

다이캐스팅 금형설계에 있어서 산업용 단층촬영기 및 신속조형기의 적용

Application of Industrial CT System and Rapid Prototype Machine in Design of Diecasting Mold

조인성, 이영철, 김정인, 최정길

In-Sung Cho, Young-Cheol Lee, Jung-In Kim, and Jeong-Kil Choi

한국생산기술연구원

KITECH, 994-32 Dongchun-dong, Yeonsu-gu, Incheon, 406-130, Korea

1. 서론

다이캐스팅은 주물표면이 우수한 고정도의 주물의 대량생산이 가능하기 때문에, 자동차를 중심으로 여러 가지 분야에 폭 넓게 이용되어 왔다. 특히 자동차에 있어서는 다이캐스팅의 사용량이 매년 증가함과 동시에 보다 고품질과 저 코스트가 항상 추구되어 왔다. 이같은 상황 하에 있어서 양품률의 개선, 생산성의 향상, 러닝 코스트의 절감 등을 추구함에 있어서, 더욱 더 다이캐스팅의 저 코스트화를 실현하는 것이 중요하다. 한편 종래의 기술에서는 실현이 곤란하였던 고품질, 고품위 다이캐스팅화에 의한 경량화 및 코스트 다운이 중요한 문제로 대두되고 있다.

이에 따른 다이캐스팅 산업의 코스트 다운 및 새로운 상품개발의 개발비와 시간을 단축하기 위하여 다이캐스팅 금형설계의 산업용 단층촬영기 및 신속조형기의 사용이 꾸준히 증가되고 있으며, 또한 그 중요성 역시 부각되고 있다. 본 논문에서는 다이캐스팅 금형 설계 시 사용되고 있는 산업용 단층촬영기 및 신속조형기에 대하여 소개하고자 하며, 이를 어떻게 다이캐스팅 금형설계에 적용하고 있는가에 대하여 논하고자 한다.

2. 산업용 단층촬영기의 소개 및 그 응용

일반적으로 CT는 의학분야에 널리 사용되고 있어 많은 사람들이 하나의 의학 도구로 인식하고 있다. 즉, 커다란 밀폐된 공간에 사람이 들어가고 일정시간 동안 몸 전체를 X선을 이용하여 의학적 단면 형상 데이터를 얻어 세부적이고 정확한 데이터를 통한 치료의 방법을 찾고자 한다. 그 만큼, CT 스캐너는 어느 스캐너 못지 않게 강한 에너지를 발산하여 물체에 투영되는 물질의 차이로 형체의 윤곽을 그리고 각 형상을 하나로 합쳐서 전체의 완벽한 형상을 구현하는 방법을 사용한다.

특히, 물체에 빛을 투여할 때에 매우 얇은 슬라이드 면으로 세분화하여 각 형상의 내부 형상 및 각 요소의 세부적인 형상까지 얻을 수 있다. 또한 CT 스캐너로

스캐닝 작업을 할 때에 모든 작업이 자동화로 작동되기 때문에 그 만큼 사용이 용이하고 좋은 결과 값을 획득할 수 있다.

그러나 CT 스캐너는 일반적으로 다른 스캐너에 비해 상당히 크다. 그러다보니 무게는 2톤 이상이 최소 단위이며, 따라서 이동성의 문제가 있다. 가격적인 부분에서 있어서도 다른 스캐너에 비해 X-선을 이용하는 특징이 있어 매우 주의해야만 하며 부작용이 우려될 수 있다. 따라서 기업의 규모가 크고, 특히 물체 형태가 아주 복잡하면서 정확하고 세밀한 아주 특별한 용도로서 데이터의 취득이 필요한 작업에 있어 CT가 사용되고 있는 현황이다.

CT는 자동차업계에서 가장 많이 쓰이고 있다. 자동차 엔진은 소재의 기계가공, 단품조립, 엔진 조립 등 수백 가지의 공정을 거치게 된다. 특히 실린더 블록의 경우에는 그 형상이 상당히 복잡하고 섬세하기 때문에 실린더 블록의 형상 검사는 그 어느 과정보다도 중요하다.

특히 제품의 자동화대량생산에 따라 검사과정에 있어서도 빠른 검사실행과 정확한 검사 값의 취득이 무엇보다도 중요하게 부각되고 있어, 현재 미국, 독일, 일본 등 선진국의 일류 자동차 회사에서는 2기 이상씩의 CT 장비를 보유하고 있으며, 국내 주요 자동차 업계에서도 보유하고 있거나 구입을 검토하고 있는 실정이다. 한편으로 CT 스캐너로 읽은 데이터의 처리에 있어서 수억 개의 polygon으로 이루어져 있는 데이터를 핸들링 하기 위하여 이를 효율적으로 처리할 수 있는 소프트웨어의 관심이 높아지고 있으며, 예를 들어 데시메이션 처리 혹은 폴리곤 최적화 기법의 개발의 중요성이 높아지고 있다.

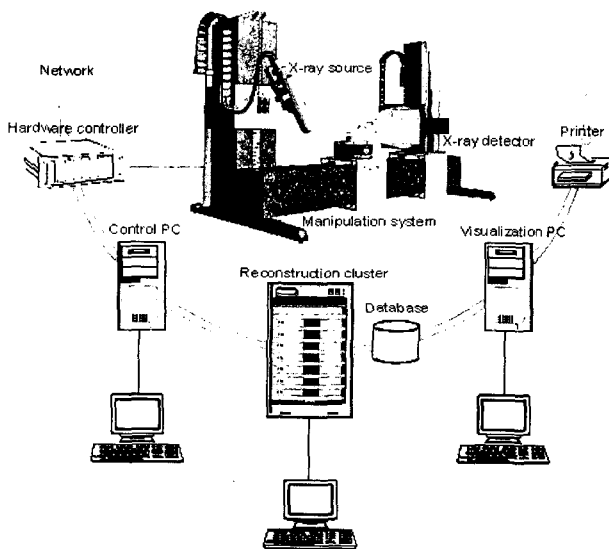


그림 1 산업용 단층촬영기의 구성

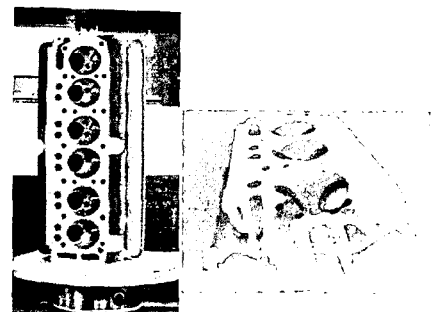


그림 2 엔진블록 scanning의 예

3. 신속조형기의 소개 및 그 응용

적층 조형법은 광조형법이 최초로 등장한 이래 각종 적층 조형법이 개발되어 있다. 이의 특징을 표 1에 나타내었다. 이들의 적층 조형법을 대략적으로 분류하면,

- 1) 액체 광 경화 수지를 경화하는 방법
- 2) 분말에 레이저 광으로 조사하여 소결시키는 방법
- 3) 잉크제트에 의한 액립을 적하 퇴적하는 방법
- 4) 수지압출에 의해 묘화하는 방법
- 5) 절단시트를 적층하는 방법

표 1 신속 조형법 (적층 조형법)의 종류 및 그 특징

분류	방식	재료	특징	용도
광조형	포인트빔 주사 스캐너사용	광경화성수지	자외선 또는 가시광으로 경화 고정밀도 미세형상 다공질체가능	모델 소실모형 (다공질)
	마스크 면노광	광경화성 수지 왁스	장치가 큼, 공장설비 고강도 고정밀도 왁스로 서포트	모델
분말소결	레이저빔 주사 스캐너사용	왁스분말 수지분말 금속분말 세라믹스분말	분말을 가열소결 서포트설계 불필요 범용수지도 가능 금속, 세라믹스도 가능 다공질체도 가능	모델 소실모형 (모형칩) 주형(세라믹) 부품 금속
잉크제트	퇴적법 다열노즐	왁스 수지	왁스또는 수지입자를 퇴적 장치가 작다 범용수지	소실모형 모델
	바인더법 다열노즐	세라믹스 분말	서포트재료는 다른재질 분말을 바인더로 결합	주형
압출	2노즐	수지 왁스	서포트 설계 불필요 선상수지의 퇴적 장치가 작음 범용 수지 서포트는 다른재질	소실모형 모델
박판절단	CO ₂ 레이저	박판(종이, 수지) 접착제도포	박판을 절단 대형물 가능	모델 형
	나이프에지	보통종이 접착용토너	복형과 유사한 재질 서포트 설계 불필요 (서포트제거에 고심)	

으로 나뉠 수 있으며 이방식을 조합한 방법도 널리 사용되고 있다. 예를들어 2)의 분말을 사용하면서 3)의 잉크제트법을 적용한 경우이다. 어떤방법이든 얇은 층을 형성함과 동시에 적층하여 입체를 만든다는 점, 3차원 CAD 데이터에서 2차원 slice 데이터를 얻어 그것을 적층과정에 이용한다는 것은 같은 이론이 적용된다. 또한 이들 방법은 잉크제트프린터, 레이저프린터 XY 플로터등의 원리에서 왔다는 점이 특이할 만하다. 이들 각종 조형법은 각 조형물의 재질, 정밀도 후처리, 비용등에 상당한

차이가 있다. 그 때문에 각종 조형법에 적절한 용도에 활용되고 있다.

금형설계에서 가장 많이 쓰이는 적층법으로는 분말소결법을 들 수 있다. 분말소결법은 분말을 원료로서 사용하고 빔 가열에 의하여 분말입자를 상호 결합하여 적층조형을 하는 방법으로서 그 응용범위가 넓은 것이 특징이다.

분말소결법의 구체적인 방법을 설명하면, 분말은 액체와 비슷하게 유동성을 가질 수 있으므로 이 유동성을 이용하여 우선 수평으로 이동하는 롤러와 블레이드 날 등에 의해 얇은 층을 만들어 낸다. 이 층위에 가열용 CO₂ 또는 Nd-YAG 레이저 등으로 원하는 형상을 주사한다. 이 레이저 빔이 분말에 조사되면 분말의 표면이 서로 용융하거나, 분말 안에 포함되어 있는 바인더등이 용융하여 소결되어 이 소결된 분말들이 서로 접합하여 얇은 소결층을 형성한다. 또한 이미 소결되어 있는 아래층의 얇은 층과의 결합도 동시에 이루어 진다. 그 다음 소결층을 하강시켜 다시 상면에 분말의 얇은 층을 공급한다.

이 작업을 반복하여 입체조형을 얻는다. 분말의 공급은 양측에서 위 또는 아래 방향으로부터 이루어지며 비교적 큰 장치에 적용된다. 분말소결법의 경우 소결된 조형물 주위에 미소결 분말이 충전된 상태로 되어 있으므로 조형 완료 후 쉽게 제거할 수 있으며, 또한 이 미소결 분말이 조형물을 지지하는 지지대 역할을 할 수 있다.

분말재료로는 왁스, 수지이외에 수지 도포된 금속분말이나 세라믹 분말, 주물사 등도 이용될 수 있다. 왁스의 경우 정밀주조(로스트왁스)로서 그대로 사용이 가능하며, 수지도포 금속분말을 사용할 경우에는 바로 금형으로 사용할 수 있다. 따라서 분말소결법의 최대 특징은 금속이나 세라믹스 분말의 조형품을 제작할 수 있다는 것이다. 이 경우 분말의 수지 도포는 비교적 얇은 층이므로 도포수지는 이후의 가열공정에서 간단히 제거할 수 있다. 단, 공극률 50% 이상의 다공질로 되므로 소결공정을 추가하여도 치밀한 금속이나 세라믹스 조형품으로는 만들 수 없다. 그 때문에 예를 들어 고밀도의 금속조형품을 만들기 위해서는 코팅 층을 가역 제거함과 동시에 후 공정의 용침 처리 등을 거쳐 내부공동을 채우는 작업이 필요하다. 그림 3의 경우 이 방법으로 제작한 금형의 예를 나타낸다. 또한 이 금속 용침 대신에 수지 함침법으로 간이금형을 만들 수도 있으며, 이 방법으로 제작한 형의 특징은 내부에 냉각관을 자유로이 배치할 수 있다는 장점이 있다.



그림 3. 분말소결법으로 제조된 제품 및 금형

한편, 이 분말 소결법을 발전시켜서 레이저 빔의 용량을 크게 하면, 바인더를 이용하지 않고도 금속분말끼리 소결이 가능하다. 현재 동합금 분말을 사용하여 그림 4와 같은 복잡한 금속 부품을 제작할 수 있고, 예를 들면 형 부품의 제작에 적용할 수 있다. 적층 조형법을 금속에 적용하는 것에 관해서는 매우 큰 수요가 예측되어 있고, 이 분야의 발전이 기대된다. 또한 보다 광범위한 금속에 적용하기 위해 분말을 노즐을 통해서 연속적으로 공급함과 동시에 강력한 레이저 빔을 이용하여 용융 조형시키는 방법이 독일을 중심으로 진행되고 있다. 이외에 레이저 광 대신에 플라즈마를 사용하는 방법도 검토되고 있다. 어쨌든 분말 소결법은 금속의 시작품 제작과 밀접한 관계가 있고, 향후 급속히 발전 보급될 것으로 예측되고 있다.

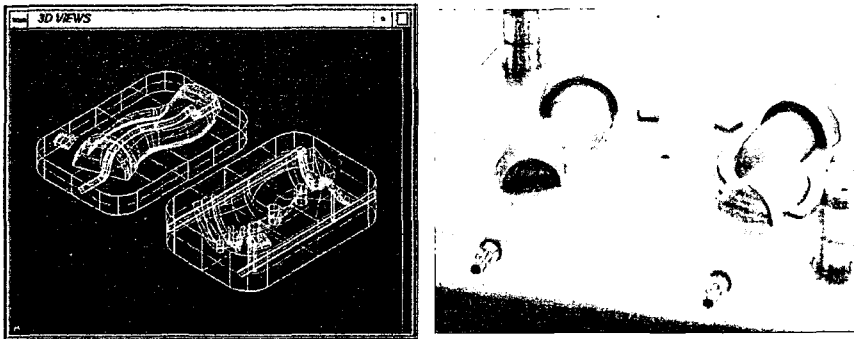


그림 4. 적층 조형법으로 제작된 금형 및 CAD 데이터

4. 다이캐스팅 금형설계에 있어서 산업용 단층촬영기 및 신속조형기의 응용

그림 5는 다이캐스팅부품의 시제품 개발과정을 나타낸 것이다. 일반적인 경우 다이캐스팅 부품의 생산은 외국의 생산품을 응용한다거나 기존 생산품을 변형시켜서 이용하는 경우가 많다. 이때에 대부분 도면 또는 3차원 CAD도면이 없는 상태에서 시작되는 경우가 많은데, 다이캐스팅은 복잡한 형상의 물체가 많으며, 이를 기존의 3차원 측정기나 레이저 방식의 스캐너를 이용할 경우 스캐닝 시간이 상당히 많이 소요되며, 엔지니어의 숙련도와 관계되어 정확도가 떨어지는 경우가 많다. 이를 CT를 이용하여 스캔하게 되면 상당히 정확도를 요구하면서 신속하게 3차원 CAD 데이터를 얻을 수 있다.

얻어진 CAD 모델을 이용하여 다이캐스팅의 금형의 설계방안을 컴퓨터 시뮬레이션 (유동해석, 응고해석)등을 이용하여 최적의 설계방안을 찾아 이를 설계하고, 이 설계방안은 CAD 파일로 저장 될 수 있다. 이를 신속조형기에 적용시켜 시작 금형을 빠른 시간 내에 제작할 수 있으며, 제작된 금형을 이용 시제품을 제작한다. 제작된 시제품을 다시 CT 검사를 통하여 3차원적으로 다이캐스팅내의 불량량을 검사한 뒤, 결함이 없을 때 까지 금형설계를 반복하여 최적의 다이캐스팅 금형을 얻는다.

이를 양산에 적용하여 양산을 실시할 수 있다.

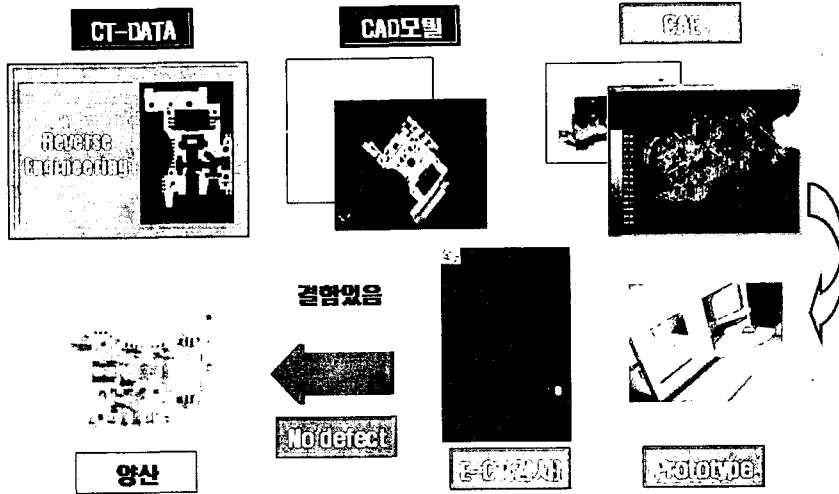


그림 5. 다이캐스팅부품의 시제품 개발과정

그림 6은 N사에서 생산되는 모터사이클용 프레임을 CT로 적용한 경우이다. 이 경우에는 제품만 있고 금형이 없고, 빠른 시간 내에 이 제품을 생산하여야 한 경우이었다. 산업용 단층촬영기를 이용하여 3차원 형상을 얻고, 이를 유동 및 응고해석을 통하여 금형설계를 시행하였다.

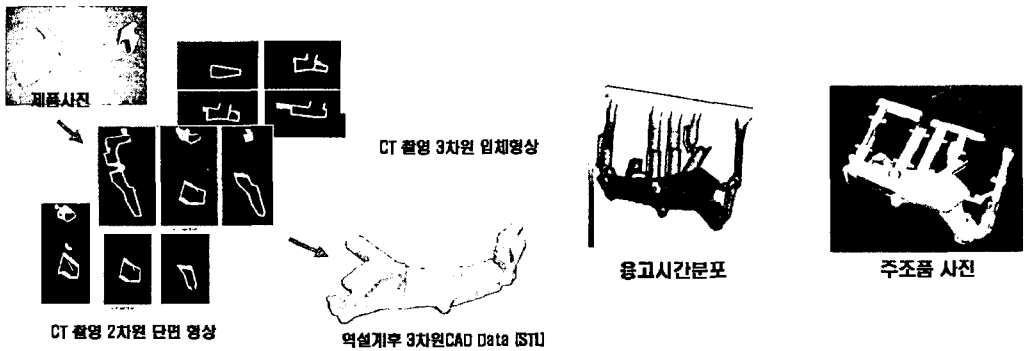


그림 6 모터사이클 프레임의 단층촬영기 적용 사례

5. 결론

본 논문에서는 다이캐스팅 금형설계에 있어서 산업용 단층촬영기 및 신속조형기의 적용 사례를 보였다. 내부 및 외부의 형상이 복잡한 다이캐스팅 금형 설계에 있어서는 그 어느 기술보다도 단층 촬영기의 능력이 가장 뛰어난 것으로 평가될 수 있으며, 이 기술의 적용 시 그 파급효과는 상당히 크리라 예상된다. 또한 금형을 직접 제작할 수 있는 분말 성형용 신속조형기를 이용하면, 금형을 바로 빠른 시간 내에 제작할 수 있다. 이에 점차 고 정밀도와 신속한 납기를 요구하고 있는 부품의

개발 및 부품소재 산업의 요구를 충족시키기 위해서는 단층촬영기 및 신속조형기의 도입이 필수적이며 많은 도움을 주리라 확신한다.

6. 참고문헌

- 1) 월간 프레스 & 형기술 2004년 9월호.
- 2) Rayscan, 3-D X-ray CT, http://www.hwm.com/PDFs/P_RS_e_i.pdf
- 3) V. Yevko, C.B. Park, G. Zak, T.W. Coyle and B. Benhabib, "Cladding Formation in Laser-Beam Fusion of Metal Powder," J. of Rapid Prototyping, Vol. 4, No.4, pp. 168-184, December 1998.