

드로우비드력 결정을 위한 실험모델

문성준¹ · 이명규² · 김영탁[#]

Experimental Model for Determining Drawbead Forces

S. J. Moon, M. G. Lee and Y. T. Keum

Abstract

A new experimental model for determining drawbead forces, which modifies the dieface of Nine's experimental model, is introduced and the better validity of the drawbead opening and restraining forces of new model than those of Nine's is demonstrated. While Nine's model considers a blank holding force as one of forming variables, new model excludes it by removing blank holder in the dieface. The comparison of the strains found by FEM simulation of automotive fender draw forming process with those measured in a formed panel recommends the new model for accurate drawbead forces.

Key Words : Drawbead(드로우비드), DBRF(인출력), DBOF(상압력), Circular Drawbead(원형 비드), Elliptical Drawbead(타원형 비드), Square Drawbead(사각 비드), Drawbead Forces(드로우비드력)

1. 서론

프레스 성형공정에서 블랭크 홀더면의 드로우비드는 스템핑 공정 중 재료의 흐름을 제어하고 장력을 부여하여 성형 중 발생하는 주름, 파단, 스프링백 등의 결함을 방지한다. 그러나 일차적으로 설계된 드로우비드는 박판성형 공정 중 마찰, 블랭크 홀딩력, 금형의 형상 등의 공정변수와 강판의 재질, 두께 등의 재료적 변수에 의해 트리아아웃 과정에서 대부분 수정된다. 따라서 금형설계 단계에서 많은 시간을 소요하는 금형의 트리아아웃 기간을 줄이기 위하여 드로우비드에 대한 설계자의 경험적 지식과 실험, 시뮬레이션을 통해 얻은 드로우비드 데이터베이스를 금형설계에 적용하여야 한다.

또한 드로우비드가 블랭크 홀딩력과 함께 작용하지만 다양한 형상과 치수를 가진 드로우비드 금형이 박판에 미치는 영향을 보다 정확하게 평가하기 위해서는 드로우비드의 형상과 치수에 의한 굽힘, 되굽힘 효과 등을 세밀히 고려하여 드로우비드력을 구하여야 한다.

이러한 드로우비드에 관한 연구는 Nine에[1] 의해 시작된 후, Wang은[2] 원형비드의 수학적 모델을 제시하였고, Levy는[3] 저항력을 예측하기 위하여 가상일의 원리를 도입하였다. 또한, Stoughton은[4] 드로우비드력을 계산하는 수학적 모델을 제시하고 Nine의 실험을 통해 검증하였고, Carleer등은[5] 2차원 평면 변형률 FEM 해석을 이용한 2차원 드로우비드 모델을 제안하였으며, Keum등은[6] FEM 해석을 위한 수학적 전문모델을 제안하였다.

본 연구에서는 블랭크 홀딩력을 배제하고 드로우비드의 형상과 크기로만 드로우비드력을 구할 수 있는 실험모델로부터 드로우비드력을 측정하고, 이 측정치들을 자동차 팬더 성형해석에 적용하여 해석결과의 정확도를 보여 줌으로서 새로운 실험모델의 우수성을 보이고자 한다.

2. 실험모델

Nine 실험모델의[1] 시편은 금형의 블랭크 홀딩력의 영향을 받아 인출된다. 그러나 박판 성형해석에서 일반적으로 사용되는 등가 드로우비드는

1. 한양대학교 일반대학원, 자동차공학과

2. 한국기계연구원, 재료연구소

교신저자: 한양대학교 기계공학부, vtkeum@hanyang.ac.kr

드로우비드부만 포함하고 BHF가 영향을 주는 다 아페이스 부분을 배제하여야 한다. 뿐만 아니라 Nine 실험 모델에서는 BHF의 크기에 드로우비드력이 의존하여 정확한 드로우비드력의 설정이 불가능하다. 따라서 새로이 제안하는 드로우비드 실험 모델은 Fig. 1와 같이 1에서 6사이의 구간만을 드로우비드부로 설정하고 드로우비드력을 측정하여 BHF의 영향을 배제시켰다. Fig. 1의 실험모델에서 상압력과 인출력은 식(1)과 식(2)로 계산된다.

$$DBRF = \{(F_1 e^{\mu\theta} + F_2 + \mu F_e + F_3) e^{2\mu\theta} + F_4 + \mu F_e + F_5\} e^{\mu\theta} + F_6 \quad (1)$$

$$DBOF = \{F_e \cos \theta + (F_1 e^{\mu\theta} + \mu F_e + F_2 + F_3) G(\mu, \theta)\} \quad (2)$$

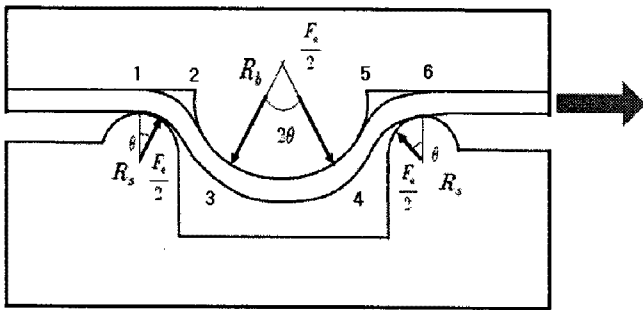


Fig. 1 New circular drawbead die set for measuring drawbead forces

3. 검증

제안모델의 타당성을 검증하기 위하여 자동차 팬더 드로우 공정을 성형해석하였다. Fig. 2과 같은 팬더 드로우 급형의 드로우비드에 대하여 제안된 실험모델의 원형비드와 타원형비드 그리고 사각비드의(Fig.3 참조) 상압력과 인출력이 측정되어 Table 1에 수록하였다. 여기서 사각비드의 상압력과 인출력은 실험 중 인출되기 전에 파단되어 이론식으로부터 구하였다. 또한, Nine 모델에서 BHF가 158N/mm일 때 드로우비드 인출력과 상압력이 (Table 2 참조) 성형해석에서 사용되고 이들의 해석결과가 본 연구에서 제안하는 모델의 해석결과와 비교되었다. 한편, 팬더의 성형에서 변형이 가장 큰 Section1-1', Section2-2', Section3-3', Section4-4' 에서(Fig. 4 참조) 성형 해석하여 얻은 변형률들이 실측치들과 비교되었다. Table 3은 2실험 모델로부터 구한 드로우비드력들을 사용하여 성형해석

에서 얻은 변형률과 실측치와의 RMS (Root Mean Square)에러들을 보여준다.

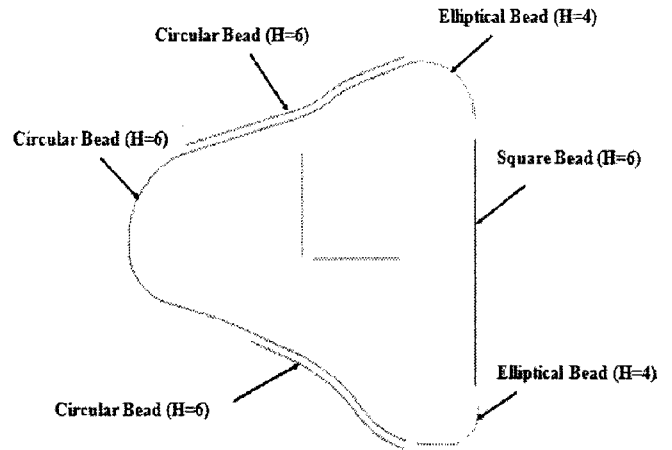
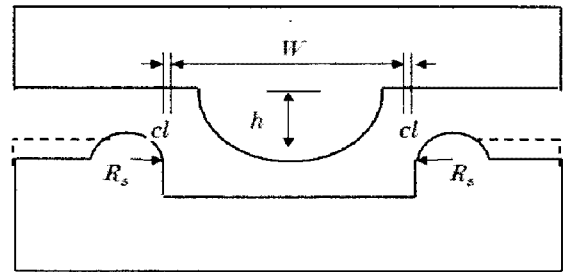
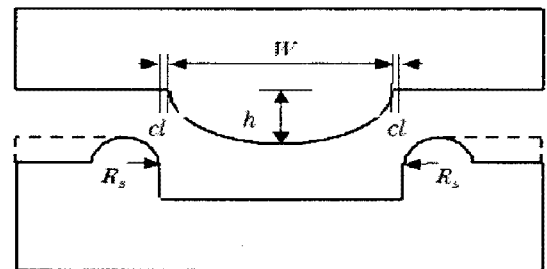


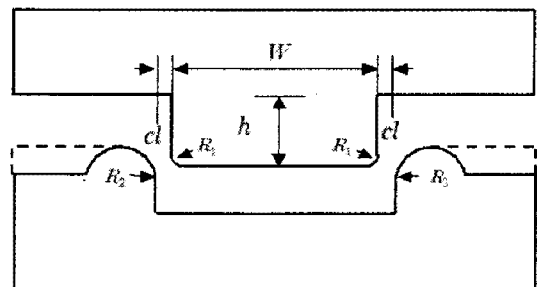
Fig. 2 Dawbeads in a fender draw die



(a) Circular Drawbead



(b) Elliptical Drawbead



(c) Square Drawbead

Fig. 3 New drawbead die set for DBOF and DBRF

Table 1 DBOF and DBRF measured from new model

Drawbead Forces	Circular Drawbead (N/mm)	Elliptical Drawbead (N/mm)	Square Drawbead (N/mm)
DBOF	73.8	60.7	94.0
DBRF	72.1	53.3	107.5

Table 2 DBOF and DBRF determined by Nine's model when BHF=158N/mm

Drawbead Forces	Circular Drawbead (N/mm)	Elliptical Drawbead (N/mm)	Square Drawbead (N/mm)
DBOF	127.6	110.1	140.9
DBRF	147.0	120.5	193.5

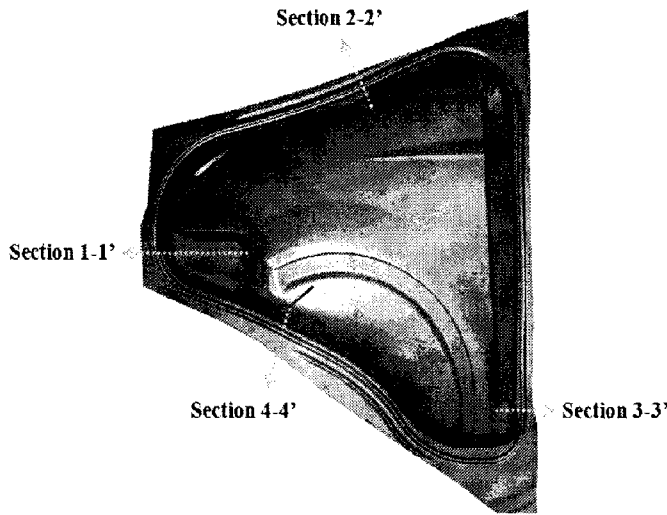


Fig. 4 Fender draw panel

Table 3 Comparison of RMS errors of strains between new and Nine's experimental models

	Experimental Model	RMS Error (%)			
		1-1'	2-2'	3-3'	4-4'
Major Strain	New	4.6	2.3	9.8	2.4
	Nine	7.4	48.2	11.9	28.0
Minor Strain	New	3.5	1.8	5.7	2.8
	Nine	4.5	1.6	5.9	2.1
Thickness Strain	New	4.4	3.0	9.6	3.8
	Nine	10.1	48.3	10.9	27.1

4. 결 론

블랭크 홀딩력의 영향을 배제시킨 드로우비드 금형으로부터 구한 드로우비드력과 Nine 모델로부터 구한 인출력, 상압력을 자동차 팬더 드로우 공정에 각각 적용시켜 해석한 후 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 드로우비드력을 구하기 위한 드로우비드 실험 모델은 BHF의 영향을 받은 다이페이스 부분이 제거되어야 한다.

(2) 유한요소 해석에서 사용되는 등가 드로우비드의 드로우비드력은 블랭크 홀딩력의 영향을 배제한 드로우비드력을 사용하여야 한다.

(3) 팬더 FEM 성형해석에서 제안모델은 10% 내외의 변형률 RMS 오차를, Nine모델은 최대 50% 정도의 변형률 RMS 오차를 보였다.

후 기

본 연구결과를 위해 협조해 주신 GMDAT 공기업 관계자 여러분들께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] H. D. Nine, 1978, "Drawbead Forces in Sheet Metal Forming", *Mechanics of Sheet Metal Forming*, pp. 179~211.
- [2] N. M. Wang, 1982, "A Mathematical Model of Drawbead Forces in Sheet Metal Forming", *J. of Applied Metal Working*, Vol. 2, No. 3, pp. 193~199.
- [3] B. S. Levy, 1982, "Development of a Predictive Model for Draw Bead Restraining Force Utilizing Work of Nine and Wang", *J. Applied Metal Working*, Vol. 3, No. 1.
- [4] T. B. Stoughton, 1988, "Model of Drawbead Forces in Sheet Metal Forming", 15th IDDRG, pp. 205~215.
- [5] B. D. Carleer, T. Meingers and H. Huetink, 1996, "Equivalent Drawbead Model In Finite Element Simulations", *NUMISHEET '96*, pp. 186~190
- [6] Y. T. Keum, J. H. Kim, and B. Y. Ghoo, 2001, "Expert Drawbead Models for Finite Element Analysis of Sheet Metal Forming Processes", *International Journal of Solids and Structures*, Vol. 38, No.30-31, pp. 5335~5353