

# 판재의 이축인장 특성을 고려한 사각컵 딥드로잉 성형해석

안덕찬<sup>1.#</sup>, 김광욱<sup>2</sup>

## Numerical Study of Square Cup Deep Drawing Accounting for Biaxial Tensile Property

D. C. Ahn, K. Y. Kim

### Abstract

Recently the use of ferritic stainless steels for automotive exhaust system has been increased dramatically. A detailed knowledge of material behavior of ferritic stainless steel is important for successful manufacturing of exhaust systems. To achieve this goal, numerical study of square cup deep drawing for ferritic stainless steel sheet, type 409L was conducted with Yld2000-2d. Uniaxial tensile test and hydraulic bulge test were performed to characterize plastic material behavior. Finite element simulation of square cup deep drawing was performed successfully.

**Key Words** : Biaxial bulge test, Finite element method, Sheet metal forming, Square cup deep drawing

### 1. Introduction

최근 자동차 연비 향상과 오염물질 배출저감의 환경규제 강화에 더불어 배기가스의 온도가 상승하는 추세에 있다. 이러한 배기가스의 온도 상승에 대응하며 배기계 시스템의 경량화를 도모할 수 있는 소재로서 페라이트계 스테인레스강(ferritic stainless steels)의 적용이 점차 증가하고 있다. 페라이트계 스테인레스강은 니켈, 크롬과 철을 주성분으로 하는 오스테나이트 스테인레스강(austenitic stainless steels)과 달리 크롬과 철을 주성분으로 하고 있다. 페라이트계 스테인레스강은 고온 내산화성과 내부식성이 우수하고, 고온에서 열팽창이 적고 열피로 특성이 우수하다. 배기계 시스템의 주요 구성품인 이그조스트 매니폴드(exhaust manifold), 머플러, 컨버터 그리고 이러한 부품들을 연결하는 파이프류는 다양한 가공방법 즉, 프레스 가공, 파이프 벤딩과 확관 등을 통해 이루어진다. 따라서, 페라이트계 스테인레스강의 성형성을 정확하게 모델링하는 것은 배기계 부품들의 가공 공정을 성공적으로 디자인하는 데 있어 매우 중요하다. 본 연구에서는 머플러용 소재로 많이 사용되는 페라이트 스테인레스강 409L의 소성거동을 실험을 통해 검토하고 최근 알루미늄 판재를 대상으로 개발된 Yld2000-2d[1]를 이용하여 사각컵 딥드로잉에 대한 성형해석을 수행하였다.

### 2. Material characterization

페라이트계 스테인레스강 409L 0.5t의 소성거동을 평가하기 위하여 압연방향, 45도방향, 그리고 90도방향의 인장실험을 수행하였다. 또한 액압벌지 시험기를 이용하여 이축인장시 진변형률 대 진응력의 관계를 실험적으로 구하였다[2]. Fig. 1은 실험에서 얻은 단축인장과 이축인장시 진변형률 대 진응력의 관계를 도시한 것이다. 또한, 코인 압축실험을 통해서 이축변형시 소성변형률비를 구하였다. 실험에서 얻은 소재의

1.,# POSCO 기술연구원 STS제품연구그룹, deokahn@posco.co.kr

2. POSCO 기술연구원 STS제품연구그룹

물성은 table 1에 나타내었다. 이때 얻어진 데이터를 이용하여 table 2에 Yld2000-2d 항복식의 이방성 계수를 구하여 나타내었다. 페라이트 스테인레스강의 격자구조는 BCC이므로, Yld2000-2d의 지수값은 6으로 하였다.

**Table 1 Normalized yield stress and r-value input data.**

$\sigma_0/\sigma_0$	$\sigma_{45}/\sigma_0$	$\sigma_{90}/\sigma_0$	$\sigma_{\text{biaxial}}/\sigma_0$	$r_0$	$r_{45}$	$r_{90}$	$r_b$
1.0	1.0101	0.9952	1.2572	2.090	2.000	2.829	0.90

**Table 2 Anisotropic coefficients for Yld2000-2d with M=6.**

$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$	$\alpha_5$	$\alpha_6$	$\alpha_7$	$\alpha_8$
0.9607	1.1340	0.7139	0.8478	0.8835	0.5951	1.0206	1.1111

### 3. Numerical simulation of square cup deep drawing

Fig. 2는 Yld2000-2d를 이용하여 수행된 사각컵 성형해석 결과를 나타낸다. 사각컵의 직경은 70mm며 다이코너부 반경은 1.5mm 그리고 펀치코너부 반경은 8mm이다. 성형해석시 마찰계수는 윤활을 고려하여 0.07로 부가하였고, 블랭크 홀딩력은 50kN이 부가되었다. 성형해석 후 두께분포를 살펴보면 벽부에서 최소 두께감소가 발생된 것을 알 수 있다. 본 연구에서는 이상과 같이 판재의 단축인장 특성뿐만 아니라 이축인장 특성을 고려하여 페라이트 스테인레스강 409L 판재를 대상으로 사각컵 딥드로잉 성형해석을 성공적으로 수행하였다.

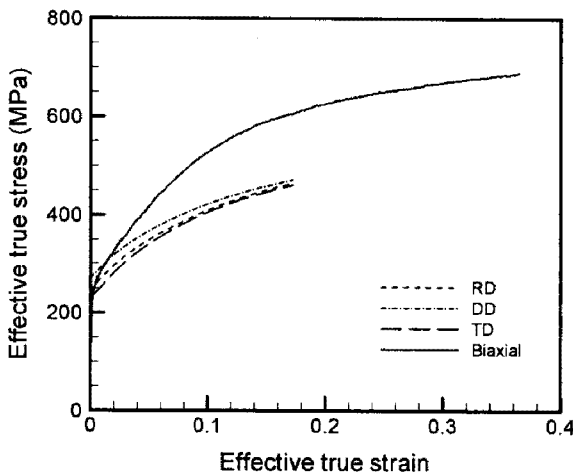


Fig. 1 True stress vs. strain relationship.

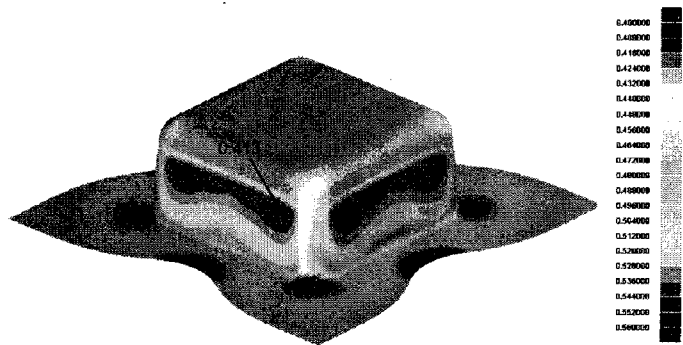


Fig. 2 Thickness distribution at punch stroke of 34mm.

### 참 고 문 헌

[1] F. Barlat, J. C. Brem, J. W. Yoon, K. Chung, R. E. Dick, D. J. Lege, F. Pourooghlat, S.-H Choi, E. Chu, 2003, Plane stress yield function for aluminum alloy sheet. Part I: Theory, Int. J. Plasticity, Vol. 19, pp. 1297-1319.  
 [2] R. F. Young, J. E. Bird, J. L. Duncan, 1981, An automated hydraulic bulge tester, J. Appl. Met., Vol. 2, pp.11-18.