

알루미늄 봉재의 열간 압출접합 금형에 관한 연구

이경국[†] · 진인태

부경대학교 기계공학부

A Study on Hot Extrusion-welding Dies of Aluminum Rods

Kyeng-Kook Lee[†] · In-Tai Jin

Department of Mechanical Engineering, Pukyong National University

Abstract : It was investigated that two rods of aluminium can be welded by hot extrusion-welding method with extrusion-welding dies, and that the extrusion-welding on the welding surface were analyzed by computer simulation according to the stepped shapes of welding dies. It was known by computer simulation that welding pressure on the welding section of rods welded using extrusion-welding dies and that the welding pressure on the welding section of rods using extrusion-welding dies is lowerer than the welding pressure of rods using stepped welding dies. And it was known by experiments that two rods of aluminium can be welded on the end sections by hot extrusion-welding method using fan-shaped stepped welding dies without relative rotational movement of contacted aluminium rods needed for the purpose of friction heating and pressure.

Key Words : Extrusion-welding, Shear Stress, Friction welding, Extrusion-welding die

1. 서 론

일반적인 용접의 정의는 같은 종류 또는 다른 종류의 두 가지 고체 재료 사이에 직접 원자간 결합이 되도록 접합시키는 방법을 말한다. 기계분야는 금속 재료를 용접하는 종류로서 접합부를 가열·용융시켜 그 부분의 금속원자를 재배열시킴과 동시에 응고하게 하여 접합하는 용융법과 접합부에 외부에서 힘을 가해서 소성변형을 일으켜 접합하는 압접법으로 분류할 수 있다. 즉, 접합할 때 두 고체금속의 접합면을 용융하여 접합하는 방법과 두 고체 금속의 접합면을 고상으로 유지한 채 접합하는 방법으로 분류할 수 있다.

고상으로 접합하는 방법에는 접합면 상에서의 고체 금속의 확산에 의한 확산접합과 일정온도 이상의 조건에서 강한 압력에 의해 접합하는 압력접합이 있다. 압력접합은 접합할 때 냉간상태에서 마찰력에 의해 열을 발생함과 동시에 접합하는 방법과 미리 열간상태로 금속을 가열하여 강한 압력을 주어 접합시키는 방법이 있다.

압력접합은 두 소재의 접합 시에 냉간 상태에서 마찰력에 의해 열을 발생함과 동시에 압력을 가하여 접합하는 방법과 미리 열간 상태로 금속을 가열하여 강한 압력을 주어 접합시키는 방법이 있다. 이러한 알루미늄의 접합법 중에서 경제적으로 저렴한 것은 저온용접에 해당하는 것이나 고도의 용접기술이 필요로 한다.

본 연구에서는 철계 금속재료가 아닌 알루미늄 소재를 이용하고 이 소재의 외부에 코일을 이용하여 열을 공급하여 알루미늄 소재의 경도값을 저하시킨 상태에서 전단력을 가함과 동시에 소재를 압출시키면서 접합하는 방법을 사용하였다. 그러나 접합시 사용되는 알루미늄 소재의 특성이 공기 중에 노출되면 짧은 시간내에 산화알루미늄 막이 형성되는데, 이 산화알루미늄 막은 용융점이 높고 강도 또한 높아서 고상접합을 방해하는 작용을 한다. 이러한 알루미늄의 특성으로 인해 열과 힘을 가하며 이 물질을 제거하는 접합 방법인 마찰회전압접 방법이 주로 사용된다.

본 연구에서는 산화알루미늄 막의 고상접합 방해를 극복하기 위해서 일정온도의 열간 상태에서 전단력을 가하여 접합면의 산화알루미늄 막을 유도압출을 통하여 제거함과 동시에 두 소재에 강한압력

[†] To whom correspondence should be addressed.
kang@yuhan.ac.kr

을 발생할 수 있는 금형 구조에 대해 연구하고자 한다. 즉, 접합이 이루어지는 알루미늄 소재가 전단력에 의하여 그 접합부의 모양이 접합의 단(step)을 따라 흘러가면서 접합부가 형성되도록 금형구조를 채택한다. 스텝의 모양을 가진 다이틀 사용하여 접합부의 형상을 유도 압출하는 압출접합해석과 실험을 통하여 봉재 형상의 두 알루미늄 금속이 고상접합될 수 있는 금형구조를 설계하고 실험을 통한 실제 Al6063을 이용한 압출접합제품을 굽힘시험을 통하여 확인 하고자 한다.

2. 알루미늄 봉재의 열간 압출압접

2.1. 알루미늄 봉재의 열간 압출압접 방법

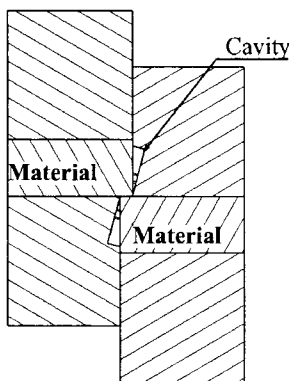


Fig. 1. Die Assembly in hot extru-welding

전단접합 금형 내부에 두 개의 봉재 형상의 재료를 전단이 발생하게 하기 위해서 교차부를 가지도록 소재를 가로로 놓인 상태에서 소재의 축에 교차되는 방향으로 상하에 위치시키고, 일정 온도가 되도록 금형과 소재를 가열한 후, 상하로 압력을 가하게 되면 접합면 상에 전단변형을 일으키면서 알루미늄 소재의 전단부에서 소성변형과 전단이 발생하면서 표면의 산화막과 불순물을 제거되고, 순수 소재가 접촉하도록 유도한다. 계속해서 접합부 표면에서 두 소재의 동심도가 일치될 때까지 전단력을 가하면 알루미늄 소재는 상호간의 금속의 소성이동이 발생하고 두 소재의 접합 표면의 경계가 소실되어지고 접촉면을 가로질러 재결정이 발생하여 접합하게 한다. 이 때 알루미늄 봉재 표면에 존재하는 불순물은 금형의 단(step)에 의해서 유도되어 버(burr)로 배출되어지면서 압출접합 마지막에서는 소재의 흐름, 즉 버의 배출을 차단하면서 전단력을 봉재의 접합압력으로 사용하게 된다.

Fig. 1 은 전단접합 금형의 어셈블리를 나타낸 것으로 상부다이와 하부다이 속에 봉재가 삽입되어 두 소재가 서로 전단변형이 발생할 수 있도록 두 봉재를 상하에 교차부를 가지도록 위치하고 있고 상부다이와 하부다이에는 접합 후 생성되는 잔류 소재와 불순물이 배출되는 성형공간(cavity, step)이 구성되어 있다. 상부다이에 강한 수직 압력을 가하게 되면 두 소재에서 전단이 발생하면서 구성된 성형공간으로 소재가 밀려나오도록 빈공간이 형성되어 있다.

2.1. 봉재의 열간 압출접합 금형 모델

Fig 2는 상부다이와 하부 다이에 접합 후에 발생하는 돌출 부분의 성형공간의 형상을 나타내고 있다. 소재의 교차부 좌우에 대칭형의 단(step)이 가공되어 있으며, 이 단은 초기의 소재의 유동이 발생이 원활하게 하기 위하여 부채꼴 형상으로 되어 있고, 두 소재의 중심축이 일치될 경우 상대 다이와 단히게 되어 소재의 흐름을 차단함과 동시에 접합력을 증가시켜 주도록 설계되어 있다. 또한 아래쪽 초승달 두 개가 겹쳐 있는 단(step)은 두 봉재가 접합될 때 맞은 편의 소재가 유입된다. 상하로 소재가 중심축이 일치되면서 맞은 편의 소재의 유입이 일어나고, 동시에 많은 양의 소재가 유동하지 않게 하기 위하여 2단의 형태로 설계되어 있다.

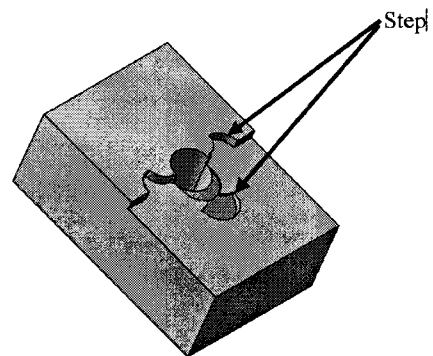


Fig. 2 The shape of extru-welding die step

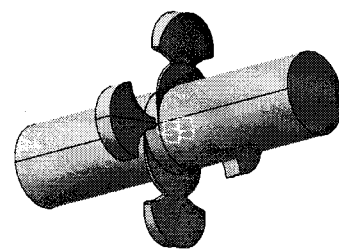
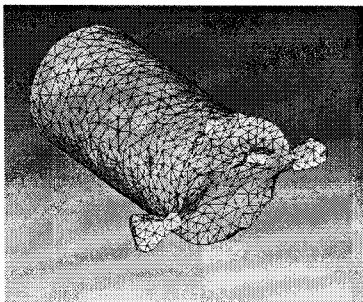


Fig. 3 Shapes of extru-welded part

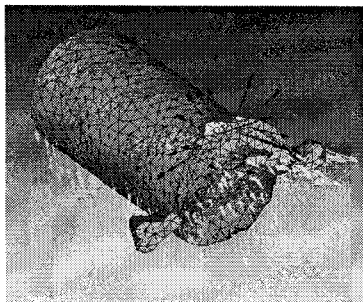
Fig. 3은 전단접합에 의해서 두 알루미늄 소재가 소성변형이 일어난 후 다이의 접합부의 형상에 따라 소재가 채워져서 부채꼴 형태의 돌출부분으로 채워진 모양을 나타내고, 전단접합에 의한 방법으로 생성되어지는 접합의 돌출부의 모양을 나타낸다.

2.3. 알루미늄 열간 압출압접 성형해석

알루미늄 봉재의 압출압접을 해석하기 위해서 상용소프트웨어인 DEFORM-3D를 이용하였고, 단의 모양에 따라 각각 다른 형상의 접합 금형 모델을 적용하여 해석하였다. 해석 소재는 Al6063이므로 실험 조건과 같은 조건으로 해석을 수행하였다.



(a) Stress of upper material



(b) Velocity of upper material

Fig. 4 DEFORM-3D simulation of hot extru-pressure welding

Fig. 4는 압출접합에서 상부 소재의 해석을 나타내었다. 금형의 접합부의 형태가 상하 대칭형으로 해석결과도 유사하게 나타났다. Fig. 4의 (a)는 소재에 발생한 응력을 나타낸다. Fig. 4의 (b)는 상부소재의 접합부 유동을 나타낸다. 접합면에 위치한 소재가 금형의 단(step)에 의해서 유도되어지며, 접합부에 위치한 소재가 봉재의 중심에서 밖으로 유동한다. 그리고 과잉된 소재가 압출되는 것을 알 수 있다.

3. 알루미늄 봉재의 열간 압출압접 실험

3.1. 압출압접 실험장치

Fig. 5는 실험에 사용된 2단 유압프레스이다. 최대 100ton의 성능을 가진다. 유압프레스 내부에는 로(heater)가 설치되어 있으며, 그 내부의 금형이 들어갈 수 있는 공간에 금형이 장착되어있는 것을 나타낸다.

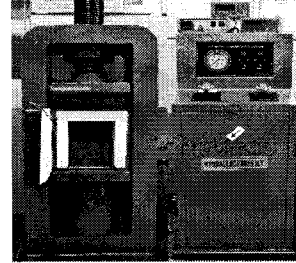
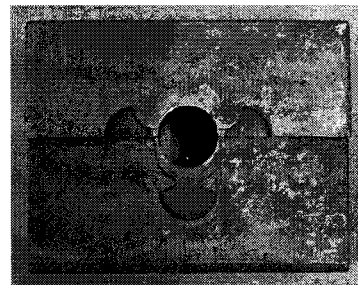


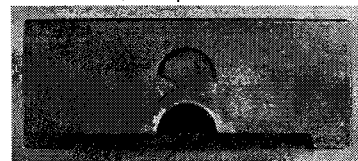
Fig. 5 Hot extru-welding press

3.2. 압출접합 금형의 구조

Fig. 6의 그림은 실험에 사용된 압출접합 금형이다. Fig. 6 (a)는 압출접합 금형의 상부다이로써 알루미늄 봉재를 접합할 때 소재가 삼입되어지는 구멍과 하부 금형과 일치되도록 만든 단에는 돌출부가 구성되도록 좌우에 스텝(step)부, 아래에 초승달형상의 스텝이 가공되어져 있다. Fig. 6 (b)는 전단접합 금형의 하부다이로써 소재를 하부다이에 고정하도록 하는 역할과 전단접합 시에 소재가 부채꼴로 배출되는 홈이 가공되어져 있다. Fig. 6 (c)는 Fig. 6 (b)와 결합되어 소재를 고정하는 하부다이 베이스로 전단접합 후에 좌우에 발생하는 돌출부를 성형하는 스텝(step)부가 가공되어 있다.



(a) Top Die



(b) Clamping Die

4. 결론

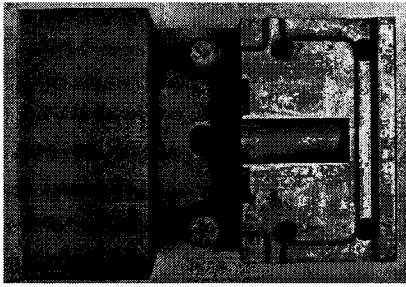
알루미늄 봉재를 가열하여 접합하는 방법을 사용할 때 두 봉재에 진단력을 이용한 열간 압출접합금형을 사용하여 접합이 가능함을 확인하였다. 압출접합이 접합면을 둘러싸고 있는 금형의 구조에 따라 접합 조건을 해석한 결과는 다음과 같다.

- 1) 압출접합에서 접합금형의 단(step)의 형상에 의해 접합부의 버(burr)를 유도할 수 있으며, 불순물을 배출함으로 접합을 용이하게 한다.
- 2) 단(step)의 형상에 따라 두 봉재에 버(burr)를 발생함과 동시에 두 소재의 접합부에 접합력을 발생하여 접합이 가능하였다.
- 3) 굽힘 시험을 통하여 압출접합금형의 접합성을 확인하였다.

이상과 같은 해석과 실험을 통하여 버(burr)를 구속하는 단(step)을 가진 압출접합금형을 이용한 접합이 가능함을 확인하였고, 접합부의 형상을 유도하는 단(step)의 형태를 통하여 알루미늄의 고상접합이 가능함을 알 수 있었다.

참고문헌

- 1) 김민규, 진인태, 2002, "중공튜브 압출굽힘가공에 있어서 소재결합력에 관한 연구", 한국소성가공학회지(2002), 제11권 제6호, pp.495~502
- 2) "welding Aluminum" Reynolds Metal Company, Richmond, Va .
- 3) A.S.T.M. : "Adhesion or Cold Welding of Materials in Space Environments"
- 4) L.E.Murr : "Interfacial Phenomena in Metals and Alloys", Addison-Wesley Publish Co.
- 5) R.F.Tylecote : "The Solid Phase Welding of Metals" Edward Arnold Ltd.



(c) Bottom Die

Fig. 6 Dies of extru-welding process

3.4 실험결과



Fig. 7 The result of extru-welding experiment

실험후의 압접 상태는 단(Step)에 의한 유도된 버(burr)와 Fig. 7과 같이 금형의 공차에 의한 버(burr)의 발생 외에는 외관상으로 두 소재의 축에 대한 동심도와 접합 상태는 양호하였으며, 다이를 사용하지 않은 일반적인 마찰압접에서 발생하는 압접면의 벌어짐 등이 나타나지 않았다.

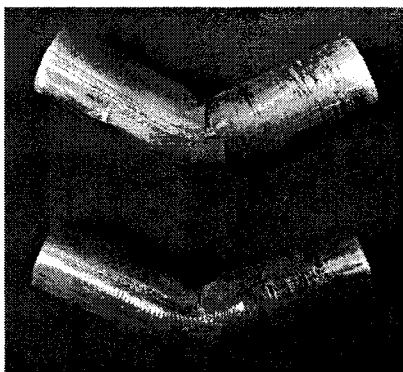


Fig. 8 The result of bending test

외형 가공을 하지 않고 단순히 버(burr)를 제거한 후에 3점 굽힘시험을 하였다. Fig. 8은 실제 알루미늄 소재를 이용한 압접제품의 굽힘시험 결과이다. 굽힘시험에서 압출접합 금형을 이용한 접합은 크랙 발생을 확인할 수 없었다.