삽입금속의 배치에 대한 설계방안이다. 특히 예치형 삽입금속의 경우에는 삽입금속을 어디에 놓는가에 따라서 이음부의 강도는 물론 용융삽입금속의 흐름 및 접합결합의 발생과도 밀접한 관계가 있다. 따라서, 이음부 형상의 설계 단계에서 삽입금속의 형태 및 위치를 검토할 필요가 있다. 간단한 예로서, 판상의 삽입금속을 사용하는 경우 그림 10의 (a-1)와 같이 배치하면, 용융삽입금속이 완전히 퍼질 수 있을 것으로 보이지만, 실제에서는 주변부가 먼저 접합온도에 도달하므로, 용융온도가 낮은 삽입금속은 주변부로 흘러가 버리고, (a-2)와 같이 중앙부에는 삽입금속이 충전되지 않아 보이므로 남는다. (b-1)와 같이 배치하면, 플럭스 및 공기는 용융삽입금속과 더불어 외측으로 빠져나가게 되고, 삽입금속으로 완전히 채워져서 보이드가 발생하지 않는다. (b)와 같은 경우에는

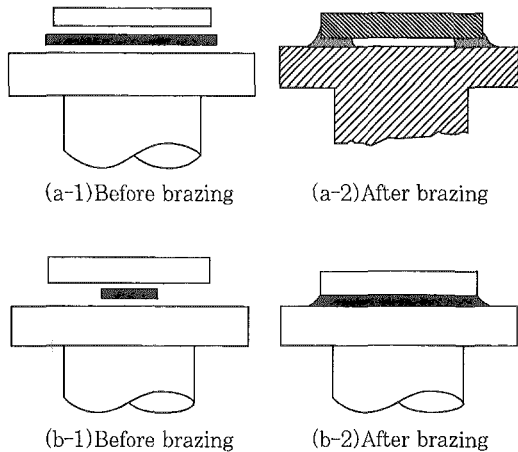


Fig. 10 삽입금속의 설치 방법에 따른 접합상태 비교((a) : 불량, (b) : 양호)



- 강정윤(姜晶允)
- 1953년생
- 부산대학교 금속공학과
- 확산접합, 브레이징, 솔더링, 용접야금
- e-mail : kangcy@pusan.ac.kr

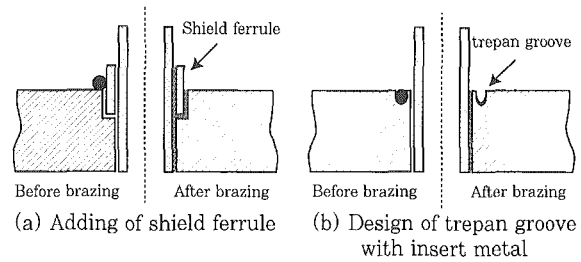


Fig. 11 박판과 후판의 브레이징 시 삽입금속의 설치 방법

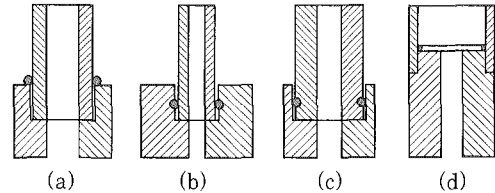


Fig. 12 삽입금속 설치를 위한 설계 예

필요한 삽입금속의 크기 및 중량을 계산할 정확히 필요하고, 특히 접합체의 형상에 따라 가열방법을 고려할 필요가 있다.

특히 양 모재 사이에 두께 차이가 있으면, 얇은 모재 쪽은 온도 상승속도가 빠르고, 두꺼운 모재 쪽은 느리기 때문에, 용융삽입금속은 먼저 얇은 모재 쪽과 반응하여 용융삽입금속의 흐름을 저해하거나, 모재의 얇은 부분이 완전히 용융하는 에로존(Erosion)현상이 일어난다. 따라서, 삽입금속이 얇은 모재와 접촉하지 않도록 설계하거나, 두꺼운 모재 쪽에 삽입금속을 배치하기 위한 그루브를 설치하는 것이 바람직하다. 이와 같은 에로존 현상을 방지하기 위한 설계 예를 그림 11에 표시한다. (a)는 얇은 파이프가 심하게 용융이 일어날 것으로 예상되는 부분에 방해물을 설치하는 방법이고, (b)는 두꺼운 쪽의 모재가 삽입금속의 용점 이상의 온도에 도달하면, 삽입금속이 용융하여 접합부로 흘러 들어가게 하기 위하여, 두꺼운 쪽에 그루브를 만들어 주는 방법이다. 이때 아래쪽에 생긴 모재의 용융부는 큰 문제가 되지 않는다. 예치형 삽입금속에 설계 예를 그림 12에 표시한다. 검은 원으로 표시한 것이 삽입금속이다.