

# 경사진 바인더면의 드로우비드력을 측정하기 위한 모의실험장치

양우호<sup>#1</sup>, 최광용<sup>2</sup>

## An Angle-Binder Drawbead Simulator for Measuring Drawbead Forces on Inclined Binder Surface

W. H. Yang, K. Y. Choi

### Abstract

A novel set of experimental test tooling for measuring pulling and holding forces for drawbeads on binders inclined at a wide range of angles is introduced. A mechanical design featuring a single load cell, a male-female draw bead set, translation and rotation degrees of freedom, and a screw-driven clamping system has been incorporated into a standard tensile test machine. On a real time basis, restraining and holding force data with respect to draw-in displacement may be directly downloaded into a PC for data processing. The proposed experimental system represents a significant breakthrough in drawbead simulation technology due to its relatively low cost, clever design, and versatility. The system is shown to yield excellent experimental data suitable for verifying theory and numerical model predictions.

**Key Words** : angle-binder, drawbead, pulling force, holding force, restraining force

### 1. 서론

박판성형공정에 사용되는 프레스 금형의 바인더 및 다이페이스 위에 제작되는 작은 형상의 드로우비드는 성형과정중에 금형의 형상부로 유입되는 블랭크의 양을 제어하는데 사용된다. 블랭크가 중력에 의한 처짐으로 바인더 위에 위치를 잡으면 블랭크 홀더는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 블랭크가 수비드와 암비드 사이에서 구속이 되도록 하기 위해 블랭크 홀딩력(Blank Holding Force: BHF)을 가하면서 프레스 방향으로 진행을 한다. 펀치가 드로우 다이의 형상부로 이동함에 따라 판재는 드로우비드의 인출력(drawbead restraining forces or pulling forces)에 의해 당겨지고, 과도한 인출력이 판재에 가해지면 파단이 발생을 하고 그와는 반대로 충분한 인출력이 가해지지 않으면 판재에 주름이나 미세한 면굴곡이 발생을 하게 된

다. 최근에 많은 금형 및 성형해석 관련 엔지니어들은 적정 인출력과 관련된 드로우비드의 형상을 예측하기 위한 다양한 모델에 많은 관심을 갖고 있다. 비드형상과 관련된 모델은 유한요소해석, 역학적 이론, 경험적인 데이터를 통해 다양하게 접근할 수 있다. 드로우비드의 인출력과 관련된 다양한 형태의 드로우비드 그리고 마찰과 같은 성형공정간의 변수에 연관된 모델들이 여러 참고 문헌에서 언급하였다[1-3]. 또한 독점권과 관련된 매우 유용한 모델들이 금형관련 업체들에 의해서 개발되고 있다.

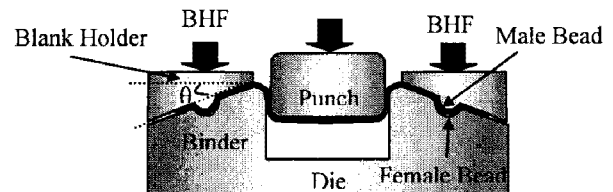


Fig. 1 Two-dimensional schematic of simple draw die

1. 현대자동차 금형기술개발팀  
2. 한국 ESI  
# 교신저자: whyang21@hyundai.com

드로우비드 인출력의 실험 데이터는 드로우비드와 관련된 모델을 입증하는데 매우 중요한 자료가 되고 있다. 저자의 현장 지식에 근거하여 볼 때, 산업체에서 생산되는 대부분의 금형은 경사진 바인더를 지니고 있다. 따라서, 이러한 데이터를 얻기 위한 실험은 단순한 수평 바인더가 아닌 경사진 바인더를 근거로 이루어져야 한다. 이러한 경사진 바인더가 드로우비드력에 영향을 미치는 것과 관련된 실험을 근거로 발표된 논문들이 현재까지 전무한 상태이다. 또한, Carleer 등이[4] 발표한 형상비드의 비드력을 유사하게 표현한 수평 바인더 금형을 토대로 제시된 등가 드로우비드 모델을 유한요소해석에 더 현실적으로 적용하기 위해 보다 더 향상된 등가 드로우비드 모델을 제시하고 그것을 검증하기 위해 바인더 경사와 관련된 드로우비드력의 보다 정확한 실험적 데이터가 요구된다.

본 논문의 목적은 경사진 바인더에서의 드로우비드력을 얻을 수 있는 실험적 방법의 초안을 제시하는데 있다.

## 2. 이 론

성형과정중 판재가 드로우비드 위를 통과할 때, 드로우비드 인출력(drawbead restraining forces or pulling forces)이 발생한다. 이러한 인출력을 발생시키는 두 가지 주된 메커니즘은 마찰과 굽힘이다[5]. 일반적으로, 금형과 판재 사이의 마찰은 두 물체간의 접촉면의 거칠기가 클수록 증가할 것이며, 마찰력 또한, 그 접촉이 발생하는 영역에서의 접촉수직력이 증가할수록 증가한다. 굽힘력과 되굽힘력은 일반적으로 하형다이와 드로우비드의 어깨반경에 의해 그 크기가 좌우된다. 드로우비드의 작은 어깨 반경과 하형 다이의 큰 어깨 반경은 큰 인출력을 일으키고, 반면에 드로우비드의 큰 어깨 반경과 하형 다이의 작은 어깨 반경 사이에서는 작은 인출력이 발생한다.

바인더의 각도가 변화함에 따라, 접촉영역, 접촉수직력, 그리고 접촉 반경이 변화된다. 이러한 인자들 각각의 효과들이 향후 이론상으로 언급될 수 있지만, 이론적인 모델을 입증하기 위해 무수히 많은 실험적인 데이터들이 우선적으로 요구된다.

## 3. 실험

새롭게 개발된 경사진 바인더 드로우비드 모의 실험장치(Angle Binder Drawbead Simulator: ABDS)가 Fig. 2 ~ 4 에 보여진다. ABDS 는 인장실험기의 한정된 영역안에 안전하게 설치가 될 수 있도록 설계되었다. 실험에 사용된 경사진 드로우비드블록들이 Fig. 5 에 보여지고 있다. 이러한 블록들은 ABDS 의 플랫폼내에 고정된다. (Fig. 3 의 점선부분 참조)

이 장치를 사용하는 작동법을 아래에 간략하게 소개하고자 한다.

(1) 수/암 드로우비드블록의 접촉면이 수직인 상태가 될 때까지 리프트잭을 사용해서 플랫폼을 회전시킨다.

(2) 수/암 드로우비드블록 접촉면이 인장실험기의 그림부에 일직선으로 위치할 때까지 전체 플랫폼을 수평적으로 이동시킨다.

(3) 손잡이가 달린 나사형 크랭크를 회전시켜서 초기에 결정된 일정간격까지 수/암 드로우비드블록을 맞물리도록한다. 적절한 shim을 사용하면 손쉽게 수/암 드로우비드블록의 평형상태를 맞출 수 있다. 홀딩을 위해 사용된 로드셀(load cell)은 실시간으로 홀딩 데이터를 컴퓨터에 보내준다.

(4) 인장실험기의 작동법을 따라함으로써, 드로우비드블록에 고정된 시편을 당기기위해 크로스헤드(crosshead)를 상향으로 움직이도록한다. 로드셀은 인출력을 실시간으로 컴퓨터에 기록하도록 데이터를 보낸다.

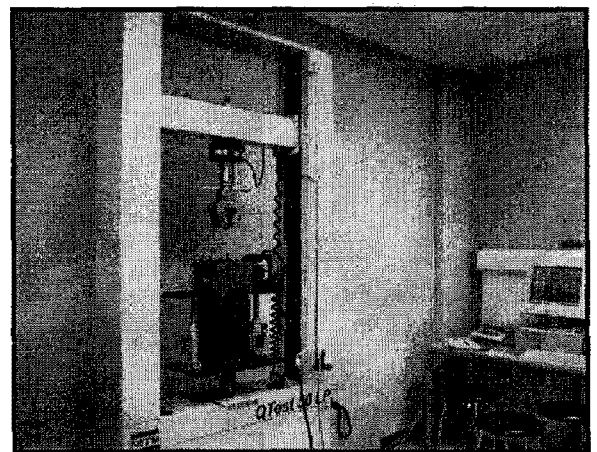


Fig. 2 Angle Draw Bead Simulator Set with PC

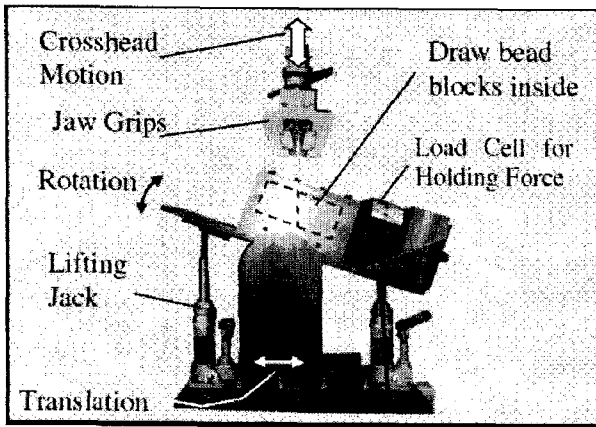


Fig. 3 Side view of the Angle Draw Bead Simulator

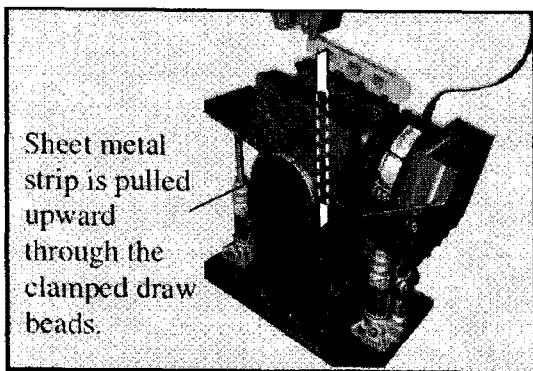


Fig. 4 Additional view of the Angle Draw Bead Simulator

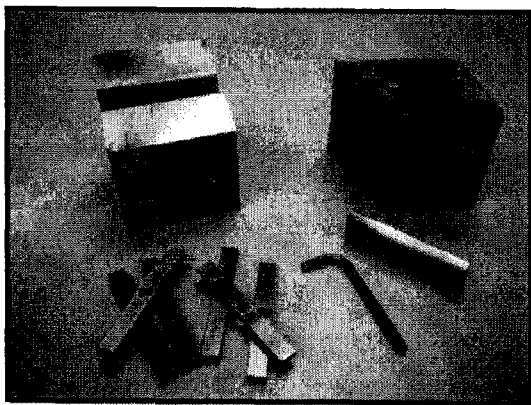


Fig. 5 Picture of typical angle draw bead blocks with male bead inserts

#### 4. 결과 및 토의

이번 실험에서 사용된 원형 및 사각비드의 기

하학적 형상을 경사진 바인더상에서 2차원 단면으로 Figs. 6 & 7에서 보여주고 있다. 자동차용 강판이 실험용 시편으로 사용되었고, 인장시험기의 크로스헤드부 상향변위량에 대한 인출력과 상압력의 전형적인 변화량 분포가 Fig. 8에 도식되었다. 실험에 적용된 수비드의 식입량, 비드 형상, 그리고 바인더 경사각이 Tabel 1에 보여주고 있다.

Table 1 Variables considered in experimental analysis

Variables	Settings
Male bead penetration	5mm, 8mm
Bead type	Round, Square
Binder angle	0° and 25°

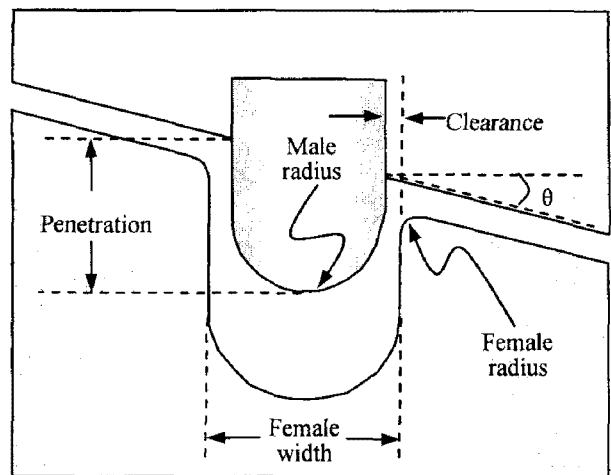


Fig. 6 The geometry of Round Bead

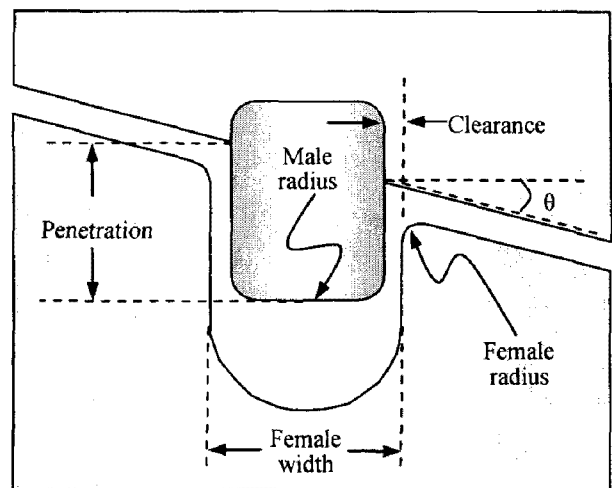


Fig. 7 The geometry of Square Bead

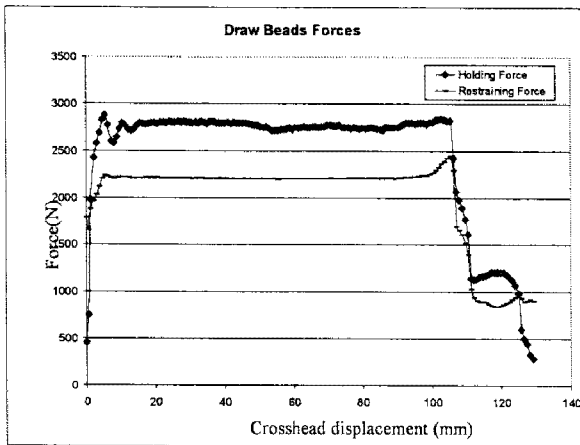


Fig. 8 Typical raw data set for holding and restraining force

공동연구기관에 대한 데이터 보안을 준수하기 위해서 이번 실험에 사용된 시편의 재질과 비드의 형상 치수의 보다 더 자세한 내용은 언급하지 않기로 한다. 그렇지만 Fig. 9에서 보여주는 표준화된 결과물들이 인출력하에서의 바인더 경사각의 영향을 보여주는데 있어서 경사진 바인더 드로우비드 모의실험장치(ABDS)가 그 가능성을 충분히 가지고 있다고 설명할 수 있다.

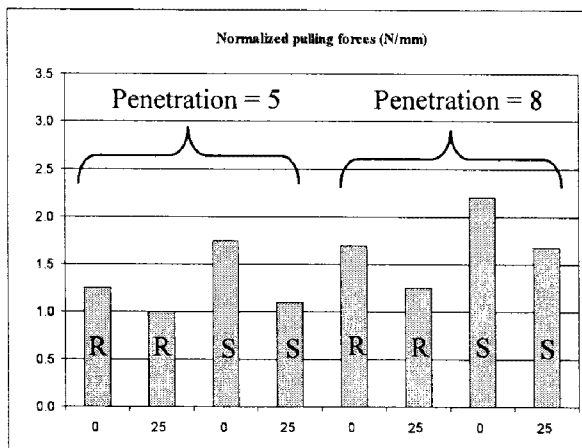


Fig. 9 Normalized/averaged pulling force results obtained using the Angle Draw Bead Simulator. R and S denote round bead and square bead, respectively.

Fig. 9에서 나타난 경향을 토대로 다음과 같은 관찰을 명시할 수 있다.

(1) 바인더 경사가 증가하면 인출력이 감소한다

는 경향을 확실히 보여주었다.

(2) 비드 형상에 따른 인출력의 차이는 바인더 경사가 증가할수록 감소하는 경향을 보인다.

(3) 시편의 재질, 비드의 식입량, 그리고 비드의 형상을 고려해 볼 때, 25° 바인더 경사에서의 인출력은 0°의 경우와 비교할 때 대략 70%±10%의 값을 갖음을 알 수 있다.

#### 4. 결론

바인더의 경사가 변함에 따라 드로우비드의 인출력 또한 변하는데 이러한 인출력을 얻기 위한 새로운 실험장치의 기본요소들이 소개되고 만족스러운 결과가 도출되었다. 여기서 제시된 접근방법은 비교적 좋은 방법이고 효율적이다. 경사진 바인더 드로우비드 모의실험장치(ABDS)에 대한 향후 논문에서는 이론, 기계장치, 과정, 그리고 실험적 불확정성에 대한 보다 더 자세한 내용들이 언급될 것이다.

여기서 제시된 실험장치는 비교적 저가이고 뛰어나게 설계되었기 때문에 드로우비드 시뮬레이션 기술분야에서 주목할만한 정도의 발전을 이루었음을 보여준다.

#### 후 기

본 연구의 기술적 자문을 위해 도움을 주신 전 미자동차연구협회(The United States Council for Automotive Research; USCAR)의 회원인 GM 금형 기술팀의 C.T. Wang 박사와 Sinuang Xu박사에게 감사의 말씀을 전합니다.

#### 참 고 문 헌

- [1] H.D. Nine, 1982, New Drawbead Concepts for Sheet Metal Forming, American Society for Metals Vol.2, pp. 185~192.
- [2] T.B. Stoughton, 1988, Model of Drawbead Forces in Sheet Metal Forming, 15<sup>th</sup> IDDRG, pp. 205~215.
- [3] P. Chabrand, F. Dubois, 1992, Influence of the Drawbead on Blankholder Restraining Forces, Numerical Methods in Industrial Forming Processes, pp. 449~454.

[4] B.A. Carleer, T. Meingers, H. Huetink, 1996, Equivalent Drawbead Model in Finite Element Simulations, NUMISHEET'96, pp.186~190.

[5] M. Samuel, 2002, Influence of Drawbead Geometry on Sheet Metal Forming, J. Materials Processing Technology, 122, pp. 94 ~ 103.