

# 유한요소해석을 이용한 알루미늄 프레임 포트홀 압출공정 해석

## FE-analysis of Porthole Extrusion Process for Aluminum Frame

\*이성윤<sup>1,2</sup>, #이상곤<sup>1</sup>, 정명식<sup>1</sup>, 김강은<sup>1</sup>, 김다혜<sup>1</sup>, 김양근<sup>1</sup>, 김영석<sup>2</sup>, 이우영<sup>3</sup>

\*S. Y. Lee<sup>1,2</sup>, #S. K. Lee(sklee@kitech.re.kr)<sup>1</sup>, M. S. Jeong<sup>1</sup>, K. E. Kim<sup>1</sup>, D. H. Kim<sup>1</sup>, Y. G.

Kim<sup>1</sup>, Y. S. Kim<sup>2</sup>, W. Y. Lee<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 한국생산기술연구원 녹색전환기술센터, <sup>2</sup> 경북대학교 기계공학과, <sup>3</sup> 한국기술대학교 기계정보공학부

Key words : Porthole extrusion, Aluminum frame, Process analysis

### 1. 서론

단면이 복잡한 증공형 알루미늄 프레임 제품은 일반적으로 포트홀 직접압출 (porthole direct extrusion) 공정으로 생산되고 있다[1]. 포트홀 압출공정은 금형의 구조가 매우 복잡하며, 현재까지 금형 및 공정설계는 대부분 현장작업자의 경험에 의한 시행착오에 의해 설계되고 있다. 따라서 보다 효과적인 금형 및 공정설계를 위해서는 포트홀 압출공정에 대한 해석이 선행되어야만 한다.

본 연구에서는 유한요소법을 이용하여 단면형상이 복잡한 알루미늄 프레임 생산을 위한 포트홀 직접압출 공정에 대한 해석을 수행하였다. 해석을 통해 금형 및 공정설계를 위한 기초 설계 데이터를 확보하였다.

### 2. 포트홀 압출공정 성형해석 및 결과

해석에 적용된 알루미늄 프레임의 단면형상을 Fig. 1에 나타내었다.

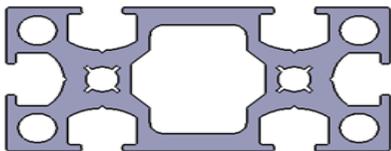


Fig. 1 Aluminum frame

본 연구에서는 DEFORM 3D를 이용하여 포트홀 압출공정해석을 수행하였다. 적용된 공정은 2 홀 압출방식이며, 해석은 제품의 대칭성을

고려하여 1/4 단면을 적용하였다. Fig. 2에 해석 모델 및 금형형상을 나타내었다. 소재는 강소성체이며, 램과 금형은 강체로 설정하여 열전달만 고려하였다. 적용된 소재는 6000계 알루미늄이다[2]. 기타 성형해석을 위한 공정조건은 Table 1에 나타내었다.

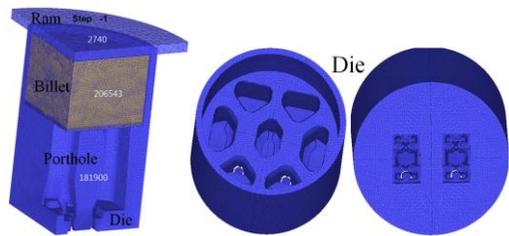
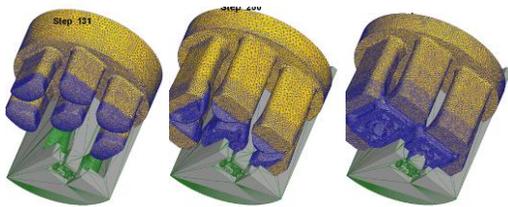


Fig. 2 FE analysis model and porthole die

Table 1 FE analysis condition

Analysis conditions	Value
Initial billet diameter (mm)	177.8
Initial billet temperature (°C)	470, 490
Initial tool temperature (°C)	450
Ram speed (mm/s)	4
Friction factor(m)	0.6
Heat transfer coefficient (0 N/s/mm/°C)	11.0

성형해석결과 금형내부의 소재 변형양상을 Fig. 3에 나타내었다. 포트홀에 의해 나누어진 초기빌렛은 접합실에서 다시 접합이 된 후 금형출구부를 빠져나오며 최종제품으로 압출된다.



(a) Dividing (b) Welding (c) Extrusion

Fig. 3 Deformation behavior of billet

Fig. 4 는 압출 후 최종제품에 생성되는 접합면을 나타낸 것이다. 접합면은 총 16 개 생성됨을 알 수 있다. 포트홀 압출제품의 경우 접합면에서의 충분한 접합이 이루어져야만 한다.

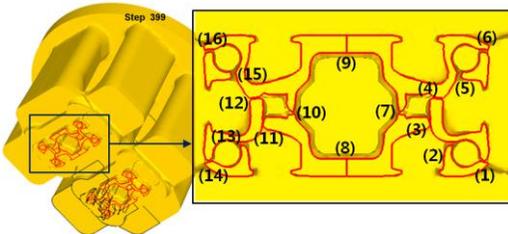


Fig. 4 Welding planes in aluminum frame

Fig. 5 는 초기 빌렛온도 470 °C 및 490 °C 에 대한 금형출구부에서의 압출제 온도를 나타낸 것이다. 초기 온도 490 °C 인 경우 금형출구부에서 소재의 최대온도는 약 497 °C 로 지나친 온도상승에 따른 표면결함은 발생하지 않을 것으로 판단된다.

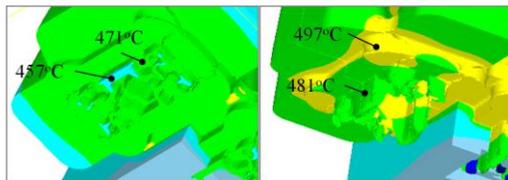


Fig. 5 Distribution of temperature

Fig. 6 은 압출하중을 나타낸 것이다. 압출 시작과 함께 빌렛이 컨테이너 내부를 채우는 동안 압출하중은 상승한다. 컨테이너를 완전히 채운 후 빌렛이 나누어져 포트홀로 유입되면서 하중은 다시 한번 상승한다. 이후 포트홀을 통과한 소재가 접합실 바닥면에 도달한 후 접합실을 채우는 동안 압출하중은 급격히 상승하며, 접합실 완전 충전 후 금형 출구부로 제품이 압

출되기 시작하면 압출하중은 정상상태를 유지하게 된다. 초기 빌렛온도 470 °C 인 경우 최대 압출하중은 약 1520 ton, 초기 빌렛온도 490 °C 인 경우 약 1400 ton 으로 적용 압출기의 허용하중인 1800 ton 보다 낮기 때문에 충분한 압출이 가능함을 알 수 있다.

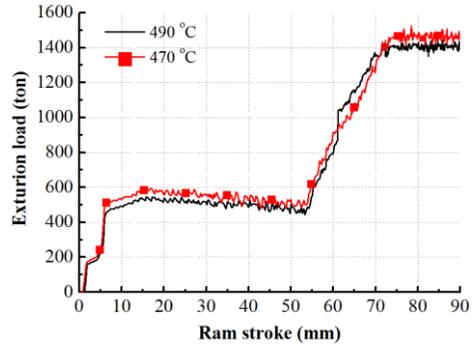


Fig. 6 Extrusion load

## 2. 결론

본 연구에서는 알루미늄 프레임 포트홀 압출공정에 대한 성형해석을 수행하였다. 성형해석을 통해 포트홀 금형내부의 소재유동양상을 평가하였다. 적용된 제품은 단면형상이 매우 복잡하며, 압출제품에 총 16 개의 접합면이 성형됨을 알 수 있었다. 금형 출구부에서 압출제 온도는 초기 빌렛온도 470 °C 및 490 °C 일 때 각각 490 °C 와 497 °C 로 지나친 온도상승은 발생하지 않았다. 최대 압출하중의 경우 각각 약 1520 ton 과 1400 ton 으로 적용 압출기의 허용용량 이내임을 알 수 있었다. 본 연구결과를 토대로 건전한 알루미늄 프레임 제조를 위한 압출공정 및 금형설계를 위한 기초 설계데이터를 확보하였다.

## 참고문헌

1. Jo, H.H., Lee, S.K., Jung, C.S., and Kim, B.M., "A Non-steady State FE Analysis of Al Tubes Hot Extrusion by Porthole Die," J Mater Process Technol, 173, 223-231, 2006.
2. 조영준, 이상근, 김병민, 오개희, 박상우, 이우식, 장계원, "자동차용 컨트롤 암 알루미늄 열갈 압출을 위한 포트홀 금형개발" 24, 102-108, 2007.