

가변단면 압출기 제조와 그에 따른 성형실험 및 유한요소 해석

최호준¹, 임성주¹, 신희택², 최석우[#]

Forming Experiment using Improved CNC Extruder and FE Analysis in Varied Section Extrusion Process

H. J. Choi, S. J. Lim, H. T. Shin, S. Choi

Abstract

It is very important that there are saving resource and energy in the future as well as in these day. Weight saving of structural parts, which are formed by extrusion, plays a key role in manufacturing field. Especially these aluminum parts used in the car 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 parts is variable by only extrusion, application of extruded aluminum parts will more increase. Therefore, a new CNC extruder which can control the section area of a car part was invented the nation's first. Using the extrusion machine, the experiment and FE analysis were performed during the varied section extrusion process.

Key Words : Al Aluminium extrusion, Varied section, CNC extruder, Extrusion die, FE Analysis

1. 서론

국가 산업 기술수준의 척도로서 국가 경쟁력의 상징적 지표가 된 자동차 산업은 기술집약적 산업 특성과 대·중소기업 상생 협력적 산업특성으로 산업적 비중이 더욱 증대되어, 국가의 중요 기간산업으로서의 인식이 더욱 심화되고 있다. 따라서 브랜드(Brand)가치 고도화를 통한 시장지배를 위하여 기술적으로 극심한 무한 경쟁 시대를 맞이하고 있다.

세계 메이저 자동차들(GM, Toyota)의 비교평가에서 판단할 수 있듯이, 기술의 고도화와 원가의 합리화가 글로벌 경쟁에서 매우 중요한 요소가 되고 있다. 국내 자동차 산업의 질 좋은 성장을 위하여 노력을 경주함에 있어서 이 부분이 시사하는 점이 있으며, 글로벌 환경에서 브랜드 가치가 제일 중요하며, 이 브랜드 가치는 고도의 경영

기술 및 생산 기술에서 창출됨을 알 수 있다.

기술고도화의 중심에는 신 엔진개발, 신 파워트레인, IT결합, 신소재 응용 등이 있으나, 단기적으로 가장 효과적이고 확실한 투자는 IT결합과 신소재 응용기술의 개발이라는 것이 정설이라고 할 수 있으며, 자동차의 무게를 감소키는 경량화 기술은 배기가스의 규제, 연비 향상 등을 경제적이고 효과적으로 달성할 수 있으며, 상대적으로 파워가 부족한 신엔진 및 대체 연료 자동차와 같은 차세대자동차의 실용화를 앞당기는 핵심기반 기술이다.

알루미늄(Aluminum)¹⁾을 중심으로 한 경량소재는 상대적으로 비용이 비싸고(Al소재원가 철계 대비 4-5배), 제조 기술에 대한 노하우(Know-how)가 부족하여 소재부터 제조, 조립에 이르는 제조공정 전반에 대한 획기적인 기술도약(Quantum Jump)이 필요하다.

1. 한국생산기술연구원 디지털성형공정팀

2. 보원경금속㈜

교신저자: 한국생산기술연구원, E-mail: schoi@kitech.re.kr

이와 같은 기술 극복을 위한 한가지 대안으로서 압출재의 단면을 압출과 동시에 변화시키는 가변 단면 압출기술이 개발되고 있다. 기존의 공정에서는 자동차 프레임재를 생산함에 있어서, 프레임 압출 후에 단면의 형상을 변화시키는 공정을 이용하였으나, 신 가변단면 압출기술^{2,4)}은 압출기 내에서 압출과 동시에 단면을 변화시키는 공정 기술을 개발함으로써, 경량소재의 약점 중에 하나인 고단가를 낮추려는 의도이다. 따라서 국내에서 최초로 본 연구팀이 가변단면 압출기술을 개발하고자 연구를 수행하고 있으며, 우선 가변단면 압출을 실현하기 위한 CNC 압출기를 개발³⁾하였으며 가변단면 압출성형실험 및 이의 확대적용을 위한 관련된 연구를 진행하고 있다.

가변단면 압출은 봉이나 튜브를 압출하는 일반적인 압출공정 중에 압출방향과 수직된 방향으로 움직이는 금형을 이용하여 압출재의 단면을 변화시키는 신 공정으로 Fig. 1 에 가변단면 압출의 원리를 위한 개념도를 나타내었다. 압출공정 중에 단면을 변화시키기 때문에 적절히 사용할 경우 후속 공정(하이드로 포밍, 절곡, 조립, 용접 등)을 삭감하여 알루미늄 등과 같이 소재비가 철계에 비하여 상대적으로 높은 신소재의 상용화 및 원가 절감에 효과적인 공정이라고 할 수 있다.

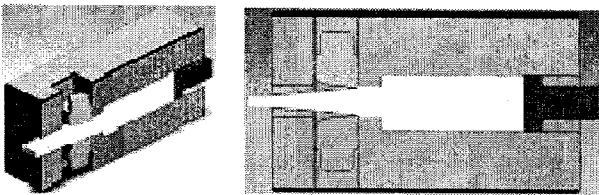


Fig. 1 Concept of varied section extrusion

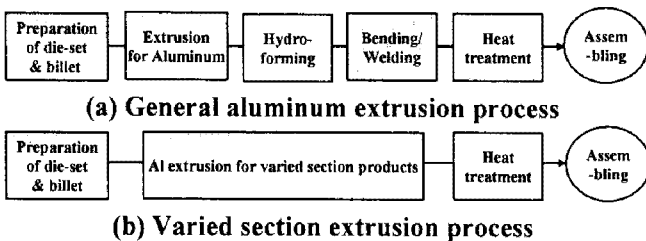


Fig. 2 Comparison of manufacturing process for car sub-frame

Fig. 2 에서는 가변단면 압출공정이 기존 자동차용 서브프레임(Sub-frame) 제작 공정에 비하여 상당히 단순화되어 있어 원가절감에 유리함을 공정도를 비교함으로써 제시하고 있다. Table 1 에서는

가변단면 압출공정의 적용이 가능한 자동차 부품들을 몇 개로 군으로 분류하여 열거하고 있다. 낮은 생산원가와 신뢰성 높은 알루미늄 부품을 생산하기 위한 공정 수 절약과 신공정 복합화를 토대로 가변단면 압출공정은 적용되고 있으며 앞으로 응용제품들의 개발이 시급히 이루어져야 할 것이다.

Table 1 Categorized group for car-parts producible by varied extrusion process

Group	Parts name
1	Seat Rail, Bus Seat Frame, Seat Frame, Bumper Back Beam
2	Space Frame, Engine Frame, In Panel, Front End Carrier
3	Front Side Member, Under Frame, Sub Frame, Space Frame
4	knuckle, Lower Arm, Upper Arm, Shock absorber, Outer Tube, Cross Member

따라서 본 논문에서는 가변단면 압출이 가능하도록 압출시스템 제조를 완료하였으며, 가변단면의 형상을 변화시켜 압출실험을 수행하여 압출성형체를 분석하였고 유한요소 해석을 통해 실험의 타당성 및 확장가능성을 시도하였다.

2. CNC 가변단면 압출기 제조와 성형실험

경량소재 특히 알루미늄 소재의 압출공정에 부가가치 부여 및 원가 절감 측면에서 개발된 신기술, 복합공정인 가변단면 압출공정을 실현하기 위해서는 CNC 제어 가변 단면용 압출기의 개발이 최우선적으로 이루어져야 한다. 따라서 본 한국생산기술연구원에서 이를 국내 최초로 개발 및 제조하였고 이를 통해 압출성형실험을 수행하였으며, 가변단면 압출공정의 확장성을 위하여 추가적으로 유한요소해석을 통해 공정분석을 시도하였다.

2.1 CNC 가변단면 압출기 주요부

CNC제어 가변단면 압출기의 주요부로서는 기존 압출기의 골격을 그대로 사용하였고 가변단면용 압출금형이 장착이 가능하도록 하였으며, 가변형상을 위한 금형의 움직임을 책임지는 이송실린더를 플래튼(Platten) 및 컨테이너 사이의 측면에 제작하여 설치하였다.

그리고 Fig. 3은 이송실린더가 제작되어 압출기

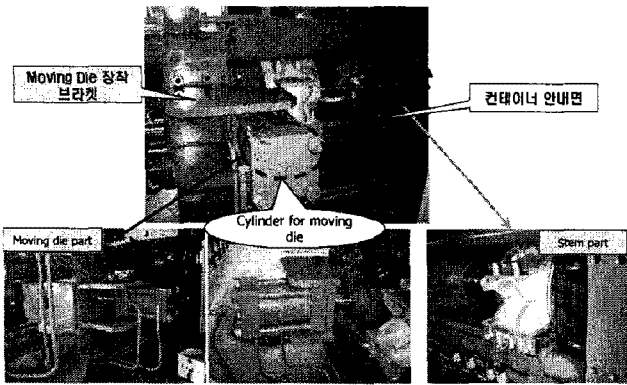


Fig. 3 Improved CNC extruder with the first moving cylinder in section extrusion process

에 장착되어 있는 상태로 가변단면 압출을 위한 금형의 이동을 책임지는 장치로써 가변단면 압출을 위한 핵심적인 장치라고 할 수 있다.

2.2 가변단면 형상변화에 따른 금형설계와 제조

압출단면을 가변시키는 원리는 압출단면의 형상을 책임지고 있는 금형의 일부분 또는 일부 부품에 이동을 가하여 압출되는 소재의 채워짐을 순간적으로 변화시켜 단면형상을 바꾸는 것이다. 따라서 가변단면 압출금형은 압출단면의 형상을 책임지는 일부분(일부 부품)의 움직임이 용이하도록 금형 구조 및 부품설계가 이루어져야 하며 이동부의 미끄럼, 열팽창 등을 고려하여 설계/제작되어야 한다.

Fig. 4에서는 가변단면 형상이 'ㄷ' 자 형태를 갖는 부품을 압출하기 위한 금형형상으로써 'ㄷ' 자 형태에서 한쪽 두께에만 변화를 가하여 가변형상을 얻는 압출공정용 금형부품들을 보여주고 있다.

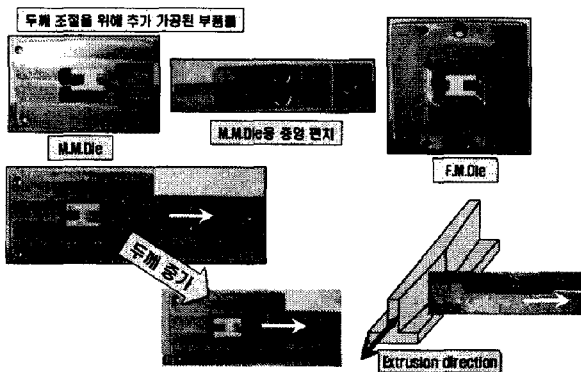


Fig. 4 Die set-up for the 'H' type with variable middle thickness in the extrusion process

2.3 가변단면 압출 성형실험

가변단면용 압출실험을 진행하기 위한 준비는 약 300-360°C 정도로 가열된 금형과 알루미늄 소재(AA 6063)를 480-495°C로 고주파로에서 가열함으로써 완료되며 컨테이너는 500°C 정도로 가열시켜 알루미늄 소재가 장입되었을 때 적정한 온도를 유지시킬 수 있도록 가열시켜 놓았다.

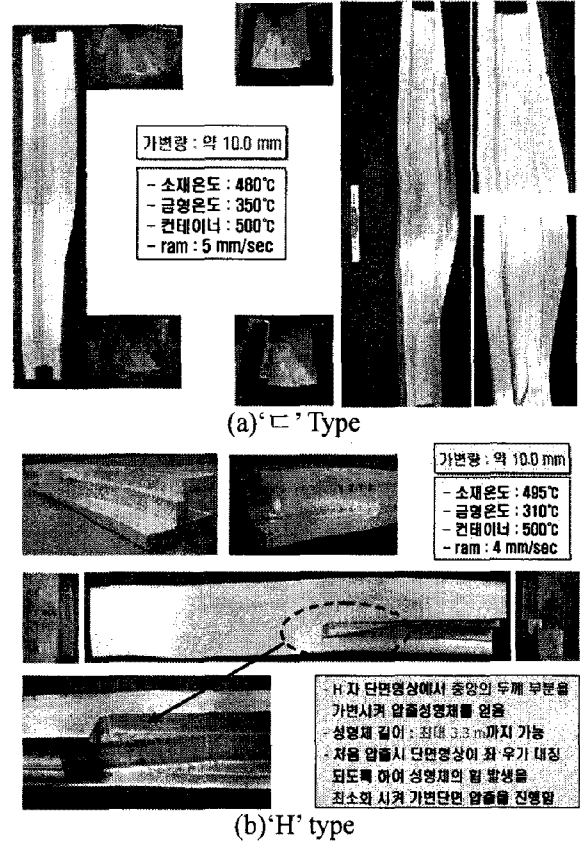


Fig. 5 varied section with variable thickness during the extrusion process

Fig. 5에서는 두께를 가변시켜 단면형상을 변화시키는 압출성형 실험의 예들이다. (a)에서는 'ㄷ'자 형에서 오른쪽의 두께부분을 10 mm 에서 20 mm 정도까지 변화시킨 것이며, (b)에서는 'H'자의 압출 단면에서 중심두께를 순차적으로 변화시킨 예이다.

3. 유한요소 해석

가변단면 압출의 성형실험을 통해 가변단면의 압출가능성 및 단면모양의 다양한 가변성을 확인하였으며, 이를 해석을 통해 타당성을 증명하고 가변단면 압출공정의 확장성에 대하여도 살펴보고자 하였다.

3.1 메인 램 속도 변화에 따른 분석

가변단면 압출공정에 있어서 압출단면은 메인 램 및 이송 실린더의 속도비에 따라 여러 형상을 만들어 낼 수 있다. Fig. 6 에서는 'ㄷ'자 압출단면에 있어서 램의 속도 변화에 따라 압출성형체의 온도분포 변화를 분석하여 나타내고 있다. 메인 램의 속도가 증가함에 따라 압출성형체의 온도도 함께 증가하고 있는 것으로 분석된다.

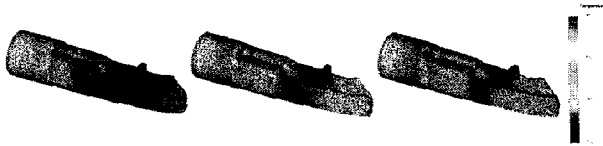
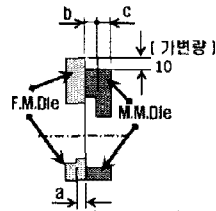


Fig. 6 Temperature distribution with variable ram speeds

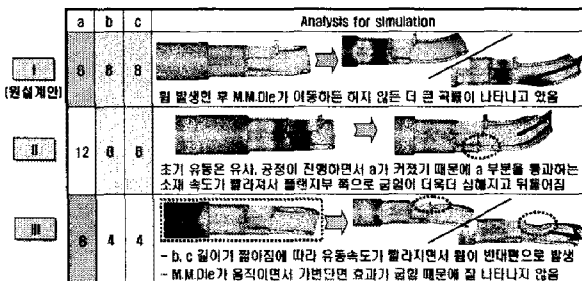
Table 2 Analysis of extruded product with variable ram speeds in the FE simulation

Ram speed (mm/sec)	Temperature (°C)	Max. Effective stress (MPa)	Maximum velocity (mm/sec)
4	355 - 443	65.4	19.4
6	358 - 448	67.7	26.4
8	361 - 451	68.9	30.9

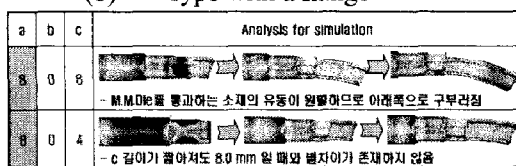
3.2 압출단면의 랜드부 및 가변단면 형상 변화에 따른 압출성형체 분석



(a) Simplified concept for moving die parts



(b) 'ㄷ' Type with a flange



(c) 'ㄷ' Type without a flange

Fig. 7 FE analysis with/without a flange shape in the process

압출형상을 최종적으로 결정짓는 금형의 주요 부위가 바로 랜드(land)부 또는 베어링(Bearing)부라고 일컫는 평행부를 갖는 형상이다. 일반 압출에 있어서도 압출소재의 종류에 따라 랜드부의 길이가 변화하고 있다. Fig. 7 (a)에서는 압출형상을 최종적으로 결정하는 금형의 랜드부를 갖는 앞쪽 움직임 중간 금형(F.M.Die) 및 중간 움직임 중간 금형(M.M.Die)를 간략화하여 표현하고 있다. Fig. 7(b)와 (c)에서는 플랜지부가 있는 'ㄷ'자형 가변단면 압출공정의 유한요소 해석을 통한 분석결과를 보여주고 있다.

5. 결론

알루미늄 소재의 가변단면 압출을 위해 압출기를 개발 완료하였으며, 이를 이용하여 가변단면 압출성형 실험을 수행하였고 압출성형 실험을 토대로 하여 압출금형의 재설계 방향 및 압출기 용량의 타당성을 증명하였다. 또한 가변단면 압출공정에 대하여 유한요소해석에 따른 모의실험을 공정변수를 달리하면서 수행함으로써 실험의 타당성 및 가변단면 압출공정의 적용성 확대를 도모하고자 하였다.

후기

본 연구는 산업자원부 차세대 신기술 개발사업 "CNC 제어 AI 소재 가변 단면 압출기술 개발" 사업의 지원에 의해 가능하였으며 이에 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] 정영훈, 1996, "자동차용 알루미늄 합금소재," KSAE, Vol. 18, No. 5, pp. 38-52.
- [2] T. Makiyama, M. Murata, 2005, "A technical note on the development of prototype CNC variable vertical section extrusion machine," JMTP, Vol. 159, pp. 139-144.
- [3] M. Hoshino, 2000, "可変断面および變曲押し加工技術," JSTP, Vol. 41, No. 472, pp. 453-455.
- [4] S. Murakami, 2000, "新たな技術が用いられた押し加工製品," JSTP, Vol. 41, No. 472, pp. 460-465.
- [5] H.J. Choi, S.J. Lim, H.T. Shin and S. Choi, "CNC Extruder for Varied Section Products" JSTP, Spring congress, pp. 246-249, 2007.