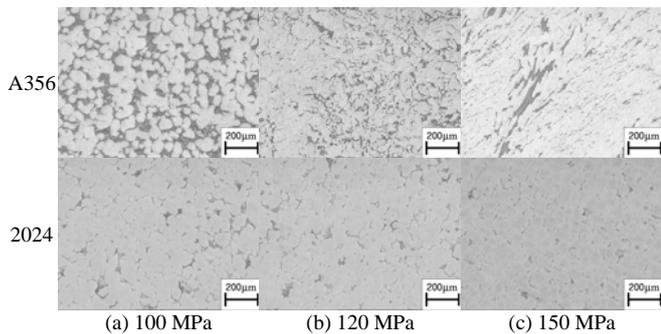


(a) Surface (b) Center
Fig. 4 Microstructure of position 1 without EMS

Fig. 4는 직접단조 실험에 앞서 전자교반의 영향을 비교하기 위하여 condition 1의 교반하지 않은 A356 합금의 미세조직을 관찰한 것이다. 교반하지 않은 용탕은 초정 α 상이 수지상으로 성장하는 것을 알 수 있다. 그리고 샘플의 바깥쪽 표면은 금형에 채워지면서 금형과의 접촉으로 급냉되는 효과로 인하여 아주 미세한 조직들이 형성되지만 수지상으로 나타난다. 중심부와 표면 부위를 비교해 보면 표면보다 상대적으로 냉각속도가 낮은 중심부의 조직이 조대한 것을 알 수 있다. 전자교반을 통하여 고액공존구간에서 용탕에 전단력을 가하여 수지상의 가치를 파쇄함으로써 초정 α 상을 구상화 시키고 미세하게 할 수 있다.

Fig. 5는 condition 2 ~ 7의 조건으로, position 1에서 중심부쪽 부분의 미세조직을 관찰한 것이다. 제품의 중심부는 금형과 접촉하는 표면부분과 달리 냉각 속도가 늦어지기 때문에 상대적으로 오랜 시간 동안 높은 온도로 유지된다. 또 중심부는 표면부분보다 펀치로부터의 압력을 더 잘 받기 때문에 고온, 고압의 상태가 된다. 이러한 고온, 고압의 분위기로 인하여 중심부의 초정상은 성장하여 조대화 되면서 고압으로 인하여 주변의 초정상들과 압착되어 공정상이 줄어들게 된다. 특히 Fig. 5의 (b)와 (c)에서 보이듯이 가압력이 클 경우에는 공정상들이 가압력의 전달 방향에 따라 표면부로 이동되어 중심부에는 거대하게 뭉쳐진 초정상들이 대부분을 차지하고, (c)에서처럼 150 MPa의 큰 압력에서는 가압방향으로 압착되는 형상을 볼 수 있다. 구조용 합금의 경우 전자교반을 하지 않고 고액 공존영역에서 성형을 하게 되면 수지상보다 초정의 입자들이 조대해지면서 경계가 다시 녹으면서 생기는 장미상의 조직을 볼 수 있는데, 전자교반을 하게 되면 이 장미상의 초정들을 파쇄하여 Fig. 5(a)처럼 장미상이 쪼개어 지는 모습으로 나타난다.



(a) 100 MPa (b) 120 MPa (c) 150 MPa
Fig. 5 Microstructure according to variable forging pressure at center of position 1

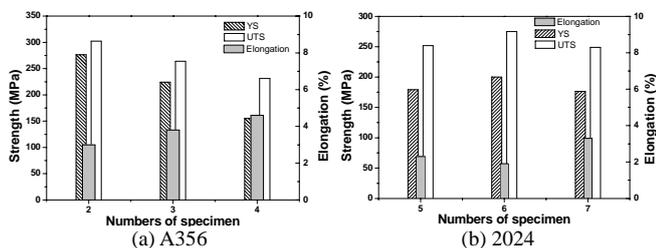
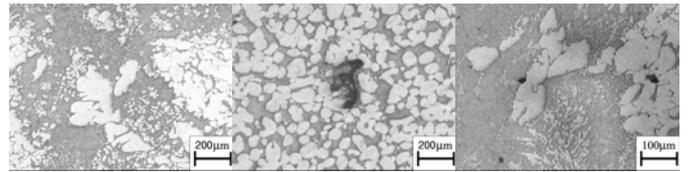


Fig. 6 Mechanical properties of A356 rheo-forged sample



(a) Segregation (b) Impurities (c) Shrinkhole
Fig. 7 Defects in rheology forged sample

Fig. 6은 Table 1의 condition 2 ~ 7 각 조건의 샘플에서 봉상의 시편을 가공하여 인장시험을 하고 그 결과를 정리한 것이고, 시편의 가공 부분은 Fig. 3에 표시된 샘플의 아래쪽 두단에 걸쳐진 부분으로 단조공정에 의하여 충분한 압력이 전달되었는지를 평가할 수 있다. 가압력이 150 MPa 일 때에는 큰 압력으로 인하여 액상이 샘플의 내부에서 외부쪽으로 밀려나 공정편석을 형성하여 고상과 액상의 분리되었기 때문에 낮은 가압력일 때보다 강도가 약해지는 것으로 사료된다. Fig. 6 (b)의 결과는 기존에 알려져 있는 2024 합금의 물성치에 비하여 연신율이 현저히 떨어지는 것을 알 수 있다. 연신율이 작다는 것은 제품의 취성이 크다는 것을 나타내는데, 조직 사진의 검토 결과 내부 곳곳에 미세한 기공이 분포되어 있는 것을 알 수 있었다.

Fig. 7은 결합 부위로 미세한 기공이 관찰된다. 미세기공들로부터 쉽게 크랙이 발생하기 때문에 작은 압력에도 파단이 일어날 수 있고, 냉각 속도의 계산에 신중을 기하고 과도한 응고가 진행되기 이전에 성형이 완료할 수 있는 고상을 및 온도를 선정하여 성형함으로써 결함을 예방할 수 있을 것으로 사료된다.

4. 결론

레오로지 소재의 직접단조 공정연구를 프레스의 가압력의 변화에 따라 실시하였고 그 결과는 아래와 같다.

- (1) 전자교반은 고액공존 영역에서 용탕에 전단력을 작용하여 수지상 혹은 장미상의 조직을 파쇄하여 미세하고 구상화된 조직을 만든다.
- (2) 구조용 A356 합금은 과도한 가압력하에서는 공정편석 발생의 원인이 되며 이러한 편석은 강도저하의 원인이 된다.
- (3) 구조용 2024 합금은 고고상율에서의 고액공존구간이 짧기 때문에 공정과 초정의 구분이 명확하지 않기에 고상율의 선정시 유의하여야 한다.
- (4) 제품내부의 결함으로는 편석, 불순물, 수축공등이 있으며 저감을 위한 연구가 필요하다.

후 기

본 연구는 과학기술부 지정 Thixo/Rheo 성형 국가지정 연구실 (NRL) 사업으로 수행되었으며, 이에 감사 드립니다.

참고문헌

- [1] D.B. Spencer, R. Mehrabian, M.C. Flemings, 1972, "Rheological Behavior of Sn-15% Pb in the Crystallization Range," Metallurgical Transaction, Vol. 3, pp. 1925~1932.
- [2] S. Toyoshima, Y. Takashashi, 1991, "A Numerical Simulation of Forming Process for Semi-solid Materials," ISIJ, Vol. 3, pp.557~582.
- [3] G. Hirt, R. Cremer, A. Winkelmann, T. Witulski, M. Zillgen, 1994, "SSM-firming of Usually Wrought Aluminium Alloy," The 3rd Int. Conf. on Semi-solid Processing of Alloys and Composites, pp. 107~116.
- [4] H. Peng, S.P. Wang, N. Wang, J.A. Cornie, 1992, "Rheomolding-Injection Molding of Semi-solid Metals," The 3rd Int. Conf. on Semi-solid Processing of Alloys and Composites, pp. 191~200.