

압출공정에서 가변 단면 성형을 위한 형상제어 연구

안승훈*, 장홍석*, 최호준**, 박상철***, 왕지남****

A Study of Shape Control for Variable Section Parts in Extrusion Process

Seunghoon Ahn*, HongSeok Jang*, HoJoon Choi**, Sangcheul Park*** and Ginam Wang****

ABSTRACT

The use of aluminum parts in automobile structural applications has increased in an effort to reduce the weight of cars and hence improve fuel economy. But Aluminum bar, I-beam and channels need other processes to vary the cross section in the axial direction. Thus, applications of these parts are limited by high cost. If the cross section of the part is variable by using only extrusion, application of extruded bar, I-beam and channels will increase in the Aluminum industries. In this paper, we propose the variable-shape extrusion process which can control the thickness of Aluminum bar. And we can calculate the speed of center ram by varying the cross section in the extrusion to control the thickness of Aluminum bar.

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

1. 서 론

최근 일반 승용차나 트럭 등의 각종 차량에 있어서, 차체의 경량화, 내구성 향상 또는 재활용 등이 우수하다는 이유로 종래의 철제부재 대신에 알루미늄 또는 알루미늄 합금부재가 많이 사용되고 있다.

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 냉간 상태에서 이루어지므로 굽힘 하중을 제거한 이후 발생하는 스프링 백 현상으로 굽힘 후의 형상 변화가 발생한다.

이러한 문제점은 열간 상태에서 성형함으로써 해

결 될 수 있으나, 직선으로 압출된 제품을 재 가열해야 하므로 에너지 소비가 추가적으로 발생하고, 복잡하고 고가의 설비 투자가 요구됨으로써 경제적인 제품 생산이 어렵다¹⁾.

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 공정이다²⁾.

가변단면 압출공정에서는 기존의 압출방식과 같이 압출 압력을 일정하게 가하게 되면 입구면적의 변화에 따라 제품 압출 속도가 변하게 되어 제품의 균일함에 변동이 생겨 최종 성형상태는 용고 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 속도 값을 제시하여 제품의 폭이 변하는 압출 공정에서도 압출 제품을 등속으로 가공 가능하게 한다.

*학생회원, 아주대학교 산업공학과

**비회원, 한국생산기술연구원

***정회원, 아주대학교 산업정보시스템공학부

****비회원, 아주대학교 산업정보시스템공학부

- 논문투고일: 2009. 01. 09

- 논문수정일: 2009. 05. 11

- 심사완료일: 2009. 05. 11

2. 연구 방법

2.1 기존 가변단면 압출공정의 특징

가변단면 압출은 봉이나 튜브를 압출하는 일반적 압출공정 진행 중에 압출방향과 수직된 방향으로 움직이는 금형을 이용하여 압출재의 단면을 변화시키는 신 공정으로 Fig. 1에 가변단면 압출의 원리를 위한 개념도를 나타내었다. 가변단면 압출기술에 관한 선행 연구는 많지 않을 뿐만 아니라 국내 알루미늄 압출 성형에서의 활용은 보고된 바 없으며 해외 사례로는 일본의 Mitsubishi 알루미늄에서 개발한 가변단면 압출공정이 있다. Mitsubishi 알루미늄에서는 폭 300 mm 높이 90 mm의 알루미늄 구조 재를 소정의 형상으로 175 mm까지 도중 변화 시키가면서 1회 공정으로 제작에 성공하였고 이 기술에 의해 성형한 제품을 Mitsubishi 자동차공업을 위한 트럭용 Side Rail 등에 사용하기 위해 양산체제 확립하였다. Mitsubishi 알루미늄에서 개발한 가변단면 압출공정 제어 알고리즘은 국내 특허 등록번호 제10-0334421호로 공지된 “가변 단면 압출용 금형 및 가변 단면 압출 성형방법”에 나타나 있다.

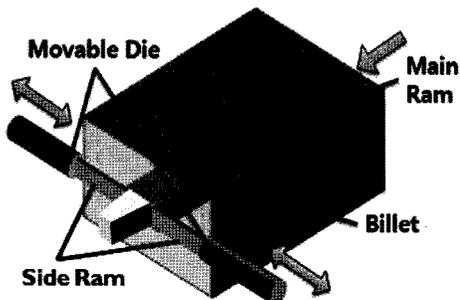


Fig. 1. 가변단면 압출 개념도.

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 감출기에 의한 거리측정으로 제품가공 진행 정도를 알아내고 이에 따라 가변단면 압출용 금형을 사용하여 압출 성형이 이루어진다^[3,4].

즉, Mitsubishi 가변단면 압출 성형방법에 사용되는 제어수단은 ‘압출하고자 하는 성형재의 체적과 압출이 완료된 형상의 체적이 동일하다’는 기본 이론에 따른 부피 개념을 바탕으로 한 것으로, 메인 램의 이동량을 검출하고, 이에 따른 성형 체의 가공 부피를 계

산하여 제품 가변형상에 대응할 수 있도록 사이드 램을 구동함으로써 가변 제어를 실시하는 방법이다.

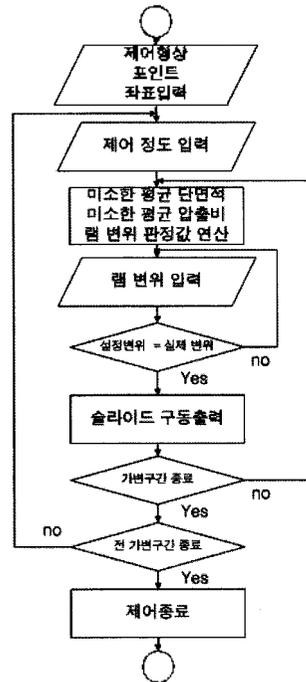


Fig. 2. Mitsubishi 가변단면 제어 순서도^[3].

위의 성형 방법에 의하면 제어형상 포인트 좌표 입력력은 가변 되는 구간과 가변 정도를 입력함을 말한다. 다음으로 제어 정도 입력이라 함은 미세한 메인 램의 진행 정도를 입력하는 것이다. 이는 메인 램을 지정한 일정한 속도로 제어한다는 것으로 가변에 따라 제품 압출 속도는 압출비가 증가하면 가공속도가 증가하고 압출비가 감소하면 가공 속도는 줄어들게 되어 일정한 속도로 제품 압출이 힘들다는 것을 말한다.

위와 같은 종래 기술은 단순히 압출하고자 하는 성형재의 체적과 압출이 완료된 형상의 체적 간의 단면적 제어를 통해 제품을 압출 성형하게 됨으로써, 제품의 가공시간을 미리 예측하기 어렵고, 메인 램의 움직임에 따라 사이드 램의 구동이 결정되므로 실시간으로 변하는 가공 압출 비의 변화에 대응할 수 없어 제품을 균일한 속도로 생산하기 힘든 문제점이 있었다.

본 연구에서는 가변단면 압출 가공속도에 따른 제어방법으로 제품의 가공시간과 형상정밀도를 예측이 가능했다. 본 논문은 가변 압출을 통해 실현할 수 있는 제품의 형상과 성형 여부를 예측하고 압출 비의 변화에 따른 메인 램의 속도 제어로 가변단면 압출 시에

도 동속가공을 가능하게 하여 제품의 성형 품질을 높일 수 있도록 한 가변 단면 압출 성형용 제어방법에 관한 것이다.

2.2 압출비와 압출속도 정의

2.2.1 압출비(extrusion ratio)와 압출 속도

Billet 표면과 컨테이너 내벽 사이에 마찰이 없으며, 소재는 단면의 모든 위치에서 균일하게 변형한다고 가정한다. 비압축성 재료로서 식 (1)로 나타낼 수 있으므로 압출 비 r 은 식 (2)과 같이 표시할 수 있다¹⁾.

$$L_0 \cdot A_0 = L_f \cdot A_f = V \quad (1)$$

$$r = L_f / L_0 = A_0 / A_f \quad (2)$$

L_0 : 압출 전의 소재의 길이

L_f : 압출 후의 소재의 길이

A_0 : 압출 소재의 단면적

A_f : 압출 입구의 단면적

V : 압출 소재의 부피

r : 압출 비

Billet의 소재가 비압축성 재료일 때 형상 추출속도는 램 속도와 압출 비에 의하여 결정되며 이를 식으로 나타내면 식 (3)과 같이 표시할 수 있다.

$$V_{part} = r \cdot V_{ram} \quad (3)$$

V_{ram} : 메인 램 속도

V_{part} : 제품 압출 속도

2.2.2 형상 가변에 따른 압출 비

일반적인 압출은 설치된 금형의 입구면적에 따라 압출 비가 고정적이다. 그러나 가변단면 압출공정은 형상의 폭이 변화할 때 사이드 램이 이동하므로 입구면적이 변하게 된다. 이에 따라 압출 비는 식 (1)에 의하여, 입구면적이 넓어지면 제품 단면적이 증가되어 압출비가 감소하고 입구면적이 좁아지면 제품 단면적이 감소되어 압출 비가 증가하게 된다. 식 (3)에 의하여 제품 압출 속도는 압출 비와 비례관계에 있으므로 제품 압출 속도는 변하게 된다.

동일한 성형 품질을 유지하려면 가변에 따른 압출 비를 고려한 적절한 메인 램 속도 제어가 필수적이라 할 수 있다. Fig. 3은 램 속도 제어적용 여부에 따라 예상되는 압출 성형 내부조직의 차이를 개략적으로 나타낸 것이다.

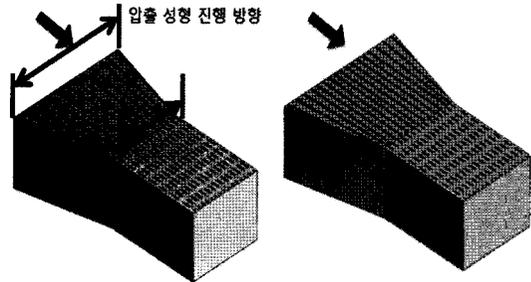
가변단면 압출 공정에서의 제품 폭 변화는 Fig. 3의 (a)와 같이 A로 일정하게 유지되다가 사이드 램의 움

직임에 따라 입구면적이 넓어져 폭이 B 길이만큼 변화하게 된다. (a)의 경우 입구면적 A_f 가 점점 넓어지는 가변 형상으로 메인 램 속도 제어 없는 동일한 속도로 메인 램을 이동시킨다면 압출 속도는 식 (4)에 의하여 감소하게 된다.

$$V_{part} = A_0 / A_f \cdot V_{ram} \quad (4)$$

이러한 압출 속도의 감소는 가공 후 제품의 내부 밀도에 변화를 일으켜 균일한 제품 품질을 유지 못하게 된다. 더욱이 급격한 압출 속도의 감소는 제품 치수결함의 원인이 되기도 한다¹⁴⁾.

본 논문에서 제시한 속도기반 제어를 이용하여 가공을 실시하면 (b)의 경우처럼 가변이 진행될 때 V_{ram} 의 가속을 통하여 압출비가 변하더라도 V_{part} 의 속도를 일정하게 하여 균일한 성형 품질을 가능하게 한다.



(a) 메인 램 속도 제어 전 (b) 메인 램 속도 제어 후

Fig. 3. 성형속도 변동에 따른 내부 품질.

2.2.3 압출 온도와 성형 품질과의 관계

압출 가공 시에 온도의 변화는 가공형상 치수 및 품질에 악영향을 미친다. 이러한 온도의 변화의 원인은 컨테이너 내벽과 Billet 표면과의 큰 마찰저항이라 할 수 있다. 일반적으로 압출 속도를 증가시키면 마찰이 커지게 되어 온도가 상승하게 된다. 이러한 온도 변화는 열간 취성균열과 같은 품질저하나 금형의 수명단축을 야기한다¹⁵⁾. 압출공정변수 중 출구온도는 Billet, 컨테이너 및 금형의 예열온도와 램 속도 등이 조합되어 얻어지는 제품의 표면온도이다¹⁶⁾. 출구온도 제어 방법으로는, 압출재의 다이 출구온도를 일정하게 하기 위해 제품 압출속도를 일정하게 조정하는 방법, 혹은 액체질소 냉각압출 방법이 있다.

가변단면 압출공정에서는 메인 램 속도를 일정한 값으로 설정할 경우 압출 비의 변화는 압출 출구 속도의 변화로 나타난다. 이러한 변화는 메인 램 속도 제어를 통한 압출 출구 속도를 일정하게 하여야 하며 추가적으로 액체질소 냉각 방법을 실행해야 한다.

압출 제품의 성형품질에 기인하는 영향인자는 위와 같이 압출 온도 이외에도 금형의 구조, Billet 품질, 압출 속도, 마찰 특성 등의 있다. 압출 가공에 이러한 영향인들이 다변 복잡하게 상호작용하면서 성형품질 만들어 나간다.

본 연구에서는 가변단면 압출공정에서 메인 램 속도제어를 통한 출구속도를 일정하게 제어하여 출구운도를 일정하게 하는 방법으로 고른 성형품질의 압출을 가능하게 하려 한다.

3. 가변단면 압출제어 알고리즘

3.1 가변 형상을 속도에 기반을 두어 제어

가변단면 압출에서 실제 제품의 기본적인 형상은 금형 출구 모양이며 가변형상은 사이드 램의 움직임에 의하여 결정된다. Fig. 4와 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 가공할 수 있다. 시간과 거리를 이용한 제어 방법을 수식으로 나타내면 식 (5)와 같다.

$$(D_1 - D_0) / V_{part} = (L_1 - L_0) / V_{side} \quad (5)$$

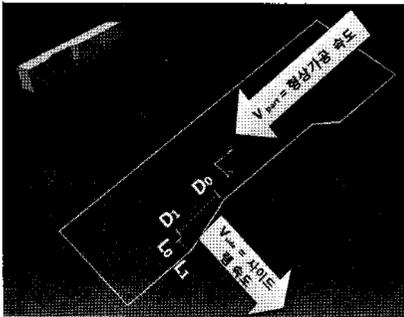


Fig. 4. 속도개념으로 접근 후 가변제어.

3.2 가공을 위한 속도 및 거리산출

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 (6)을 이용해 처음 주어진 메인 램

속도에 의하여 형상의 압출 속도를 구한다.

$$V_{part} = r \cdot V_{ram} \quad (6)$$

셋째, 가변구간에서의 사이드 램 속도를 식 (7)을 이용하여 구한다. 구해진 속도는 가변이 진행되는 동안 등속 진행을 하여야 한다.

$$V_{side} = (L_1 - L_0) \cdot V_{part} / (D_1 - D_0) \quad (7)$$

넷째, 식 (8)을 통해 가변이 진행되는 동안 시간에 따른 사이드 램의 Position 값을 구한다.

$$D_{side} = \int V_{side}(t)dt \quad (8)$$

다섯째, 가변구간에서의 메인 램 속도를 식 (9)을 이용하여 구한다. 가변구간에서는 시간에 따라 압출비가 변하므로 V_{part}를 일정하게 하기 위한 V_{ram}(t)을 구한다.

$$\begin{aligned} V_{ram}(t) &= V_{part} / R(t) \\ &= V_{part} / (A_0/A_1(t)) \end{aligned} \quad (9)$$

여섯째, 메인 램 속도를 시간에 따라 적분하여 t시점에 메인 램의 진행 거리를 식 (10)을 통해 가변이 진행되는 동안 메인 램의 Position 값을 구한다.

$$D_{ram} = \int V_{ram}(t)dt \quad (10)$$

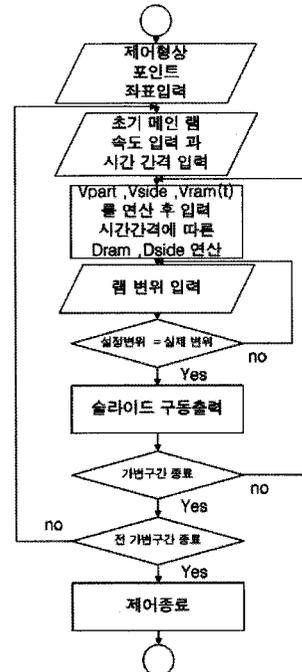


Fig. 5. 본 연구의 가변단면 제어 순서도.

본 연구의 가변단면 제어 순서에 의하면 제품의 압출속도는 초기 메인 램 속도와 초기 압출 비의 곱으로 정해진다. 가변단면 압출 진행 동안에는 위의 연산결과인 제품 압출속도를 일정하게 유지하기 위하여 압출 비의 변화에 따라 메인 램 속도를 제어하게 된다. 이는 메인 램의 미세한 단위 제어에 따라 형상을 제어하는 기존 Mitsubishi 가변단면 제어 알고리즘과 차이를 갖게 된다.

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 가공 하려면 이러한 유압을 정밀하게 제어해야 한다. 그렇기 때문에 속도정보 뿐만 아니라 위치 데이터도 필요하다.

위의 가변단면 압출을 위한 속도 및 거리 산출 공식에 의하면 가변되는 구간마다 사이드 램의 속도는 구간별 무한 가속이 이루어져야 한다. 그러나 유압 설비 특성상 불가능에 가까운 것이다. 원하는 형상을 만들기 위하여 메인 램과 사이드 램은 각각의 속도 정보와 함께 위치 정보를 알아내어 상대적으로 비교하면서 Feedback 제어를 실시해야만 한다.

3.3 속도 제어를 통한 장점

가변구간에서 폭의 변화에 따른 메인 램의 속도와 사이드 램의 상대적인 속도를 계산하여 가변단면 압출제어를 한다. 메인 램의 속도가 계산된 속도로 실제 장비에서 구동된다면 V_{plan} 를 계산하여 메인 램의 속도에 따른 형상가공 시간을 예측할 수 있어 제품의 생산 시간 계산이 가능하다. 가변 폭이 급변하는 가변형상을 가공하기 위한 가능한 메인 램 속도를 계산할 수 있어 형상에 따른 최대 램 속도를 가공 전 시뮬레이션을 통하여 예측 가능하다.

가변구간별 속도를 계산하여 가변 폭의 변화에 따라 메인 램 속도를 조절하기 때문에, 가변이 되더라도 압출 속도가 일정하게 유지되어 형상이 가변 되더라도 등은 등압을 유지할 수 있고, 결과적으로 최종 성형품의 품질 향상을 가져다 준다.

4. 시뮬레이션 가공

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

Table 1은 가공하기 전 압출 조건이며 Fig. 6은 가공 형상 정보로써 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.

Table 1. 시뮬레이션 압출 조건

Billet 단면적 (mm ²)	$40^2\pi$
초기 제품단면적 (mm)	2200.0
가공 형상 길이 (mm)	160.0
초기 메인 램 속도 (mm/sec)	3.5
초기 압출 비	2.28479

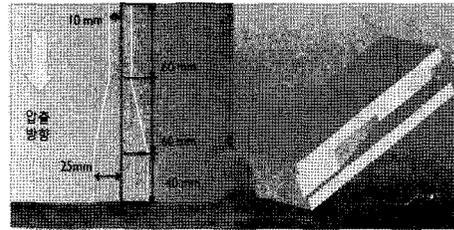


Fig. 6. 가공 시뮬레이션 형상.

Fig. 7은 위와 같은 시뮬레이션 조건으로 가변단면 압출을 진행하였을 때 얻을 수 있는 메인 램과 사이드 램의 속도 데이터 시뮬레이션 결과이다. 시뮬레이션 통하여 형상의 가변 폭에 따른 램의 속도를 예측할 수 있으므로 실제 압출 공정을 거치지 않아도 가변 형상 제품의 가공여부 검증이 가능하다. 만약 사이드 램의 설비 속도 한계치가 1.5 mm/sec일 때 위와 같은 가변 폭을 갖는 압출 형상은 가공이 불가능하다는 것을

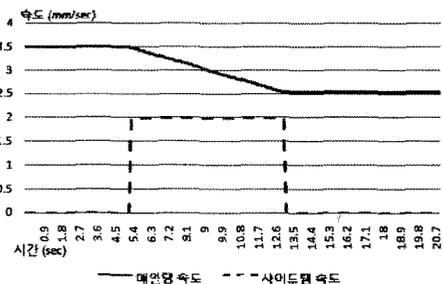


Fig. 7. 메인 램 초기설정 3.5 mm/sec 시뮬레이션.

알 수 있다. 만약 위와 같은 조건에서 주어진 압출 형상을 가공하려면 사이드 램의 속도 한계치가 2 mm/sec 이상인 사이드 램 설비를 구축 하여한다는 것을 시뮬레이션을 통하여 알 수 있다.

또 다른 해결책으로는 사이드 램 속도에 영향을 미치는 메인 램의 속도를 낮추는 방법이 있다. 만약 사이드 램의 속도 한계치가 2 mm/sec이라면 메인 램 초기 속도를 Fig. 8과 같이 초기 메인 램 속도를 3.5 mm/sec에서 2 mm/sec로 낮추어서 가공을 실시한다면 사이드 램의 최고 속도가 1.2 mm/sec로 되어 가공이 가능 하게 된다. 시뮬레이션 결과 총 가공시간은 34.5 초로 약 1.6배가 걸리지만 사이드 램 속도가 설비 한계치 이하로 내려온 것을 볼 수가 있다.

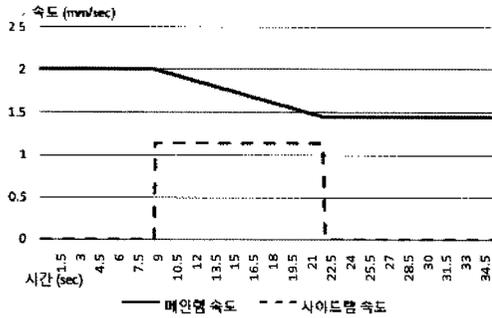


Fig. 8. 메인 램 초기설정 2 mm/sec 시뮬레이션.

위와 같이 동일한 형상을 가공하는데 메인 램의 속도에 따라 가공이 가능한 경우가 있고 설비의 사이드 램의 속도 한계치 때문에 가공이 불가능한 경우가 있다. 위와 같이 시뮬레이터를 통하여 가공형상에 따른 설비가 지원하여야 하는 속도 값을 찾아 낼 수 있으며 가공 시간도 알 수 있다.

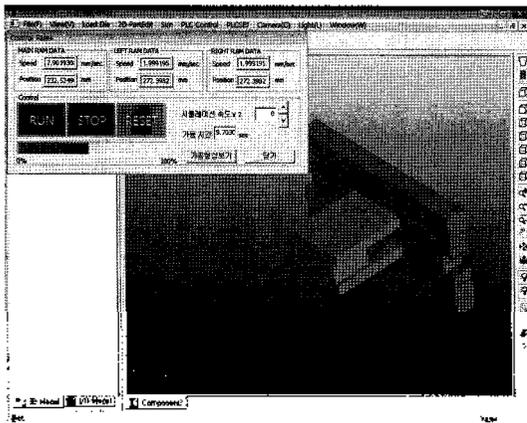


Fig. 9. 시뮬레이션 진행 화면.

5. 제품 압출 결과

본 연구는 가변단면 압출공정에서 형상 폭의 변화에 따른 램 속도를 시뮬레이션을 통하여 산출하였고 가공가능 여부를 판단하여 실제 압출가공에 들어가게 된다. 다음은 실제형상을 디자인하고 제품 형상에 따른 제어수치를 제공하여 가공을 실시하였다.

실험에 사용된 압출기계의 사양은 최대 용량 600 톤이며 메인 램 최대 Stroke은 700 mm이다.

제품 형상 모델에 따라 계산된 메인 램과 사이드 램의 속도 계산 값은 실제 산업계에서 쓰이고 있는 Yokogawa FA-M3 PLC의 Ethernet 통신을 이용하여 제어 하였다. 제안된 알고리즘은 Visual C++ .NET 2005 (Ver 8.0) 환경으로 구현되었고, Intel Pentium 4 processor (3.0 GHz), 2.0 GB RAM을 가진 PC에서 실험을 실시 하였다. Table 2는 본 실험의 각 조건을 나타낸 것이다.

Table 2. 압출 실험 조건

Die Type	H - Dic
Die Thick (mm)	65.0
Dummy Block	50.0
Billet Diameter (mm)	80.0
Billet Length (mm)	250.0
Material of billet	AA6061
Initial Temperature of billet (°C)	480
Height, Height Thick (mm)	40.0, 10.0
Width, Width Thick (mm)	60.0, 50.0
Main Ram Speed (mm/sec)	3.5
Response Time (0.1)	0.1

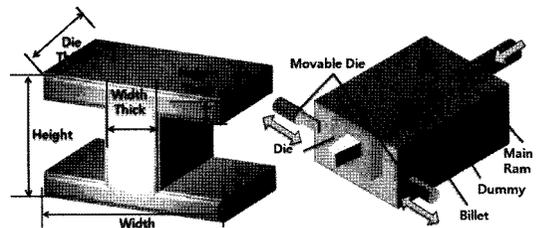


Fig. 10. 치수 정보 입력 변수.

본 실험 조건에 따라 초기 상태 압출 비는 약 2.28 정도이며 가공진행에 따라 약 3.14로 변하게 된다. Fig. 11은 가변단면 압출에 따른 메인 램 속도의 변화를 측정한 그래프이다. 압출 시작 후 가변 시작점을 지나게 되면 압출 비는 증가하게 되어 메인 램의 설정 속도를 낮추게 된다.

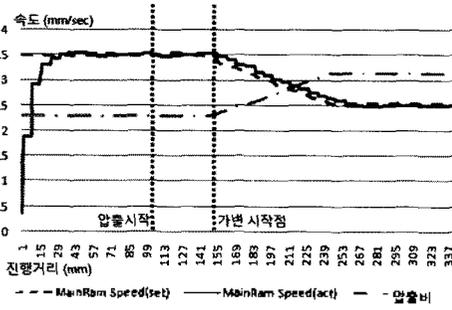


Fig. 11. 메인 램 속도설정 값과 실제 속도 값.

이에 따라서 제품은 압출비가 증가하더라도 메인 램 속도를 제어함으로써 등속가공이 가능함을 확인하였다.

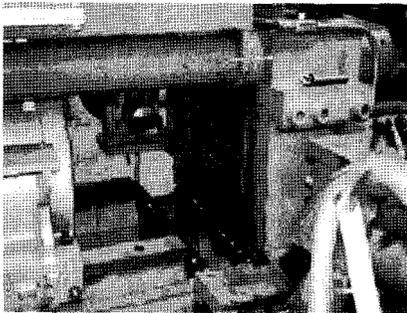


Fig. 12. 가변단면 압출 가공에 사용된 압출설비.

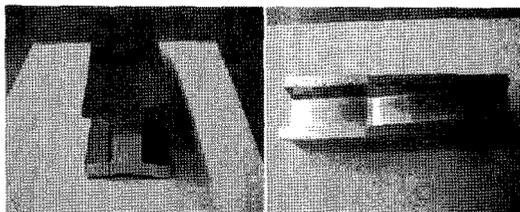


Fig. 13. 가변단면 압출 결과.

5. 결론 및 향후 과제

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

가변단면 압출공정에서 형상 폭의 변화에 따른 메인 램 속도 제어가 없다면 제품 압출 속도는 형상 폭의 증가에 따라 감속가속을 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 생

산할 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 형상가공 시간을 예측할 수 있어, 제품 성형에 필요한 최대 메인 램 속도를 예측할 수 있다.

향후 연구과제로는 정밀 치수제어가 있다. 가변단면 압출 설비는 유압으로 3축 램의 속도를 제어한다. 일반 압출 설비와 다르게 3가지 축의 램을 압출 형상에 따라 각 축이 서로의 움직임에 따라 제어된다. 따라서 이와 같은 유압 설비의 특성을 고려한 정밀 유압 제어설비 개발이 필요하다.

본 실험 결과 Fig. 13의 왼쪽 사진을 보면 좌측 사이드 램과 우측 사이드 램의 출력 차이에 의하여 제품의 휘어지는 현상이 나타났는데 향후 가변단면 압출의 사이드 램이 마찰특성을 고려한 금형의 재설계와 정도 필요하다.

감사의 글

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

참고문헌

1. 조영준, "자동차 알루미늄 범퍼의 가변 곡률 압출 공정 개발", 대한기계공학회 논문집 A권, 제32권, 제4호, pp. 327-332, 2008.
2. 최호준, "CNC 제어 가변단면 압출기 개발", 한국소성가공학회 2007 춘계학술대회 논문집, pp. 246-249.
3. 가도 마사츠크, 사노 시게로, 가미야야시 야츠시, 히요시 야스마사, "가변 단면 압출용 금형 및 가변 단면 압출 성형 방법", 특허 등록번호 10-0334421-0000 (2002.04.15).
4. T. Makiyama, "A Technical Note on the Development of Prototype CNC Variable Vertical Section Extrusion Machine", *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 159, pp. 139-144, 2005.
5. Extrusion Process Description, Website : <http://www.bonlalum.com/>
6. 기술자료 알루미늄압출자료, Website : <http://www.aluonc.co.kr>
7. 오개희, "알루미늄 압출공정변수에 따른 재질층 두께 변화", 한국소성가공학회 2005년도 춘계학술대회 논문집, pp. 266-269.



안 승 훈

2001년 3월~2008년 2월 아주대학교 공과대학 산업정보시스템공학 학사
 2008년 3월~현재 아주대학교 공과대학 산업공학과 석사과정
 관심분야: Digital Manufacturing, FSA, Factory Automation, Simulation



장 홍 석

2001년 3월~2008년 2월 아주대학교 공과대학 산업정보시스템공학 학사
 2008년 3월~현재 아주대학교 공과대학 산업공학과 석사과정
 관심분야: PLM, Digital Manufacturing, PLC, Factory Automation, Simulation



최 호 준

1997년 1월~2000년 2월 GM 대우자동차(주) 엔진생산기술부
 2000년 3월~2005년 2월 인하대학교 공과대학 자동차공학 박사
 2005년 4월~현재 한국생산기술연구원 정밀성형기술지원센터
 관심분야: 압출, 단조 공정 등을 포함한 소성가공, 유한요소해석, 프레스 자동화



박 상 철

Ph.D. (2000) in Industrial Engineering, Dept of I.E., KAIST, Korea
 B.S. (1994) in Industrial Engineering, Dept of I.E., KAIST, Korea
 M.S. (1996) in Industrial Engineering, Dept of I.E., KAIST, Korea
 2000년 9월~2001년 12월 큐빅테크, 선임연구원
 2002월 1년~2004년 2월 DaimlerChrysler ITM Dept. Research Engineer
 2008년 2월~현재 아주대학교 산업정보시스템 공학부, 부교수
 2005년 1월~현재 Computer-Aided Design and Applications
 2006년 9월~현재 EJT(Entric Journal of Information Technology)
 2007년 2월~2009년 1월 31일 한국 CAD/CAM 학회 편집위원
 연구분야: CAD/CAM, 시뮬레이션, PLC, 이산사건 모델링



왕 지 남

1987년 3월~1992년 12월 미 Texas A&M 대학 산업공학과
 1983년 3월~1985년 2월 한국과학기술원 산업공학과
 1979년 3월~1983년 2월 아주대학교 공과대학 산업공학과
 1984년 12월~1987년 8월 현대전자(주) 연구원(Dept. of Production Information Control Systems)
 1992년 12월~1993년 5월 미 Texas A&M University 연구원
 1993년 9월~1997년 8월 현재 아주대학교 산업정보시스템공학부 교수
 2000년 9월~2001년 8월 University of Texas at Austin Visiting Professor
 연구분야: 자동감시제어, 신경망, PLC, 시뮬레이션, 이산사건 모델링