

브레이징 불량

강정윤

Brazing Defect

Chung-Yun Kang

1. 서 언

불량의 종류로는 접합부의 외관 불량, 삽입금속의 흐름 불량, 삽입금속의 과도한 흐름, 이물질 부착, 부품간의 부착, 변색, 변형, 변질, 조립불량, 크기 불량, 강도 불량 등이 있다. 이러한 불량은 여러 가지 원인에 의해서 발생하고, 실제 발생 원인을 찾아내기 어려울 때가 가끔 있다. 또한 불량원인을 발견하였다고 하더라도 설비, 경제적인 문제로 쉽게 대체할 수 없는 경우가 많다.

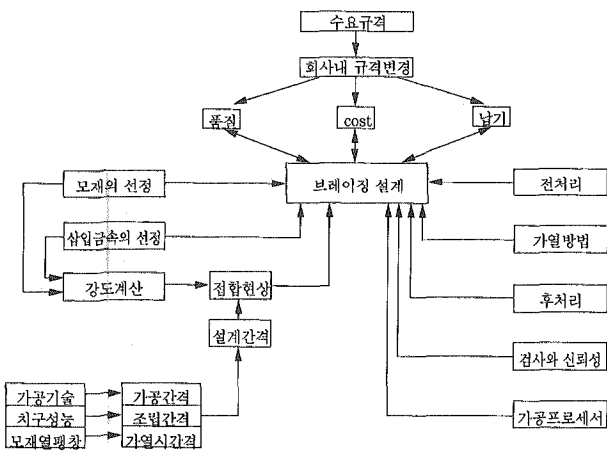


Fig. 1 브레이징 설계 시스템

브레이징 발생 원인은 설계 단계에서 대부분 해결할 수 있지만, 부품 혹은 제품의 설계자가 브레이징에 대한 기본적 설계 지식이 없기 때문에 발생하는 경우가 대부분이다. 즉 제품의 제조 공정 중 브레이징 공정이 차지하는 비중은 거의 수%이고, 브레이징에 대한 문의한이 주로 설계하기 때문인 것으로 생각된다. 따라서 브레이징 설계자는 다음과 같은 내용에 대해서 기본적으로 이해할 필요가 있다.

- ① 접합부의 강도 계산 방법
- ② 회사의 가공기술 능력과 브레이징 설비의 수준
- ③ 평가기준과 평가방법
- ④ 브레이징 작업표준(도표의 표시법, 기술표준 혹은 작업표

준) ⑤ 삽입금속 및 플럭스, 모재 등 재료에 대한 지식
따라서 불량이 없는 제품을 제조하기 위해서는 제품(접합부) 설계 및 브레이징 공정 설계 시에 현장의 생산기술자와 관리자, 제품설계자가 제휴할 필요가 있다. 이러한 것을 정리하면 Fig. 1과 같다.

2. 브레이징부의 결함과 대책

1) 삽입금속 흐름 불량

이 불량은 가장 많이 발생하는 결함으로 주로 대형의 보이드(void) 형태로 나타난다. 외관으로 판별할 수 있는 경우도 있지만, 대체로 X선 혹은 초음파 검사나 단면조직 검사 등으로 판별할 수가 있다.

이러한 불량발생 원인은 다양하므로, 단순하게 해결할 수는 없지만, 다음과 같은 요인과 대책이 있다.

① 접합부의 설계 불량

접합부 간격이 좁은 경우, 특히 0.025mm 이하가 되면 삽입금속이 흘러서 채우지 못하고, 대형의 보이드를 형성하는 경우가 많다. 파이프의 접합에서는 Fig. 2와 같이 조립이나 체결이 불량하여 부분적으로 간격이 불균일하게 되면, 모재판 압력의 차이가 발생하여 넓은 쪽에서 용융 삽입금속의 흐름을 저해한다. 따라서 모재/삽입금속의 조합에 따라서 적정 간격을 유지하고, 경사지게 조립하지 않도록 관리하여야 한다.

② 전처리 불량

모재와 삽입금속을 구입할 당시에는 비교적 청정하지만, 오랜 시간 동안 보존하면, 보존조건에 따라서 표면이 산화하거나, 이 물질 기름 등이 부착한다. 이 원인으로 용융 삽입금속의 흐름성을 저해시킨다. 이 경우 브레이징 작업 전에 아세톤이나 신나 또는 약 5~10%의 황산희석액으로 처리하여 표면을 청정하게 할 필요가 있다.

③ Flux 및 분위기 선택의 오류

플럭스 및 분위기를 삽입금속 및 모재에 따라 적합한 것을 사용해야 하는 데 잘못 선택하면, 젖음성

(Wettability)이 좋지 않아 용융 삽입금속의 흐름성을 불량하게 한다. 예를 들면, 스테인리스강을 BAg 삽입금속으로 브레이징하는 경우, 봉사나 봉산의 플럭스를 사용하면, 보이드가 발생한다. 이와 같은 경우에는 불화물을 적당량 함유한 것을 사용하여 야만 모재면을 청정하게 할수 있다. 또한 분위기 브레이징하는 경우, 분위기 Gas배합과 노점 관리를 잘못하면 발생하기 쉽다.

④ 가열온도

가열방법의 선정이 부적당하거나 필요 이상으로 과열한 경우, 반대로 가열온도가 부족하거나 불균일한 가열은 온도편차를 생기게 하여 용융삽입금속이 균일하게 흐르지 못하여 불량이 발생한다. 이에 대한 대책으로는 브레이징에서는 로내 온도를 균일하게 해주어야 하며, 고주파 가열시는 코일과 모재의 간격, 특히 두께가 다르거나, 투자율이 다른 재료의 경우는 코일설계에 세심한 배려가 필요하다. 또 토치 브레이징의 경우는 토치 위치, 경사각도, 화염의 조정에 유의하여야 한다.

저항 Brazing에서는 전극의 형상, 재질 등을 고려하여 온도분포를 균일하게 해야 한다.

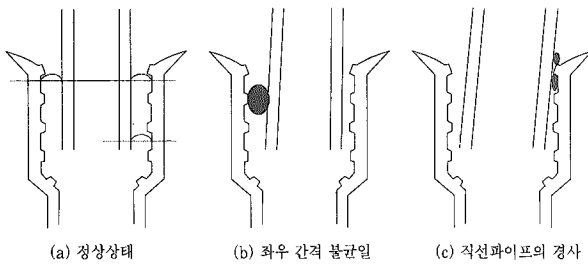


Fig. 2 직선 파이프와 U밴드와 조립된 상태

2) 삽입금속의 부족

삽입금속이 부족하면, 접합부 간격에 충분히 채워지지 못하여 대형 보이드를 형성하게 되고, 간격이 넓은 경우에는 접합부 밖으로 떨어지는 경우도 있다. 특히 모서리 접합부에 많이 발생한다. 따라서 접합부에 채워질 면적을 정확히 계산하여 적정 삽입금속량을 산정할 필요가 있다. 또한 과열이나 브레이징 시간이 길어지면 용융삽입금속이 흘러 넘쳐서 부족 현상이 발생하므로 주의해야 한다.

3) 핀홀(Pin hole)

접합부에 구형의 작은 보이드로서, 압력시험 등을 행할 때에 극미량의 누설의 원인이 된다. 이것은 주로 전 처리가 불충분하여 모재에 부착되어 있는 오염물, 기름 등이 탄화되어 발생하거나, 모재에 흡착된 가스성분이 배출되는 경우에 발생한다. 따라서 모재 및 삽입금속의 전처리를 완벽하게 하고, 가스가 발생할 우려가 있는 재료는 브레이징 온도 근방에서 탈가스처리를 할 필요가 있다.

4) 삽입금속의 산화

산화하기 쉬운 Zn, Cd, Sn 등이 함유된 삽입금속은 가열에 의해 산화하고, 산화가 더욱 진행되면, 균열, 편홀 등이 발생하는 수가 있다. 특히 과열하는 경우에 더욱 발생하기 쉽다. 따라서 적정 브레이징 온도에서 접합하고, 브레이징 시간을 너무 길지 않게 하여야 한다. 특히 재료의 두께가 두꺼워 접합시간이 긴 경우에는 플럭스 수명이 긴 것을 사용하고, 도포량을 많게 할 필요가 있다.

5) 접합부 외부로 삽입금속의 유출

삽입금속이 접합부 간격 이외의 부분에 유출되어 품질 전체의 미관을 손상하는 경우의 결함으로, 주로 접합부 간격이 넓은 경우 또는 과열이나 장시간 가열하는 경우에 발생한다. 따라서 적정 간격 및 가열조건을 선택하여야 하고, 필요에 따라서는 흐름 방지제(stop off)를 사용하는 것이 좋다. 또한 삽입금속을 필요량 이상으로 사용하지 않아야 하며, 플럭스 도포량도 많지 않도록 주의하여야 한다.

6) 플럭스 혼립

Flux 사용량이 삽입금속의 량에 비해서 지나치게 많은 경우에는 접합부 간격이 불균일하게 되어, 모세관 인력이 변하게 되고, 용융삽입금속의 흐름에 난류가 일어나므로, 플럭스가 용융삽입금속 안으로 흘러들어 가서 잔존한다. 삽입금속의 흐름 불량과 같은 현상이 발생한다. 따라서 적절한 플럭스 량을 사용하여야 하며, 가열을 균일하게 하여야 한다.

7) 삽입금속의 균열

브레이징 작업 시에 급냉하는 경우, 모재의 수축과 삽입금속의 수축이 상이하여 균열이 종종 발생하고, 체결용 도구나 치구의 불량에 의해서도 발생한다. 또한 용융온도범위가 넓어 편석 현상이 일어나기 쉬운 삽입금속을 사용하는 경우, 가열속도를 느리게 하면, 용융온도가 낮은 부분이 먼저 용융되어, 남은 부분과 융합되지 않으므로 균열처럼 보인다.

이런 경우에는 접합 부위를 브레이징 온도로 가열한 후 삽입금속을 공급하는 것이 바람직하다.

8) 모재의 균열

특히 가공응력을 많이 받은 탄소강, 스테인리스강 등을 급가열하는 경우 잔류응력에 의해 균열이 발생하기 쉽다. 또한 전기동을 불완전한 분위기에서 가열하면 수소취성에 의해 거북등 모양으로 균열이 발생하는 경우가 종종 발생한다. 따라서 급가열을 피하고, 모재의 취성에 대해서 작업 전에 충분한 검토가 필요하다.

9) 접합강도 부족

설계단계에서 예측한 강도보다 낮은 경우가 종종 발생한다. 이 원인은 전술한 불량으로 인한 것과 접합부의 설계 불량, 삽입금속 및 플럭스 선정의 오류, 브레이징 조건 선정 오류 등에 의해서 발생한다. 이외에도

모재의 연화현상 및 조대화에 의해 모재의 열화가 일어날 수가 있다. 따라서 작업조건에 대한 기본적인 것을 재검토 확인하여 충분한 강도가 얻어질 수 있도록 세심한 주의가 필요하다.

3. 브레이징 조립품의 품질 검사

냉동 기기는 밀폐된 시스템 내에 냉매를 봉입하고 순환 시켜 사용하므로, 브레이징 접합부의 품질 보증은 10년~15년에 걸쳐서 냉매가 새지 않는다는 것을 보증하여야 한다. 이 때문에 완성품은 냉매를 봉입·밀폐하고, 할로겐 리크 검출기에 의해 기밀 검사를 전체품의 브레이징부 모두에 대해서 실시하여 품질 보증을 실시하고 있다. 그러나 국내에서는 수압 검사를 주로 하고 있다. 검출기는 냉매 봉입량이 200g/대 이면 15년간에서 봉입량의 10% 이하의 리크량 즉 1gr/년을 검출시킬 수 있는 감도를 지녀야 한다. 또한 냉매 압축기, 열교환기 등의 주요 부품에 대해서는 각각 제품 별로 기밀 검사를 행하고 있고, 그 방법은 수조 시험, He 리크 시험 장치를 사용하고 있다.

Fig. 3는 항공우주분야에 있어서 일반적인 제조공정과 브레이징 접합부의 품질관리에 대한 검토항목을 나타낸 것이다. 브레이징 결함과 그 허용기준 및 검사순서는 다음과 같다. 브레이징 부품의 품질관리는 MIL, AMS 등의 공용규격 및 항공기 회사의 사내 규격에 각각 규정되어 있다.

모든 브레이징 부품은 양산에 앞서 시제품을 제조하고, 그 품질을 조사하여 불량이 발생하면 제조공정 및 설계상의 검토를 행하며 양산품의 불량 발생을 방지책과 더불어 신뢰성을 확인한다. 실시하는 검사항목 및 기준은 표면에 있어서 균열 및 Blister의 발생유무, 기공, 보이 드발생유무, 집중상황을 형광탐사검사법에 의해 확인한다. 브레이징 결함을 및 단일 결함의 크기 등의 내부검사는 X선검사를 행한다. 주요 검사방법은 다음과 같다.

- ※ 육안 검사 : 접합부 전체의 삼입금속 분리(절단), 유해한 결함
- ※ 형광자분탐상시험 : 균열 및 기공의 유무
- ※ RT(방사선 검사) : 넓은 접합면적을 가지는 중첩 이음부의 결함
- ※ UT(초음파 탐상시험) : 내부결합 유무

Table 1는 브레이징 접합부의 결함검사 기술과 결함 허용기준을 표시한다. 클래스 I 은 크리티컬한 피팅류 및 구조물의 접합부에 적용되고, 클래스 II는 크리티컬하지 않는 피팅류나 구조물의 접합부에 적용한다. 브레이징 접합부에서는 결함을 어느 범위 내에서 허용하고, 이 허용범위 내에서 설계요구를 만족하도록 접합부를 설계하도록 되어 있다.

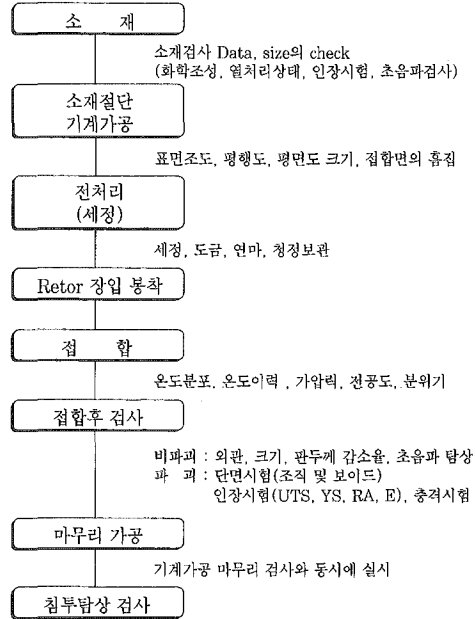


Fig. 3 브레이징 작업시 주요한 제조공정과 체크항목

Table 1 브레이징 접합부의 결함검사와 결함 허용 기준

결함 종류	품질수준		
	1급 (Grade A)	2급 (Grade A)	
과잉삼입금속	- 완성조립품의 기능을 해치지 않는 범위에서 허용단, 브레이징에 의해 형성된 필렛은 완만하고, 균일한 색깔을 나타내야 하고, 미용해를 표시하는 흔적이 있으면 안 된다.		
외부기공 (pin hole)	- 허용 최대 직경 : 0.4mm - 허용 최대 깊이 : 브레이징 깊이의 10% - 최대 허용직경을 가지는 핀홀의 개수는 브레이징 길이 25mm 당 1개 이하 - 브레이징 길이가 25mm 이하인 경우 1개 이하		
집중된 표면기공	- 허용 최대 깊이 : 이 영역에서 각 기공 직경의 합이 0.4mm 넘지 않으면 필렛 폭의 50% - 최대 크기를 가지는 집중기공의 개수는 25mm 당 1개 이하		
선상 표면 기공 (선상으로 집중한 기공)	- 길이는 5mm이하로, pin hole 직경의 합이 0.4mm 넘지 않을 것. - 개수는 25mm당 1개 이하		
Blister (모재 과열)	있으면 안 된다.		
플럭스의 잔류 유무	있으면 안 된다.		
Under-cut (모재의 Erosion)	재질의 5%이하		
삼입금속의 침투	외관상, 틈 사이에 삼입금속이 잘 침투하고, 삼입금속이 양 끝단에 흘러내리는 경우		
내부 결함	불완전 브레이징 면적 합계 (기공, 보이드, 플럭스 포함)	접합면의 15%이하	접합면의 35%이하
	단일 균열	균열의 크기는 접합 중첩거리의 15%이하	
	모재의 탈탄 (철강재료)	침탄(질화) 깊이가 0.075mm 이하이어야 한다.	



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