

폭발압접 (爆發壓接) 개요

The Summary of Explosive Welding



金 熙 禎*
Kim, Hee Chang

* 고분자제품기술사, (주) 소원기건 상무, 본회 이사/홍보위원.

1. 머리말

화약은 폭발시 수 μs 내에 초고압 초고온 상태를 형성할 수 있으며, 그 폭발파는 수km/s의 빠른 속도로 폭발내를 전파하게 된다. 이러한 화약의 폭발 에너지를 이용하여 기계적으로는 접합할 수 없는 이종금속을 접합할 수 있는데 이 방법을 폭발압접 또는 폭발접합(Explosive Welding or Bonding)이라고 한다.

이러한 폭발압접 공법으로 다른 방법으로는 접합이 불가능하던 이종금속 들을 접합시킬 수 있을 뿐만 아니라 반복하중을 받아 피로현상이 흔한 소재, 대형판재, 그리고 용융점의 차이가 큰 금속간의 접합(Aluminium과 Tantalum등)도 가능하다.

이 글에서는 폭발압접의 방법과 원리, 제조공정, 품질검사 및 응용(Applications)등에 대해서 간단히 소개하고자 한다.

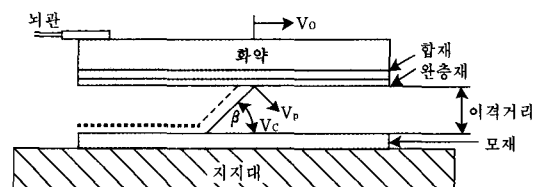
2. 방법과 원리

(1) 폭발압접의 방법

폭발압접 방법은 접합하고자 하는 금속판의 크기에 따라 크게 두 가지로 나눌 수 있는데 소형판재의 접합에는 합재(또는 부재, flyer plate)를 모재(base plate)에 경사지게 배치한 경사법을 사용하고, 대형판재의 경우에는 합재를 모재에 소정 거리만큼 평행이격 시킨 평행이격법을 사용한다.

1) 평행판 압접 (Parallel welding)

폭발압접의 구성요소로는 지지대(Anvil)에 고정되어 설치되는 모재, 간격을 띄고 모재의 상부에 설치되어 화약 폭발시 날아와 접합 되어지는 합재, 초기 기폭을 위한 뇌관(dettonator), 폭약(Explosive)등이 필요하고, 접합하고자 하는 금속면의 손상을 방지하기 위한 완충재(Buffer)는 필요에 따라 설치한다.



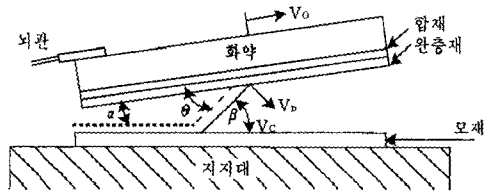
V_c : 충돌속도 (=압접속도 : V_w), β : 충돌각(동적 경사각)

<그림 1> 평행판 압접

〈그림 1〉은 합재와 모재 사이의 이격거리(Stand-off)가 일정한 값, 즉 평행을 유지한 상태에서 폭발압접을 수행하는 방식으로 선기폭 방식을 이용하여 평행한 두 개 소재사이의 압접방식을 보여주고 있다. 주로 대형판재의 압접에 사용된다.

2) 경사판 압접 (Inclined Welding)

합재와 모재 사이에 초기각(Static angle) α 를 유지한 상태에서 폭발압접을 수행하여 재료를 접합하는 형태를 그림 2에서 보여주고 있다. 주로 소형판재의 압접에 사용되어진다.



V_c : 충돌속도(=압접속도 : V_w), β : 충돌각(동적 경사각)

〈그림 2〉 경사판 압접

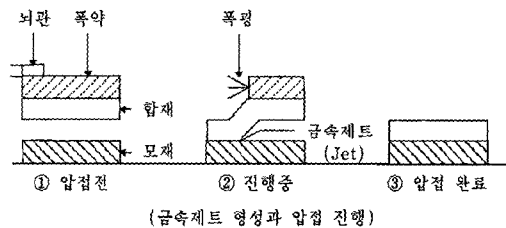
(2) 폭발압접의 원리

폭발압접의 원리 또는 기구(Mechanism)를 해석하는 데는 여러가지 설이 있다. 그 중의 하나가 접촉표면간의 전단력에 의하여 금속을 용융점 이상으로 가열하는 것과 같은 현상이 일어나기 때문이라는 것이고, 또 다른 해석은 접합재질이 큰 압력을 받아서 접합하기에 충분한 변형이 일어나기 때문이라는 것이다. 위의 두 가지 해석은 초창기의 폭발압접에서 주로 적용한 해석이다. 이와 같은 해석을 하는데 제시된 근거로는 접촉면에서 발견되고 있는 용융된 흔적과 소성변형에 의한 압접이다. 그러나 폭발압접에서는 용융이나 소성변형이 일어날 수 있는 충분한 시간이 아니

라 대단히 짧은 시간에 접합이 끝나기 때문에 위의 두 가지 해석으로는 폭발압접을 정확하게 해석할 수 없고 제트(Jet)현상에 의한 해석 방법이 현재 가장 유력한 것으로 알려져 있다.

즉, 화약 폭발시 형성된 불연속 초고압 충격파의 운동에너지가 합재에 전달되어 합재가 모재에 경사지게 부딪힐 때 순간적으로 제트(jet) 현상이 발생하는데, 이러한 제트(jet)현상에 의해서 두 금속의 표면에 있는 산화피막이나 오염된 피막이 제거되어 접합에 필요한 청결한 표면을 만들고 동시에 화약폭발로 발생하는 높은 압력으로 인해 접합계면에서 두 금속의 원자가 원자간 인력이 작용하는 거리까지 접근함으로써 두 금속이 접합하게 된다.

이러한 폭발압접 과정을 알기 쉽게 〈그림 3〉에 나타내었다.

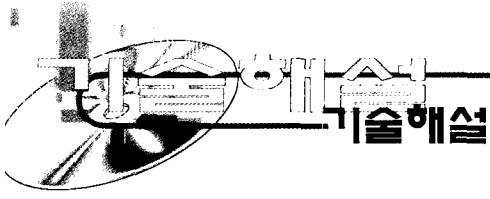


(금속제트 형성과 압접 진행)

〈그림 3〉 폭발압접 과정

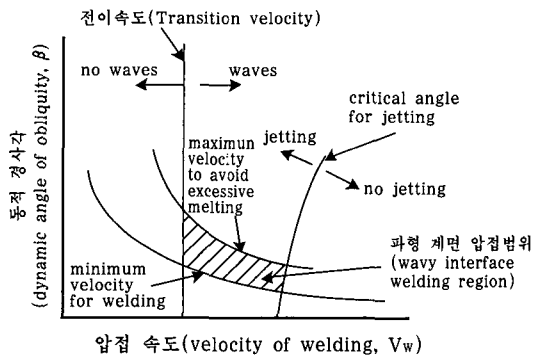
소량의 폭약을 사용하여 제트가 적게 형성되면 접촉 표면 사이의 이물질 층이 완전히 제거되지 않기 때문에 부분적으로 접합이 안되며, 다량의 폭약을 사용하여 제트가 크게 형성되면 금속이 용융되고 압력의 파동이 도달하기 전에 고화될 시간이 없어서 접합이 일어나지 않는다.

금속제트의 발생은 금속 표면의 충돌각(Collision angle or dynamic angle of obliquity) β 와 압접속도 V_w (충돌속도, 충돌점 이동속도(V_c))와 관계가 있다. 충돌각 β 가 작으면 제트의 양이 적게 되고 어느한도 이하에서는 접합이 일어나지 않는다.



한편 충돌각 β 가 크게 되면 접합경계에 두꺼운 용융층이 생겨서 양질의 접합이 이루어 지지 않는다. 이러한 관계를 표시한 도표를 “압접창”(Welding window)라고 하는데 그림 4에 표시하였다. 이 그림을 보면 폭발압접이 될 수 있는 영역을 알 수 있다.

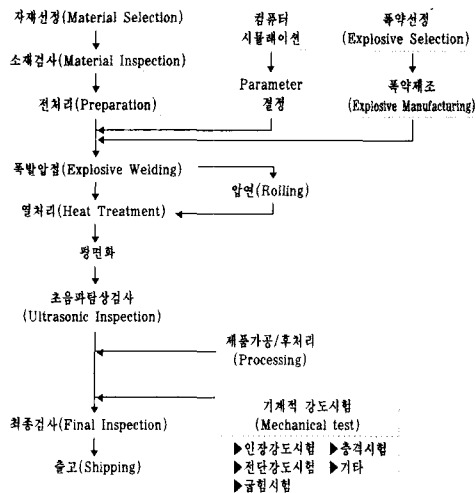
이 압접의 영역은 실험적이고 경험적인 방법에 의하여 결정된다.



(그림 4) 압접창(Welding window)

3. 제조공정 및 품질검사

(1) 제조공정의 예



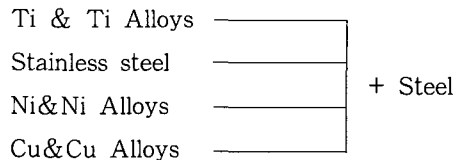
(2) Quality Assurance의 종류

- 1) 전단강도시험 (Shear strength test)
- 2) 인장강도시험 (Tensile Strength test)
- 3) 굽힘시험 (Bending test)
- 4) 경도시험 (Hardness test)
- 5) 비파괴 검사 (Nondestructive Inspection)
 - 치수검사, 평탄도 검사(Flatness), 초음파 탐상검사(Ultrasonic Inspection)

4. 응용분야

(1) 화학플랜트, 발전소 설비

- ▶ 열교환기
- ▶ 압력용기, 저장소
- ▶ 해수담수화 설비
- ▶ 제지표백 설비



(2) 전기접점재용 BUS Bar & Bimetal

- ▶ 제련소 BUS Bar Connector
- ▶ 접지선, 배전반등 전기접점소재
- ▶ 대용량 변압기 Terminal
- ▶ Transition Joint
 - Cu+Al
 - Cu+STS

(3) 구조물 연결재(STJ)

- ▶ LNG 수송선

▶ 일반선박 및 고속정 선체

▶ 군함

Al+Steel

Al+Ti+Ni+STS

(4) 기타 Clad Metal

▶ 주방용기

STS+Al+STS

Cu+Al+STS

▶ 건축외장재

Cu+STS

▶ 기타 특수 폭발압접품

5. 맺음말

폭발압접을 응용하면 종래의 방법으로는 불가

능한 용융점의 차이가 큰 금속들을 접합할 수 있을 뿐 아니라 다중접합도 가능하고 그 응용분야가 다양하다.

이러한 폭발압접 기술은 그 특이성으로 인해 자세히 공개되어 있지 않고 핵심기술이전을 기피하고 있다. 그러나 국내에서도 오래 전부터 꾸준한 연구로 많은 실적을 쌓아 왔고 현재 생산활동이 활발히 진행되고 있다.

특히 중화학 공업에 필요한 핵심소재인 고급금속과 대형 클래드(Clad)제품은 그동안 대부분 수입에 의존하였으나 국내기술로 생산하였다.

최근 폭발압접 기술의 급속한 발전으로 대형 프로젝트(Project)에도 국제 경쟁력을 갖게 될 것으로 생각된다.

(원고접수일 1998. 11. 6)