

알루미늄 프로파일 포트홀 압출공정해석 및 금형설계 Porthole Extrusion Analysis and Die Design for Aluminum Profile

*#이상곤¹, 정명식¹, 이성윤¹, 성지현¹, 최태훈¹, 이강원², 김병민³

*#S. K. Lee¹(sklee@kitech.re.kr), M. S. Jeong¹, S. Y. Lee¹, J. H. Sung¹,
T. H. Choi¹, G. W. Lee², B. M. Kim³

¹한국생산기술연구원 녹색전환기술센터, ²한국생산기술연구원 대경권지역본부,
³부산대학교 기계공학부

Key words : Aluminum profile, Porthole extrusion, Process analysis, Die design

1. 서론

포트홀 압출(Porthole extrusion)은 길이가 긴 중공단면의 알루미늄 프로파일 제조에 적합한 성형공정이다[1]. 포트홀 압출금형은 구조뿐만 아니라, 내부의 소재 유동이 매우 복잡하다. 따라서 보다 효과적인 압출공정 및 금형설계를 위해서는 성형해석을 통한 사전 공정해석이 반드시 필요하다. 본 연구에서는 복잡단면 알루미늄 프로파일 포트홀 압출공정에 대한 성형해석을 수행하였으며, 해석결과를 압출금형 설계에 적용하였다.

본 연구에서 적용된 제품 단면형상을 Fig. 1에 나타내었다.

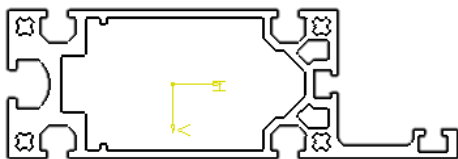


Fig. 1 Cross section of aluminum profile

2. 포트홀 압출공정 성형해석 및 결과

Fig. 2에 프로파일 압출을 위한 성형해석 모델을 나타내었다. Fig. 1에서 알 수 있듯이 적용 제품의 경우 비대칭형상으로 단면이 매우 복잡하다. 전체 형상에 대해 해석을 수행하였으며, 유한요소 개수는 소재의 경우 약 138,000개, 금형은 약 200,000개, 그리고 램은 약 80,000개로 설정하였다. Fig. 3은 성형해석에 적용된 6000계 알루미늄 소재의 고온물성치를 나타낸 것이다[2]. 기타 성형해석을 위한 공정 조건은 Table 1에 나타내었다.

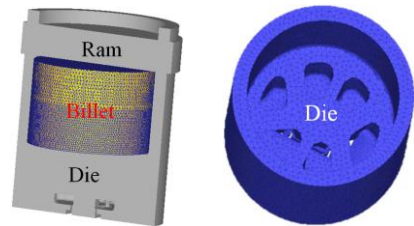


Fig. 2 FE analysis model

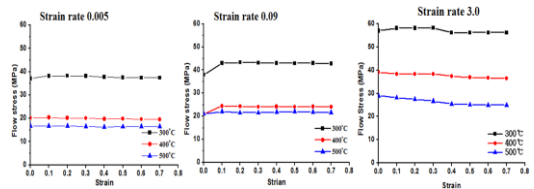


Fig. 3 Flow stress data

Table 1 FE analysis conditions

Analysis conditions	Value
Billet diameter	190 mm
Billet temperature	486 °C
Tool temperature	460 °C
Ram speed	150 mm/s
Friction factor(m)	0.6
Heat transfer coefficient	11.0 N/s/mm/°C

Fig. 4는 압출 시 소재의 변형양상을 나타낸 것이다. 초기소재는 램의 진행과 함께 컨테이너 속에서 업세팅이 되고 난 후 6개의 포트홀에 의해 나누어진다. 나누어진 소재는 접합실 충만 후 금형 출구부를 빠져나오며 최종제품으로 성형이 된다.

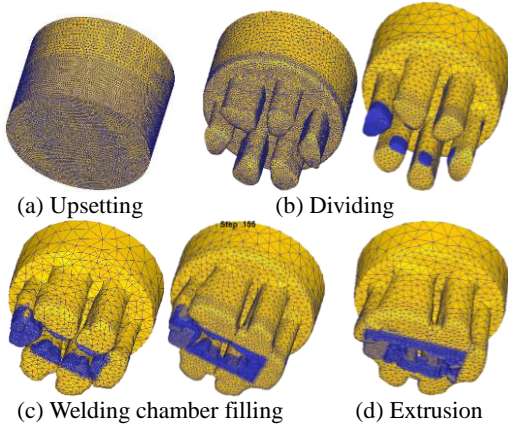


Fig. 4 Material deformation of porthole extrusion

Fig. 5는 금형 출구부의 제품단면에 생성되는 접합면의 생성순서 및 개수를 나타낸 것이다. 접합면은 총 12개 생성됨을 알 수 있다. 실제공정에서 8번 접합면에서 소재의 유동불량으로 인한 결함이 자주 발생하고 있으며, 이를 해결하기 위하여 Fig. 6에서 보듯이 접합실 바닥에 돌기를 삽입하여 금형형상을 수정하였다. 금형 수정결과 8번 접합면에서 발생하는 결함을 방지할 수 있었다.

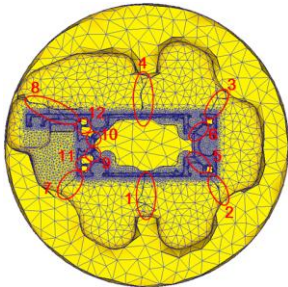


Fig. 5 Welding planes in extruded profile

Fig. 7은 금형 출구부에서의 소재 온도분포를 나타낸 것이다. 온도는 530~566°C 사이로 표면부에 지나친 온도상승에 따른 결함은 발생하지 않을 것으로 판단된다.

Fig. 8은 금형 출구부에서 소재 속도분포를 나타낸 것이다. 압출품 단면의 속도분포가 다소 불균일함을 알 수 있다. 이는 압출시 제품 휨 발생의 원인이 될 수 있기 때문에 접합실 형상 혹은 금형 출구부 랜드 길이 변경을 통해 균일한 속도분포를 확보해야 한다.

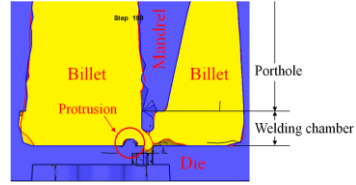


Fig. 6 Modified extrusion die

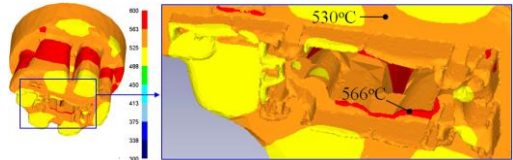


Fig. 7 Temperature(°C) of material

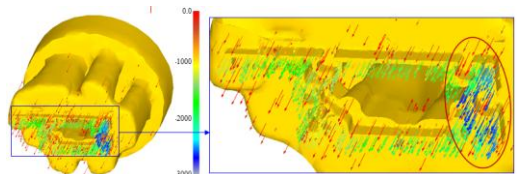


Fig. 8 Temperature(°C) of material

3. 결론

본 연구에서는 단면이 복잡한 알루미늄 프로파일 압출공정에 대한 성형해석을 통해 소재의 변형양상, 접합면, 소재온도분포, 그리고 금형 출구부에서의 소재 속도분포를 평가 하였다. 총 12개의 접합면이 형성되며, 소재의 최대온도는 약 566°C였다. 출구부에서 소재분포는 다소 불균일하게 나타났으며, 최종제품에 발생하는 결함을 방지하기 위하여 접합실 바닥형상을 변경하였다. 본 연구의 결과는 향후 다양한 포트홀 압출공정 분석 및 공정설계에 유용하게 활용 가능할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 조형호, 이상곤, 이선봉, 김병민, “포트홀 다이 압출방식에 의한 Al7003 튜브의 접합강도 예측,” 한국정밀공학회지, **18**, 179-185, 2001.
2. 조영준, 이상곤, 김병민, 오개희, 박상우, 이우식, 장계원, “자동차용 컨트롤 암 알루미늄 열간 압출을 위한 포트홀 금형개발,” **24**, 102-108, 2007.