

## 열간성형공정에서 벌크 아몰퍼스 소재의 변형거동

이용신\*(국민대), 고현권(국민대), 윤상현(국민대)

주제어 : 아몰퍼스 합금(Amorphous alloy), 뉴토니안 & 논뉴토니안 거동(Newtonian & Non Newtonian Behavior), 판재성형(Sheet forming), 압축성형(Compression), 유한요소법(Finite Element Method)

최근의 전자통신 및 정밀의료 부품들은 제품의 경량화 및 집적화로 인해 크기는 작으면서도 많은 기능이 요구되어지는 다기능·소형화 추세에 있다. 따라서, 부품들은 복잡한 형상에 초고기능과 초정밀도가 요구되어 고강도의 재료와 MEMS 및 Nano-technology로 성형·가공된다. 이러한 방법은 고비용을 요하며 실용화에 많은 문제점을 내포하고 있다. 반면에 이러한 부품들을 생산단가가 저렴한 전통적인 소성가공기술로 생산할 경우에는 부품의 강도 및 정밀도에 한계를 갖게 된다. 이에 전통적인 생산기술로도 부품의 생산이 가능한 우수한 성형성을 가진 소재의 개발이 요구되어 왔다.

아몰퍼스 합금은 과냉액체상태(Supercooled liquid state) 즉, 결정질이 없는 구간을 가지는 합금으로 이러한 상태구간에서는 결정질 금속에 내재하는 미끄럼 면이나 경계면이 없는 등방위체이며, 결정립에 의한 변형의 제한이 없는 완전뉴토니안 점성유동으로 우수한 성형성을 가진 소재로 각광받고 있다. 이러한 아몰퍼스 합금의 응용은 비정질구간이 매우 작은 온도구간에서 존재하는 것과 비정질 특성을 얻기 위해서는 급냉이 필요한 특징으로 매우 작은 형태로의 응용만 가능했다. 하지만, 최근 벌크상태로의 제조가 가능한 합금조성과 제조기술의 발달로 앞으로 벌크상태의 응용이 확대될 전망이다. 이에 본 논문에서는 벌크 아몰퍼스 합금의 대변형 성형 해석 기술을 개발하고자 한다.

아몰퍼스 합금의 개발과 점성 유동 특성의 확립을 위해 선행된 연구를 Y.Saotome그룹, A.Inoue그룹, Kawamura그룹, William L. Johnson그룹으로 아몰퍼스 합금의 개발자 중심의 그룹별 조사를 하였다. 이를 통해 대표적인 벌크 아몰퍼스 합금을 Pd계열과 Zr계열로 선택하였으며, 등방위체와 완전 뉴토니안 점성유동, Strain-hardening이 없는 유동특성을 볼 수 있었다(Fig 1). 그러나, 상대적으로 낮은 온도와 높은 Strain-rate하에서는 Non-Newtonian 점성유동과 Strain-hardening이 존재하며(Fig 2), 성형과정 중 국부적으로 높은 Strain-rate의 발생과 마찰 및 소성일에 의한 온도증가로 인해 과냉액체상태구간을 벗어 나는 문제점이 성형에 제약이 됨을 알 수 있었다. 본 연구에서는, 축대칭 자유 단조(axisymmetric free forging)와 닥 드로잉(multi-punch) 성형 공정을 열-기계학적 유한요소해석(ABAQUS)을 사용하여, 온도에 따른 점성변화와 온도가 유동형태의 변화에 미치는 영향 그리고 유동형태에 마찰이 미치는 영향 등을 조사하고자 한다.

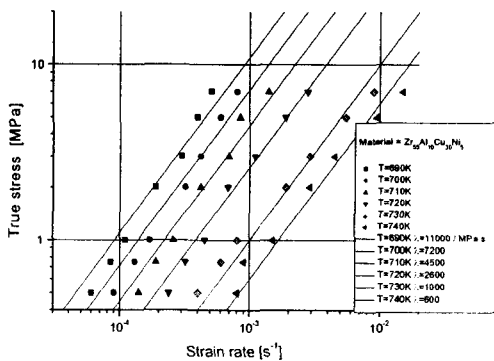


Fig. 1 Characteristic flow curves in the supercooled liquid state

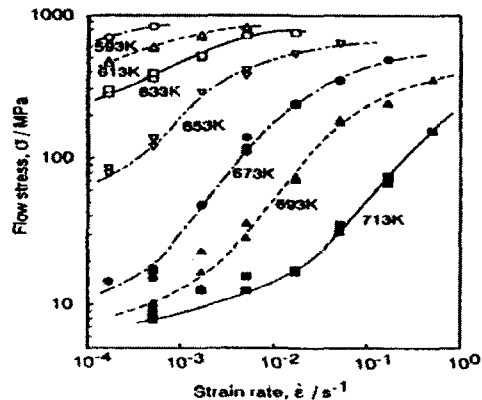


Fig. 2 Metallic glass Newtonian & non-Newtonian behavior of viscosity : Zr₆₅Al₁₀Ni₁₀Cu₁₅