

Al 원형 관의 2축 압축 변형특성에 미치는 압축속도의 영향

원시대* · 정현진 · 안희준 · 조황현(서울산업대학교 금형설계학과) · 유종근(뉴테크)

The effect of compressive strain rate on biaxial compressive deformation characteristics of Al circular pipe

S.T.Won* · H.J.Jung · H.J.Ahn · H.H.Cho(Dept. of Die&Mold Design.SNUT) · C.K.Yoo(New Tech)

Abstract : In order to examine the deformation characteristics of Al circular pipe under the biaxial compression, the horizontal biaxial compression die for the experiment was manufactured. From this, in the various compressive strain rate (1 mm/min. ~ 400 mm/min.) conditions, the circular pipes, which were made by Al materials, were investigated based on the properties change of cross section area, punch load and deformation behavior. The tensile and compressive strains were evaluated from micro Vickers hardness tester. From these results, the punch load and deformation characteristic of Al circular pipes were highly changed in the compressive strain rate about 200 mm/min. The Al circular pipes had the tendency that the punch load decreased with increasing the compressive strain rate. In addition, following as the change of the shape and position of neutral axis due to the deformation proceeding of the circular pipe, the special point of the internal circular pipe at maximum load showed the maximum deformation strain and the maximum measured hardness value. The CAE (computer aided engineering) simulation using Deform-2D program was performed on the circular pipe in order to know and verify the exact compressive deformation behavior. From these results, the experimentally measured results were reasonably in good agreement with the simulation results.

Key Words : Strain rate, Biaxial, Compressive, Deformation, Al, Circular Pipe

1. 서론

배관 및 기계구조물 부품의 용도로 많이 사용되고 있는 원형 관의 2차 성형은 굽힘가공, 단축압축 또는 2축 압축가공이 고려되고 있다. 따라서 본 연구에서는 2축 압축을 받는 원형 관의 변형특성을 검토하기 위하여 횡 2축 압축 시험 금형을 제작하고, 1mm/min ~ 400mm/min 범위의 다양한 압축속도의 조건에서 Al 원형 관의 단면 형상변화의 특성, 편치하중과 변형거동특성 및 변형과정에 따른 인장과 압축 변형량의 평가를 Deform-2D에 의한 CAE 변형해석과 함께 마이크로 비커스 경도 값을 측정하여 비교 검토하였다.

2. 실험장치 및 실험방법

2.1. 실험장치

원형 관의 2축 압축 실험은 Fig. 1과 같은 단동

가경식 2축 압축시험 금형을 제작하여 사용하였다. 본 시험 금형은 가경 식으로 각도변화가 최대 70° 범위까지 시험이 가능하지만, 본 시험에서는 45°로 동일한 압축 비로 실험을 실시하였고 이때 시험 편에 작용하는 2축하중의 힘의 작용상태는 Fig. 2와 같다.

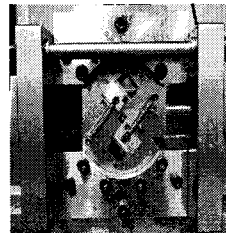


Fig.1. Biaxial compression experimental apparatus

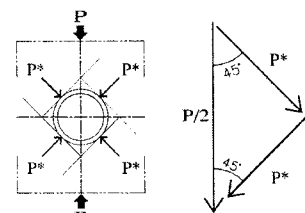


Fig.2. Biaxial compression load state

2.2. 실험재료 및 시험 편 형상

본 실험에서 사용한 Al 원형 관의 화학성분 및 기계적 성질은 각각 Table 1 및 Table 2와 같고, 시험

*stwon370@snut.ac.kr

편 형상과 규격은 Fig. 3과 같다.

Table 1 Chemical composition (%)

Material	Cu	Al	Ti	Mn	Zn	Pb
Al	0.047	Over	0.008	0.0023	0.073	0.0017

Table 2 Mechanical properties.

Material	σ (MPa)	ϵ (%)	C(MPa)	n	H _{mv}
Al	212.4	10.0	196	0.21	89.3

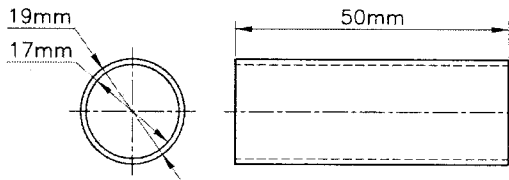


Fig. 3. Geometry of test specimen

2.3. 실험조건 및 방법

본 실험은 Fig. 1의 시험금형을 압축시험기에 장착한 후 시판용 EP-기어오일(점도410 C.P.)의 윤활 조건과 1mm/min ~ 4000mm/min 범위의 압축속도 조건에서 실시하였다. 이때 변형된 시험편의 내측 면이 서로 접촉할 때까지 압축시험기에서 측정되는 최대 시험기 스트로크는 16mm이었다. 한편 변형 전 및 변형단계에서의 시험 편 경도 값(H_{mv})은 마이크로 비커스 경도 계를 이용하여 Fig. 4와 같이 각각 Al원형 관 단면에서의 외측, 중립 축 및 내측의 측정위치에서 50g의 시험하중으로 측정하였으며 변형 과정에 대한 FEM 해석은 상용 프로그램인 Deform-2D를 이용하였고 변형 량의 평가를 경도 실험 결과와 비교 검토 하였다.

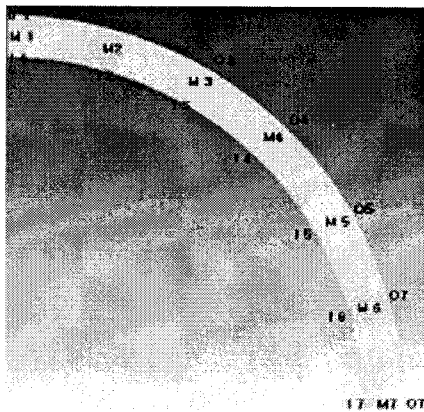


Fig. 4. Micro Vickers measure points

3. 실험결과 및 고찰

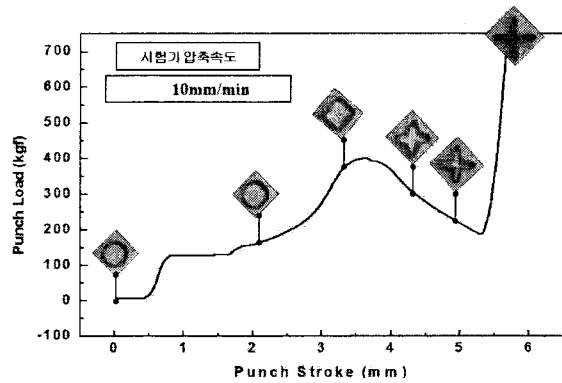


Fig. 5. The relation between punch load-stroke curve and Al circular pipe deformed shapes

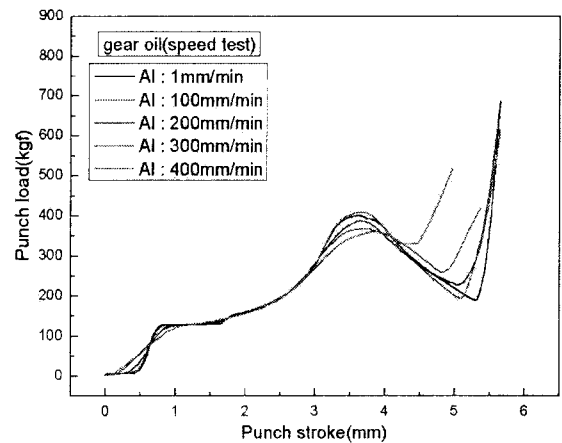


Fig. 6. The characteristic of punch load-stroke curve on various compressive strain rates

Fig. 5는 Al 원형관의 2축 압축 과정에서 펀치하중과 펀치 스트로크(변형)의 전형적인 거동특성을 나타낸 것이다. 이 결과 변형거동을 살펴보면 변형초기에는 2축 압축 시험 장치의 다이 면이 원형 관에 점 접촉한 후 일정하중(6kgf)의 1차 변형 일정구간(0.0~0.4mm)이 나타나고, 이후 면 접촉이 시작되는 0.4~0.7mm 구간에서 급격한 1차 하중증가 구간이 발생한다. 한편 다이와 시험편의 면 접촉이 본격적으로 시작되는 130kgf 하중의 위치에서 2차 변형 일정구간(0.7~1.7mm)이 발생한다. 이 지점을 지나면 스트로크 1.7mm~3.6mm 구간에서 급격한 2차 하중증가구간이 발생한다. 이때 2차 하중의 증가 구간은 면 접촉이 상당히 진전된 상태를 알 수 있다. 그

리고 2차 하중 증가구간을 지나면서 원형단면 형상이 본격적으로 사각단면 형상으로 변형되기 시작한다. 한편 하중 최대 점(395kgf)은 사각 단면 형상에서 내측으로 좌굴이 약간 시작된 스트로크 3.6mm 부근에서 발생한다. 이후 원형 관의 내측으로 계속 변형되어 중심부분에서 4면이 접촉하기 직전인 스트로크 5.3mm 위치까지 하중감소가 나타난다. 이 지점을 지나면 다시 급격한 3차 하중의 증가가 나타나는 변형특성을 볼 수 있다.

Fig. 6는 5종류의 압축속도 실험조건에서의 결과를 나타낸 것이다. 이 결과 압축속도 1~200mm/min 미만에서는 Fig. 5에서 설명한 바와 같이 펀치 스트로크가 증가하면서 하중 일정 구간이 나타나지만 압축속도 200mm/min 이상에서는 하중 일정 구간이 나타나지 않고 변형초기 단계부터 지속적인 하중 상승현상이 발생하는 특징이 나타난다.

이 현상은 압축속도가 빠를수록 충격(운동) 에너지가 커지므로 이에 따른 변형 저항도 증가하여 하중은 속도에 비례하여 증가하는 것으로 생각된다. 또한 압축속도가 빠를수록 충격에너지가 커져 결국 4점의 접촉점에서 충격 압축량이 이에 비례해서 커지므로 펀치스트로크량이 작아져 시작점도 빨라지는 것으로 생각된다.

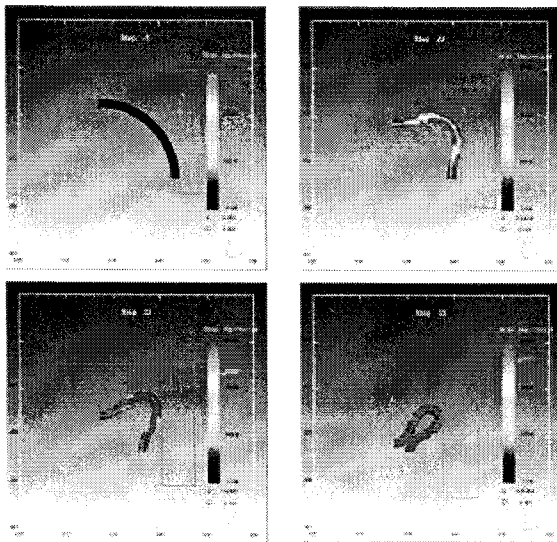


Fig. 7. The result of deformation analysis by Deform-2D

한편 Fig. 7은 Deform-2D에 의한 변형 해석결과를 나타낸 것으로 Fig. 5의 각각의 변형단계에서 나타나는 단면형상변화와 일치함을 알 수 있고, 변형과

정에서의 변형량과 응력상태를 알 수 있었다.

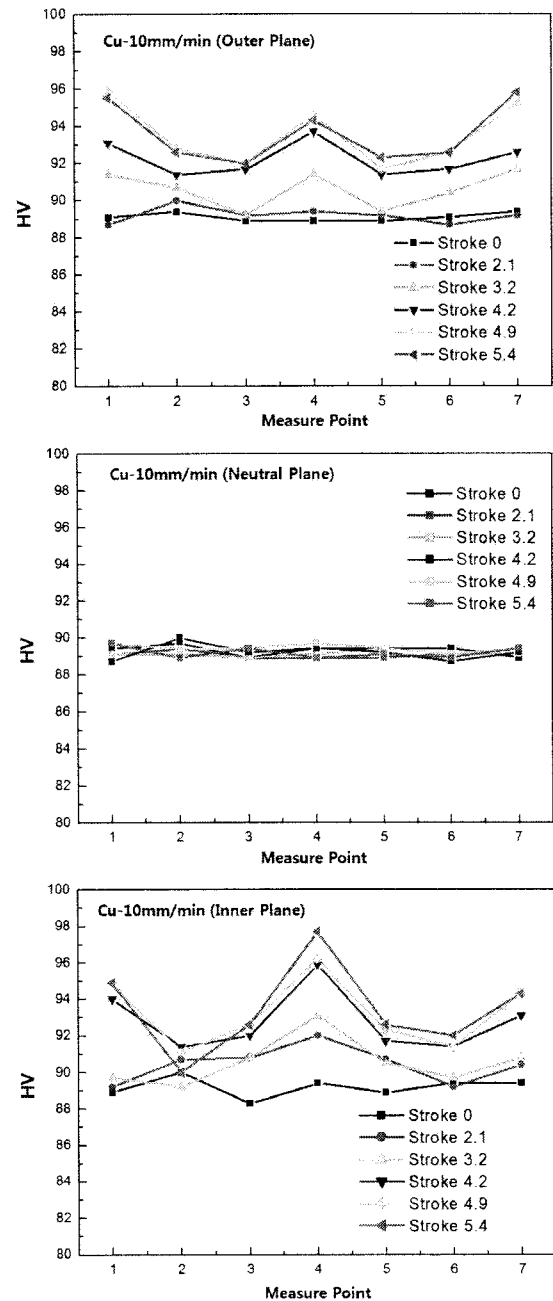


Fig. 8 The result of micro Vickers hardness value at deformed stage

한편 Fig. 8은 변형전과 변형 시작단계에서 종료 시까지의 각 단계에서 AI원형 관의 외측, 중립 축, 내측의 위치에서 측정된 마이크로 비커스 경도 값을 나타낸 것이다. 이 결과 변형전의 평균경도 값

(Hmv)인 89.3에 대해 변형 최종단계의 외측 및 내측의 최대변형이 발생한 위치에서의 경도 값은 각각 96.2 및 97.7의 값을 나타내고 있어 변형이 심하게 발생한 위치에서 경도 값이 크게 나타나는 것을 확인 할 수 있었다.

4. 결론

본 연구는 횡 2 축 압축을 받는 AI원형 관의 단면형상변화 특성, 압축속도의 크기에 따른 편치하중과 변형거동특성 및 변형과정에 따른 경도 값의 변화를 실험적으로 검토하였고, Deform-2D를 이용한 CAE변형해석 결과와 비교한 결과 어느 정도 잘 일치하고 있음을 알 수 있었다.

참고문헌

- 1) 遠藤順一, 室田忠雄, “塑性と加工,” vol. 23, no. 258, (1982-7), 708.
- 2) 後藤武夫, 清水和夫, “塑性と加工,” 4-26(1963), 131.
- 3) DeRuntz, Jr. J. A. and Hoge, Jr. P. G, J. Appl. Mech, Trans. ASME, (1963), 391.
- 4) 中村康範, 齊藤浩一, “塑性と加工,” 19-206(1978), 185.
- 5) Reid, S. R. and Reddy, T. Y., Int. J. Solids Structs., 14-3(1978), 213.
- 6) Reddy, T. Y. and Reid, S. R. Loc, cit., 16-6(1980), 545.
- 7) 後藤 学, 兪鍾根, 第43回塑性加工連合論文集, (1992.10), 561.
- 8) 後藤 学, 兪鍾根, 平成5年度塑性加工春季講演論文集, (1993.5), 221.
- 9) 後藤 学, 兪鍾根, 金内祥大, 山下実, 平成9年度塑性加工春季講演論文集, (1997.5), 281.