

프레스금형 형내 모니터링에 대한 연구

윤재웅
오피에스잉거솔코리아

A Study for In-process Monitoring in Press die

Jae-Woong Yun
OPS-INGERSOLL KOREA

요약 프레스 부품의 형상은 고객 요구와 공정단축 및 비용절감으로 점점 복잡하게 변하고 있다. 또한 프레스공정은 많은 인자의 영향으로 양산 중에도 안정성이 수시로 변하고 있다. 공정의 안정성을 확보하는 데는 형상, 소재, 프레스, 금형 및 윤활에 대한 사전 연구가 충분히 되어 허용된 공차 안에서 재현성이 구현되는 공정을 수립해야 한다. 하지만 예측하지 못한 공정인자들의 변화는 양산라인 정지와 생산계획에 차질을 현장에서 야기 시키고 있다. 이에 프레스금형에 센서를 적용해 실시간 공정을 모니터링 할 수 있는 방법을 본 논문에선 소개한다. 비접촉식으로 판재의 흐름을 측정하는 센서와 그 중 양산에 적용 가능성이 높은 광학센서를 사용한 실험 사례를 제시했다. 원통드로잉금형에 광학센서를 설치해 소재, 블랭크홀더 힘, 드로잉비를 변화시키며 센서의 사용 가능성을 테스트했다. 또한 각종드로잉 금형을 사용해 국부적으로 다른 판재의 흐름을 정량화 했고 측정값이 소재의 연신에 의해 드로잉 깊이보다 항상 작다는 것을 정량적으로 측정하였다. 마지막으로 프레스금형에 센서를 접목시켜 사용할 수 있는 분야에 대해 제안을 하였다. 원가절감에 대한 Needs가 지속적으로 증가하고 이를 통해 글로벌 금형경쟁력을 확보해야하는 시점에 기여가 되었으면 한다.

Abstract The shape of press components is becoming increasingly complex due to customer demands, process shortening and cost savings. In addition, the stability of the pressing process frequently varies during mass production due to the influence of many factors. In order to ensure the process stability, it is necessary to establish a process in which reproducibility is realized in tolerance, which is sufficient for advance study of shape, material, press, mold and lubrication. However, unforeseen changes in process parameters cause disruptions in production line shutdowns and production planning. In this paper, we introduce a method to monitor a real time process by applying a sensor to a press mold. A non-contact type sensor for measuring the flow of a sheet material and an example of an experiment using the optical sensor which is highly applicable to mass production are presented. An optical sensor was installed in a cylindrical drawing mold to test its potential application while changing the material, blank holder force, and drawing ratio. We also quantitatively determined that the flow of other sheet materials was quantified locally using a square drawing die and that the measured value was always smaller than the drawing depth due to the material elongation. Finally, we propose a field that can be used by attaching the sensor to the press mold. We hope that the consequent cost reduction will contribute to increasing global mold competitiveness.

Keywords : deep drawing, material flow, monitoring, sheet metal forming, sensor

1. 서론

자동차 산업은 고객의 요구증가로 인해 지속적으로 제품의 성능 및 품질개발에 대한 노력을 하고 있다. 차체

프레스부품의 제조에서 더욱 복잡한 부품형상 및 고강도 철판, 알루미늄 등 신소재의 사용이 최근 몇 년간 관측되고 있다. 복잡해진 부품의 형상으로 인해 현장에선 공정 안정성과 수율 확보를 위한 지속적인 노력을 하고 있고

*Corresponding Author : Jae-Woong Yun(OPS-INGERSOLL KOREA)

Tel: +82-10-8238-1109 email: yun@ops-ingersoll.co.kr

Received April 6, 2017

Revised May 12, 2017

Accepted June 9, 2017

Published June 30, 2017

신소재의 도입으로 새로운 문제들이 도출되고 있다.

프레스성형 공정은 확률적으로 여러가지 인자에 의해 영향을 받는다. 이러한 인자의 변화에 대해 100% 안전한 공정설계는 일반적으로 할 수는 없지만 형상, 소재, 프레스, 금형 및 윤회에 대한 충분한 사전 검토를 통해 허용 오차 내에서 재현성이 유지되는 프레스공정을 개발해야한다.

형상의 복잡성 증가로 인해 비대칭 프레스부품의 경우 대칭부품과 비교하여 국부적으로 플랜지부의 소재의 흐름이 다르고 인장 및 압축응력이 다르게 작용한다. 이로 인해 플랜지 영역에서 프레스 박판소재의 인장 및 두께변화가 서로 다르게 발생한다(Fig.1). 이러한 소재의 변화는 일반적으로 대칭 프레스부품을 위해 제시된 계산법에 따라 예측 할 수 있으나 비대칭 프레스부품의 형상이 복잡해지면서 국부적인 소재변화에 대한 정확한 설명을 하기 위해서는 센서를 사용해 소재의 흐름을 측정 할 필요가 있다.[1~3].

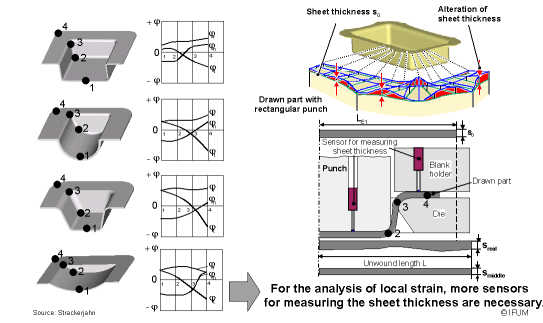


Fig. 1. Strain and material flow of non axisymmetric drawn parts

2. 본론

2.1 프레스 금형에 적용된 비접촉식 센서

프레스 금형에 센서를 사용해 소재의 흐름을 측정하려고 하는 연구는 이미 다양하게 진행되어 왔다. 그중에 비접촉식으로 판재의 흐름을 측정하는 방법을 몇가지 소개한다. Braulich는 레이저 삼각 측량을 사용해 프랜지부의 끝의 판재의 흐름을 측정했다 (Fig. 2). 플랜지 끝부위에서 반사된 레이저 광은 광 수신기에 의해 수신되는 원리를 이용해 플랜지 끝의 현재 위치의 거리를 검출해 판재의 흐름을 측정했다[4].

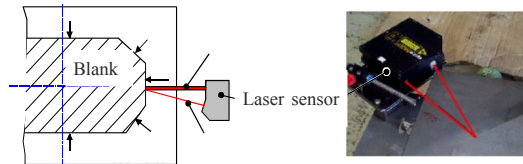


Fig. 2. Laser sensor

비접촉 유도코일 측정기를 사용해 센서사이에 판재가 있을 시와 없을 시의 유도전압의 변화를 감지해 판재의 흐름을 측정할 사례도 있다[5]. 센서는 발진 및 수신기 코일로 구성된다. 교류 전압 U_1 과 발진코일의 전원 공급 장치로, 수신 코일에서 발생하는 교류 필드는 자기장 세기에 따라 전압 U_M 을 유도한다. 유도 전압의 진폭이 판재 에지부의 위치에 따라 수신기 코일의 전압량을 측정해 판재의 흐름을 측정하는 방법이다 (Fig. 3).

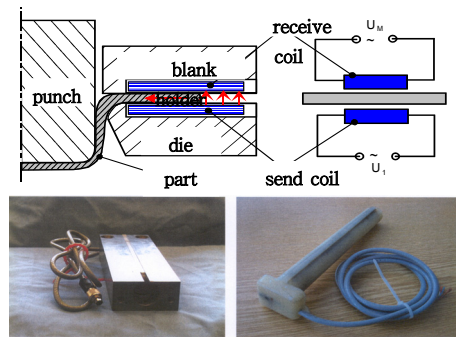


Fig. 3. Induction sensor

블랭크홀더의 판재를 누르는 힘에 의해 플랜지부의 끝과 다이 R부의 판재의 흐름은 다르다. 보다 더 정확한 판재의 흐름과 인장상태를 측정하기 위해 다이R부에 측정을 할 수 있는 광학센서가 개발되었다[6]. 광학센서는 5mm의 구멍을 통해 판재의 흐름을 측정한다. 플라스틱 커버는 이물질의 유입을 방지하고 중앙부에 볼록렌즈가

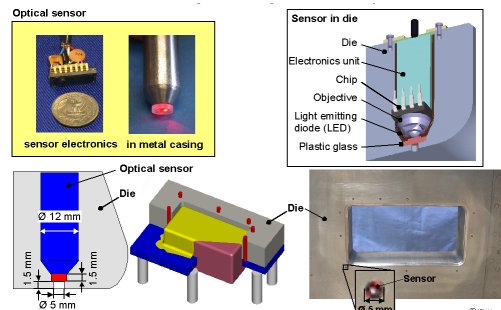


Fig. 4. Optical sensor

있어 판재의 표면을 확대해 볼 수있다. LED는 시트 CMOS 센서에 의해 관찰 면을 조명하는 역할을 한다 (Fig. 4).

광학 센서의 작용 원리는 볼록렌즈로 판재의 표면을 확대하여 CMOS센서로 촬영을 하여 두장의 사진을 비교해 이동거리를 측정하는 방식이다. 판재의 표면으로부터 한 형상을 인식해 P_{X1} 과 P_{Y1} 값을 설정하고 객체가 이동하며 CMOS센서 화소의 다른 위치 P_{X2} 와 P_{Y2} 값으로 이동한다. 이를 통해 한 점의 변위 벡터를 설정 할 수 있고 방향과 거리값이 분석된다(Fig. 5).

본 논문에서는 광학센서를 사용해 프레스금형 안에서 측정 한 사례와 적용할 수 있는 분야에 대해 언급하고자 한다.

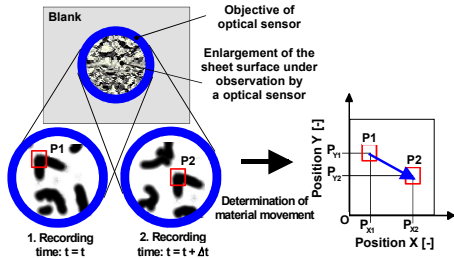


Fig. 5. Functional principle of the optical sensor based on the comparison of sheet surface recording

2.2 원통드로잉 시 판재흐름

원통드로잉 실험을 통해 측정에 사용된 광학센서의 품질을 검토하였다(Fig. 6). 변형경화지수 n 이 다른 두 개의 판재소재(DP600, H320LA)를 블랭크홀더 힘과 드로잉 비를 변화시키며 다이R부의 판재의 흐름을 측정하였다. 전반적으로 DP600이 H320LA보다 적은 판재의 흐름을 보였다. 이는 DP600의 높은 항복강도가 높고 연신되는 소재의 양이 H320LA보다 작기 때문이다. 또한 블랭크홀더 힘이 증가되면 소재의 흐름이 작고 드로잉비가 커지면 플랜지부의 마찰력이 증가해 소재의 흐름이 작아져 이론과 일치되는 현상을 관찰 할 수 있다. 센서를 통해 형내 측정을 하면 소재의 흐름을 정량화 할 수 있는 장점이 있으며 이 데이터를 사용해 소재의 인장 및 압축량을 계산 할 수도 있고 성형해석 검증 및 결과값 개선을 위해서도 사용 할 수가 있다.

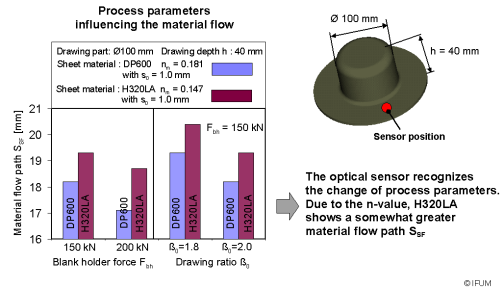


Fig. 6. Material flow at rotation symmetric geometry

2.3 각통드로잉 시 판재흐름

본 실험은 각통드로잉금형으로 (펀치사이즈: 150 x 300 mm) 판재는 Mild Steel인 DC05(항복강도 190MPa)를 75mm 깊이로 성형하였다. 각통드로잉 금형에 8개의 광학센서를 서로 다른 위치에 설치하여 플랜지 다이R부의 판재의 흐름을 측정하였다(Fig. 7). 장변부의 소재의 흐름이 가장 많고(60mm) 코너부 중앙의 소재의 흐름이 가장 작게(23mm) 측정 되었다. 본 실험을 통해 국부적으로 소재의 흐름을 정량적으로 측정을 하였고 펀치의 가공속도와 소재의 흐름속도를 거리와 측정시간으로 계산해 낼 수가 있었다. 또한 광학센서로 측정하는 다이R부의 소재의 흐름값은 소재의 연신 때문에 드로잉 깊이보다 항상 작은 것을 정량적으로 측정 할 수가 있었다. 특히 코너부의 소재흐름은 성형깊이 75mm에 23mm밖에 안되지만 측면에서 흘러들어온 소재로 인한 두께증가로 보상이 되어 터짐 없이 성형이 된 것을 알 수 있었다.

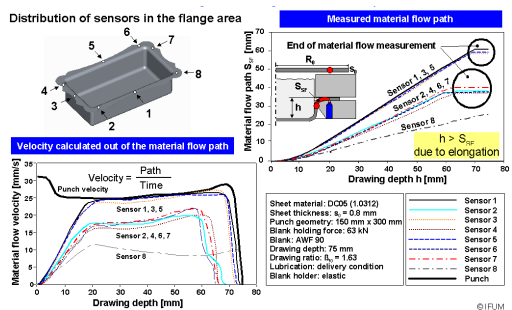


Fig. 7. Material flow at rectangular geometry

2.3 프레스금형 형내 측정의 응용분야

2.3.1 드로잉 프레스공정 자동제어

자동차분야 프레스 슈프의 첫 번째 프레스는 대부분 드로잉 공정으로 사용되고 있다. 특히 대형 부품 생산 시

드로잉 공정의 인자의 변화로 불량률이 증가하면 커다란 비용손실이 발생한다. 이러한 공정에 실시간 모니터링을 할 수 있는 센서를 적용해 드로잉공정을 지속적으로 모니터링하고 한 단계 더 나아가 다이쿠션을 이용해 제어를 하면 불량률이 발생하는 것을 사전에 방지 할 수가 있다(Fig. 8).

여러 가지 인자에 의해 프레스 공정의 안정성은 양산 중에도 수없이 변화한다. 실시간 모니터링으로 판재의 흐름을 모니터링 해 양품이 나오는 기준값을 정해 항상 그 흐름 속도가 유지되도록 블랭크홀더 힘을 제어하면 불량률 충분히 줄일 수가 있다.

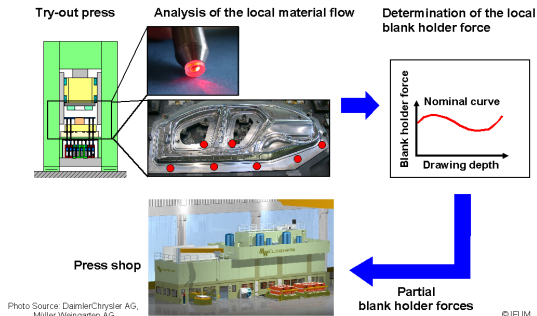


Fig. 8. Application of material flow measuring 1

2.3.2 드로잉 성형해석 예측력 개선

판재성형해석에서 예측력의 정확도는 공정을 수립하는데 큰 영향을 미치고 있다[7, 8]. 예측력을 높이기 위해 여러 가지 방법이 있지만 사전에 간단한 테스트를 통해 검증하기가 어렵다. 판재성형해석 시 수학적인계산방식에 따른 기본적인 현물과의 오차를 Input parameter (인장실험결과, 한계성형선도(FLD), 마찰계수 등)을 조절하여 줄일 수가 있다. 원통드로잉 금형같이 간단한 테스트 금형에 센서를 설치해 플랜지 부의 판재의 흐름을 측정하고 그 결과치를 해석결과와 비교를 하면서 해석의 예측도를 증가시키는데 도움을 줄 수가 있다(Fig. 9).

3. 결론

프레스 성형품의 형상은 공정단축과 비용절감으로 점점 복잡한 형상으로 변화하고 있다. 이에 양산 시 안정된 프레스공정의 필요성은 증가하고 있다. 본 논문에선 프레스 금형에 적용 될 수 있는 센서들을 소개하였고 광학

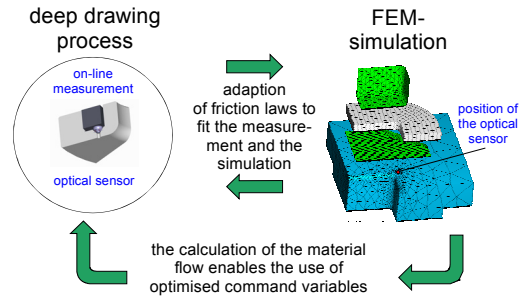


Fig. 9. Application of material flow measuring 2

센서를 사용한 프레스금형 형내 플랜지 다이R부의 측정 사례를 원통 및 각통 금형을 사용해 증명하였다.

사용된 광학센서는 원통드로잉에서 판재소재, 블랭크홀더 힘, 드로잉 비에 따라 각각 이론에 맞는 결과치를 측정하였고 각통드로잉에선 장변부와 코너부의 판재의 흐름을 정량화 하였다. 또한 소재의 연신에 의해 측정된 값은 드로잉 깊이보다 항상 작게 나오는 성향도 검증이 되었다.

이러한 센서의 사용으로 불량률이 높은 드로잉공정에 센서를 적용해 공정의 안정성을 지속적으로 유지 할 수 있는 방법과 판재성형해석의 예측력을 높일 수 있는 방법을 제시하였다.

향후 대형 부품의 수율개선과 복잡한 형상을 갖고 있는 부품들의 프레스 공정 개선을 위한 연구가 지속적으로 이루어져 양산성을 높이는 데 기여가 되길 바란다.

References

- [1] S-H Kim, Press Die Design Engineering, Daekwang Surim, 2013.
- [2] K. Lange, Lehrbuch der Umformtechnik, Volume 3 Sheet metal forming, Berlin Springer 1975.
- [3] W. Strackerjahn, The prediction of the failure case at drawing rectangular parts, Dissertation, University Hanover, 1982.
- [4] H. Bränlich, Control system for deep-drawing with blank holder - a contribution to increasing process stability, Dissertation, Technical University Chemnitz, 2001.
- [5] U. Forstmann, Inductive displacement sensors for monitoring and controlling the sheet metal feed during thermoforming, Dissertation, Technical University, Berlin, 2000.
- [6] E. Doege, H-J Seidel, B. Griesbach, J-W Yun, Contactless on-line measurement of material flow for

closed loop control of deep drawing, AFDM, 2002.

- [7] K-K Choi, D-C Lee, "Study on the Design of Bracket Strip Layout Using Cimatron Die Design", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, vol. 9, no. 5, pp. 1113-1118, 2008.
DOI: <http://doi.org/10.5762/KAIS.2008.9.5.1113>
- [8] K-K Choi, K-H Kim, D-C Lee, "Study on the 3D Design of Bracket with Automatic Module", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, vol. 10, no. 6, pp. 1164-1169, 2009.
DOI: <http://doi.org/KAIS.2009.10.6.1164>
-

윤재웅(Jae-Woong Yun)

[종신회원]



- 2000년 3월 : 독일 루르보름대학 기계공학과 석사졸업
- 2005년 2월 : 독일 하노버대학 기계공학부 프레스성형과 박사졸업
- 2005년 8월 ~ 2013년 1월 : LG 전자 금형기술센터장
- 2013년 2월 ~ 현재 : OPS-INGER SOLL KOREA 대표이사
- 2016년 2월 ~ 현재 : 한국금형공학회 부회장

<관심분야>

프레스금형설계, 금속가공