

드로우 금형의 에어 포켓 형상 및 체적예측 자동화 시스템 개발

Development of an Automated System for Predicting Shape and Volume of an Air Pocket on the Draw Die

*#김철¹, 정성윤¹

*#C. Kim(chulki@pusan.ac.kr)¹, S. Y. Jung¹

¹ 부산대학교 기계기술연구원

Key words : Air bent hole, AutoLISP, automated system, air pocket, stamping process

1. 서론

다이와 프레스를 이용해서 소재를 원하는 치수와 모양으로 가공하는 냉간가공의 대표적인 성형공정인 스탬핑 공정은 정밀도 및 고강도와 내구성을 갖는 제품을 대량으로 생산할 수 있는 경제적이고 빠른 공법으로 그 응용분야가 매우 넓다.

스탬핑 공정에서 설계자가 원하는 형상의 판재를 성공적으로 성형하기 위해서는 국부네킨, 형상불량, 주름등의 여러 가지 성형불량을 방지해야 한다. 특히 금형과 소재사이의 Fig. 1과 같은 밀폐된 공기층, 즉 에어포켓은 성형의 최종단계에서 성형하중을 급격히 상승시킬 뿐만 아니라, 취출시에 에어포켓 내의 압축공기에 의해 성형이 완료된 제품에 변형을 발생시키므로 현장에서는 이들을 외부로 빼내기 위해 금형에 에어벤트홀(air bent hole)용 드릴링 작업을 수행하고 있다.[1-4]

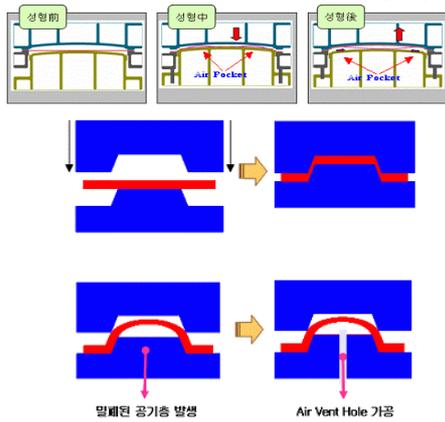


Fig. 1 Generation of air pocket

그러나 각 스탬핑 공정에서의 에어포켓의 형상 및 위치와 체적에 대한 데이터의 부재로 인하여 기존 공정에서는 현장 작업자의 경험적 지식에 근거한 에어벤트홀의 위치와 직경, 개수 등을 정하고 있는 실정이다. 이러한 과정에서의 가장 큰 문제점은 너무 많은 에어벤트홀의 가공으로 인한 공수의 증가와 이에 따른 비용의 증가로 생산성의 저하를 가져오는 것이다.

이에 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 에어포켓 내부압력변화의 예측과 이에 따른 적절한 에어벤트 홀의 직경 및 개수의 산정에 결정적인 역할을 하는 설계인자인 스트로크별 에어포켓의 형상 및 위치예측과 체적을 계산하고자 하였다. 이를 위해 스탬핑 공정시 각각의 스트로크에 따라 드로우 금형에서 발생하는 에어포켓 형상을 AutoCAD 내의 프로그래밍 언어인 AutoLISP를 이용하여 그래픽하고[5-6] 그래픽화된 각 에어포켓 형상의 체적을 자동으로 계산할 수 있는 설계자동화 프로그램을 개발했다.

2. 에어포켓 체적 계산

에어포켓 내부압력변화의 예측과 이에 따른 적절한 에어벤트 홀의 직경 및 개수의 산정에 결정적인 역할을 하는 설계인자인 에어포켓 체적변화율을 계산하기 위해서는 프레스의 스트로크에 따른 에어포켓의 형상예측 및 체적계산이 수행되어야 하는데 이를 위한 알고리즘은 Fig. 2와 같다.

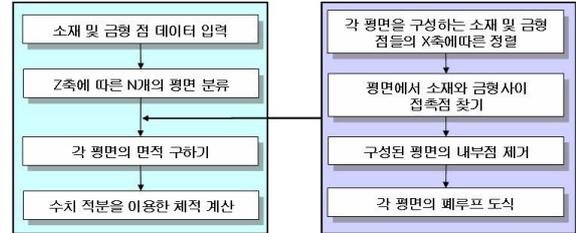


Fig.2 Flow chart for calculating the volume of air-pocket

2.1 에어포켓의 접촉점 정의 및 이산화

에어포켓의 형상 및 위치예측과 체적계산을 위해서는 소재와 다이 사이에 반드시 존재하는 접촉점을 정의해야만 한다.

금형과 소재간의 거리는 두면의 수직거리가 아닌 메쉬점들간의 거리이므로 거리오차를 발생시키므로 거리오차와 소재두께를 고려한 허용범위를 설정하고 이 범위 내에 있는 점을 접촉점으로 정의했다.

2.2 각 평면의 페루프 면적 계산

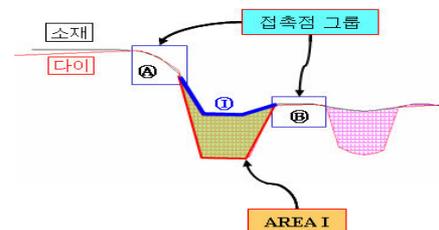


Fig. 4 Closed loop for area calculation

AutoCAD 상에서 어떤 영역의 면적을 구하기 위해서는 Fig. 4의 AREA I과 같이 영역을 구성하는 페루프가 완전하게 정의되어야 한다. 그런데 소재와 다이가 접촉한 상태에서는 A, B와같이 접촉점이 그룹으로 나타나고 접촉점들 중 어느 점이 페루프의 꼭지점이 될지를 결정해야하는 문제가 발생한다. 이를 해결하기 위해 접촉이 일어나지 않는 부분(I)과 이웃한 접촉점 그룹(A)에서 점들의 X좌표를 기준으로 최대값을 갖는 점을 페루프에 속하는 점으로 정의하고 그룹(B)에서는 최소값을 갖는 점을 페루프 상의 점으로 정의한다. 이런 방식으로 각각의 페루프를 정의하고 그 면적을 구하였다. 에어포켓 형상이 예측되어지면 메쉬파일로부터 에어포켓의 체적을 Z축을 따라 N개의 X-Y평면으로 분할한다. 정확한 체적을 구하기 위해 이론적으로 무한개의 평면이 요구되나 프로그램 구현을 위해 N개의 평면으로 개수를 제한하고 결정된 평면 앞뒤로 일정한 범위내에 있는 점들은 그 평면에 포함되는 것으로 가정한다.

2.3 에어포켓 체적계산

Z축에 의하여 N개의 평면의 면적을 구한 후, 이웃하는 두 평면에 대해 사다리꼴 법칙으로 체적을 계산한다. 다만 이웃하는 평면에 에어포켓 면적이 없는 경우 Fig. 5와 같이 순차적으로 세 개의 평면의 에어포켓 면적을 찾아서 체적을 계산하며 세 번째의 평면에도 면적이 없는 경우에는 그 부분에 에어포켓의 체적이 없는 것으로 간주한다. 에어포켓의 총체적은 이들 각

평면 사이의 체적의 총합이 된다.

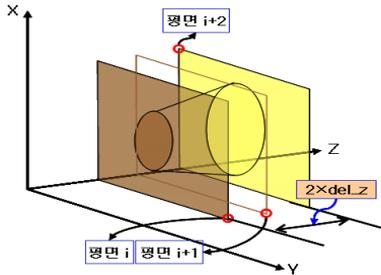


Fig. 5 Algorithm for volume calculation of air pocket

3. 시스템의 구성

Auto CAD의 자동화 언어인 AutoLISP 언어로 드로우 금형의 에어포켓 형상 및 체적계산을 위한 설계자동화 시스템을 개발했다. 개발된 시스템은 데이터 변환모듈, 면적계산모듈, 체적계산모듈 및 출력모듈로 구성되어 있다. 이들 모듈 가운데 면적계산모듈은 Z축평면분류부모듈, 형상처리부모듈, 접촉점 및 페루프도식 부모듈로 이루어져 있으며 개발된 설계자동화 시스템에 대한 개략도를 Fig. 6에 나타내었다. 각모듈의 기능에 대한 설명은 아래에서 간략히 다루고자 한다.

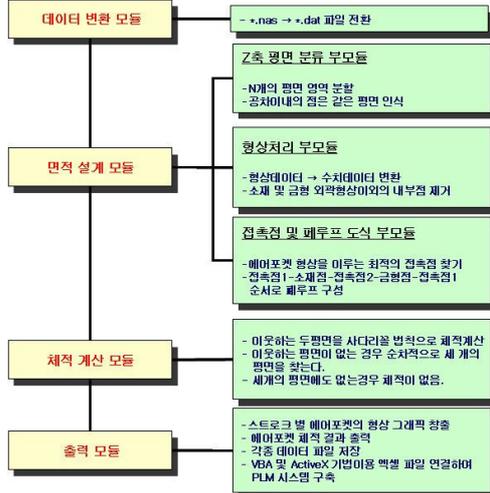


Fig. 6 Configuration of the system

3.1 데이터 변환모듈

데이터변환모듈에서는 스탬핑공정을 PAM- STAMP 상용소프트웨어에서 시뮬레이션할 때 얻어지는 스테이지별 펀치,소재,다이에 관한 각각의 위치데이터 파일(*.nas)을 AutoLISP에서 입력받을 수 있는 위치데이터 파일(*.dat)로 전환하는 모듈이다.

3.2 면적설계모듈

면적설계모듈은 AutoCAD상에 그려지는 에어포켓 형상의 면적을 구하는 모듈로써 이를위해 Z축평면분류부모듈, 형상처리부모듈, 접촉점 및 페루프도식 부모듈이 수행된다.

3.2.1 Z축평면분류부모듈

Z축평면분류부모듈은 메쉬파일로부터 에어포켓의 체적을 Z축을 따라 N개의 X-Y평면으로 분할하는 모듈이다. 정확한 체적을 구하기 위해 이론적으로 무한개의 평면이 요구되나 프로그램 구현을 위해 N개의 평면으로 개수를 제한하고 결정된 평면 앞뒤로 Z축의 공차이내에 있는 점들은 그 평면에 포함되는 것으로 가정한다.

3.2.2 형상처리부모듈

형상처리부모듈은 에어포켓 형상의 인식을 위하여 에어포켓 형상의 일부를 가진 N개의 각 평면에 존재하는 소재 및 금형의 형상데이터를 설계에 용이한 수치 리스트 형식으로 변환시키는 모듈이다. 이때 N개 평면에 존재하는 소재 및 금형의 형상데이터는 x축에 대하여 소팅(sorting)되어진 값들을 가진다.

3.2.3 접촉점 및 페루프도식부모듈

접촉점 및 페루프도식부모듈은 x축에 소팅 되어진 형상데이터로부터 접촉점을 구한 후, 접촉점1-소재점-접촉점2-금형점-접촉점1의 순서로 페루프를 구성하는 모듈이다. 이때 최적의 접촉점은 이웃하는 같은 그룹의 접촉점 리스트중 x좌표값 대하여 최대값과 최소값을 가지는 점으로 구하였다.

3.3 체적계산모듈

체적계산모듈은 Z축방향으로 나누어진 N개의 평면의 면적을 구한 후, 이웃하는 두 평면에 대해 사다리꼴 법칙으로 체적을 계산하는 모듈이다. 다만 이웃하는 평면에 에어포켓 면적이 없는 경우 순차적으로 세 개의 평면의 에어포켓 면적을 찾아서 체적을 계산하며 세번째의 평면에도 면적이 없는 경우에는 그 부분에는 에어포켓 체적이 존재하지 않는 것으로 했다.

3.4 출력모듈

출력모듈은 상기의 모듈들이 수행된 후, 스트로크별 에어포켓의 형상 및 위치를 그래픽으로 창출시키고 이에 따른 에어포켓의 체적을 자동으로 계산하여 출력시키는 모듈이다. 각종 데이터를 데이터 파일로 저장하고, VBA 및 ActiveX기법을 이용하여 엑셀 파일에 직접 연결하여 PLM시스템 구축을 용이하도록 했다.

4. 결론

스탬핑 공정시 소재와 금형사이의 밀폐된 공기층인 에어포켓의 발생은 최종성형단계에서 성형하중을 급격히 상승시킬 뿐만 아니라 취출시 에어포켓내의 압축공기에 의해 성형이 완료된 제품에 변형을 일으킨다. 이를 해결하기 위하여 현장에서는 스탬핑공정시 금형에 에어벤트홀을 내어 공기를 금형외부로 배출시킨다. 그러나 에어벤트홀의 형상 및 위치예측과 그에 따른 체적계산의 어려움으로 인하여 관련된 모든 공정을 현장 작업자의 경험적 지식에 의존하고 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 스탬핑 공정 시 각각의 스트로크에 따른 드로우 금형에서 발생하는 에어포켓의 형상을 AutoCAD내의 프로그래밍언어인 AutoLISP을 이용해 그래픽하고 그래픽화된 각각의 에어포켓 형상 및 위치예측과 그에 따른 체적을 자동으로 계산할 수 있는 설계자동화 시스템을 개발했다. 이는 에어포켓의 발생과 체적등을 예측 및 분석하여 최소의 에어벤트 구멍과 그에 따른 수량을 이론적으로 계산할 수 있는 발판을 마련하였다. 또한 금형의 구조설계시에 리브구조에 의한 에어벤트홀 가공시 발생가능한 불량률 방지할 수 있으므로 작업능률을 향상시키고 시행착오를 최소화함으로써 금형개발에 필요한 시간과 비용을 감소시킬 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- Oosthuizen, P. H. and Carscallen, W. E., *Compressible Fluid Flow*, McGraw-Hill, Chap. 8, 1997.
- Munson, B. R. and Young, D. F., *Fundamentals of Fluid Mechanics*, 3rd Edition, Wiley, Chap. 3, 1998.
- Colbourne, J. R., "Gear Shape and Theoretical Flow Rate in Internal Gear Pumps," *Transactions of the CSME*, Vol. 3, No. 4, pp. 215-223, 1975.
- Tlusty, J., Smith, S. and Zamudia, C., "Operation Planning Based on Cutting Process Model," *Annals of the CIRP*, Vol. 39, pp. 517-521, 1990.
- 김재훈, 김철, "지로터 오일 펌프용 통합적 설계 자동화 시스템 개발", 한국정밀공학회지, 제23권2호, pp.88-96, 2006.
- Kim, J. H. and Kim, C., "Development of an Integrated System of Automated Design of Gerotor Oil Pump," *J. of The Korean society of precision engineering*, Vol. 23, No. 2, pp. 88-96, 2006.