

CDA 365/Al 1100 과 Al 2014/Al 1100 이중 관의 다소재 압출에 관한 연구

김황수¹, 이권형¹, 한수식², 한철호[#]

A Study on the Multi-Billet Extrusion of the Two-Layer Tubes by CDA 365/Al 1100 and Al 2014/Al 1100

H. S. Kim, K. H. Lee, S. S. Han, C. H. Han

Abstract

A new forming method for metal/ other metal two-layer tubes by multi-billet extrusion (MBE) is introduced. The forming possibilities of two-layer tubes CDA 365(inner)/Al 1100(outer) and Al 2014(inner)/Al 1100(outer) by MBE are investigated according to the given frictional condition and die profile. The results show that two-layer tube composed by two types tube as abovementioned can be manufactured by MBE. Some stated variables in the forming process such as effective stress and normalized pressure at welding surface are analyzed by FEM code (DEFORMTM-3D)

Key Words : Multi-Billet (다소재), Extrusion(압출), Two-Layer Tubes (이중 관)

1. 서론

한 종류의 소재를 사용하여 중공재 관을 성형하는 방법은 일반화 되어 있으나, 두 가지 이상의 서로 다른 복합 소재를 사용하여 중공 관을 성형하는 방법은 아직까지 여러가지 어려움이 있다. 그러나 내층을 내식성 및 내열성이 강한 세라믹스로 하고 바깥 층을 금속(SUS 304L)으로 하는 이중 복합 중공관 성형이 가능하다면 고기능성의 우수한 성형품을 얻을 수 있을 것이다[1~2].

다소재 압출법은 두 가지 이상의 소재를 서로 다른 컨테이너에 넣고 다른 챔버를 통하여 함께 압출하면 두 소재가 압출되면서 접합되어 이중 복합 소재 중공품이 성형되는 방법이다. 이 방법은 성형중 금속과 금속뿐만 아니라 금속과 세라믹 그리고 세라믹과 세라믹이 접합이 가능하여 항공 우주산업, 원자력개발, 의학, 전자공업 소형 부품 등의 고부가가치 제품을 생산하는데 많이

사용되고 있다.

다소재 압출에 관한 연구는 90년대부터 현재까지 발표되고 있지만 이론적 연구나 유한요소법등을 이용한 공정 해석 연구는 아직까지는 미흡한 상태이다.

본 논문에서는 CDA 365/Al 1100, Al 1100/Al 2014 소재의 다소재 압출 공정을 상용 해석프로그램인 DEFORMTM-3D 를 사용하여 해석하고 접합조건 및 접합형상을 관찰하여 공정조건이 제품에 미치는 영향을 검토하고자 한다.

2. 해석방법

2.1 해석 모델

다소재 압출 금형은 중공 형상으로서 내-외면이 다른 성질을 가진 동종 또는 이종의 소재를 사용하여 동시에 압출하는 방식으로서 다이 구조가 매우 복잡한 형상을 가지고 있으며 포트홀 금형

1. 금오공과대학교 대학원, 한국폴리텍창원대학컴퓨터응용기계과

2. 금오공과대학교 기계공학부

교신저자: 금오공과대학교 기계공학부, chhan@kumoh.ac.kr

과는 달리 사용 범위도 넓지 않아 일부 고부가가치 산업에만 사용되고 있다. 복합 관재 압출에 있어서는 소재간 압출비, 접합력, 다이 형상 등이 매우 중요한 공정 인자이다.

Fig. 1 은 다소재 압출 금형에 형상을 나타내었으며[3] Fig. 2 는 다소재 압출용 금형의 입체도를 나타내었다.

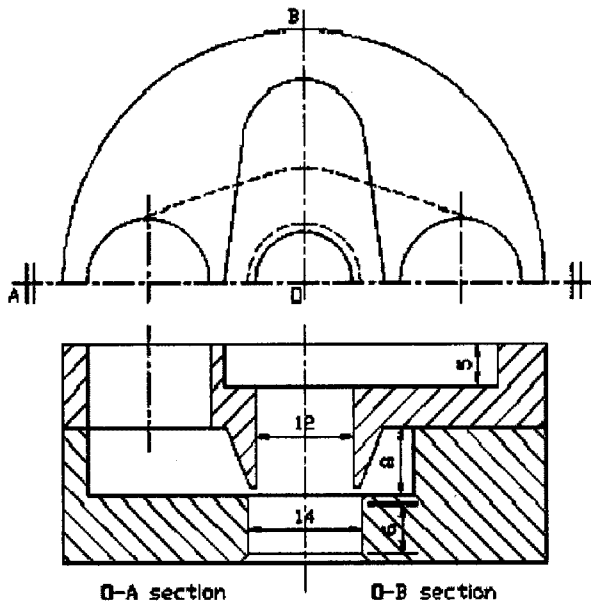


Fig. 1 Die set used for forming of two-layer tubes

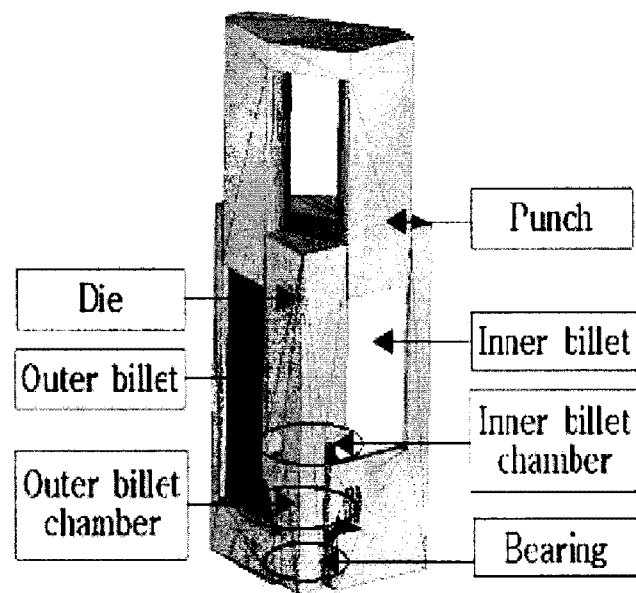


Fig. 2 Schematic diagram of the multi-billet extrusion process (1/4 model)

2.2 해석 조건

모델은 네 개의 홀을 통한 압출공정으로서 다이의 대칭성을 고려하여 1/4 형상만을 해석하였다. 해석 조건으로 램 스피드는 2 mm/s, 금형과 빌렛의 초기 온도는 각각 400 °C, 450 °C로 설정하였다. 마찰인자는 0.7 로 설정하였다. 금형의 재료는 AISI H13 이며 바깥쪽 빌렛은 Al 1100 을 사용하고 안쪽 빌렛이 각각 CDA 365, Al 2014 인 경우에 대하여 비교 해석하였다[4]. 다이는 변형을 수반하지 않는 강체로 가정하였고, 해석은 상용 해석 프로그램인 DEFORM™-3D 를 이용하였다.

Table 1 Simulation conditions

| Item | Value |
|------------------------------------|------------------------|
| Ram speed | 2 mm/s |
| Temperature of die | 400 °C |
| Temperature of billet | 450 °C |
| Friction factor | 0.7 |
| Dimension of billet (inner, outer) | Ø15 × h 30, Ø15 × h 42 |
| Total extrusion ratio | 8.9 |

3. 해석 결과

3.1 압출 형상

이중 관재의 내측 두께 1.2 mm, 외측 두께 1 mm 로 압출 금형을 설계하여 해석하였지만, 해석 결과 압출된 관의 벽부 두께는 Fig. 3 과 같이 약간 차이가 존재한다. 웰딩 라인이 생긴 부분이 약간 두께가 얇은 경향이 있다.

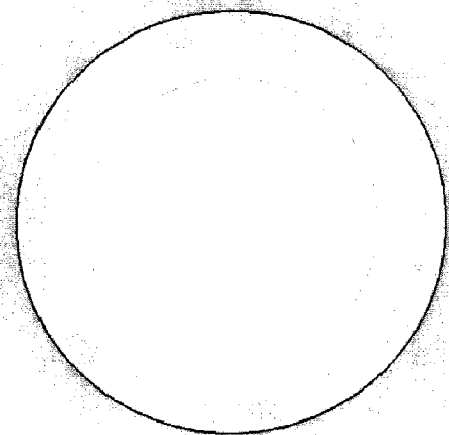


Fig. 3 Simulation result of extrusion (unit: mm)

3.2 하중-스트로크 곡선

압출 공정 해석을 통하여 스트로크에 따른 압출 하중의 변화를 구하였다. 압출 하중에 대한 정보는 다이의 강도 결정, 프레스의 용량 결정 그리고 고부하지점의 설계 변경을 위한 정보를 제공해 주기 때문이다. Fig. 4 는 다소재 압출에 대한 하중-스트로크 곡선을 나타낸 것이다. CDA 365/AI 1100 으로 압출한 것이 AI 2014/AI 1100 보다 급격히 하중이 상승한 이유는 CDA 365 가 AI 2014 보다 탄성계수는 1.5 배 높고, 녹는점 또한 1.5 배 이상 높기 때문에 작업 온도인 450 °C 에서 두 소재 간 결정상태가 다르기 때문이다. 하지만 CDA 365 의 열간 가공온도인 625~800 °C 로 예열 한다면 CDA365/AI1100 의 하중-스트로크 곡선은 지금보다 더 낮아질 것이다.

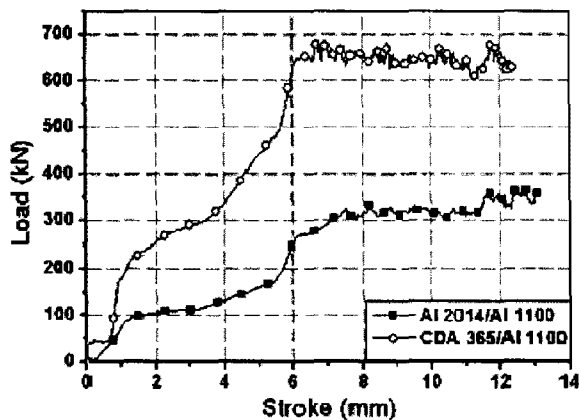


Fig. 4 Stroke vs. load curves for the forming of two-layer tubes

3.3 유효응력과 접합 압력 비교

압출된 제품에서 내측소재와 외측 소재가 잘 접합 되었는지의 판단은 성형된 제품의 유효 응력과 접합 압력 비교를 통하여서 유추하였다. 일반적으로 접합 압력이 유효 응력 이상으로 되어야 접합이 잘 되었다고 판단할 수 있다.

먼저 AI 2014/AI 1100 에 대하여 살펴보면 Fig. 5 에 나타난 바와 같이 AI 2014 과 AI 1100 의 유효 응력이 각각 45 MPa, 30 MPa 임을 알 수 있다. 내측 소재와 외측소재의 접합 압력은 Fig. 6 과 같이 230 MPa 정도이다. 이것을 유효 응력과 비교하면 5 배 이상의 접촉 압력을 가지므로 압출 제품의 내측 소재와 외측 소재 사이에 접합이 양호하게 이루어진 것을 알 수 있다.

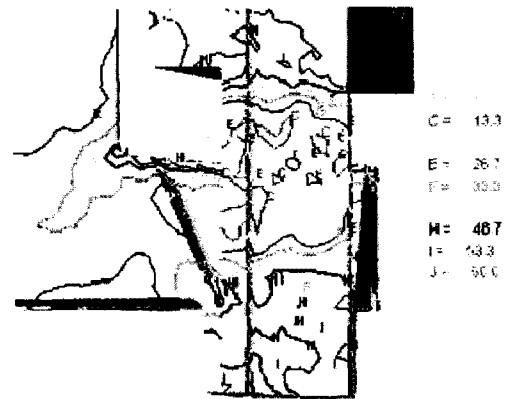


Fig. 5 Distribution of effective stress at the welding plane Al 2014/AI 1100

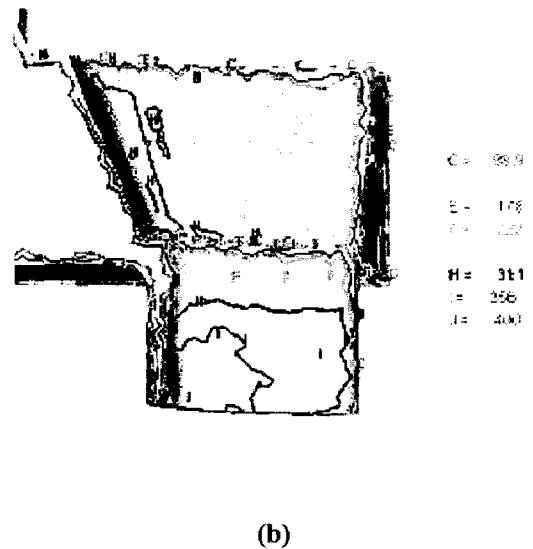
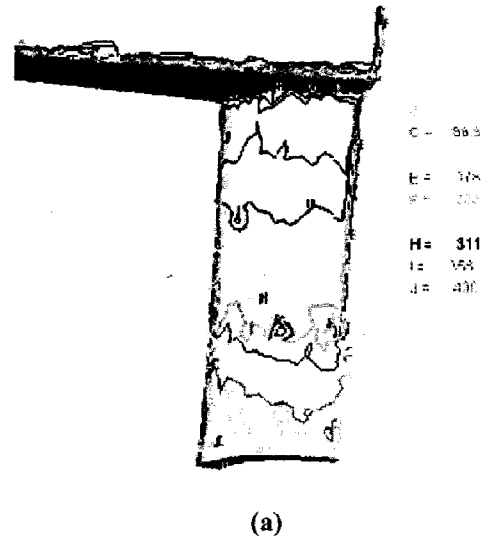


Fig. 6 Normal pressure at the welling plane Al 2014/AI 1100 (a) inner billet (b) outer billet

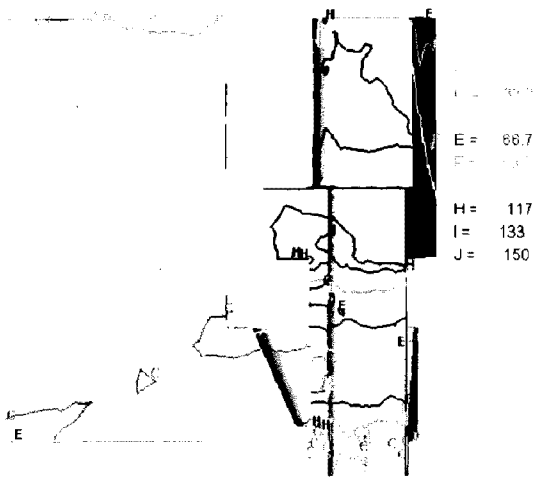
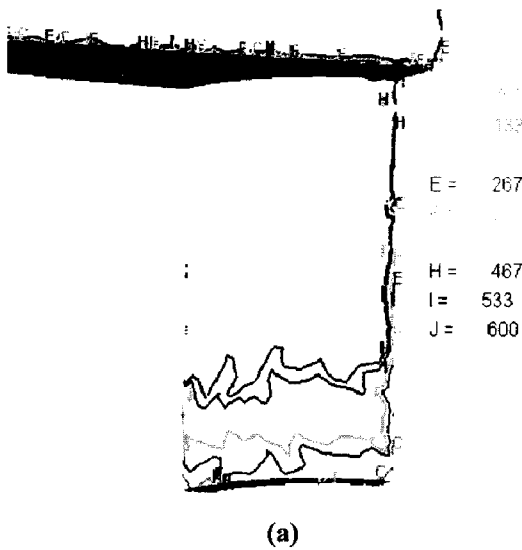
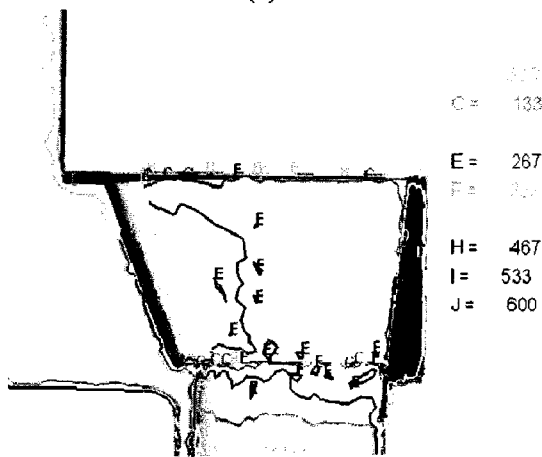


Fig. 7 Distribution of effective stress at the welding CDA 365/Al 1100



(a)



(b)

Fig. 8 Normal pressure at the welding plane CDA 365/Al 1100 (a) inner billet (b) outer billet

다음으로 CDA 365/Al 1100 경우 대하여 살펴 보았다. CDA 365와 Al 1100의 유효응력은 Fig. 7에 나타난 바와 같이 각각 83 MPa, 35 MPa이고 접합 압력이 Fig. 8와 같이 330 MPa 정도를 가진다. 이것을 유효 응력과 비교하면 4 배 이상의 접촉 압력을 가지므로 압출 제품의 내측 소재와 외측 소재 사이에 접합이 양호하게 이루어진 것을 알 수 있다.

4. 결론

이상의 연구에서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 공정의 특성상 발생하는 유동부의 길이 차이 때문에 제품의 치수가 최초 구상한 설계치수와 다르게 나타나 다이의 치수 수정이 요구된다.

(2) 하중은 재료에 따라 큰 차이를 보이나 전체적인 경향은 비슷한 양상을 나타내었다.

(3) Al 2014/Al 1100의 압출과 CDA 365/Al 1100의 압출 모두 접합 압력이 양호하여 이중 복합 중공관의 압출이 가능한 것으로 나타났다. 이와 같이 다른 동종소재와 이종소재의 접합도 가능할 것이다.

참고 문헌

- [1] Z. Chen, T. Murakami, K. Ikeda, 1996, Multi-billet extrusion characteristics of zirconia/stainless steel two-layer pipes, Journal of the JSTP vol. 37 no. 431, pp. 1328 ~ 1333.
- [2] Z. Chen, K. Ikeda, T. Murakami, T. Takeda, 2001, Extrusion behavior of metal-ceramic composite pipes in multi-billet extrusion process, Journal of Materials Processing Technology 114, pp. 154 ~ 160.
- [3] Z. Chen, K. Ikeda, T. Murakami, T. Takeda, J.-X. Xie, 2003, Fabrication of composite pipes by multi-billet extrusion technique, Journal of Materials Processing Technology 137, pp. 10 ~ 16.
- [4] J.-X. Xie, T. Murakami, H. Takahashi, 1991, Hat forming of aluminum and brass pipes by multi-billet extrusion method, Journal of the JSTP vol. 32 no. 362, pp. 353 ~ 358.