

## 2CAVITY 다이캐스팅을 이용한 자동차 VALVE HOUSING의 기계적 특성 해석 Analysis of mechanical characteristic of valve housing for automobile using 2-cavity die casting

이종형\*, 윤종철\*\*, 유덕상\*\*\*, 이창현\*\*\*\*, 하홍배\*\*\*\*\*  
Jong-Hyung Lee\*, Jong-Cheul Yoon\*\*, Duck-Sang Yoo\*\*\*,  
Chang-Heon Lee\*\*\*\*, Hong-Bae Ha\*\*\*\*\*

### <Abstract>

Valve-housing parts in car steering system is a part of steering system and then take charge of the main functions for car steering system to reduce driver's handling-force. Recently it is still not developed reliable casting for many cars, so it produce as a Gravity casting which is more than triple for producing cost in Korea. In this research, we had conducted that 350t aluminum die casting is superior to mechanical property from established over 500t or not for Valve-housing, a parts of steering system which were produced as a cast-iron product and the most suitable conditions to extruding as die casting.

**Key Words : Valve Housing, Aluminum Die Casting, 2Cavity, Dendrite Arm Space**

### 1. 서론

현대문명의 꽃이라 표현되는 자동차는 우리의 일상생활에 없어서는 안 될 문명의 이기로서 국가적 차원에서 중대 요소를 차지하고 있다. 자동차 공업의 중요성은 누구나 충분히 인식하고 있으며, 국가의 경제 발전에 따라 이루어진 자동차의 첨단화, 고속화 및 대형화 추세에 있는 것이 현실이다. 자동차 역시 기계 및 부품으로 구성되어 있으면서도, 항상 주행을 한다는 동적인 특성과 기능을 만족시켜야 한다는 대 명제가 따르고 있다. 현재는 연비를 고려하

여 자동차의 경량화에 많은 관심과 연구가 진행되고 있는 실정이다.

자동차 부품들의 경량화와 더불어 내구성이 중요하게 부각되고 있다. 자동차의 경량화는 연비향상뿐 아니라 최근 전 세계적으로 환경문제가 크게 대두되고 있으므로 자동차의 배기가스를 절감시키는 데에도 크게 기여하고 있다. 이러한 점으로 보아 알루미늄 다이캐스팅은 매우 중요한 분야라 할 수 있다.

자동차 조향장치의 Valve Housing 부품은 운전자의 조작력을 감소시키기 위해 유압시스템의 장치가 들어가 있는 장치의 부품으로 자

\* 정회원, 금오공과대학교 기계공학부 교수

\*\* 정회원, 거창기능대학 교수

\*\*\* 정회원, 대구기능대학 교수

\*\*\*\* 금오공과대학교 대학원

\*\*\*\*\* 평화기공주식회사

\* Professor, School of Mechanical Engineering, K.I.T

\*\* Professor, Geo Chang Polytechnic College

\*\*\* Professor, Dae Gu Polytechnic College

\*\*\*\* Student, School of Mechanical Engineering, K.I.T

\*\*\*\*\* Pyung Hwa Ki Gong CO. LTD

동차 조향의 주요 기능을 담당하고 있다.

현재 우리나라에는 아직까지 많은 차종에 신뢰할 수 있는 주조공법이 개발되지 않아 제품 생산비용이 3배 이상 소요되는 중력주조 공법(Gravity casting)으로 제품이 생산되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 기존에 주철 주물로서 제작되어 지던 자동차 조향장치의 일부인 Valve Housing 부품을 350t알루미늄 다이캐스팅을 이용하여 기존의 500t이상의 장비에서 나오는 제품의 기계적 성질보다 동등 그 이상의 기능을 만족하는지 연구하였다. 또한 각각의 다이캐스팅 공법별로 최적의 성형 조건을 연구하였다.

## 2. 실험 방법

### 2.1 기계적 성질 시험

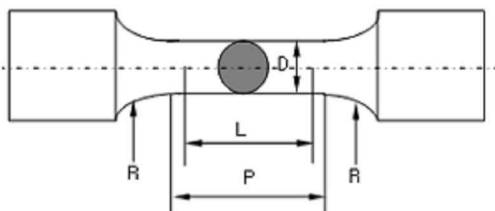
#### 2.1.1 시편 및 기계적 성질

다이캐스팅용 Al 합금은 JIS H 5302에 7종류를 규정하고 있지만, 그 중 ADC12 합금은 일본 및 국내 수용의 70%를 차지하는 대표적인 합금이다.

인장시험 시편을 만들어 기계적 성질도 확인해보았다. 시편의 규격은 KS B 0801의4호 시편으로 하였으며, Fig. 1과 같은 형상으로 기계가공을 한 후 KS B0802-83의 규정에 의해 시험하였다. 시험의 결과는 Table.1에 나타내었다.

Table. 1 Tension test result of compositions

	X1	X2	X3	Max
Upper yield point	2.59	2.90	2.71	2.90
Breaking point	4.37	4.85	4.65	4.85
Yield point	22.43	28.53	26.40	28.53



D	L	P	R
14mm	50mm	60mm	16mm이상

Fig. 1 Tension test compositions

또한 시편의 화학적 조성은 Table 2와 같다.

Table. 2 Chemical furtherance of tension test compositions

Cu	Si	Mg	Zn	Fe	Mn	Ni	Sn
1.5~3.5	9.6~12.0	≤0.3	≤1.0	≤0.9	≤0.5	≤0.5	≤0.2

### 2.2 내부 기포 검사

350t의 다이캐스팅 장비에서 제조되어진 Valve Housing 내부의 기포를 검사하기 위하여 X-Ray관정법, Color Check법, 단면 절단을 이용하여 Valve Housing내부의 기포를 검사하였다.

#### 2.2.1 X-Ray 실험 방법

내부 기포검사를 하기 위해 주조압력 856 (Kg/cm<sup>2</sup>), 냉각시간 9(sec), 고속속도는 2.6(m/s)의 조건하에서 다이캐스팅으로 성형된 Valve Housing을 시험체로 삼았다. X-Ray검사 조건은 배율을 100%로 하였으며, 전압과 전류는 90kv 5mA로 설정하여 Valve Housing의 부위별로 검사 하였다. Fig. 2와 Fig. 3은 검사할 부분을 나타내었다.

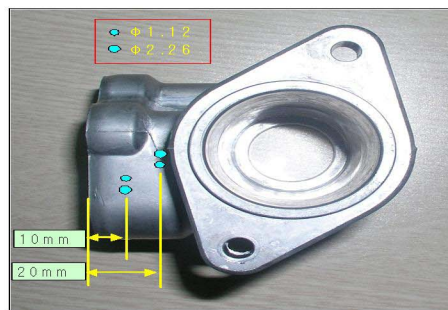


Fig. 2 Hole processing part



Fig. 3 Master Instrumentation

### 2.2.3 Color Check에 의한 실험 방법

Color Check를 수행하기 위해서는 우선 시험체의 표면에 침투액을 적용하고 균열 등의 결함에 침투시킨다. 그런 다음 탐상면의 과잉 침투액을 제거한 후 현상제를 뿌리면 결함 부분에 침투한 액이 현상액으로 흡입되어 지시를 형성함으로써 작은 결함이라도 육안으로 확실하게 확인할 수 있게 된다.

Fig. 4는 Color Check를 이용하여 내부의 기포 검사를 하기 위하여 Valve Housing에 침투액을 침투 시킨 모습을 나타내었다.



Fig. 4 Interior fish sound examination who use color check

### 2.2.4 단면절단에 의한 실험 방법

절단방식으로 기포 조사를 할 때는 다음 절차에 따라서 실험을 하였다.

- (1) 단면을 band saw나 동등한 것으로 자른다.
- (2) 120, 240, 400 mesh 사포, 디스크로 작은 부위들을 다듬는다.
- (3) 10%의 Sodium Hydroxide 용액에 실내온도 (20℃)에서 약 3.5~4.0 분 담근다.
- (4) 충분히 씻어낸 후, 샘플단면에 남아 있는 회색/검정 잔류물을 wire brush로 털어낸다.
- (5) 필요에 따라 전체 사진을 찍는다.
- (6) 기포의 크기를 광학 현미경이나 캘리퍼스와의

같은 기구를 이용하여 측정한 다음, 기록해 놓는다.

Fig. 5 는 절단 단면을 나타낸 것이다.

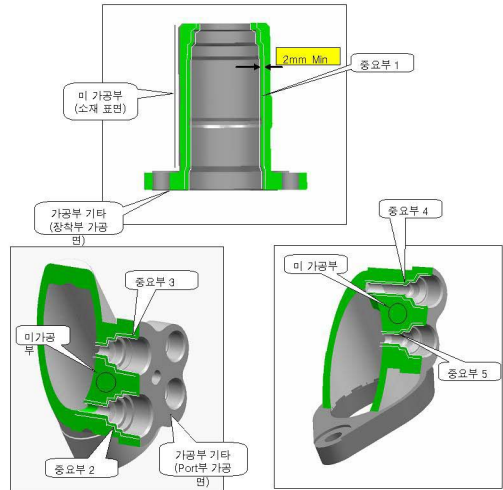


Fig. 5 Port department and section

### 2.3 공법별 기포 검사

기포 Size가 0.3mm이하/Leak를 만족시키는 가장 적합한 제조 공법 및 금형 방안을 설정하기 위하여 Chill vent 공법과, Chill vent공법 + Squeeze공법, 진공공법 +Squeeze공법 3가지 공법을 적용하여 DAS(Dendrite Arm Space)를 비교하여 가장 최적의 공법을 찾아보았다. Fig. 6은 엔드홀 부분의 시료 채취부분을 보여준다.



Fig. 6 Sample specimen part

#### 2.3.1 Chill Vent 공법

다이캐스팅 주조법은 고속, 고압력으로 용탕을 사출형성하는 방법이므로 프란저, 슬리브, 금형 내의 공기나 이형제와 윤활제에서 생기는 증기 가스가 용탕속에 휩쓸리게 된다. 또한 용탕은

윤활제나 이형제가 분해된 가스로부터 생긴 수증기와 반응하여 수소 가스를 흡수하기 때문에 제품에는 다량의 기포가 포함된다. 주조품의 건전성을 나타내는 수축공과 기공은 어떤 다른 인자보다도 기계적 성질에 가장 심각한 영향을 미친다. 응고 말기의 수축부위에 대한 용탕 공급이 원활하지 못할 때 발생하는 수축공은 적절한 일방향 응고에 의해 제어 가능하다.

그리하여 다이캐스팅을 함에 있어 기존의 Overflow대신에 Chill vent를 설치하여 내부 기포 발생을 억제하였다. Fig.7은 Chill vent공법의 해석을 나타낸 것이고, Fig.8은 시료의 조직 사진이다.

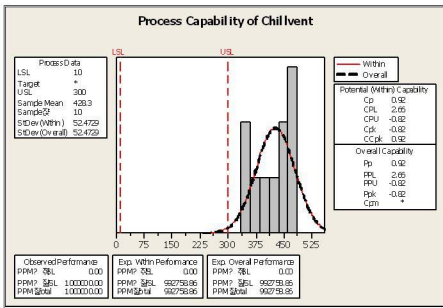


Fig. 7 Chill vent method of construction analysis

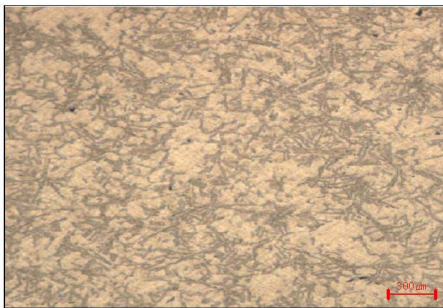


Fig. 8 Formation picture of Chill vent method of construction

### 2.3.2 Chill vent와 Squeeze 공법의 조합

Squeeze 주조법은 부분가압 주조법이라고도 불려지는 주조 기술이다. 액상금속이 체적변화를 하는 응고과정에 고 압력을 가하여 주조결함의 발생을 억제하고 내마모성 및 강도를 향상시켜 고품질의 주조제품을 얻는 방법이며 최고 수준의 주조품질을 얻을 수 있는 방법이기도 하다.

다이캐스팅법도 용탕 주입시에는 고압이 가하여지지만, 응고 도중에는 충분히 가압되지 않는다. Fig. 9는 Chill vent 에 Squeeze 공법을 조합하여 분석한 것이고, Fig. 10 은 시료의 조직 사진을 나타낸 것이다.

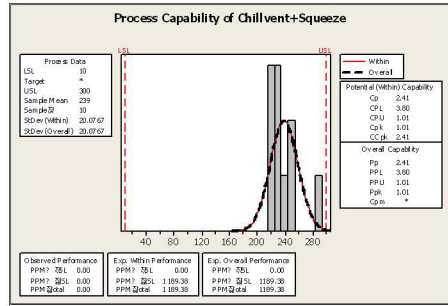


Fig. 9 Chill vent method of construction and association analysis of Squeeze method of construction

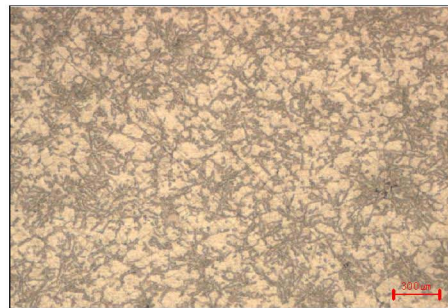


Fig. 10 Chill vent method of construction and formation picture of Squeeze method of construction

### 2.3.3 진공 공법과 Squeeze공법의 조합

용탕을 공기 중에서 용해하면 용융금속 중에 O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> 등의 가스가 들어간다. 주조할 때 용융금속이 냉각되어 응고됨에 따라 가스의 용해도가 감소되고 용융금속 중에 집결된 것이 주물 내에 잔류하게 되어 기공(blow hole)이 생기든가 또는 기계적 성질이 불량하게 된다. 산소는 산화물 또는 비금속 개재물등을 형성하고, 수소는 잉곳(ingot)에 백점또는 헤어크랙(hear crack)의 원인이 된다. 그러므로 용해할 때 가스를 제거하고 여러 가지 결점을 방지하기 위하여 진공 용해법이 사용된다. 현재 실용적으로 사용되고 있는 진공 주조의 진공도는 5~10mmHg 정도의 범위에 있다.

다음의 Fig. 11은 진공공법과 Squeeze공법을 조합하여 성형된 Valve Housing의 내부 기포 수를 분석한 것이고, Fig. 12는 시료의 조직 사진이다.

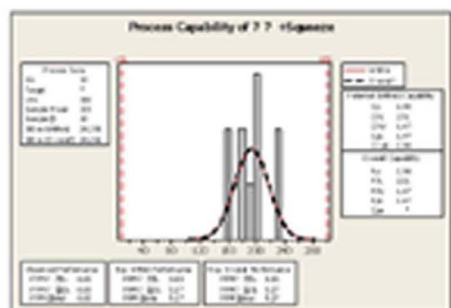


Fig. 11 Vacuum method of construction and association analysis of Squeeze method of construction



Fig. 12 Vacuum method of construction and formation picture of Squeeze method of construction

### 3. 실험 결과 및 고찰

#### 3.1 X-Ray 실험 결과

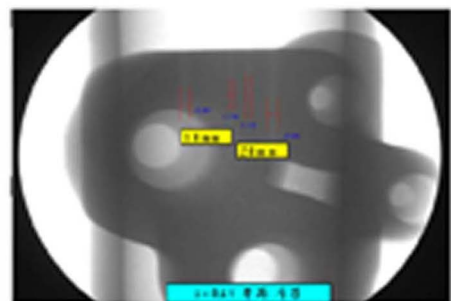


Fig. 13 X-Ray transmission measurement of holl processing department

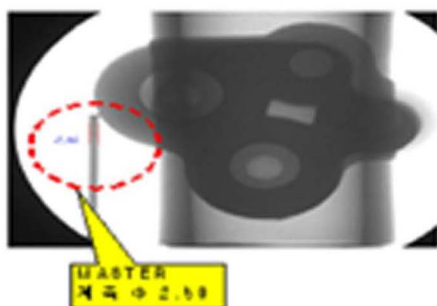


Fig. 14 Master Instrumentation

350: 알루미늄 다이캐스팅으로 성형되어진 Valve Housing 렌드흔부분의 단면을 잘라 내부의 기포를 Color Check법과 X-Ray투과법을 이용하여 내부 기포를 검사한 결과를 Fig. 13 및 Fig. 14에 나타내었다.

#### 3.2 Color Check 및 단면절단 실험 결과

Table 3 에서는 Color Check의 검사항목 및 검사 결과를 보여주고 있으며, Table 4 에서는 단면절단에 의하여 내부 기포를 육안으로 검사하였을 때의 결과를 보여 주고 있다. 이에 중요부위의 기포는 최소 2mm 이상의 거리를 두고 있었다.

Table 3 Color Check's inspection item and result

검사항목	규격	결과
가동부 기포크기(공요부)	☉ 1.0 MAX	☉ 0.4
가동부 기포크기(기타)	☉ 2.0 MAX	☉ 0.9
여가동부 기포크기	☉ 3.0 MAX	☉ 1.7
기포 균일성테스트	ICD 0244 2급	적합

Table 4 Interior fish sound inspection result by section cutting

가동부 기포 허용 크기	공요부 1, 2, 3, 4, 5 : ☉1.0 MAX (단 Seat 부는 기포가 없을 것) 기타 : ☉ 2.0 MAX
여가동부 기포 크기	개별하지 않은 여가동 포함 여가동부 기포 : ☉3.0 MAX
기포 균일 형태 크기	ICD 0244(2급)을 만족할 것 모든 기포 사이에는 최소한 1mm의 간격이 있어야 한다.

3.3 각 공법별로 실험 결과

Chill vent 공법, Chill vent 공법 + Squeeze 공법, 진공공법 + Squeeze공법으로 Valve Housing을 성형하였을때의 기포수를 비교해본 결과를 Table 5에 나타내었다.

Valve Housing의 불량기준은 평균300정도이다.

Table. 5 Each method of construction comparative analysis (단위 : mm)

No	Chill vent 공법	Chill vent 공법 + Squeeze 공법	진공 공법 + Squeeze 공법
1	485	254	162
2	378	234	198
3	487	231	178
4	408	224	187
5	356	221	201
6	425	231	184
7	475	286	163
8	456	223	225
9	455	245	198
10	358	241	234
평균	428.3	239	193

Chill vent 공법만 적용하였을 때에는 기포수가 진공 공법 + Squeeze공법으로 성형된 Valve Housing과 약2.2배 이상 기포수가 많은 것을 알 수 있었다. 또한 진공 공법 + Squeeze 공법으로 성형되었을때 기포수가 가장 적었으나, 부수적으로 진공장비의 추가 및 진공 Block의 유지·청소등에 많은 공수가 투입되므로 비용이 많이 들게 된다.

Chill vent 공법 + Squeeze 공법으로 성형된 Valve Housing은 별도의 공수가 투입되지 않으면서도, 진공 공법 + Squeeze 공법과 기포수의 차이가 적으므로 가장 이상적임이 증명 되었다.

4. 결론

본 연구에서는 2Cavity 다이캐스팅을 이용하여 제작한 자동차 조향장치 Valve Housing을 기존의 500t 이상의 기계가 필요한 중력주조 방식이 아닌 350t의 다이캐스팅으로 성형하여, 그 기계적 성질에 대하여 알아보았으며, 적용성 여부에 대하여 검토해 보았다.

이하의 연구범위에서 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 기존의 기계적 성질 및 화학적 조성에 대해서는 큰 변화가 없었다.
- (2) 다이캐스팅 성형품의 내부기포를 X-Ray검사법, Color Check 및 절단을 이용한 육안 검사에서도 성형품의 불량을 좌우하는 기포수가 기존의 중력주조보다 적게 나타났다.
- (3) 다이캐스팅 공법별로 성형품을 분석해본 결과 Chill vent공법만 적용하였을 경우, 불량수준이 99%로 적용이 불가능함을 알 수 있었다.
- (4) Chill vent와 Squeeze공법을 적용 하였을 경우 평균 기포 수가 239로 양호한 수준으로 나타났다.
- (5) 진공과 Squeeze를 적용하였을때, 평균기포수가 193개로 가장 좋은 품질을 얻을 수 있었으나, 부수적인 공수 투입이 많아 실제 적용하기에는 부적합 함을 알 수 있었다.
- (6) 이상에서 기존의 500t 중력주조 보다 350t의 Chill vent공법과 Squeeze공법을 조합한 다이캐스팅이 효율적인 금형 방안이 될 수 있다는 것을 알 수 있다.

참고문헌

1. J. H "Manufacture technology of aluminum die casting" pp.129~144, pp.387~399, (1994)
- 2.李宗炯 外, "最新 機械工作法" pp.76~82, (2004)
3. KS B0802, "Metal material tension test" Annual Book of KS Standards, pp. 164~181 (1998)
4. アルミニウム合金の 表面厚膜硬化技術 / 金屬系材料研究開發センター [編著] ; 松田福久 [編輯委員長] ; 中田一博, 富田正吾 [共編集幹事] pp. 74~89 (1995)
5. 自動車の電子システム / 荒井宏 著 pp.117~121 (1994)
6. アルミニウムハンドブック/ 輕金屬協會 編. 東京 : 朝倉書店, 昭和42 pp. 32~36 (1967).
7. G. S Rak The Special die casting process design and analysis on automotive components pp.43~46 (2001)

(2005년 10월 31일 접수. 2006년 3월 20일 채택)