韓國精密工學會 2002年度 秋季學術大會論文集 pp.324~328 KSPE 02F133

유한요소해석을 이용한 반용융 다이캐스팅 공정의 주조방안 설계시스템 개발에 관한 연구

박철우*(부산대 대학원 정밀기계),박준홍*(부산대 대학원 정밀기계)
김영호**(부산대 기계공학부), 최재찬**(부산대 기계공학부)

A Study on Development Desing System of Gating System for Semi-Solid Diecasting Process by Finite Element Method

Chul Woo Park, Joon Hong Park, Young Ho Kim, Jae Chan Choi

ABSTRACT

Semi-Solid Diecasters usually carry out the Semi-Solid diecasting experiments before producing new casts. At the Semi-Solid diecasting stages, the runner-gate part has been always repeatedly corrected, which leads to a tedious processing time and increased processing cost. A large amount of experience is essential in manual assessment and if the design is defective, much time and a great deal of efforts will be wasted in the modification of the die.

In this study, design system has been developed based on design database. In addition, gate experiment for gating system design has been carried out to append the database. It is possible for engineers to make efficient gating system design of Semi-Solid diecasting and it will result in the reduction of expenses and time to be required. The detailed contents of the research are described in the followings.An attempt is made to link programs incorporating a number of expert design rules with the process variables obtained by commercial FVM softwares, MAGMAsoft, to form a useful package.

Key Words : Semi-Solid Diecasting (반용융 다이캐스팅), Gating System (주조 방안), Runner (탕도), Gate (탕구), FVM(유한 차분법)

1. 서론

반용융 다이캐스팅은 기존의 다이캐스팅 공정에서 발생하는 공기의 유입에 의한 부품의 기계적인 특성에 대한 불확실성과 단조 공정에서의 복잡 성형의 한계, 성형압력증가, 그리고 후 가공에 의한 경비 증가 등의 문제점을 보안하기 위하여 액상과 고상이 공존하는 반용융 상태에서 부품을 성형하는 새로운 성형공정이다. 이 공정의 특징으로는 일반적 주고 공정에서 보여지는 수지상 조직(Dendrite structure) 대신 액상에 구상화(Spheroid) 된 고상이 미세하게 분포되어 응고 시 발생하는 편석(Segregation)과 균열(Crack)과 같은 결함을 방지할 수 있고, 수축(Shrinkage)과 비틀림(Distortion)을 감소 후 가공감소, 치수정도 상승, 기계적 특성 향상 등 여러 가지의 장점을 가지고 있으며, 최근 전 세계적으로 자동차 부품 생산 분야에서 상업적으로 급속한 발전을 보여왔다.

일반적으로 반용융 다이캐스팅 금형 설계는 합금 재료의 선정, 제품의 설계와 게이트와 런너 설계 오버플로우(Overflow) 설계 등의 주조방안의 설계를 포함하고 있다. 그러나 이러한 설계는 제품의 선정만으로 금형 설계가 이루어지므로, 금형 설계 시에 경험적인 지식(Know-how)이 크게 작용하고, 풍부한 경험을 가지는 숙련자가 필요로 하게 된다. 또 이러한 경우 반용융 다이캐스팅 금형 설계는 설계자 및

제작자에 의한 시행착오법(Trial and error method)에 의하여 이루어지고, 특히 금형 설계의 핵심인 주조방안에서 일반적인 다이캐스팅 금형 설계와는 달리 층류 유동(Laminar flow), 고상률(Solid fraction), 점도(Viscosity) 그리고 전단률 (shear rate)을 고려한 금형 설계가 이루어지므로 여러 가지 어려움이 따르게 된다.

따라서 이러한 금형 설계와 제작에 있어서 경험적인 지식들을 테이터 베이스화 하고 제품의 형상인식과 각 부품의 형상에 적합한 주조방안설계를 CAD/CAM 시스템을 적용하여 금형 설계에 소요되는 시간과 경비의 문제를 해결하고, 생산성향상과 제품의 품질 개선을 이룰 수 있는 시스템의 요구가 증가되고 있다.

S. P. Midson[1] 등은 반용융 주조 공정에서 평판형 다이 캐비티 충진 실험을 하여 게이트 속도를 제시하였고, 공정인자들이 성형에 미치는 영향에 대하여 조사를 하였다. C. M. Wang[2] 등은 밸브(valve body)형태의 반용융 다이캐스팅에 있어서 시뮬레이션 해석을 통하여 반용융 다이캐스팅 공정에서 필요한 최적의 공정 인자들을 결정하였다. 또한 O. Hervieu[3] 등은 반용융 다이캐스팅 공정에서 충진 양상(filling pattern)과 게이트 속도 (gate speed)에 대하여 연구하였고, M. Garat[4] 등은 반용융 상태 소재의 물리적, 기계적 특성에 대한 연구를 하였다.

그러나 이러한 연구들은 특정 제품 형상에 대한 반용융 다이캐스팅 공정의 연구가 대부분이었다.

그러므로 반용융 다이캐스팅 금형 설계를 CAD/CAM 시스템에 적용한 사례는 극히 미비한 실정이다. 따라서 자동차 및 항공기분야에서 부품의 경량화, 고 기능화, 고 강도의 핵심부품의 제조를 위해 반용융 다이캐스팅 금형 설계를 CAD 시스템에 적용시키는 것이 시급한 현실이다.

본 연구에서는 제시되고 있는 시스템은 설계자에게 주조방안에 대한 설계를 보다 합리적이고 효율적으로 설계하기 위하여 경험적인 지식들을 테이터 베이스화하고, 반용융 다이캐스팅 주조방안의 설계를 위한 알고리즘과 규칙을 제시함으로써 설계의 표준화를 이루게 하였다. 이러한 알고르즘 및 규칙을 기반으로 하여 Auto CAD 환경하에서 Auto LISP을 이용하여 주조방안 설계 시스템을 구현하였다. 본 설계시스템의 검증을 위해서 유한요소 해석 도구인 MAGMAsoft을 이용하였다.

2. 시스템 구성

반용융 다이캐스팅 금형설계시스템의 전체적인 레이웃은 Fig. 1에 나타내었다[5]. 이 시스템은 크게 두부분으로 나뉘어진다. 하나는 제품 입력과 소재의 선택 및 수축률을 결정하는 Casting Design영역이고, 또 다른 하나는 게이트와 런너를 설계하는 Gating System영역이다.

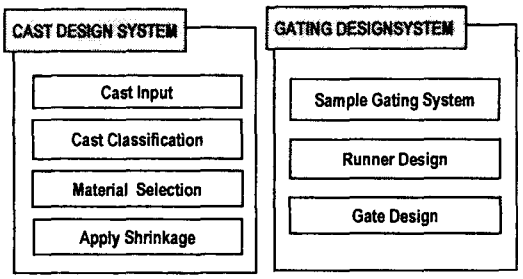

Fig. 1 Layout of casting and gating design system

2.1 Cast Design System

이 영역은 제품 형상의 입력, 제품의 형상에 따른 제품의 분류, 합금소재의 특성을 고려한 소재의 선택, 그리고 소재의 수축률을 결정하는 부분으로 크게 나뉘어진다.

먼저 사용자가 설계한 제품을 IGES파일 형태로 3차원 모델링하여 Auto CAD 환경하에서 입력을 받는다. 이와 동시에 소재의 주입구(Sprue)와 제품과의 거리를 입력하다.

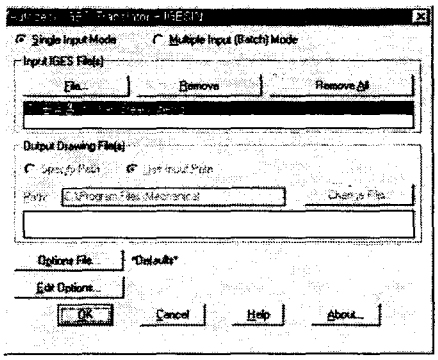

Fig. 2 Window of IGES file in

다음은 제품 형상의 입력이 이루어지면 사용자의 선택에 의한 제품의 분류로 이루어진다. 경험적인 지식을 데이터베이스화하여 각 제품에 적합한 런너의 형태를 결정하기 의한 기초 데이터로 이용된다.

즉 Gating system영역에서의 권장 Gating system의 결정에 사용이 된다.

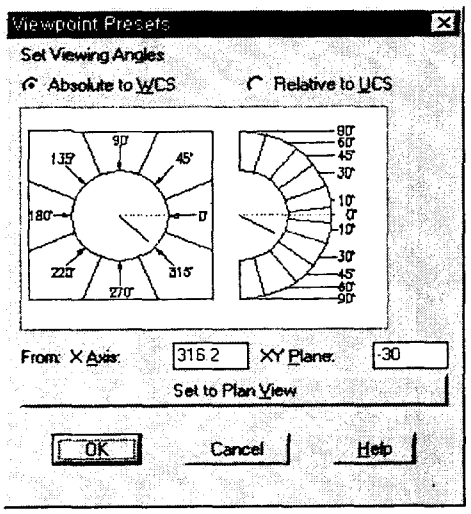

Fig. 3 Change the view point

제품의 분류가 끝나면 소재의 선택을 하게 된다. 마지막으로 수축률을 계산하는 영역이다. 금형소재의 온도 및 열팽창 계수, 그리고 보정계수를 이용하여 제품의 수축률을 계산하게 된다. 결정되어진 수축률을 입력되어진 제품의 형상에 반영을 하게된다.

2.2 Gating Design System

이 영역은 게이트와 런너를 실제로 설계하는 영역으로 권장 *Gating system* 영역, 런너 설계영역, 게이트 설계영역, 그리고 속도 벡터 해석영역으로 나뉘어 진다.

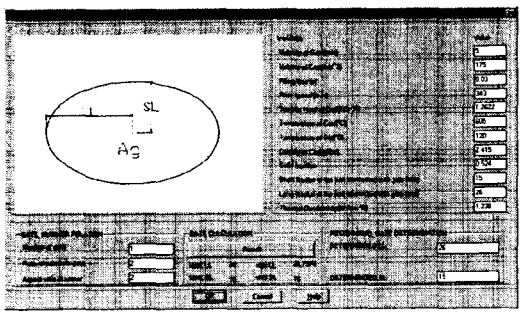

Fig. 4 Circle Gate Design Section

먼저 권장 Gating System 형상을 기반으로 하여 런너의 세부적인 형상을 설계자에게 게시하여 준다. 제시된 Gating System형상을 기반으로 하여 런너의 세부적인 형상을 설계자가 직접 설계할 수 있게 Fig.2에 제시되었다. 런너의 형태에 따라 9가지이 세부형상을 설계할 수 있도록 하였다.

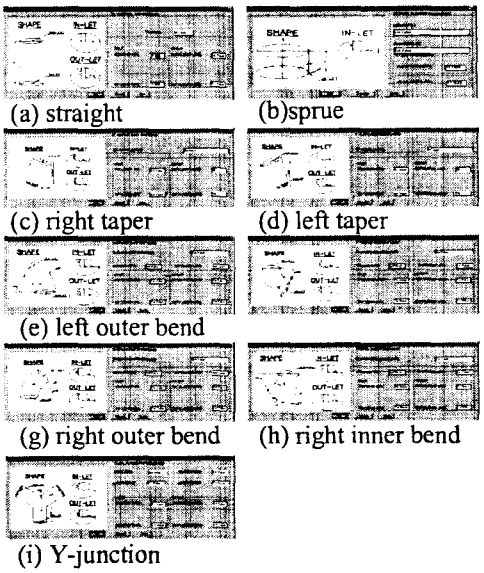

Fig. 5 particular runner design section in the Circle runner

또한 각자의 입력 창을 통하여 런너의 치수 입력 및 수정이 가능하게 하였다.

다음으로 게이트 설계를 하는 영역으로 설계자에 의하여 설계가 되어진 런너와 제품형상과의 연결을 시키는 작업이다. 게이트의 속도와 반용융 소재의 주입시간 등을 결정하여 게이트 단면적이 결정되게 된다.

3. 시스템의 적용

3.1 자동차용 마스터 실린더

시스템을 이용하여 자동차용 마스터 실린더 제품에 적용하였다. 이 제품은 ø55×150×100mm정도의 전체적인 크기를 가지고 있다.

먼저, PRO/ENGINEER를 이용하여 Fig. 5와 같이 제품의 3차원 모델링을 한 이후 시스템에 적용시키기 위하여 Wire frame 형상의 IGES 파일 형태로 모델 파일을 생성한다.

본 연구에서는 반용융 다이캐스팅 제품의 설계 자동화 시스템에 대한 적용으로써 유한체적법(FVM)을 이용하여 설계자가 요구하는 Gating system,

Ingating system, 등의 관계를 시스템에서 사용자에게 설계의 편의성을 도와 준다.

각종 주조 공정의 충진, 응고, 유동해석에 의한 탕구 방안의 최적화 설계, 응고 해석에 의한 수축공 등의 내구 결함의 해석, 주물 조직예측에 의한 기계적성질의 검증을 MAGMAsoft을 사용했다. MAGMASOFT는 독일 MAGMASOFT Gmbh에서 개발한 FVM방식의 주조공법 전용 해석 Tool이다.

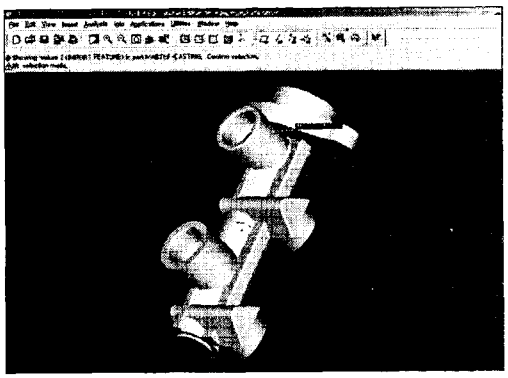

Fig. 6 A sample product

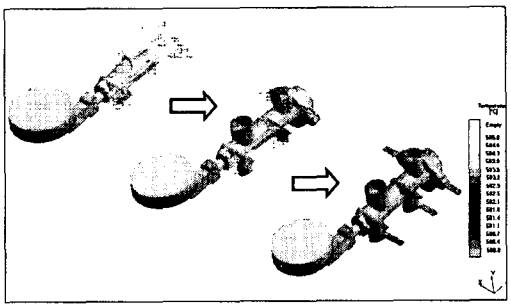

Fig 7 Filling of master cylinder

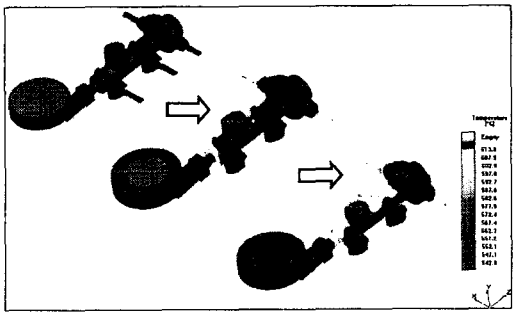

Fig 8 Solidification of master cylinder

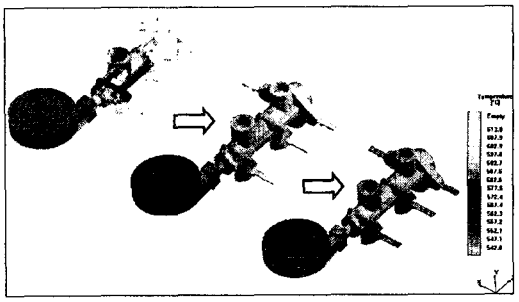

Fig. 9 Filling velocity of master cylinder

4 결과 및 고찰

Fig. 7은 자동차용 마스터 실린더의 충진양상을 보여주고 있다. 가장 높은 부분의 온도는 585℃로 나타나며, Ingating부분에서 속도의 증가하면서 마스터 실린더의 중간부분부터 충진이 일어나며, 속도에 의해서 실린더의 원통부분으로 충진이 일어나고 나서 가장자리 부분으로 충진이 일어나고 있다. 마스터 실린더의 가장자리가 충진되고나서 overflow 방향으로 충진이 순차적으로 일어나고 있다. 주조제품의 충진이 제품이 충진되고나서 overflow방향으로 일어나는 것으로 보아서 양호한 충진양상을 보이고 있다.

Fig. 8은 응고 양상을 보여주고 있다. 단면적이 작은 부분부터 순차적으로 응고가 일어나면서 중심부분으로 이동하고 있다. 마스터 실린더의 원통의 끝부분이 가장 늦게 응고가 일어나는 것으로 보아서 끝부분의 냉각을 더 빨리 해야 한다.

fig. 9은 충진의 속도를 보여주고 있다. Ingating 부분에서 높은 속도를 보이면서 실린더의 중심부로 갈수록 속도가 빨라지고 있다.

4. 결론

본 연구는 반용융 다이캐스팅 금형설계 시스템 개발의 기초연구로써 런너, 게이트 설계에 주안점을 두었다. 사용자가 런너와 게이트를 합리적으로 설계할수 있는 시스템을 구축하였고, 시스템에서 구축된 런너와 게이트의 형상을 이용해서 유한요소법을 이용해서 검증하였다.

1) 반용융 합금소재에 대한 합금성분과 물리적 기계적 특성, 그리고 각 온도에 대한 소재의 특성에 관한 정보를 수집하였다.

2) 런너 설계를 위하여 제품 형상에 의한 분류를 수행하고, 결과 값에 의한 추천 게이트 시스템을 제시하고 이에 의하여 사용자가 세부적으로 런너를 설계할 수 있게 시스템을 구성하였다.

3) 유한요소법을 이용해서 구성된 시스템으로부터 추천 게이트들을 검증해 보았다.

후기

본 연구는 부산대학교 정밀정형 및 금형연구센터를 통한 한국과학재단 우수연구센터 지원금에 의한 것이다.

참고문헌

1 S. P. Midson, L. E. Thornhill, and K. P. Young "Influence of key Process Parameters on the Quality of Semi-Solid Metal Cast Aluminum" Component 5th International Conf. On Semi-Solid Processing of Alloys and Composites, pp. 181 - 188, 1998.

2 C. M. Wang, G. H. Nickodemus, T. P. Creeden, "Determining Optimal Semi-Solid forming Process Parameters by Simulation" 5th International Conf. On Semi-Solid Processing of Alloys and Composites,. pp. 327 334, 1998.

3 O. Hervieu and J. Collt, "Die-casting of light metal in the Semi-solid state : Study of the PID process" 4th International Conf. On Semi-Solid Processing of Alloys and Composites, pp 283 - 289, 1996.

4 M. Garat, "Aluminum Semi-Solid Processing : From the Billet to the Finished Part" 5th International Conf. On Semi-Solid Processing of Alloys and Composites, pp xvi - xxxi, 1998.

5. 권택환, 문찬경, 김영호, 초재찬, "반용융 다이캐스팅 공정의 주조방안 설계에 관한 연구 """"""J.K.S.P.E. Vol. 19 No. 8 August 2002