

충전유동 해석을 이용한 레오로지 알루미늄 박판의 단조 금형 설계

Forging Die Design for Rheology Aluminum Thin Plate by Mold Filling Simulation

*장창현¹, #강충길², 진철규³

*C. H. Jang¹, #C. G. Kang(cgkang@email.com)², C. K. Jin³

¹부산대학교 기계공학과, ²부산대학교 기계공학부, ³부산대학교 기계공학부

Key words : Semi-Solid Forging, Thin plate, Rheology Behavior, A356 alloy

1. 서론

단조 공정은 정밀 형상(Net shape)의 성형 한계성과 후처리 가공에 대한 생산성 저하, 금형 수명 단축으로 인해 친환경 생산이 불가능하다[1]. 이러한 단조 공정의 문제점을 해결하는 것이 레오로지(Rheology) 성형 공정으로서 고액 경계영역인 반응고 상태(Mushy state)에서 성형하는 방법이다[2].

본 연구에서는 전자 및 자동차 부품 그리고 연료전지 분리판 등에 적용될 수 있는 알루미늄 레오로지 박판(가로 및 세로: 150mm × 150mm, 두께: 1.2mm)을 단조 공정으로 제작하고자 한다. 레오로지 박판 단조 공정은 소재의 주입온도가 낮고, 캐비티 두께가 얇기 때문에 중앙에서부터 응고가 되어 미성형이 발생할 가능성이 상당히 높다. 그러므로 박판 형상에 적합한 레오로지 간접식 단조 금형 설계 방안이 강구된다. 충전시 레오로지 거동에 적합한 게이트(Gate) 형상 설계와 충전 중 발생하는 용탕의 응고부 제거 및 레오로지 소재가 금형 벽면에 접촉했을 때 유동 변화를 제어할 수 있는 오버플로우(Overflow)를 MAGMA soft 를 이용하여 설계하였다.

2. 게이트 설계

게이트의 형상에 따른 충전 양상을 파악하기 위하여 동일한 캐비티 크기(150mm × 150mm × 1.2mm)에 게이트의 형상을 변화시키면서 시뮬레이션을 수행하였다. 해석 및 실험에 사용된 소재는 A356 이며, MAGMA soft 의

A356 thixo-module 을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션에 사용된 해석조건 값을 Table 1 에 각각 나타내었다.

Fig. 1 (a)는 Straight gate type 의 충전 거동에 대한 해석결과이다. 금형 캐비티를 90% 채운 해석결과에서처럼 점성의 영향으로 인해 게이트 형상을 따라 일직선으로 충전되는 양상을 나타낸다. 캐비티의 좌우면은 캐비티 끝부분에 닿은 후 돌아오는 백플로우 유동에 의해 충전이 되는 것을 볼 수 있다. 이는 캐비티 좌우면에 미성형이 발생될 수 있으므로 게이트를 지나는 동시에 캐비티 전체를 채울 수 있도록 부채꼴 형태(Fan type)로 게이트를 확장시켰다. Fig. 1(b)의 91% 충전된 결과에서 볼 수 있듯이 게이트를 지나면서 캐비티 전체면이 순차적으로 채워지는 거동이 확보되었다.

게이트의 형상을 부채꼴 형태로 선정한 다음 세부적인 사항들을 설계하였다. 펀치로 소재를 가압할 때 반응용 소재가 압축되면서 고상과 액상이 동시에 유동할 수 있도록 하기 위해, 게이트 두께는 비스킷부와 연결된 부분을 18mm 로 하고, 캐비티로 갈수록 좁아지게 설계하였다(Fig. 2(a)).

Table 1 Simulation parameters of rheology forging

Parameters		Values
	Material	A356
Molten	Liquidus temperature (T _l)	617°C
Metal	Solidus temperature (T _s)	547°C
	Initial temperature (T _m)	596°C

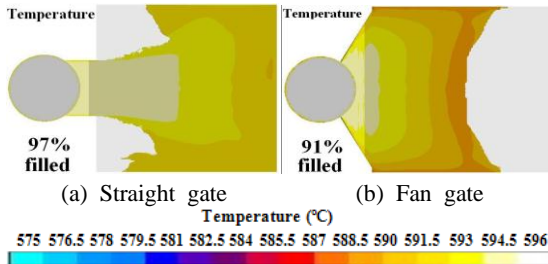


Fig. 1 Mold filling behavior of rheology material by gate shape

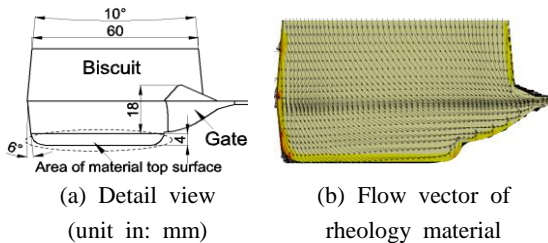


Fig. 2 Detail design of fan gating system

3. 오버플러우 설계

Fan 게이트를 통하여 소재의 유동이 캐비티 전체적으로 채워지는 거동이 확보되었지만, 캐비티 좌우 벽면부를 따라 흐르는 유동 속도가 빨라지는 것을 볼 수 있다. 벽면부의 유동이 중앙부의 유동보다 캐비티 끝부분에 먼저 도착하기 때문에 중앙부에 존재하는 가스나 공기가 금형의 Parting line 으로 빠져나가지 못하고 캐비티 내에 갇히게 된다. 고상률이 적은 소재나 용탕인 경우에는 점성의 영향이 적으므로 속도차가 크게 발생할 수 있다. 결과 확인을 위해 소재의 온도를 630°C 인 액상상태로 하여 시뮬레이션을 수행하였다. Fig. 3(a)의 93% 충전된 해석결과에 볼 수 있듯이 고상률이 낮을수록 점성의 영향이 낮아지고, 관성의 영향이 증가하므로 벽면을 따라 흐르는 유동의 속도가 상당히 빨라지는 것을 확인할 수 있다.

그러므로 벽면부의 속도를 제어하여 캐비티 내에 균일한 유동을 확보해야 한다. 좌우 벽면부의 유동 속도를 제어하기 위해 오버플러우를 추가하였다. Fig. 3(b)는 캐비티 좌우 벽면부에 오버플러우가 배치된 모델링에 대한 해석결과이다. 게이트를 지나 캐비티

벽면부로 흐르는 유동이 좌우면의 오버플러우로 유도되면서 캐비티 내에 전체적으로 균일한 속도의 충전 거동이 확보되었다.

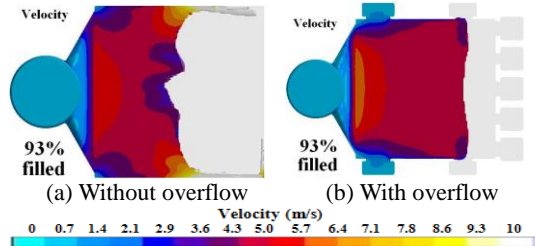


Fig. 3 Mold filling behavior on molten metal (630°C) of fan gate

4. 결론

금형 충전 해석을 이용한 레오로지 박판 금형 설계를 통하여 두께 1.2mm 의 레오로지 박판을 금형을 설계할 수 있었다.

- (1) Fan 게이트 형상은 소재의 금형 충전시 캐비티 전체를 균등하게 충전시킨다.
- (2) 캐비티 좌우 벽면부를 따라서 증가하는 속도층은 오버플러우를 이용하여 제어할 수 있다.

후기

본 연구는 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2012-0000172). 그리고 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원 (KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다 (No. 20104010100540).

참고문헌

1. C. G. Kang, K. H. Kim, "The Effect of Strain Rate on Macroscopic Behavior in Compression Forming of Semi-Solid Aluminum Alloy," Trans. Mater. Process, **6**, 338-345, 1997.
2. J. H. Ko, P. K. Seo, C. G. Kang, "A Study on Rheology Forming Process of Al-7%Si Alloy with Electromagnetic Application," Trans. Mater. Process, **15**, 195-205, 2006.