

가변단면 압출가공을 위한 성형제어 및 시뮬레이션

A Shape Control and Simulation for Variable section Part in Extrusion Process

*안승훈¹, #최호준²

*S. H. Ahn(asdn3@ajou.ac.kr)¹, #H. J. Choi²

¹ 아주대학교 산업공학과, ² 한국생산기술연구원 디지털성형공정팀

Key words : Extrusion , CNC , Aluminum , Variable-section

1. 서론

차체 알루미늄 합금은 정밀도와 복잡한 형상을 요구하는 자동차에 적용하는 것이므로 기존의 직선 방향으로 일정한 단면 형상을 갖는 압출 공법으로는 제품 자유도 표현의 어려움이 있다. 기존의 알루미늄 합금부재의 차량 적용은 직선으로 압출된 제품을 금형을 이용한 굽힘 성형 공정을 거친 후 하이드로포밍 공정 또는 열간 가스 성형 공정을 거치게 된다. 그러나 이러한 압출 후 가공들은 상온 상태에서 이루어지므로 굽힘 하중을 제거한 이후 발생하는 스프링 백으로 현상으로 인한 굽힘 후의 형상 변화가 발생한다. 이러한 문제점은 열간 상태에서 성형함으로써 해결 될 수 있으나, 직선으로 압출된 제품을 재 가열해야 하므로 에너지 소비가 추가적으로 발생하고, 복잡하고 고가의 설비 투자가 요구됨으로써 경제적인 제품 생산이 어렵다.[1]

위와 같은 문제점은 압출과 동시에 형상 가공이 이루어지는 가변단면 압출공정이라는 새로운 생산 공법으로 해결이 가능하다. 가변단면 압출공정은 사용하는 금형의 이동에 의하여 다양한 형태의 압출 가공이 가능한 성형공법으로, 압출 가공 시에 금형의 움직임에 의하여 제품의 단면형상을 변화시키거나, 치수와 두께를 동시에 변화시킬 수 있는 압출 공정이다. [2]

가변단면 압출공정에서는 기존의 압출방식과 같이 압출 압력을 일정하게 가하게 되면 입구면적의 변화에 따라 제품 압출 속도가 변하게 되어 제품의 균일함에 변동이 생겨 최종 성형상태는 응고 시의 수축에 따른 정밀도 저하문제, 제품 전체에 걸친 균일한 내부 품질문제 등을 가지게 된다.

본 논문에서는 가변단면 압출공정에서 압출속도를 등속 제어하는 알고리즘을 제공함으로써 가공 형상 가변 폭의 변화에 따른 메인 램 속도와 가변의 폭을 조절하는 사이드 램 속도를 제시하여 제품의 폭이 변하는 압출 공정에서도 압출 제품을 등속으로 가공 가능하게 한다.

2. 연구방법

가변단면 압출은 봉이나 튜브를 압출하는 일반적 압출공정 진행 중에 압출방향과 수직된 방향으로 움직이는 금형을 이용하여 압출재의 단면을 변화시키는 신 공정으로 Fig.1 에 가변단면 압출의 원리를 위한 개념도를 나타내었다. 가변단면 압출기술에 관한 선행 연구는 많지 않을 뿐만 아니라 국내 알루미늄 압출 성형에서의 활용은 보고된바 없으며 해외 사례로는 일본의 Mitsubishi 알루미늄에서 개발한 가변단면 압출공정이 있다. Mitsubishi 알루미늄에서는 폭300mm 높이 90mm의 알루미늄 구조 재를 소정의 형상으로 175mm까지 도중 변화 시켜가면서 1회 공정으로 제작에 성공하였고 이 기술에 의해 성형한 제품을 Mitsubishi 자동차공업을 위한 트럭용 Side Rail등에 사용하기 위해 양산체제 확립하였다. Mitsubishi 알루미늄에서 개발한 가변 단면압출공정 제어 알고리즘은 국내 특허 등록번호 제 10-0334421호로 공시된 "가변 단면 압출용 금형 및 가변 단면 압출 성형방법"에 나타나 있다.

압출 성형방법은, 성형재의 압출방향과 직교하는 방향으로 마주보는 이동 가능한 금형이 설치된다. 성형재가 압출되는 압출 성형 공간의 면적을 변화시키는 제1금형 및 제2금형은 전, 후진 가능하게 되고 메인 램 위치 검출기에 의한 거리측정으로 제품가공 진행 정도를 알아내고 이에 따라 가변단면 압출용 금형을 사용하여 압출 성형이 이루어진다. [3]

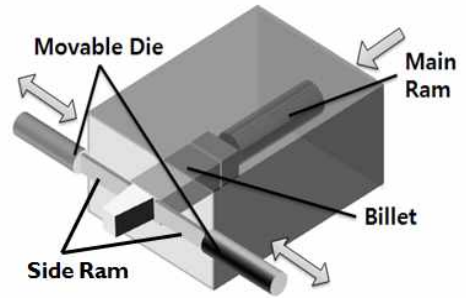


Fig. 1. Concept of Variable Section Extrusion

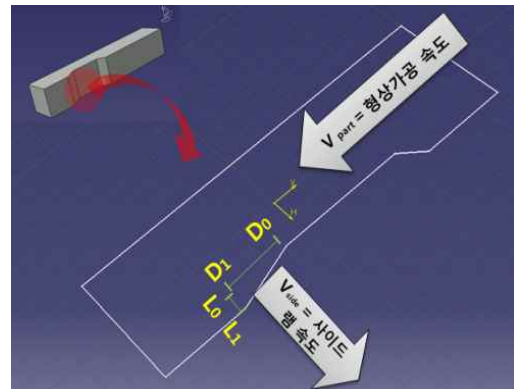


Fig. 2. Algorithm of Variable Section Control

가변단면 압출에서 실제 제품의 기본적인 형상은 금형 출구 모양이며 가변형상은 사이드 램의 움직임에 의하여 결정된다. Fig.3 과 같은 왼쪽 부분의 폭이 좁아지는 형상을 가공하려면 동일한 시간 동안 압출 램의 축방 향으로 제품이(D1-D0)만큼 압출 되어야 하며 왼쪽 사이드 램의 움직임으로 왼쪽 가변 폭은(L1-L0)만큼 증가하여야 원하는 가변단면 형상을 가공 할 수 있다. 시간과 거리를 이용한 제어 방법을 수식으로 나타내면 식 (1)와 같다. $(D_1 - D_0) / V_{part} = (L_1 - L_0) / V_{side}$ (1)

가변단면 압출형상을 가공하려면 3종류의 램이 필요하다. 일반적인 압출공정과 같이 컨테이너 안의 Billet을 금형으로 밀어 넣는 메인 램이 있고 가변단면 압출공정에서만 필요한 좌우 사이드 램이 있어야 한다. 다음은 가변 폭의 변화에 따른 각각의 램의 속도 Data를 계산하는 과정이다.

첫째, 압출가공을 하기 위한 초기 메인 램 속도를 결정한다. 둘째, 식(2)을 이용해 처음 주어진 메인 램 속도에 의하여 형상의 압출 속도를 구한다.

$$V_{part} = r \cdot V_{ram} \quad (2)$$

셋째, 가변구간에서의 사이드 램 속도를 식 (3)을 이용하여 구한다. 구해진 속도는 가변이 진행되는 동안 등속 진행을 하여야 한다.

$$V_{side} = (L_1 - L_0) \cdot V_{part} / (D_1 - D_0) \quad (3)$$

넷째, 식 (4)을 통해 가변이 진행되는 동안 시간에 따른 사이드

램의 Position 값을 구한다.

$$D_{side} = \int V_{side}(t)dt \quad (4)$$

다섯째, 가변구간에서의 메인 램 속도를 식(5)을 이용하여 구한다. 가변구간에서는 시간에 따라 압출비가 변하므로 V_{part} 를 일정하게 하기 위한 $V_{ram}(t)$ 을 구한다.

$$\begin{aligned} V_{ram}(t) &= V_{part}/R(t) \\ &= V_{part}/(A_0/A_1(t)) \end{aligned} \quad (5)$$

여섯째, 메인 램 속도를 시간에 따라 적분하여 t 시점에 메인 램의 진행 거리를 식 (6)를 통해 가변이 진행되는 동안 메인 램의 Position 값을 구한다.

$$D_{ram} = \int V_{ram}(t)dt \quad (6)$$

위 과정을 통하여 구해진 Data는 실제 설비를 제어하는 수치 값이다. 가변단면 압출공정은 메인 램의 이동에 따라 사이드 램의 위치를 계산하여 가변을 실시한다. 압출 설비는 유압을 통하여 동력을 얻어 설비를 동작하므로 원하는 형상을 가공하려면 이러한 유압을 정밀하게 제어 하여야 한다. 그렇기 때문에 속도정보뿐만 아니라 위치 데이터도 필요하다. 유압 설비는 속도 정보와 함께 메인 램의 위치 값을 알아내어 상대적인 사이드 램의 위치 값과 비교하면서 Feedback 제어를 한다.

3. 시뮬레이션 가공

시뮬레이션 가공은 실제 가공을 실시하기 전에 가변의 형상에 따른 메인 램 과 사이드 램의 속도를 시뮬레이션을 통해 알아보는 과정으로 압출 조건과 가변 형상에 따라 가공 가능여부를 판단한다.

Table 1은 가공하기 전 압출 조건이며 시뮬레이션을 통하여 제품 형상 가공여부를 판단할 수 있다. 압출 제품의 생산속도는 초기 메인 램 속도와 압출 비에 비례하여 나타난다. 그러나 초기 메인 램 속도가 빠르거나 초기 압출 비가 높으면 사이드 램은 형상 가변이 이루어지는 구간에 속도를 급격히 빠르게 움직여야 하는 상황이 나타난다. 사이드 램의 속도가 설비의 한계치를 초과하면 결국 원하는 제품 디자인을 생산할 수 없게 된다. 시뮬레이션을 통하여 본 형상의 가공을 위해서는 메인 램의 제어 폭은 2.413 ~ 3.5 mm/sec 입을 알 수 있다. 또한 사이드 램의 속도는 0 ~ 2 mm/sec 의 제어 폭을 가짐을 알 수 있다. 설비 특성상 위와 같은 범위에 제어가 불가능 하면 압출 초기속도를 조절하거나 형상의 가변 폭을 조절하여 가공을 진행한다.

Table. 1. Parameter of Extrusion Simulation

Billet 단면적 (mm ²)	40 ² π
초기 제품단면적 (mm ²)	2200.0
가공 형상길이 (mm)	160.0
초기 메인 램 속도 (mm/sec)	3.5
초기 압출비	2.28479

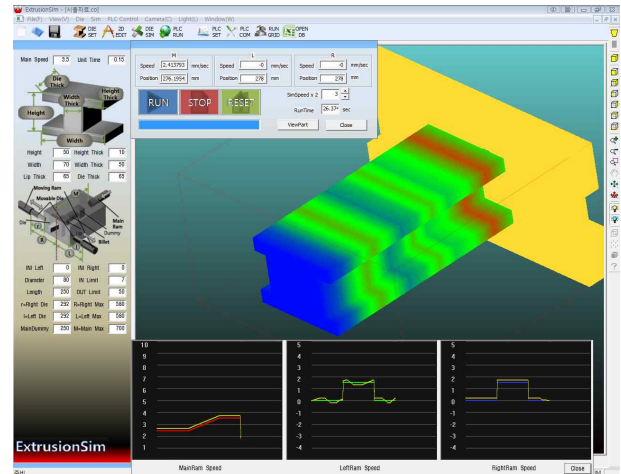


Fig. 3. Simulation Extrusion Part

4. 결론

본 연구는 가변단면 압출공정에서 형상 폭의 변화에 따른 메인 램 속도를 시뮬레이션을 통하여 산출하였고 가공가능 여부를 판단하여 실제 압출가공을 실시하였다.

가변단면 압출공정에서 형상 폭의 변화에 따른 메인 램 속도 제어가 없다면 제품 압출 속도는 형상 폭의 증가에 따라 감소.가속을 하여 결국 제품 치수 불량으로 나타나게 된다. 그러나 본 연구에서 제시한 알고리즘을 적용하면 압출 비의 변화에 따라 메인 램 속도 조절이 가능하게 되어 압출 제품을 균일한 속도로 생산할 수 있다.

더욱이, 본 연구의 가변 단면 압출 성형용 제어방법은 메인 램 속도를 통해 형상가공 속도를 계산하여 압출 성형을 진행할 수 있으므로, 실제 제품의 형상 가공시간을 예측할 수 있고, 특히 복잡한 가변 형상을 갖는 제품의 경우에도 제품 가공에 필요한 형상가공시간을 예측할 수 있어, 제품 성형에 필요한 최대 메인 램 속도를 예측 할 수 있다. 또한 실시간 가공형상에 따른 설비특성 정보를 DB화 할 수 있어 데이터를 바탕으로 한 가공 후 분석이 가능하다. 향후 연구과제로는 가공된 정보를 이용하여 다음 압출 생산에 이용할 수 있는 분석 체계를 확립이 필요하다.

후기

본 연구의 내용은 지식경제부 차세대 신기술 개발사업의 일부로 한국생산기술연구원의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 조영준, "자동차 범퍼의 곡률 압출 공정 개발", 한국자동차공학회 2007 춘계학술대회 논문집 pp. 1626-1631
2. 최호준, "CNC 제어 가변단면 압출기 개발", 한국소성가공학회 2007 춘계학술대회 논문집, pp.246-249.
3. 가토 마사츠구, 사노 시게로, 가미바야시 야츠시, 히요시 야스마사, "가변 단면 압출용 금형 및 가변 단면 압출 성형 방법", 특허 등록번호 10-0334421-0000 (2002.04.15)
4. Extrusion Process Description, Website : [http:// www.bonlalum.com/](http://www.bonlalum.com/)
5. T. Makiyama, "A technical note on the development of prototype CNC variable vertical", Journal of Materials Processing Technology 159 (2005) 139-144
6. 기술자료 알루미늄압출자료, Website : <http://www.aluone.co.kr>