

## 자동차용 판재 성형시 드로우비드 공정인자별 인출특성에 대한 연구

김원태\*·이동활\*·강우순\*\*·서만석\*\*·문영훈\*

### Effect of drawbead process parameters on the drawing characteristics of sheet metals for automotive parts

W.T. Kim, D.H. Lee, W.S. Kang, M.S. Seo and Y.H. Moon

#### Abstract

The drawbead is an important part in sheet metal forming for automotive part and its effect is affected by various process parameters. Therefore in this study, drawbead friction test was performed at various process parameters - panels (cold rolled and galvanized sheet steel), lubricants (having three different viscosities), bead materials(steel, iron) and surface treatment of bead (Cr plating). Circular shape bead has been used for the test. The results show that friction and drawing characteristics were mainly influenced by the nature of zinc coating, viscosity of lubricants, surface treatment of a bead and hardness of coated layer.

**Key Words** : Drawing Characteristics, Friction Coefficient, Restaining Force, Cold Rolled Sheet, Galvanized Steel Sheet, Surface Treatment, Lubricants, Viscosity

#### 1. 서론

현재 차량용 판재성형에 있어 프레스 성형은 아주 큰 비중을 차지하고 있으며, 이러한 프레스 성형에 있어 판재 성형률을 향상시키기 위한 여러 가지 방법 중에서도 드로우비드의 설치는 필수적이다. 드로우비드는 제작과 설치가 용이할뿐만 아니라 다이형상에 따른 적합한 형상의 및 재질의 비드를 선택함으로써 재료유입에 적절한 저항력을 부가하여 판재 성형시 발생하는 결함들 - 성

형중에 발생하는 주름 및 파단, 성형 후 재료의 탄성회복(Spring back) 등 -을 제거하여 원하는 형상의 제품을 효율적으로 생산할 수 있다.<sup>(1,2)</sup>

하지만 부적절한 드로우비드의 설치는 오히려 판재 성형률의 저하를 초래할 수 있다. 그러므로 본 연구에서는 일반적으로 가장 널리 사용되는 원형비드에 대해 여러 드로우비드 공정인자들 중 금형의 표면처리 유무, 윤활유의 점도, 도금 및 무도금 강관에 대한 인출특성을 실험함으로써 최적의 공정조건을 찾고자 한다.<sup>(6)</sup>

\* 부산대학교 정밀기계공학과 / 정밀정형 및 금형가공 연구센터

\*\* 현대자동차 금형기술개발팀

## 2. 실험 내용

### 2.1 실험 방법

본 실험에서는 Nine<sup>(4)</sup>에 의해 고안된 원형단면을 갖는 드로우비드 마찰실험 장치를 활용하여 냉연강판(CR)과 합금화 용융 아연도금강판(GA)에 대한 드로우비드 저항력과 마찰계수에 미치는 공정인자의 영향을 파악하였다.

마찰실험은 먼저 두께 0.7t의 마찰시편을 코일의 압연 방향으로 폭45mm×길이500mm 크기로 전단하여 가장자리 버어를 제거하고 평가하려는 표면처리의 비드와 윤활유를 설치 및 도포한 후 한쪽 끝을 실험장치의 인장 척에 체결한다. 이후 시편을 비드로 가압하고 1000mm/min의 속도로 롤러비드와 고정비드를 각각 70mm씩 드로잉하여 변위-하중 곡선을 획득한다. 이 곡선에서 드로잉 거리 40~60mm에서 로드 셸에 의해 측정되어진 드로잉 하중 및 비드의 가압력을 측정하여 평균값을 취하였으며 실험의 편차를 줄이기 위해 2회 반복 실시하였다. 마찰계수  $\mu$ 는 고정비드와 롤러비드를 사용하여 각각 드로잉 실험을 수행한 후 각각의 드로잉 하중과 가압력에 의하여 다음과 같이 쿨롬의 마찰법칙을 가정하여 구하였다.<sup>(4)</sup>

$$\mu = \text{마찰하중/가압력} = \frac{T_{f+d} - T_d}{\pi N_{f+d}}$$

여기서  $T_{f+d}$ 는 고정비드에서의 드로잉 하중으로 소성 변형에 의한 변형 하중과 마찰 하중을 모두 포함하는 반면,  $T_d$ 는 롤러비드에서의 드로잉 하중으로 비드가 회전하므로 마찰하중 없이 변형 하중만 포함한다. 따라서 드로우비드에서의 마찰 하중은  $T_{f+d} - T_d$ 로 주어진다.

또한  $N_{f+d}$ 는 고정비드에서의 가압력이며, 여기서 첨자  $f$ 와  $d$ 는 마찰력 성분과 변형력 성분의 기여를 나타낸다.

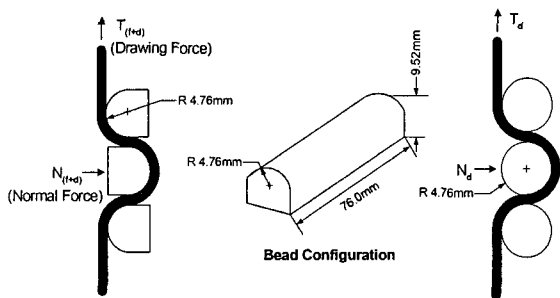


Fig. 1 Fixed bead (a) and roller bead (b) configuration of drawbead simulator

### 2.2 실험 조건

비드는 주철 FC300과 주강 HK700의 재질의 원형비드를 Cr도금한 것과 미처리 한 것을 각각 사용하였으며, Table 4에 비드 재질의 화학조성 및 경도값을 나타내었다. 그리고 Table 1과 Table 2에 강판의 기계적 성질 및 드로우비드 마찰 실험 조건을 나타내었다. 비드는 반경이 4.76mm이고 이 비드 반경은 통상 스탬핑 공정에서 사용되고 있는 드로우비드에 대한 대표적인 값으로 볼 수 있다.<sup>(5)</sup> 또한 윤활유 종류에 따른 인출특성을 평가하기 위해 자동차용 패널의 스탬핑 공정에서 사용하고 있는 3종류의 윤활유를 점도별로 사용하였으며, 각 윤활유의 조건은 Table 3에 나타내었다.

Table 1 Mechanical properties of applied specimen

Material	YS (kgf/mm <sup>2</sup> )	TS (kgf/mm <sup>2</sup> )	EL (%)	n	r
CR	18.6	30.7	40.3	0.210	1.80
GA	17.9	30.7	40.6	0.218	1.80

Table 2 Experimental condition of drawbead test

Bead shape	Circular bead
Bead material	FC300, SKD11
Bead surface treatment	Cr plating
Specimen size	W45mm × L500mm
Bead radius	4.76 mm
Clearance	1.3 mm
Drawing rate	1000 mm/min

Table 3 Properties of lubricants used in this test

Lubricant oil No.	type	Viscosity (40°C, cSt)	Specific gravity (15°C/4°C)
1	Washing & rust preventive oil	2.7	0.808
2	Drawing oil	3.0	0.812
3	Extreme pressure additive oil	6.5	0.840

## 3. 실험 결과 및 고찰

드로우비드 마찰실험에 의해 앞서 열거한 실험조건들

Table 4 Chemical composition and hardness of bead material

Material	Chemical Composition(wt, %)					Hardness (Hv)	
	C	Si	Mn	P	S	None	Cr plating
FC300	2.80~3.30	1.50~2.10	0.60~1.10	max 0.15	max 0.15	330	860
HK700	1.40~1.50	0.4~0.6	max 0.6	max 0.03	max 0.03	246	913

에 대한 마찰계수와 드로잉 하중을 도출하였다. Fig 2와 Fig 3은 윤활유 점도에 따른 비드 재질 및 표면처리별 마찰계수의 변화를 나타낸다. 윤활유의 점도가 증가할수록 마찰계수가 낮아지는 경향을 보임을 알 수 있다. 표면 미처리 비드인 경우에는 경도가 높은 FC300이 모든 윤활유에 대해 HK700과 비슷하거나 좋은 마찰특성을 보였다. 반면에 Cr도금 처리된 비드의 경우에는 경도가 약간 높은 HK700이 극압제가 첨가된 윤활유 3을 제외한 나머지 윤활유에 대해 FC300보다 마찰계수가 낮았으며, 경도와 표면 거칠기가 향상된 Cr도금 처리를 한 비드가 미처리 한 비드보다 낮은 마찰계수를 나타냈다.

또한 GA 강판이 CR 강판에 비해 양호한 마찰특성을 나타내었다. GA 강판의 경우에는 합금화 용융도금 후 일반 CR 강판에서와 같은 조질압연(temper rolling)에 의해 표면을 균일하게 압하시켜 합금화 용융도금 후 아연 결정립 성장에 의해 거칠어진 표면을 균일하고 매끈하게 하고 도금 표면층에 적당한 경도를 부여함으로써 마찰특성에 유리한 균일한 표면 거칠기( $R_{max}=6.50-7.05 \mu m$ ,  $Ra=0.71-0.82 \mu m$ ) 및 경도를 얻기 때문에 좋은 마찰 및 윤활특성을 나타낸다.<sup>(1,3)</sup> Fig 4는 비드재질, 표면처리 및 윤활유에 따른 각 강판의 마찰계수를 나타낸 것이다.

Fig 5와 Fig 6은 각 강판별로 마찰계수와 가압하중에 따른 드로잉 하중을 나타내었다. 모든 경우에 마찰계수와 가압하중에 대해 드로잉 하중이 거의 선형적으로 증가함을 알 수 있으며, GA 강판이 CR 강판에 비해 낮게 형성됨을 볼 수 있다.

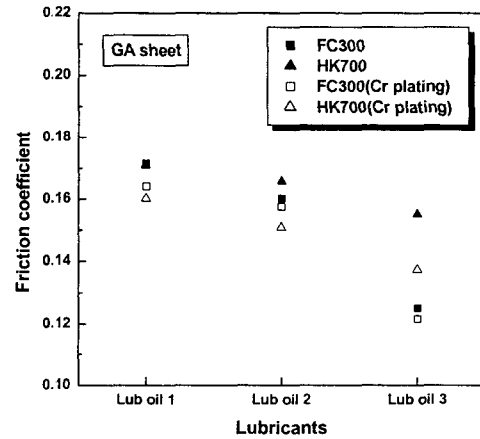


Fig. 3 Effect of viscosity on coefficient for GA sheet

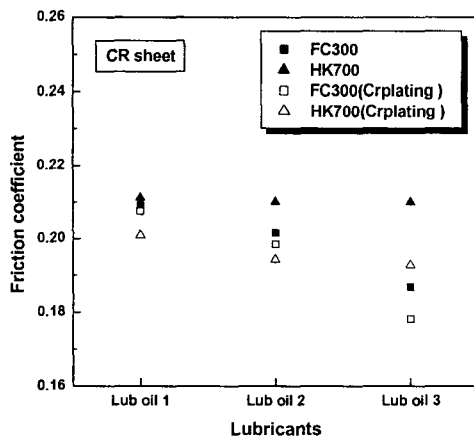


Fig. 2 Effect of viscosity on coefficient for CR sheet

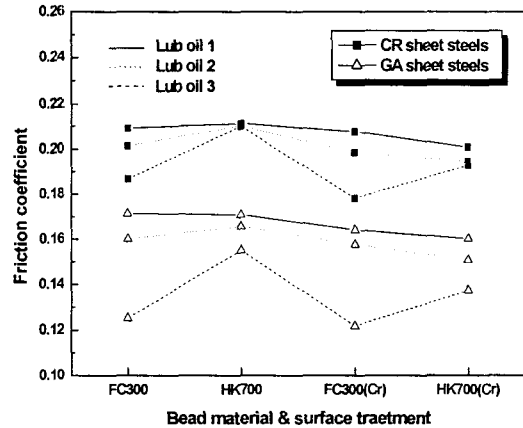


Fig. 4 Effect of bead material, surface treatment and oil on coefficient for GA and CR sheet steels

#### 4. 결론

본 실험에서는 드로우비드 마찰실험을 통해 여러 공정 인자들에 따른 인출특성을 살펴보았으며 그로부터 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 마찰계수는 윤활유 점도에 반비례하였다.
- (2) 합금화 용융 아연도금 강판(GA)이 냉연 강판(CR)보다 마찰계수가 작은 값을 나타내었다.
- (3) Cr도금 처리한 비드가 표면 미처리 비드보다 작은 마찰계수를 나타내었다.
- (4) 비드 재질의 경도가 큰 것이 작은 것보다 마찰계수가 작게 나타났다.
- (5) 마찰계수와 가압하중에 대해 드로잉 하중은 거의 선형적인 관계에 있다.

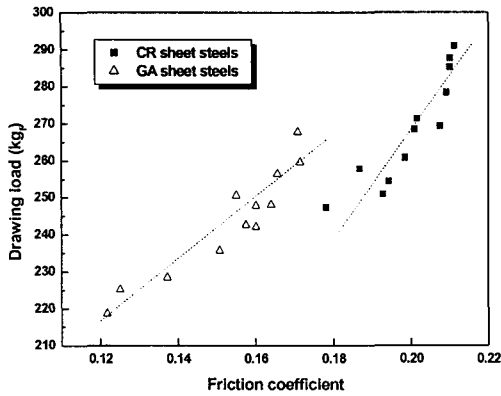


Fig. 5 Friction coefficient vs. drawing load for GA coated and cold rolled sheet steels

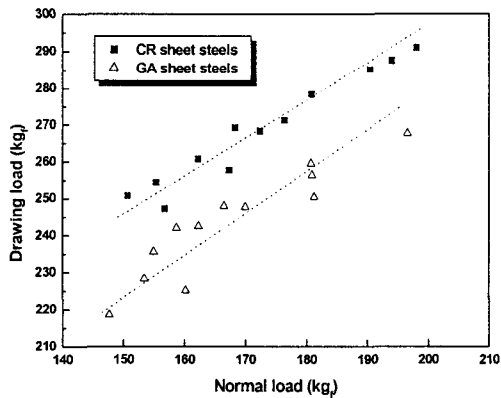


Fig. 6 Normal load vs. drawing load for GA coated and cold rolled sheet steels

그림에서 각 강판별로 제일 좌측에 존재하는 낮은 데이터 값을 가지는 점들은 Cr도금 비드와 윤활유 3의 경우에 대한 값이다.

#### 참고 문헌

- (1) 김영석, 남재복, 최원집, 1990, "자동차용 표면처리강판의 마찰특성에 관한 연구", 대한기계학회논문집 제14권 제6호, pp.1474~1486
- (2) 김창만, 서대교, 1995, "드로우비드에 관한 국내의 연구 동향", 한국소성학회지 제4권 제4호, pp.295~301
- (3) 권재욱, 김인수, 이동녕, 1992, "각종 도금강판의 신장성형시 마찰계수 측정", 한국소성가공학회지 제1권 제1호, pp.75~86
- (4) H. D. Nine, 1978, "Drawbead Forces in Sheet Metal Forming", Mechanics of Sheet Metal Forming, pp.179~211
- (5) 김영석, 장래웅, 최원집, 1992, "드로우 비드의 마찰구속에 관한 실험적 연구", 대한기계학회논문집 제16호 제4권, pp.658~666
- (6) Zhi Liang Zhang, Li Chen, 1997, "Study of the friction characteristics of lubricants and their affecting factors during drawing", Journal of Materials Processing Technology 63, pp.144~147