

편심 경사 계단형 접합 다이를 사용한 알루미늄 봉재의 열간 압출압접

진인태¹, 이경국²

Hot Extrusion-Pressure Welding of Aluminum Rods using Eccentric-inclined Stepped Welding Dies

I. T. Jin, K. K. Lee

Abstract

It was investigated that two rods of aluminium can be welded by hot extrusion-pressure welding method with stepped welding dies, and that the welding pressure 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 stepped welding dies without eccentricity is lowerer than the welding pressure of rods welded using stepped welding dies with eccentricity of welding surface, and that the welding pressure on the welding section of rods using eccentric-inclined stepped welding dies is higher than the welding pressure of rods using stepped welding dies without eccentricity. And it was known by experiments that two rods of aluminium can be welded on the end sections by hot pressure welding method using eccentric-inclined stepped welding dies without relative rotational movement of contacted aluminium rods needed for the purpose of friction heating and pressure.

KeyWords: Pressure welding(압력 접합), Aluminium rod(알루미늄 봉재), Friction welding(마찰 접합), Stepped welding dies(스텝 다이), Extrusion-pressure welding(압출압접)

1. 서론

일반적인 용접의 정의는 같은 종류 또는 다른 종류의 두 가지 고체 재료 사이에 직접 원자간 결합이 되도록 접합시키는 방법을 말한다. 우리가 속해 있는 기계분야에서 금속재료를 용접하는 종류로서 접합면을 청결하게 하고 두 재료의 금속 원자가 서로 금속 결합을 할 수 있는 거리 이내에 두 재료를 접근시킨다음 이를 위해서는 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 유지한 채 접합하는 방법에는 접합면상에서의 고체 금속의 확산에 의한 확산접합과 일정한 온도 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.

1. 부경대학교 기계공학부

2. 부경대학교 대학원 설계생산자동화전공

압접에는 여러 가지 방법이 있으며, 그 중에서 열과 힘을 가하는 방법에 따라서 분류하면 가스 압접(Gas Pressure Welding), 초음파용접(Ultrasonic Welding), 마찰압접(Friction Welding), 폭발압접, 냉간압접, 저항용접의 방법 등이 있다. 본 논문에서는 철계 금속재료가 아닌 알루미늄 소재를 이용하고 이 소재의 외부에 코일을 이용하여 열을 공급하여 알루미늄 소재의 경도값을 저하시킨 상태에서 압력을 가하여 접합하는 방법을 사용하였다. 그러나 압력접합시 사용되는 알루미늄 소재의 특성이 공기 중에 노출되면 산화알루미늄 막이 형성되는데, 이 산화알루미늄은 용융점이 높아서 용접을 방해하는 작용을 한다. 이러한 산화알루미늄 막의 방해를 극복하여 용접하기 위해서 본 연구에서는 일정한 열간 상태에서 높은 압력을 가하여 접합면상에서 접합면적을 확대하여 산화알루미늄 막의 분포 밀도를 줄임과 동시에 접합면을 경사지게 하여 전단력을 가하는 금형 구조에 대해 연구하고자 한다. 즉, 접합이 이루어지는 알루미늄 소재가 높은 압력에 의하여 그 접합부의 모양이 경사진 접합면을 따라 퍼지면서 경사진 스텝이 형성되도록 금형구조를 채택한다. 이러한 경사진 스텝의 모양을 가진 다이를 사용하여 접합부의 형상을 유도하는 압접해석과 실험을 통하여 봉재 형상의 두 알루미늄 금속이 고상접합될 수 있는 금형구조를 설계하고자 한다.

2. 알루미늄봉재 열간 압출압력접합 성형해석

2.1 알루미늄봉재 열간 압출압력접합 방법

두 개의 봉재 형상의 재료를 일정 온도로 가열된 상태에서 맞대게 하여 강한 압력을 가하여 접합면 상에 전단변형을 일으키면서 알루미늄 소재의 표면의 미세한 돌기부에 의해서 소성변형과 동시에 표면의 알루미늄 산화막을 파괴하여 산화막 분포밀도를 줄이면서 순수 소재가 접촉하도록 유도한다. 계속해서 접합부 표면을 원자간 인력이 작용하는 거리까지 압력을 가하면 소재는 상호간의 금속의 소성 이동이 발생하고 두 소재의 접합 표면의 경계가 소실되어지고 접촉면을 가로질러 재결정이 발생하여 접합하게 한다.

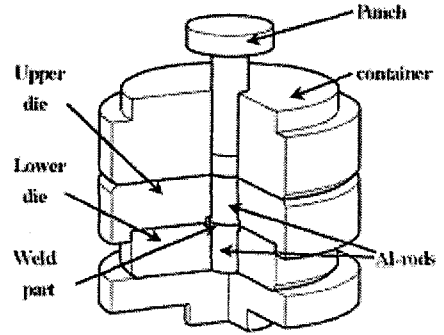
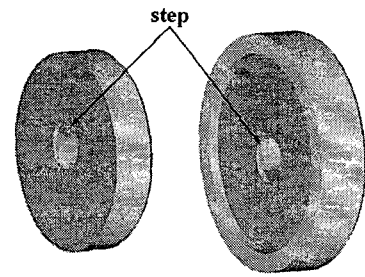


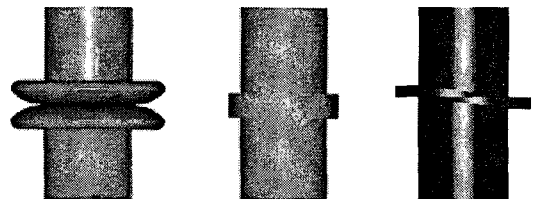
Fig. 1 Die Assembly of hot extrusion pressure welding

Fig. 1 은 편심경사계단형 접합다이 어셈블리를 나타낸 것으로 상부다이와 하부다이 사이의 단으로 구성된 성형공간 내에 놓여 있는 봉재 소재가 끝단면끼리 맞대어진 접합면을 있으며, 같은 동심축 상에 놓이도록 소재를 위치 한 후 강한 수직 압력에 의해서 횡방향으로 소재가 밀려나오도록 다이에 단이 만들어져 있어 밀려나오는 알루미늄 소재가 채워지도록 되어 있다. Fig. 2 는 이 때 접합면을 가로지르는 선상에 놓여 있는 다이의 단의 형상을 나타내고 있다.



(a) lower die (b) upper die

Fig. 2 The eccentric-inclined stepped welding dies



(a) without step (b)rectangular (c)eccentric-inclined

Fig. 3 Shapes of stepped dies on welding line

Fig. 3 은 압접에 의해서 두 알루미늄 소재가 소성변형이 일어난 후 다이의 단의 형상에 따라 소재가 채워진 모양을 나타내고, 압출압접에 의한 방법으로 생성되어지는 접합 돌출부의 모양을 나타낸다.

2.2 알루미늄 열간 압출압력접합 성형해석

알루미늄 봉재의 압력 접합을 해석하기 위해서 상용소프트웨어인 DEFORM-3D 를 이용하였고, 단의 모양에 따라 각각 다른 형상의 접합금형을 사용하여 해석하였다. 해석 소재는 알루미늄 6063 이며, 해석 온도는 460℃에서 해석을 수행하였다.

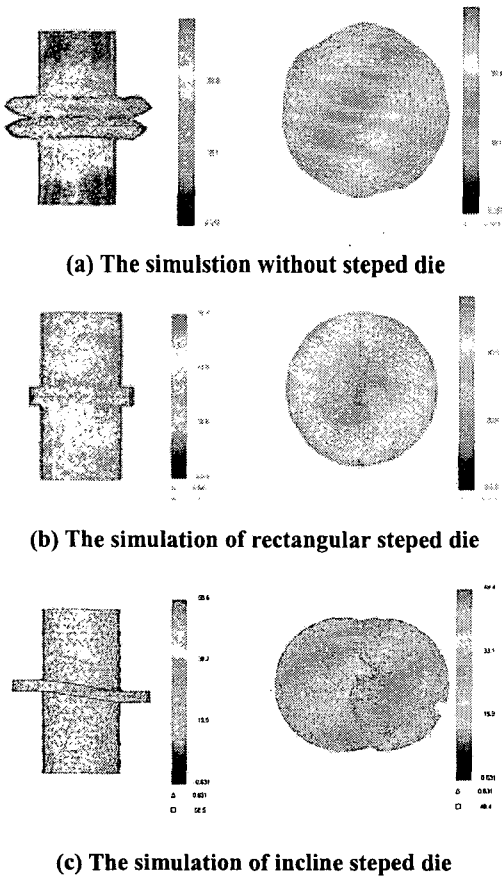


Fig. 4 DEFORM-3D simulation of hot extru-pressure welding process

Fig. 4 의 (a)는 일반적으로 개방된 상태에서 압접의 해석이다. Fig. 4 의 (b)는 편심이

없는 스텝을 가진 다이를 사용한 경우의 해석 결과로서 다이를 사용하지 않는 개방형 압접보다 스텝 다이를 사용한 압접이 접합면에서의 접합압력이 약 10Mpa 더 높게 나타난다. 또한 Fig.4 의 (c)는 원형단면의 편심으로 구성된 경사형 스텝 다이를 사용한 경우 해석 결과로서 사각 단면의 스텝 다이보다 편심 경사형 스텝 다이가 접합면에서의 접합압력이 약 5Mpa 더 높게 되는 것을 알 수 있었다.

3. 알루미늄 열간 압력접합 실험

3.1 실험장치

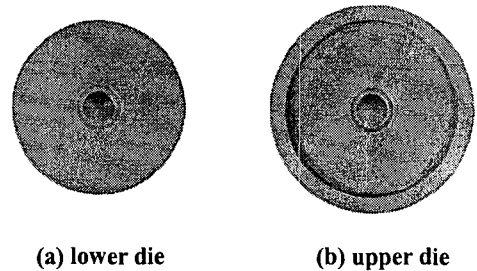


Fig. 5 The extru-pressure stepped welding dies without eccentricity

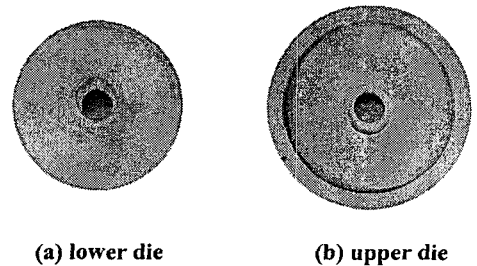


Fig. 6 The extru-pressure eccentric-inclined stepped welding dies

Fig. 5 와 6 은 실험에 사용된 다이로서 압접에 사용될 두 소재가 유입될 수 있도록 각 다이의 내부에 있는 단의 모양을 가지고 있다.

Fig. 5 의 스텝다이는 상형과 하형의 두 스텝부가 서로 동심원상으로 일치하여 접합면이 편심이 없는 구조를 가지고 있으며, Fig. 6 은 두 소재의 접합하는 스텝부의 형상이 상형과 하형이 서로 편심이 되어있고 또한 스텝부가 경사의 형태로 되어있어 소재가 서로 반대

로 전단변형하면서 스텝부에 채워지도록 설계되어있다.

3.2 실험결과 및 고찰

Fig. 7은 실제 알루미늄 소재를 이용한 압접의 실험결과이다. 좌측의 그림은 편심이 없는 스텝압접다이에 의하여 접합과 동시에 수직하중의 직각방향인 횡방향으로 소재를 압출할 때 편심이 없기 때문에 동심원상으로 압출한 접합부 형상이며 우측은 편심이 있는 스텝압접다이에 의하여 접합과 동시에 횡방향으로 압출할 때 편심에 의하여 좌우로 편심되게 압출한 접합부 형상을 나타낸다. 따라서 우측의 그림처럼 접합부의 편심으로 인하여 전단응력이 발생하고 이 전단응력과 수직응력을 조합하여 접합면에서 접합압력을 높게 나오도록 하였다.

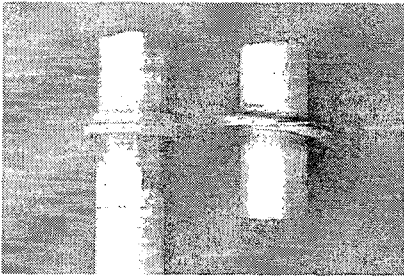


Fig. 7 The result of extru-pressure welding

실험후의 압접 상태는 외관상으로 양호하였으며, 다이를 사용하지 않은 압접에서 발생하는 압접면의 벌어짐이나타나지 않았다.

4. 결 론

알루미늄 봉재를 가열하여 압력 접합하는 방법을 사용할 때 접합면을 둘러싸고 있는 금형의 구조에 따라 압력접합의 조건을 해석한 결과는 다음과 같다.

1. 압접주위가 개방된 상태에서는 압접에서는 접합부에서 버(burr)가 발생하고 접합면이 벌어지게 되어 접합압력이 낮아지게 된다.

2. 편심이 없는 스텝다이에서 압접은 일반 압접에서 벌어지는 버(burr)의 형상을 구속함으로써 접합부의 압력을 증가시키는 요인이 있음을 알 수 있다.

3. 편심경사의 형상을 가진 스텝다이에서는 편심이 없는 스텝다이 보다 접합부에서 버(burr)의 구속이 접합면을 따라 반대방향으로 전단하게 하여 보다 높은 압력으로 접합할 수 있음을 알 수 있다.

이상과 같은 해석과 실험을 통하여 일반적인 압접보다 버(burr)를 구속하는 스텝다이를 이용한 압접이 접합이 좋을 것으로 예상되고, 또한 버를 구속하는 스텝다이의 형태에 따라 그 접합부의 접합응력의 차이가 있음을 알 수 있었다. 따라서 두 봉의 압력접합에 있어서 편심경사계단형 접합다이를 사용하게 되면 접합압력을 높일 수 있음을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] 김민규, 진인태, 2002, “중공튜브 압출굽힘가공에 있어서 소재결합력에 관한 연구”, 한국소성가공학회지(2002), 제 11 권 제 6 호, 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.