

주조용 주형 및 중자 제작을 위한 DLS 쾌속조형기 및 CNC 5축 가공기의 활용

Application of a DLS RP Machine and a CNC 5-Axes Milling Machining Center for Manufacturing of Molds and Cores in the Sand Casting Process

*#유승목, 김정인, 최명규, 조인성, 최정길

*#S. M. Yoo(yoosm@kitech.re.kr), J. I. Kim, M. K. Choi, I. S. Cho, J. K. Choi
한국생산기술연구원 디지털설계센터

Key words : Casting, Rapid Prototype, Direct Laser Sintering, CNC, Mold, Core

1. 서론

주어진 단기간의 기간 내에 신제품을 개발해야 하는 현실에서, 시제품 제작 시에 기본적인 개념을 구현하기 위한 다양한 모델과 갖은 설계변경에 신속하고 정확하게 대응하기 위하여 쾌속조형기 및 첨단 가공장비의 활용은 필수적이다. 근래에 IT 산업의 눈부신 발전과 더불어 주물공업의 현장에서도 이를 활용하여 생산공정을 혁신하려는 노력이 주조공정의 컴퓨터 활용 해석 및 최적설계 분야 등에서 다양하게 이루어지고 있다.

주물공업 분야에서도 기계공업의 급속한 발전에 힘입어 다양한 자동화 설비가 현장에 적용되고 있으나 아직도 다품종 소량생산의 경우 자동화가 어렵고 공정 기술의 발전도 상대적으로 느린 상황이다. 또한 주물부품 개발 시에 테스트 과정 중에 설계변경에 따라 여러 형태의 시제품이 요구되거나, 양산에 앞서 최종적으로 주조방안을 결정하기 위해 빈번히 방안 변경이 이루어지고 있는 상황에서 목형과 중자 금형을 제작하거나 변경하는 것은 비용과 시간이 많이 투입되는 일이다. 이때 목형이나 금형 없이 바로 모델링 데이터에서 중자와 주형을 직접 제작이 가능한 쾌속조형기와 5축 가공기 등을 주조분야에 적용하여 제품의 제작기간 단축 및 원가절감뿐만 아니라 작업환경의 자동화하고 청정화를 꾀할 수 있다.

현재 국내에는 CAD 데이터에서 쾌속조형장비를 사용하여 시제품 혹은 완제품을 제작할 수 있는 다양한 방법과 장비가 활용되고 있는데[1], 한국생산기술연구원 디지털설계센터에서는 DLS(Direct Laser Sintering) 방식의 쾌속조형 장비와 CNC 5축 가공기를 활용하여 중자와 주형을 직접 제작하여 제품을 주조할 수 있는 시스템을 구축하였다. DLS 방식의 쾌속조형장비[2, 3]에서는 열경화성 수지가 입혀진 인조사 (ceramic sand)를 사용하는데, 이를 레이저로 소결시켜 주조공정에 사용할 수 있는 중자 및 주형을 제작할 수 있다. 또한 parallel kinematics 방식의 CNC 5축 가공장비[4]를 활용하여 주조방안이 설정된 CAD 모델링 데이터에서 CAM 프로그램을 이용하여 tool pat 를 추출하고 직접 모래블록을 절삭가공하여 주형 및 중자를 제작할 수 있다.

본 연구에서는 주물 시제품 및 다품종 소량 생산에 적용하기 위하여 DLS 방식의 쾌속조형기와 CNC 5축 가공기를 활용하여 주형 및 중자를 제작한 사례를 제시하고 그 적용 가능성을 검증하고자 한다.

2. DLS 방식의 쾌속조형기

현재 한국생산기술연구원 디지털설계센터에서 활용하고 있는 쾌속조형 장비는 주조 공정에 바로 사용이 가능한 주형 및 중자를 Direct Laser Sintering 방식에 의하여 제작할 수 있다. 이를 위하여 열경화성 수지가 입혀진 주물사 (phenolic resin coated sand)를 분말재료로 사용하며 조사되는 레이저에 의하여 수지가 경화되어 원하는 형상을 얻게 되는데, 용도에 따라서 자연사인 quartz 사 혹은 인조사인 ceramics 사를 선택할 수 있다. 규사의 경우는 평균입자크기는 160 μm (AFS No: 85 \pm 5)이며 부피밀도는 1.4g/cm³이다. 인조

사의 경우는 평균입자크기는 140 \pm 10 μm (AFS No: 92 \pm 2)이며 부피밀도는 1.69g/cm³인데, 규사에 비하여 입도가 고르며 입형이 완전한 구형에 가까워서 통기도가 우수하며 열용량이 크고 열팽창이 적어서 열간균열(hot tearing)에 민감한 재질의 주조 시에 유리하다. 그림 1 에 제작 사례를 나타내었는데, 본 장비에서는 2 개의 100W 급 CO₂ 레이저를 사용하여 재료를 소결하며 최대소결속도는 2,500 mm/h 이다. 현재 1 회에 제작할 수 있는 중자의 최대 크기는 720 x 380 x 380 mm³이며, 일반적으로 일회 적층은 0.2 mm씩 이루어지고 있다.

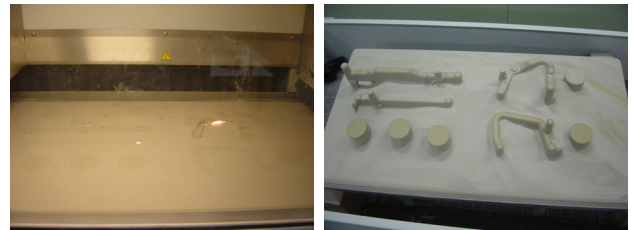


Fig. 1 Manufacturing process flow of sand cores by a rapid prototype machine for sand materials.

3. 주형 및 중자 제작용 CNC 5축 가공기

쾌속조형기는 복잡한 형상의 중자 및 언더컷(undercut)이 존재하는 형상 제작에 주로 활용되고 있으며 크기가 작은 주형이나 얇고 복잡한 형상을 구현하기 위하여 부분 주형의 제작에 적용되고 있다. 이는 쾌속조형기를 대형 주형 제작에 활용할 경우 많은 시간과 비용이 소요되기 때문이다. 따라서 복잡한 형상의 중자 제작에는 쾌속조형기를 외부 주형의 제작에는 5축 가공기를 적용하는 것이 보다 효율적인 방법이다.

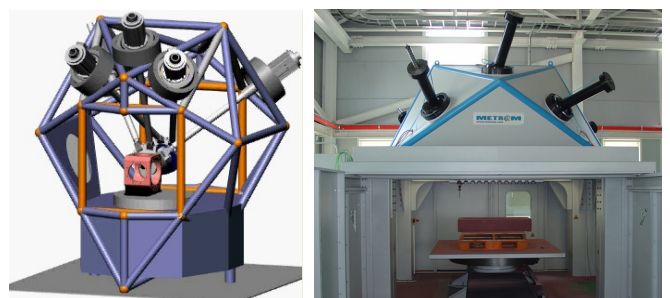


Fig. 2 Schematic and outward appearance of CNC 5-axes milling machining center for sand molds.

과거에는 주물 시제품의 신속히 주조하기 위하여 주형을 제작하기 위하여 필요한 목형 혹은 원형(pattern)을 대신하는 방법으로 LOM 방식의 장비를 활용하여 종이를 적층하여 원형을 제작하는 방법이 쓰이기도 했으나 제작 시간 및 작업의 어려움 등의 이유로 현재 거의 활용되지 못하고 있는 실정이다. 5축 가공기를 주형 제작에 사용하고 있는 사례는 독일의 몇 회사에서 적용하고 있지만, 추 후 주형 제작용 대형 3D 프린터와 더불어 실제 산업 분야에 활발히 활용될 것으로 예상된다. 5축 가공기를 주형제작에 활용하면 목형 제작 없이 대형 주물을 주조할 수 있으며, 주형이나 증자의 소재로 후란, CO₂, 알파셋, 펄셋, 몰드박스 등 모든 유형의 자경성 주형을 채택할 수 있는 큰 장점이 있다. 또한 목형을 사용할 때 항상 고려해야 하는 빠기각이 불필요하다.

주형 가공용 5축 가공기는 일반 5축 가공기와 작동원리는 동일하며, 현재 한국생산기술연구원에서 보유하고 있는 장비는 parallel kinematics 방식의 CNC 5-axes milling machining center 이다. 주형을 가공하기 위한 장비에서는 다만 사형재료를 가공하기 때문에 특별히 고안된 내마모성이 우수한 초경공구를 사용하여야 하며, 가공 중에 발생하는 분진을 처리하기 위한 집진장치가 필수적이다. 현재 제작 가능한 최대 크기는 2,000 x 2,000 x 1,000 mm³이다. 메인 스피ndl의 작동 각은 최대 92°이며 가공 정밀도는 0.01 mm이고 반복정확도는 0.003 mm이다. 표 1 에는 메인 스피ndl의 사양을 나타내었다.

Table 1 Specification of the main spindle HSK A63 of PG2000

Power(S1)	14 kW
Max. spindle speed	24,000 rpm
Spindle torque	7 Nm

그림 3 에는 5축가공기를 활용하여 실제 주형을 제작하는 공정을 나타내었다. 먼저 정면밀링커터(face milling cutter)를 이용하여 기준면을 가공한 후에 황삭 및 중삭 공구로 형상을 가공한다. 최종적으로 정삭 공구를 사용하여 최종 치수에 따라 가공을 완료하게 된다. 그림 3 의 아래 사진은 이렇게 제작된 알파셋 주형에 캐속조형기를 이용하여 제작한 부분 주형을 조립한 모습이다.

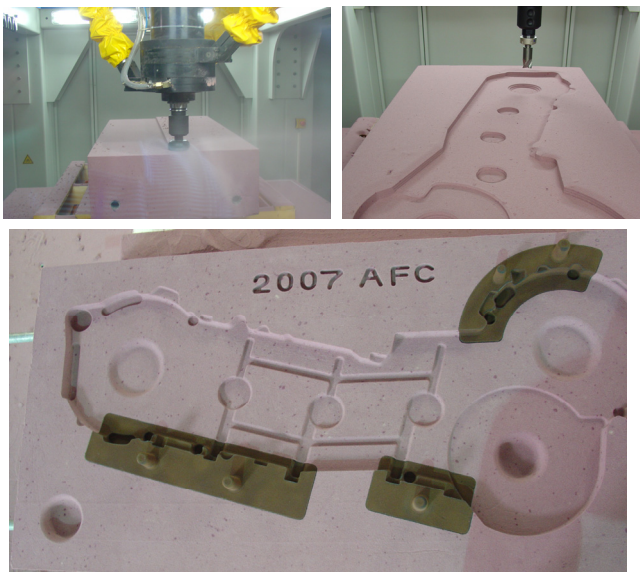


Fig. 3 Milling process of sand mold and assembled drag of alpha set mold with direct laser sintered part-molds.

그림에서와 같이 언더컷이 존재하는 부분이나 공구를

이용하여 가공하기 곤란한 미세한 부분이 있을 경우에는 사진에서와 같이 그 부분을 부분 주형으로 설계하여 제작한 후에 조립하면 원하는 형상의 주물을 쉽게 주조할 수 있다. 또한 대형 증자가 필요한 경우에는 5축 가공기로 직접 제작하여 사용 가능하며, 매우 복잡한 형상의 증자의 경우에는 DLS 방식의 캐속조형기를 이용하여 증자를 제작하여 주조공정에 활용할 수 있다. 그림 4 에는 이상과 같은 시제품 및 다품종 소량 생산에 적합한 전체 주조 공정을 나타내었다.

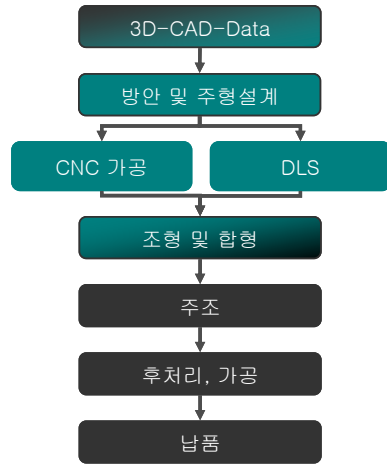


Fig. 4 Casting process flow with RP and CNC machines.

4. 결론

본 연구에서는 주조용 주형 및 증자 제작이 가능한 DLS 방식의 캐속조형기와 CNC 5축 가공기를 활용하여 주조용 주형을 직접 제작한 사례 연구를 수행하였다. 본 장비들을 이용하여 제작된 주형을 알루미늄 주물 주조에 성공적으로 활용할 수 있었다.

주물 시제품 제작과 다품종 소량 생산되는 대형 주물의 제작에 위의 장비를 활용하면 제품의 치수 정밀도를 향상시키면서 신속하게 제작이 가능할 것으로 판단되며, 국내 주물업계에서 주조공정 전산모사 해석기술과 함께 이러한 장비를 활용하면 세계시장에서 보다 경쟁력을 갖출 수 있을 것으로 기대된다.

후기

본 연구는 산업자원부의 산업기술기반조성사업의 일환으로 수행되었으며 이에 관계자 여러분께 감사 드립니다.

참고문헌

1. 지해성, “Rapid Prototyping 에 관한 소식”, 한국 CAD/CAM 학회지, 제 8 권, 제 3 호, pp.1-13, 2002.
2. <http://www.eos.info>.
3. 유승목, 임채호, 조인성, 최정길, “신속한 주물 시제품 개발을 위한 전산모사 기술과 산업용 단층촬영기 및 캐속조형기의 적용”, 한국정밀공학회 2006년도 춘계학술대회는문집 pp. 195~196, 2006.
4. <http://www.metrom.com>.