

# 자동차 VALVE HOUSING용 2-CAVITY 다이캐스팅의 충전 현상 분석 Analysis of Charging Phenomenon of 2-Cavity Die Casting for Automobile's Valve Housing

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

## <Abstract>

In perspective of saving natural resource and energy, today's automobiles are in process of regenerating by smaller and lighter. In order to achieve the sufficiency on the consumption of the fuel, new mechanism and new assembly are required. Therefore the expectations on the new materials are very high. Especially, AI materials are widely used to reduce the weight. AI that is used in automobiles is mostly casting material, and according to the innovation of technique is in rapid development. AI Die casting is an important field as today's trend of lightweight on automobiles. One of the parts in steering system, Valve Housing plays a role of reduce the operating effort of drivers. Unfortunately, the Valve Housing which is widely reliable to the most automobiles are not developed at this moment in our automobile industry. Therefore, they are produced by casting method which cost three times or even more expensive in production. If Valve Housing, which is a part of steering system is produced by Gravity Casting, the space that manufacturing equipment will be increased, and more time and workers would be brought into service. For such reason, Die Casting would replace Gravity Casting in order to minimize cost of time, manpower, and working space.

**Key Words:** Automobile's Valve Housing, 2-Cavity Die

## 1. 서 론

자원 및 에너지 절약의 관점에서 자동차의

소형화, 경량화가 진행되고 있다. 자동차 주행의 안전성을 해치지 않고 연비 향상을 달성하기 위해서는 새로운 메카니즘과 신재료구성 등

\* 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

이 필요하므로 재료에 대한 기대는 매우 크다. 특히 알루미늄(Al) 재료는 경량화 수단으로써 많이 이용되고 있다. 자동차에 사용되는 알루미늄 부품은 대부분이 주조재이고 주조기술의 혁신에 따른 경량화의 대응이 급속하게 진전되고 있다. 경량화의 추세에 있는 현재는 알루미늄 다이캐스팅이 중요한 분야라고 할 수 있다. 자동차 조향장치의 부품의 하나인 Valve Housing은 운전자의 조작력을 감소시키는 역할을 한다.

현재 우리나라에는 많은 차종에는 신뢰할 수 있는 Valve Housing 주조 공법이 개발되어 있지 않는 실정이다. 그리하여 제품의 생산 비용이 3배 이상 소요되는 중력주조 공법으로 생산되고 있다.

중력주조 공법으로 자동차 조향장치의 부품인 Valve Housing을 생산할 경우 현장에서는 제조 장비가 차지하는 공간이 많고, 또한 많은 시간과 인원이 동원되게 된다.

이런 점에서 시간과 인력 그리고 작업공간의 최소화를 위하여 Die Casting으로 중력주조를 대신하고자 하였다.

## 2. 해석 조건 설정

### 2.1 제품의 형상 및 금형 구조 분석

다이캐스팅을 하기에 앞서 AnyCasting 이라는 Computer Program을 이용하여, 금형구조를 분석하였다.

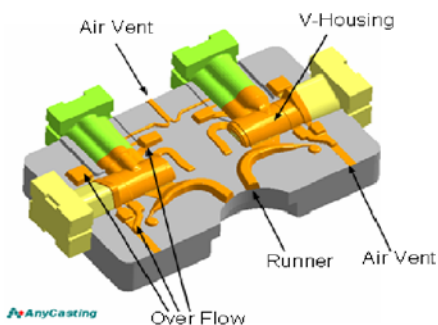


Fig. 1 Fixed Die Direction

각각의 형상 및 최소 두께를 부위별로 검토하였다. 또한 제품 및 금형 구조의 특성 파악에 중점을 두었다.

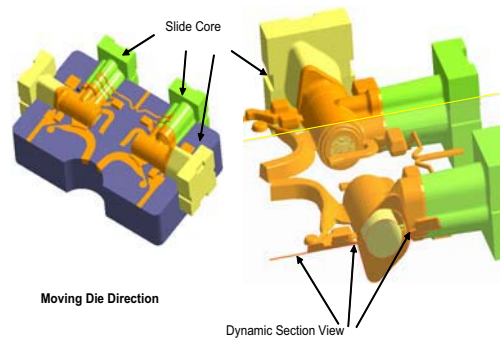


Fig. 2 Moving Die Direction and Dynamic Section View

### 2.2 Runner & Overflow 설계

#### 2.2.1 Design Concept

1) Runner Design : Runner을 추가하여, 제품 상부의 기포 및 수축 발생 부위별 결함을 제거하고자 하였다.

2) OverFlow Design : 용탕이 충전될시 압력 손실 발생지역의 불필요한 부분을 삭제 하였으며, 또한 Gate에 변경을 가하였다.

3) Air Vent Design : 압력 손실을 방지하기 위해, Air Vent 두 곳을 제거 하였으며, 기포 배출을 용이하게 하기 위해서 제품 상부에 Air Vent를 연결한 형상으로 Design하였다.

#### Type 1 (기본 방안)

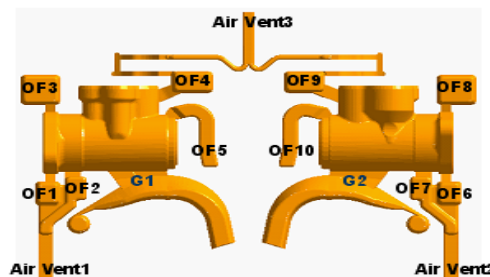


Fig. 3 Design basis way

### 2.3 해석 조건 설정

#### 2.3.1 주조 조건 설정

주조 조건으로 ADC12 알루미늄 합금을 선택

하였으며, 용탕의 주입온도는 680℃로 설정하였다.

또한 금형의 재질은 SM45C, 초기 온도는 90℃로 설정하였으며, 코어의 재질은 SKD61, 초기 온도는 260℃로 설정하였다. 그리고 플런저는 직경70mm로 설정하였다.

Table. 1 Die Casting Requirement

합 금		ADC12
주입온도		680℃
금형	재질	SM45C
	초기온도	90℃
코어	재질	SKD61
	초기온도	260℃
플런저	직경	70mm

2.3.2 속도 조건 설정

먼저 저속과 고속으로 나누었으며, 저속 조건을 3가지로 분류하였다. 편의상 1속, 2속, 3속으로 하였다. 1속에서는 저속구간길이를 110mm, 2속에서는 200mm, 3속에서는 230mm로 하였다. 또한 저속 속도는 1속에서는 0.08m/sec, 2속에서는 0.25m/sec, 3속에서는 0.35m/sec로 하였으며, 비스켓 두께는 15mm로 일정하게 설정하여 해석하였다.

또한 고속조건은 고속구간 길이를 250mm로 하였으며, 고속 속도는 2.6m/sec하였다.

Table. 2 Speed Requirement

저속조건	1속	2속	3속	고속조건	
저속구간 길이(mm)	110	200	230	고속구간 길이 (mm)	250
저속 속도 (m/sec)	0.08	0.25	0.35	고속 속도 (m/sec)	2.6
비스켓 두께 (mm)	15				

2.3.3 Gate 형상 및 조건 설정

Fig. 3 에서 보았듯 Current Design은 게이트 단면적을 104.52mm<sup>2</sup>로 하였으며 제품 내에서 용탕이 충전되기 전에 고속으로 전환하게 하였다. 또한 Gate내 속도는 95.73m/sec로 설정하였다. 또한 Modified Design의 Gate 단면적은 Total 117.54mm<sup>2</sup>로 설정하였으며, 고속 전환 시점을 제품 내에서 용탕이 5% 충전된 후에 고속으로 전환 하였다. 또한 Gate내에서의 속도는 85.12m/s로 설정하였다.

Table. 3 Current Design and Modified Design

	Current Design	Modified Design
게이트 단면적 (mm <sup>2</sup> )	G1 + G2 = 104.52	G1 + G2 = 104.52 (88.92%) G3 + G4 = 13.02 (11.08%) Total : 117.54
고속전환 시점	제품 내 용탕이 충전되기 전에 고속 전환	제품 내 용탕이 5% 충전된 후 고속 전환
Gate 속도 (m/s)	95.73	85.12

2.3.4 산화물 및 개재물 분포 분석

1) Surface Defect (Fluid)

용탕이 대기 중에서 노출됨에 따라 발생하는 산화물의 양을 예측하였으며, 결함의 위치 및 상대적인 위험성을 고려하였다.

2) Surface Defect (Solidification)

용탕의 온도에 따른 산화물의 발생량을 예측하였다.

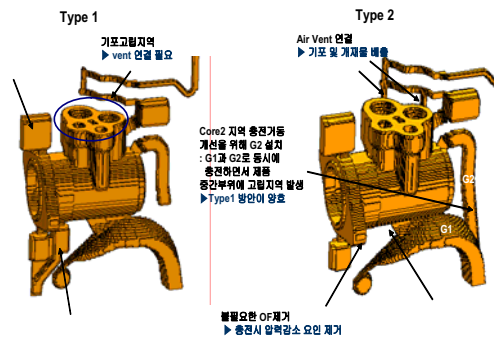


Fig. 4 A blow-hole and Charge conduct

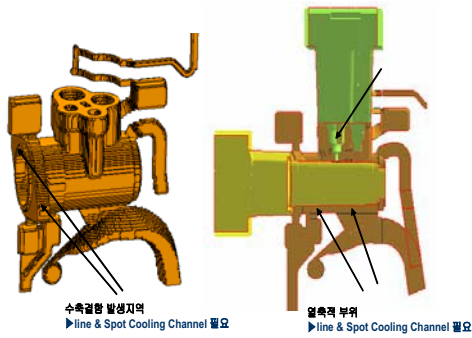


Fig. 5 Contraction defect and troy cooling way

### 3. 해석 결과

#### 3.1 일반적인 조건에서의 전체 충전 양상 해석

전체적으로 용탕이 주형에 충전되는 양상, 금형 상부에서 용탕의 유동해석, 용융되는데 필요한 시간 해석을 AnyCasting을 이용하여 분석한 결과를 Fig. 6 에 나타내었다.

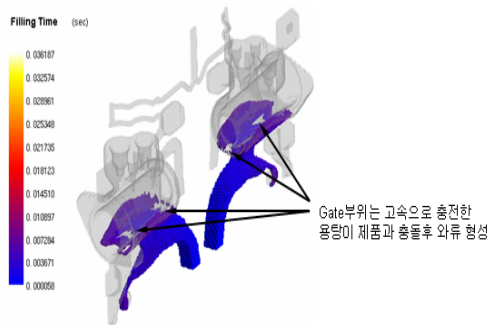


Fig. 6 Whole charge image

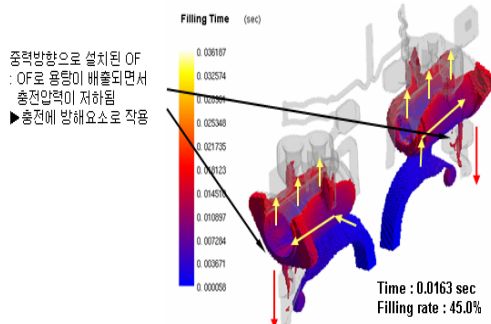


Fig. 7 Charging pressure decline

Fig. 6 에서 볼 수 있듯이, Gate부위에서는 고속으로 충전할 경우 용탕이 제품과 충돌 후

와류가 형성되는 것을 알 수 있다.

Fig. 7 에서는 중력방향으로 설치된 OF (Overflow) 를 통하여 용탕이 배출되면서 충전압력이 저하 되게 하는 요소로서 충전에 방해작용을 하는 것을 알 수 있다.

Fig. 8 에서는 기포 고립 지역이 발생하였다. 그리하여 수정방안으로 기포를 배출 시킬수 있는 Vent 설치가 필요함을 알 수 있었다. 또한 기포 고립 지역에 Air Vent를 연결하여, 기포 배출이 필요함을 알 수 있다.

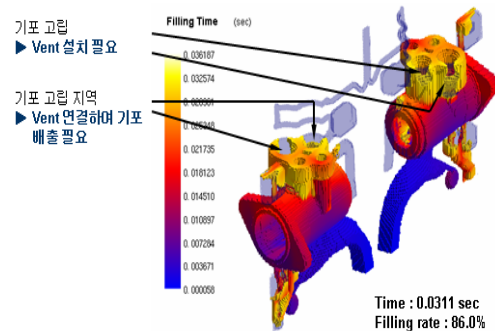


Fig. 8 A blow-hole area

위와 같은 이유로 기존의 2-Cavity를 이용한 Die Casting을 수정하여 보았다. 아래의 Fig. 9 는 기존의 Die Casting을 해석을 통하여, 최적의 Runner 및 Overflow가 되도록 설계한 것이다.

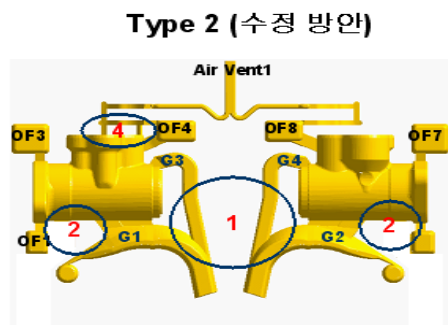


Fig. 9 Mold Adjustment

#### 3.2 해석에 의한 금형 도면 및 실제 금형 제작

AnyCasting을 이용하여 전체적인 충전 양상 및 부위별 충전양상을 분석하여, 최적의 조건으로 Valve Housing을 제작할 수 있는 금형 도면을 작성하였다. Fig. 10 은 해석된 내용을 바

탕으로 제작된 금형 도면이다.

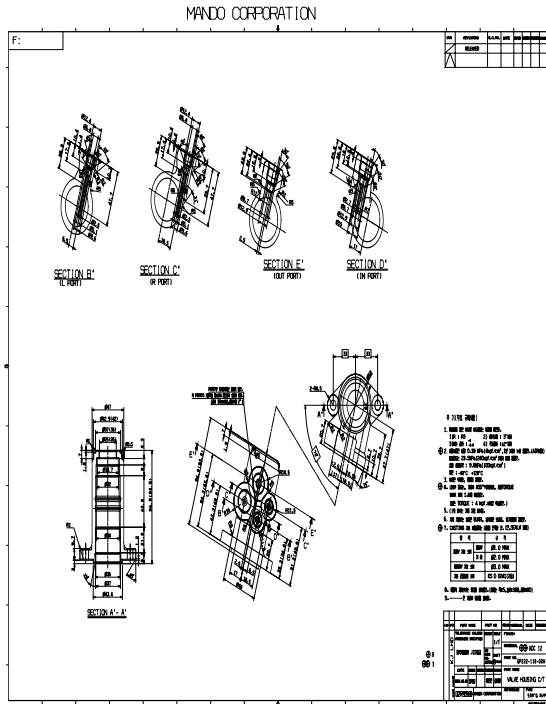


Fig. 10 Manufacture drawing

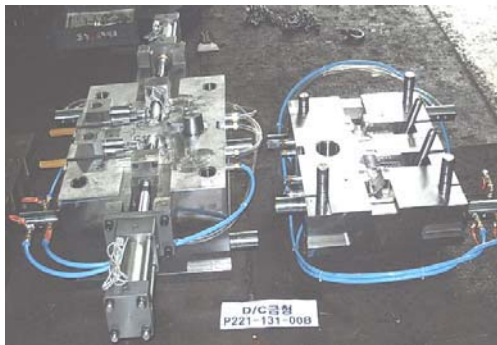


Fig. 11 Mold of Cavate Open State



Fig. 12 Mold of Cavity Close State

Fig. 11는 금형 도면을 기초로 제작된 2

Cavity를 이용한 Die Casting 금형의 열린 상태이고, Fig. 12는 금형의 닫힌 상태이다.

이렇게 해석되고 제작된 350t Die Casting 금형 틀에서 Valve Housing을 성형하였다. Fig. 13은 실제로 350t Die Casting 장비에서 성형된 Valve Housing의 모습이다.



Fig. 13 Valve Housing

#### 4. 결론

본 연구에서는 기존에 500t 이상의 중력주조로 생산되던 자동차 조향장치의 부품인 Valve Housing을 새롭게 해석하고 실제 금형을 제작하여, 350t Die Casting 장비에서도 성형될 수 있다는 것을 검토해 보았다.

이하의 연구범위에서 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 500t의 중력 주조 장비로 생산되던 Valve Housing을 350t Die Casting 장비로 성형될 경우, 장비가 차지하는 면적 및 과도한 제품 성형 시간, 부수적으로 투입되는 인력의 절감을 얻을 수 있다.

(2) 기존의 500t 중력주조에서 문제점이었던, 상부에 기포 고립 및 용탕을 고속 충전 할때 와류가 형성되는 것을 Vent를 설치하여 수정하였다.

(3) Anycasting을 이용하여, 해석하였을때, 수축 결함 및 성형 시 압력손실을 현저하게 줄일수 있었다.

(4) 이상에서 기존의 500t 중력주조로 생산하던 Valve Housing을 350t의 Die Casting으로 성형할 경우, 불량률 저하, 인력 및 생산비용의 절감을 얻을 수 있는 효율적인 방안이 될 것이라 하는 것을 알 수 있다.

### 참고문헌

- 1) 鑄造技術の基礎/鑄造技術講座編集委員會 編. 東京：日刊工業新聞社, (1970) pp. 34~46
  - 2) Taylor, H. F. "Foundry engineering" (1978) pp. 271~279
  - 3) Easwaran, J "Advanced casting technology : proceedings of an International Conference on Advanced Casting Technology, Kalamazoo, Michigan, USA, 12-14 November (1986) pp. 252~258
  - 4) Doehler, H. H. "Die casting" (1991) pp. 470~482
  - 5) Prediction of casting defects and control of casting process by computer simulation (1993) pp. 57~64
- 
- (2005년 10월 20일 접수, 2006년 1월 10일 채택)