

박판성형 마찰거동에 미치는 블랭크 홀딩력의 영향

심진우¹ · 김영탁²

Effects of Blank Holding Force on Friction Behavior in Sheet Metal Forming

J. W. Shim¹ · Y. T. Keum²

Abstract

In this study, in order to see effect of the blank holding force on the friction behavior in the sheet metal forming, a sheet metal friction tester is designed and manufactured, which can measure friction forces in various forming conditions, such as lubrication, die roughness, drawing speed, radius of die corner, blank holding force, etc., and performed the friction test in which friction coefficients in various blank holding forces and pulling speeds are calculated using Coulomb's friction law. The friction test reveals that friction coefficient decreases maximum 30% as the blank holding force and the drawing speed are increased to 2.5kN and 1500mm/min, respectively

Key Words: Blank Holding Force, Drawing Speed, Friction Coefficient, Friction Test, Sheet Metal Forming

1. 서론

트라이 아웃 단계를 최소화 하는 것은 신제품의 개발에서 비용 절감에 매우 중요한 요소이다. 하지만 생산 현장에서 일반적으로 사용되는 방법은 시행착오법이나 금형 설계자의 경험에 의존하는 것으로 그 정확도나 효율면에서 많은 어려움을 가지고 있는 실정이다. 이를 극복하기 위하여 최근에는 성형해석으로 이 같은 방법을 대체해 나가고 있다.

금형의 효율적 설계를 위한 인자들에겐 여러가지가 있는데 이 중 공구와 소재 사이의 마찰은 최종 성형품의 외관상 결함, 조립 정밀도의 저하 등 제품의 성형성에 큰 영향을 미치는 인자이므로 이 마찰현상을 규명하는 것은 매우 중요하다.

박판성형에서 마찰계수는 블랭크 홀딩력, 윤활 유 점도, 소재표면처리에 따른 소재 표면 조도, 다이와 공구 모서리각에 의해 박판이 받는 굽힘력, 경도, 편치속도 등 여러 조건에 따라 그 값이 달라지는데 이러한 인자들에 대한 연구는 많이

진행되어 왔으나 블랭크 홀딩력에 따른 마찰계수 거동에 관한 연구는 부족한 실정이다.

김영석^[1] 등은 capstan friction test를 통해 굽힘력이 커질수록 마찰계수가 감소하는 것을 연구하였고 Lanzon^[2] 등은 윤활조건, 표면처리와 접촉압력 증가에 따른 마찰계수를 관찰하였으며 Kotchman^[3] 등은 인출속도에 따른 마찰계수의 변화를 관찰하였다. Zhang^[4] 등은 블랭크 홀더에 프로브를 장착한 실험장치를 고안하고 이를 이용하여 판재와 금형사이의 마찰계수를 측정하였다. Kong^[5] 등은 마찰을 편리하게 평가할 수 있는 새로운 실험장치를 고안 하였고 Siegart^[6] 등은 딥드로잉 공정에서 블랭크 홀딩력 제어를 통해 마찰력을 변화시켜 판재의 유입량을 제어하는 페 루프 알고리즘을 개발하였다.

본 연구에서는 블랭크 홀딩력과 인출속도가 박판성형 마찰거동에 미치는 영향을 실험적으로 규명 하기 위하여, 마찰 시험기를 제작하고 마찰력을 측정하여 블랭크 홀딩력과 인출속도에 따른 마찰계수를 구하였다.

1. 한양대학교 일반대학원
2. 한양대학교 기계공학부

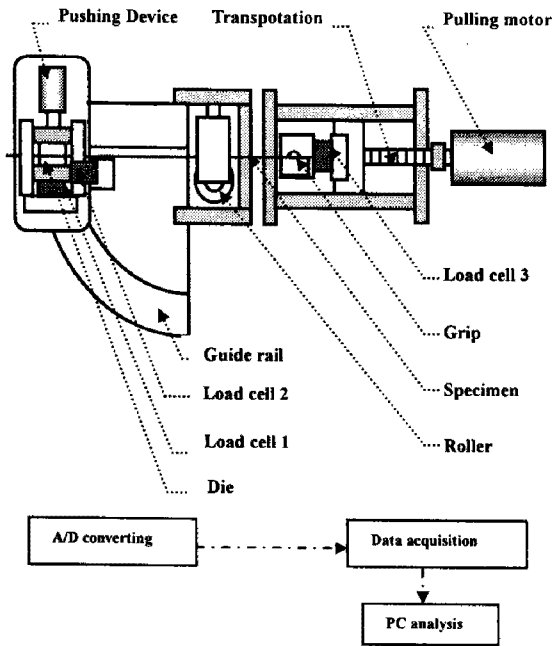


Fig. 1 Schematic view of sheet metal friction tester

2. 마찰 측정 실험

Fig. 1은 마찰계수의 측정을 위해 설계, 제작한 마찰측정장치이다. 마찰측정장치는 크게 다이에 압력을 가하는 부분, 시편을 고정하는 부분, 다이와 그립에 의해 고정된 시편을 당겨주는 모터로 되어 있으며, 다이와 그립에는 각각 로드셀(load cell)이 장착되어 마찰력을 측정할 수 있다.

마찰측정은 양쪽의 조도를 동일하게 맞춘 평다이에 의한 모델과 한쪽은 평다이 다른 한쪽은 베어링으로 마찰의 영향을 최소화 하도록 만든 모델이 있으나 베어링 구름마찰에 의한 영향을 배제 하기 위하여 양면 다이를 사용하여 그 값의 1/2을 실험값으로 적용한다. 구름마찰에 의해 발생하는 추가적인 마찰은 양면 마찰시 마찰계수의 1/2값의 12%이다.

실험은 8가지의 블랭크 홀딩력 조건, 5종류의 인출속도에 대하여 실시하여 실제 성형조건에서의 블랭크 홀딩력^[9]인 75ton을 블랭크 홀더의 단위 면적당 힘으로 산출한 3.967N/mm²을 적용하고 기존실험보다 2배 이상 상승한 값을 적용한 편지속도로 보다 실제에 가까운 실험을 한다.

모터 구동 전 실험장치 오차에 의한 영향을 배제하기 위해 시편을 장착한 상태에서 영점보정을 실시하고 시편이 당겨지기 시작한 후 동 마찰구간이 시작되는 30mm 지점 이후 모터회전수가 안정되는 시점부터 측정을 시작하고 각각의 마찰인자에 따른 마찰계수는 로드셀에서 얻은 측정데이

터를 식 (1)로 구한다.

$$\mu_{ave} = \frac{\sum_{k=1}^K \ln \frac{F}{P}}{K} \quad (1)$$

여기서 μ_{ave} 는 평균 동마찰계수, P는 수직력 (blank holding force), F는 마찰력(인출력), K는 총 마찰력의 측정횟수를 나타낸다.

3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 2는 다양한 인출속도에 따른 블랭크 홀딩력과 마찰계수의 변화를 나타낸 그래프이다. 대체로 블랭크 홀딩력이 커질수록 마찰계수는 감소한다.

이는 블랭크 홀딩력에 의해 금형과 박판의 조도층 표면 돌기간의 접촉이 심화됨에 따라 상대적으로 경한 재료인 금형의 표면돌기가 박판조도층 쪽으로 침투하여 진행함에 따라 마찰력이 발생하게 되고 계속해서 박판이 인출됨에 따라 접촉면상에서 박판표면과 금형표면의 기계적 성질의 차이에 의한 plowing effect^[11] (Fig. 3 참조)가 발생하여 금형보다 상대적으로 연한 박판쪽의 조도층이 잘려져 나가 새로운 표면 형상을 만들게 되어 마찰계수에 변화를 주게 되는 것이다.

이와 같은 현상은 큰 블랭크 홀딩력 일수록 경도가 강한 금형측의 표면돌기가 깊게 작용하여 평활한 박판표면을 만들게 되어 결과적으로 블랭크 홀딩력 증가에 따라 마찰계수가 감소하게 한다.

Fig. 4는 마찰로 인한 소성 변형을 거치며 표면돌기들이 떨어져 나가 새로운 형상이 형성되어 있는 박판표면의 단면이다. 실험 후 시편의 조도층이 절삭되어진 형상을 관찰할 수 있다.

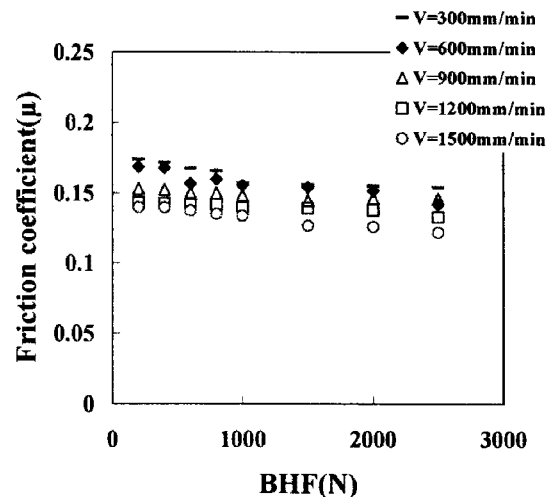


Fig. 2 Friction coefficients associated with blank holding forces in various drawing speeds

참고문헌

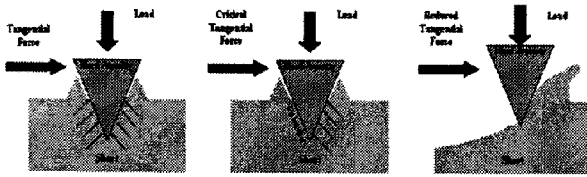


Fig. 3 Schematic view of plowing effect

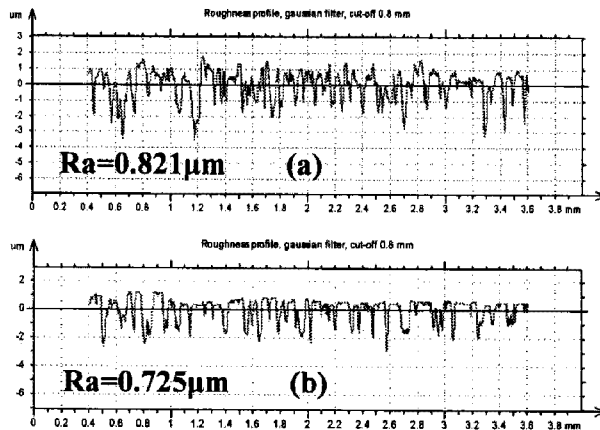


Fig. 4 Surface asperities (a) before and (b) after experiments

5. 결론

박판성형인자들 중 블랭크 홀딩력이 다양한 인출속도에 따라 성형중 마찰에 미치는 영향을 실험적으로 관찰하고 얻은 결론은 다음과 같다.

- (1) 블랭크 홀딩력이 2.5kN으로 증가하면 계면의 조도층을 평활하게 하고 접촉면이 비교적 평평하게 되어 블랭크 홀딩력이 0.2kN일 때 보다 마찰계수는 15% 정도 감소한다.
- (2) 인출속도가 1500mm/min 증가하는 동안 마찰계수는 19%정도 감소한다.
- (3) 블랭크 홀딩력과 인출속도가 2.5kN, 1500mm/min로 함께 증가하면 마찰계수는 최대 30%정도 감소한다.

- [1] Y.S. Kim, M.K. Jain, and D.R. Metzger, "A Finite Element Study of Capstan Friction Test", NUMIFORM 2004, pp.2265-2269.
- [2] J. M. Lanzon, M. J. Cardew-Hall, P. D. Hodgson, "Characterising frictional behavior in sheet metal forming", Journal of Materials Processing Technology 80-81 1998, pp. 251-256.
- [3] D. P. Kotchman, I. Kim, D. Lee, et al., "Determination of friction behavior in sheet metals using orthogonal arrays", J. Mater. Eng. Performance 1 (4) 1992, pp. 555-564.
- [4] Z.L. Zhang and L. Chen, "Study of the Friction Characteristics of Lubricants and Their Affecting Factors during Drawing", Journal of Materials Processing Technology, Vol.63, 1997, pp. 144-147.
- [5] Y. Kong, Y. Sun, X. Wang, R.H. Wagoner, "Development of a New Friction Test Device in Sheet Forming", International Conference on Technology of Plasticity; Advanced technology of plasticity 1996, pp. 835-838.
- [6] K. Siegert, M. Ziegler, and S. Wagner, "Closed Loop Control of the Friction Force, Deep Drawing Process", Journal of Materials Processing Technology, Vol. 71, 1997, pp. 126-133.
- [7] 금영탁, 이봉현, "박판 성형 해석용 마찰모델 (1부 : 실험)", 한국소성가공학회지 제11권 제4호, 2002, pp. 349-354.
- [8] W. Hirst and A.E. Hollender, "Surface Finish and Damage in Sliding", Proc. Roy. Soc. London, Series A, Vol. 337, pp. 379-394.
- [9] 송민재, 금영탁, "금형 변형을 고려한 자동차용 펜더 패널 성형해석", 한국 소성가공학회지 제 15권 제 5호, 2006, pp. 387-394.
- [10] M. Eguchi and T. Yamato, Dynamic Behavior of a Slider Under Various Tangential Loading Conditions, Proc. JSLE. Int. Tribology Conference, pp. 1047-1052.
- [11] J. M. Challen, L. J. MacLean and P.L.B. Oxley, Plastic Deformation of a Metal Surface in Sliding Contact With a Hard Wedge: Its Relation to Friction and Wear, Proc. Roy. Soc, London, Series A, Vol. 394, 1984, pp. 161-181.