

구조용 합금을 이용한 용탕단조 Low Arm 부품의 성형성 평가

*김태원¹, 오세웅¹, 장정기¹, 강충길²

¹ 부산대학교 정밀기계공학과, ² 부산대학교 정밀기계공학부

Evaluation of Formability about Liquid Metal forged Low Arm Part Using Wrought Aluminum

*T. W. Kim¹, S. W. Oh¹, J. K. Jang¹, C. G. Kang²

¹ Dept. Proc of Mech. Eng., Pusan Nat. Univ., ² School of Mech. Eng. Pusan Nat. Univ. cgkang@pusan.ac.kr

Key words : Forging, Arm Part, Wrought Alloy, Microstructure

1. 서론

최근 자동차 및 산업용 부품의 경량화에 따른 연비 향상 및 오존층 파괴, 지구온난화 그리고 산성비 등을 포함하는 지구 환경문제를 개선하기 위하여 자동차 및 산업용 부품을 주철에서 알루미늄으로 전환하고자 하는 경량화 부품 연구가 활발히 진행되고 있다[1~2].

자동차 부품을 성형하는 방법 중의 한 방법인 주, 단조 공정은 두께가 얇고 형상이 복잡하면서 비교적 강도가 필요하지 부품을 대량으로 생산 할 때 유리한 부품 제조 방법이다. 그러나 주조용 소재의 낮은 기계적 성질의 특성에 따라 고강도를 요구하는 기능 부품의 제작에는 그 한계를 나타내고 있다. 이러한 주조용 합금을 이용한 주, 단조 성형의 기계적 물성치의 한계로 인하여 새로운 소재를 이용한 성형공법 개발이 요구되고 있으며 상대적으로 기계적 성질이 우수한 구조용 합금을 이용한 성형법을 요구하게 되었다[3].

따라서 본 연구에서는 구조용 합금의 낮은 유동성과 짧은 고액공존 온도구간의 단점을 고려하여 구조용 합금 A6061을 이용한 제품성형과정을 통해 제작된 제품을 통하여 제품의 기계적 성질의 향상과 성형성을 평가하여 구조용 합금을 이용한 부품의 성형가능성과 성형 시 사용할 수 있는 데이터베이스를 구축하고자 하였다.

2. 실험

2.1 실험방법

구조용 합금 A6061을 이용한 압 금형의 성형성을 평가하기 위하여 Table 1의 실험조건으로 사출압력과 투입 용탕온도를 일정하게 유지하고 사출속도에 변화를 두며 실험을 하였다. Table 2는 본 실험에서 사용된 A6061 합금의 성분과 열적특성을 나타낸 것이다. 실험 후 각각의 실험 조건에 따라 취출된 제품을 거시적 관찰을 통하여 선별하고 T6 열처리를 통한 제품의 성형조건에 따른 탄성계수, 항복강도 및 인장강도 값을 조사 하였으며 성형시 취약부분에 대한 조직관찰을 실시하였다.

2.2 거시적관찰

사출압력을 450 bar로 일정하게 유지하고 투입 용탕의 온도를 720 °C로 유지하고 사출속도를 변화 하며 각 실험 조건에 따라 성형된 제품의 외관을 분석하여 양호한 제품의 사출조건을 검토하였다. Fig. 1은 각 사출조건에 따라 성형된 제품의 사진이다.

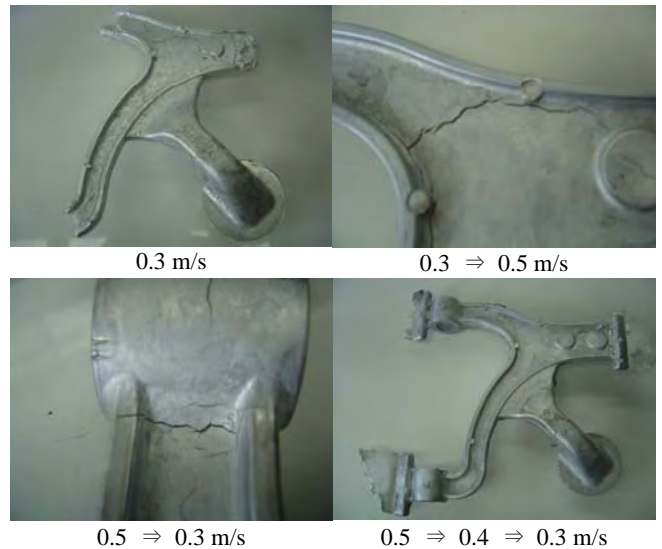


Fig. 1 Photograph of fabricated low arm part by each conditions

사출속도 0.3 m/s의 낮은 속도로 성형된 제품에서는 플런저 팁의 이송시간이 길어져 이에 따른 용탕의 온도 감소로 인해 제품의 미성형이 발생되었다. 용융된 소재가 캐비티 내부로 충전 되기 시작하는 지점을 거점으로 하고 사출속도를 0.3 m/s와 0.5 m/s로 속도변화를 주며 실험을 하였다. 성형 후 제품을 관찰 한 결과 제품표면에 크랙이 발생하는 것을 관찰하였다.

Table. 1 The experimental conditions of fabricated low arm part

No	Pouring Temp (°C)	Die Temp. (°C)	Sleeve Temp. (°C)	Pouring weight (kg)	Stroke (mm)			Velocity (m/sec)			Pressure (kg/cm ²)	Holding time (sec)
					Step 1	Step 2	Step 3	Step 1	Step 2	Step 3		
1	720	250	250	2.6	280	360	460	0.3	0.3	0.3	450	90
2	720	250	250	2.6	280	360	460	0.3	0.3	0.5	450	90
3	720	250	250	2.6	280	360	460	0.5	0.5	0.3	450	90
4	720	250	250	2.6	280	360	460	0.5	0.4	0.3	450	90

Table. 2 Chemical compositions and thermal characteristics in A6061

	Mg	Zn	Cu	Fe	Si	Mn	Ti	Al	T _{Liqu} (°C)	T _{Sol} (°C)	ΔT(°C)
A6061	1.08	0.01	0.31	0.33	0.75	-	0.03	Bal.	652	582	70

이는 고속 충전으로 인하여 캐비티 내에 성형이 된 소재의 온도가 충전 후 급속히 떨어지면서 제품에 응고균열이 발생했기 때문으로 사료된다. 그러나 사출 속도를 0.5, 0.4 와 0.3 m/s 로 충전속도를 점차적으로 줄여서 성형한 결과 양호한 제품을 얻을 수 있었다. 이는 슬리브 내의 빠른 용탕이송 속도로 인한 열손실의 최소화와 캐비티 내부에서의 저속충진으로 인한 난류유동을 방지하고 층류유동을 유도하여 기포 및 표면 산화층이 제품 내부로 투입되는 현상이 저감되었기 때문이다.

2.3 미세조직관찰

Fig. 3 은 T6 열처리 후 제품의 조직관찰을 위한 위치를 나타낸 것이다. 이는 제품부에서 최종 충전 위치이며, 압력 전달이 어렵고 캐비티 내부로 유입된 소재의 온도가 가장 낮은 위치로 결합이 주로 발생하는 위치이다.

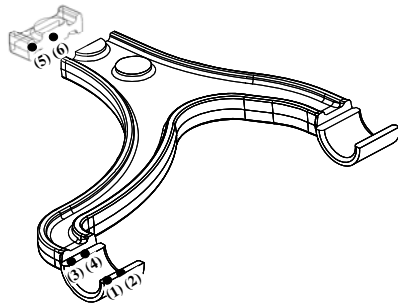


Fig. 3 The Positions to observe the microstructures

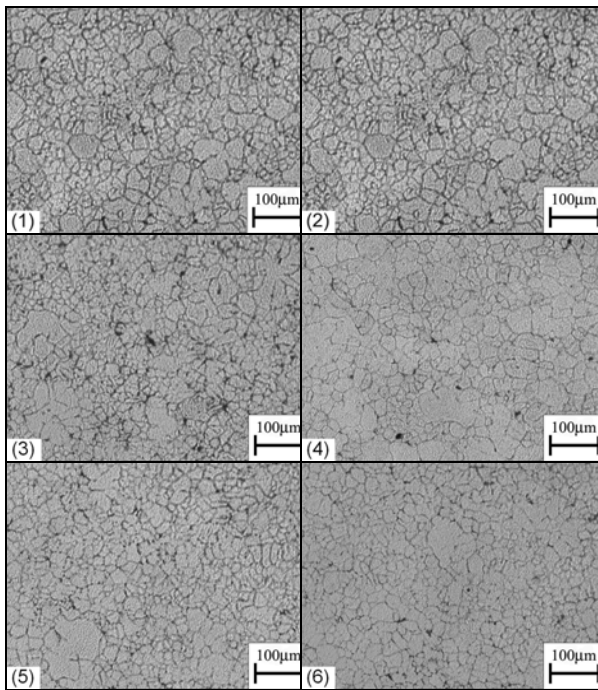


Fig. 4 The comparison of the macrostructure according to each conditions

Fig. 4 는 (1)~(6) 위치에서 관찰한 미세조직 사진이다. 각각의 위치에서 부분적으로 고상입자들의 응집과 입자간의 소결로 인하여 생성된 조대화 된 조직을 관찰 할 수 있었다. 이는 Gibbs-Thomson 효과에 따른 상대적으로 큰 입자가 작은 입자를 흡수하면서 성장하는 ripening 현상이 지배적으로 작용한 결과로 사료된다[4].

2.4 인장실험

Fig. 5 는 성형된 제품의 각 위치 별 인장시험으로 얻어진 결과와 인장시험을 가공한 제품의 위치를 나타낸 것이다. 시험결과 소재의 유동거리가 가장 먼 A, D, E 지점에서 3% 안팎의 연신율과 200 MPa 미만의 낮은 강도값이 나타났다. 이는 제품의 최종 충전부위를 나타내며 용탕의 충전 거동에 있어 온도저감으로 인한 압력전달이 충분히 일어나지 않았기 때문으로 사료된다. 압력전달이 잘되지 않을 경우에는 용탕의 와류유동에 의해 발생한 기포 및 응고시 발생한 수축공동이 내부결합의 요소가 된 것이며 연신율 및 기계적 물성치의 저하 원인이 된 것으로 사료된다.

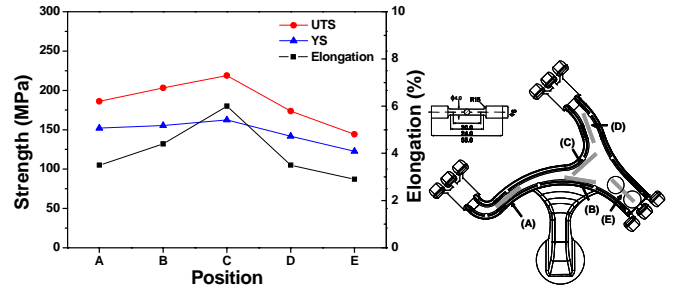


Fig. 5 Mechanical properties according to each positions

2. 결론

구조용 합금 A6061 을 이용하여 중압단조기를 이용한 제품성형성과 성형성평가를 위한 실험을 한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 구조용 알루미늄합금 A6061 은 주조용 합금에 비하여 열전달율이 크고 그에 따라 빠른 응고 속도를 보이기 때문에 소재의 유동성이 좋지 않다.
- (2) 구조용 알루미늄 합금 A6061 은 주조용 합금에 비하여 열팽창계수가 크고 그에 따라 열간 크랙이 발생한다.
- (3) 다만 속도변화에 따른 성형조건은 빠른 속도로 용탕을 이송하고 충전시 저속으로 캐비티를 채우게 되는 사출속도조건인 0.5 ⇒ 0.4 ⇒ 0.3 m/s 에서 가장 양호한 제품을 얻을 수 있었다.

후기

본 연구는 과학기술부 지정 Thixo/Rheo 성형 국가지정연구실 (NRL) 사업으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. O. Shinobo, 1994, Research activities in rheo technology Ltd., Proc. of 3rd Int. Conf. on Semi-Solid Processing of Alloys and Composites, Institute of Industrial Science University of Tokyo, Japan, pp. 7~18.
2. C.G. Kang, P.K. Seo and Y.P. Jeon, 2005, Thixo die-casting process for fabrication of thin-type component with wrought aluminum alloys and its formability limitation, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 160, pp. 59~69.
3. S. Chayong, H. V. Atkinson and P. Kapranos, 2005, "Thixoforming 7075 aluminum alloys", Materials Science and Engineering A, Vol. 390, Issues 1-2, pp. 3~12.
4. 노동훈, 이상목, 홍준표, 1999, "고-액 공존영역에서 교반 후 가압에 의해 제조된 Al-7wt%Si 합금의 응고특성", 한국주조공학회지, 제 19 권 제 2 호, pp. 31~ 41.