

DMT 공정을 이용한 고속냉각 사출금형 제작 방법

*안동규¹, 박상오²

¹ 조선대학교 기계공학과, ²(주) 상오정밀

Manufacturing Technology of Injection Mold With a High Cooling Rate Using DMT Rapid Prototyping Process

*D. G. Ahn¹, S. H. Park²

¹ Dept. of Mech. Eng., Chosun Univ., ² Sang-Ho Precision Ltd.

Key words: Injection Mold, High Cooling Rate, DMT Process, Rapid Prototyping, Functional Decomposition.

1. 서론

사출성형에 있어 사출 제품 냉각 시간이 감소하면 제품 제작 시간을 단축시킬 수 있다. 그러므로, 제품의 생산성 향상을 위하여 냉각 시간 단축을 위한 많은 연구가 수행되고 있다. 일반적으로 사출성형시 냉각시간 단축을 위하여 냉각 채널을 금형내에 부가하는 방법을 많이 사용하고 있다. 그러나, 냉각 채널 제작시 가공상의 문제점으로 인하여 직선형 냉각 채널을 부가함으로써 냉각 효율이 극대화 되지 못함과 동시에 사출품의 균형 있는 냉각을 수행하기 어렵다. 이러한 이유 때문에 최근 사출 금형 개발 기간 단축과 사출 제품의 냉각특성을 향상을 위하여 기능성 사출 금형개발시 RP&M 기술을 적용에 관한 연구가 폭넓게 진행되고 있다.¹

Kuzman 등은 유한요소해석과 쾌속조형공정을 사용한 사출 금형 개발방법에 대한 연구를 수행한 바 있다.² Kim 등은 DMLS 공정을 이용한 사출 금형의 3 차원 냉각 채널 구현에 관한 연구를 수행한 바 있다.³

본 연구에서는 사출 성형 금형의 냉각 특성 향상을 위하여 기계가공과 DMT 공정을 혼합한 하이브리드 금형 제작공정을 이용하여 3 차원 냉각 수로를 가진 사출 금형과 이종 재료 적층에 의한 고 열전도성 사출 금형 제작 방법에 대하여 연구를 수행하였다. 또한, 본 연구에서 제안된 방법을 자동차용 창문 스위치 커버의 사출 금형에 적용하였다.

2. 하이브리드 쾌속 금형 제작 공정

일반적으로 사출 성형 금형의 경우 제품과 금형면이 접촉하는 부분에서는 복잡한 형상을 가지며, 제품 성형시 부가되는 압력을 견디기 위하여 경도가 높은 재료를 사용한다. 그러나, 금형면에서 조금 떨어져 있는 부분부터는 구조적 역할 및 열전달 역할을 담당하며 형상 또한 매우 단순하다. 그러므로, 단순한 형상 부위는 기계가공을 수행하고, 제품 성형부에 대해서는 쾌속조형공정을 적용하면 금형 용도에 따라 다르게 적용할 수 있는 효율적인 금형 제작이 가능하다. 본 연구에서는 (주)인스텍이 개발한 DMT (Laser-aided Direct Metal Tooling) 쾌속조형공정을 활용하였다. DMT 공정으로 금형을 제작한 후 금형의 표면 정밀도를 높이기 위하여 기계가공 또는 방전가공으로 후처리를 수행하였다.

3. 고 열전도성 사출 금형 제작 및 결과 고찰

본 대상 금형의 사출 성형후 제품 냉각 시간을 단축시키기 위하여 Fig. 1 과 같이 금형의 베이스부는 열전도 계수가 매우 큰 Cu-Ni 합금을 사용하였다. 제작하고자 하는 금형의 표면 형상부는 금형의 표면 경도를 유지하고 플라

스틱 유동이 용이 하도록 P21 의 사출 금형강을 사용하였다. 또한, Cu-Ni 합금으로 구성된 금형 베이스 부와 P21 로 구성된 금형 표면 형상부의 열팽창 계수 차이에 의한 금형 파손을 최소화하기 위하여, Cu-Ni 합금과 P21 재료 열팽창 계수의 중간값을 가지는 Ni-30Cu 합금을 중간층 재료로 선택하였다.

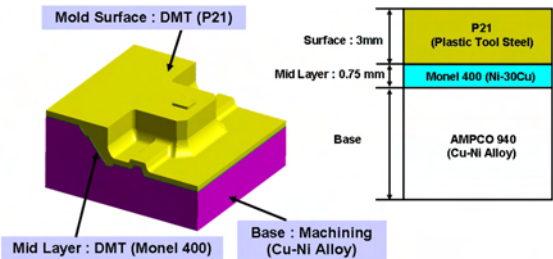


Fig. 1 Manufacturing concept of mold with a high cooling rate

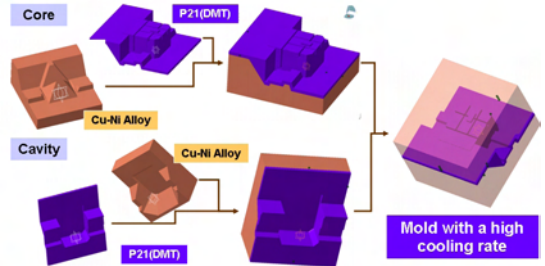


Fig. 2 Geometry decomposition of the target mold

본 대상 금형에 대하여 하이브리드 쾌속 금형 제작방식을 이용한 이종 재료 적층식 고 열전도 금형 제작은 코어(Core) 부와 케비티(Cavity) 부에 대하여 모두 적용하였으며, 표면 형상부 두께 3 mm, 중간층 두께는 0.75 mm 로 선택하였다. Fig. 2 와 같이 본 대상 금형에 대한 기능적 분리를 수행한 후 (Functional decomposition), 중간층과 표면 형상부 3 차원 CAD 데이터로부터 중간층과 표면 형상부에 대한 레이저 이동 경로 데이터를 생성하였다.

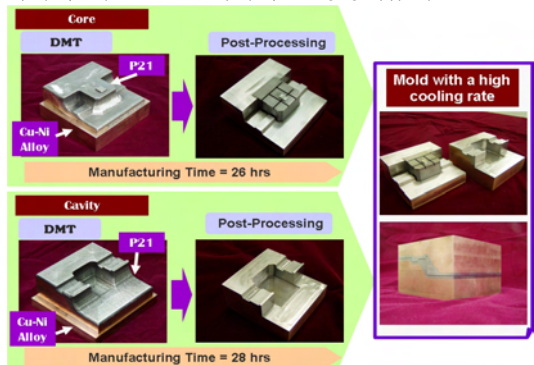


Fig. 3 Results of manufacturing for the mold with a high cooling rate

본 연구에서는 열전도성 금형을 쾌속제작하기 위하여 Cu-Ni 합금으로 구성된 베이스 부는 기계가공으로 제작하

였다. 그 후 생성된 레이저 경로에 따라 DMT 공정으로 중간층과 표면 형상층을 적층 하였다. 최종적으로 금형 표면의 형상 정밀도를 높이기 위하여 방전 가공으로 금형 표면 후처리를 수행하였다. 그 결과 Fig. 3 과 같은 최종 형상의 이중재료를 가진 열전도성 사출 성형 금형이 제작되었다. 본 대상 금형의 코어부와 케비티 부 제작시 각각 약 26 시간과 28 시간이 요구되었다.

본 연구결과 제작된 고 열전도성 사출 금형의 경도 측정 및 분석을 수행하였다. DMT 공정에 의하여 적층된 표면 형상층은 사출 성형 금형강인 P21 합금과 같은 36.6 H_{RC} 정도로 나타났다. 금형의 베이스 부는 Cu-Ni 합금의 경도값과 같은 수준인 181.5 H_B 정도로 나타났다. P21 사출 금형강을 DMT 로 적층한 표면 형상부의 경우 금형의 폭 방향보다 길이 방향에서 표면 경도가 높게 나타났다. 또한, 동일 방향의 경도 측정시 적층부의 중간 지점에서 다소 높은 경도값을 나타내었다.

4.3 3차원 냉각수로를 가진 사출 금형 제작 및 결과 고찰

본 대상 금형의 사출 성형후 제품 냉각 시간을 단축시키기 위하여 Fig. 4 와 같이 금형 내부에 사출 제품 형상에 적응하는 3 차원 냉각수로를 설계하였다. 냉각수로의 직경은 3 mm 이다.

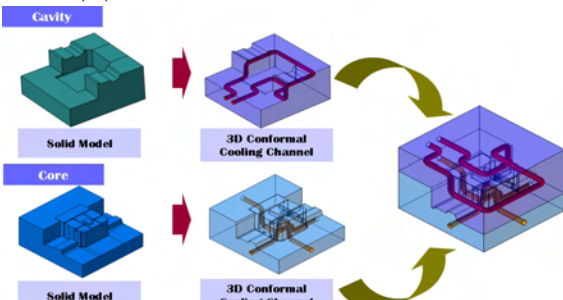


Fig. 4 Design of mold with 3D conformal cooling channels

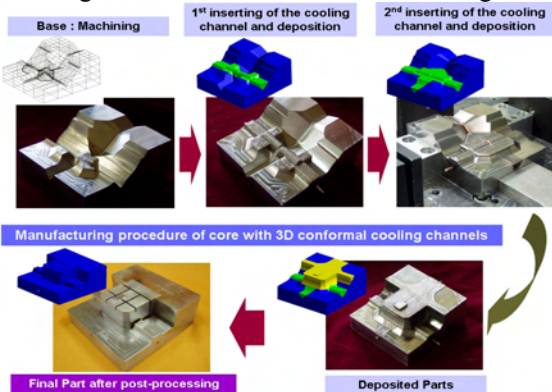


Fig. 5 Manufacturing procedure of a core with 3D conformal cooling channels

본 금형 내부에 사출 제품 형상에 적응하는 3 차원 냉각수로를 가진 사출 금형 제작시 구조부인 베이스부는 기계가공으로 제작하고, 냉각수로 삽입후 DMT 공정으로 적층하여 표면 형상부를 생성한다. 그러므로 DMT 공정으로 적층이 이루어지는 부분에 대해서만 레이저 적층 경로를 생성하였다. Fig. 5 와 같이 금형의 구조물 역할을 수행하는 베이스 부는 기계가공으로 제작한 후, Cu 합금으로 된 냉각수로를 삽입하였다. 그 후, DMT 공정으로 냉각수로와 베이스부에 P21 재료의 적층을 수행하여 3 차원 냉각수로를 가진 사출 성형 금형을 쾌속 제작하였다.

금형 코어부의 경우 내부에 2 개의 3 차원 냉각수로를 가지고 있어 Fig. 5 와 같이 베이스부를 기계 가공하여 제작한 후, 하부 냉각 채널을 삽입하고 베이스부와 첫 번째 삽입된 냉각수로 위에 2 차 냉각수로 삽입을 위한 베이스부를 DMT 공정으로 적층하여 생성하였다. 두 번째로 단계로 2 차 냉각수로를 삽입하고, 1 차적으로 적층된 베이스부와 2 차 냉각수로 위에 DMT 공정으로 P21 재료를 적층하여 금형의 표면 형상부를 생성하였다. 그 후, 방전 가공으로 후가공을 수행하여 최종 제품을 제작하였다. 본 금형 코어부 제작시 18 시간이 소요되었다. 금형 케비티부의 경우 내부에 1 개의 3 차원 냉각수로를 가지고 있어 베이스부를 기계 가공하여 제작한 후, 냉각 채널을 삽입하고 베이스부와 삽입된 냉각수로 위에 DMT 공정으로 P21 재료를 적층하여 금형의 표면 형상부를 생성하였다. 그 후, 기계 가공으로 후가공을 수행하여 최종 제품을 제작하였다. 본 금형 코어부 제작시 22 시간이 소요되었다. 본 공정으로 제작된 금형 내/외부에 대한 결함 검사시 제작된 금형 내/외부에는 기공이나 층간 분리와 같은 결함이 발생하지 않음을 알 수 있었다. 3 차원 냉각수로 내에 냉각수를 주입하여 기밀 실험을 수행한 결과 금형 내/외부로 누수 되는 현상이 발생하지 않음을 알 수 있었다. 또한, DMT 공정에 의하여 적층된 표면 형상층은 사출 성형 금형강인 P21 합금과 같은 34.2 H_{RC} 정도로 나타났다.

5. 결론

본 논문에서는 사출 성형 금형의 냉각 특성 향상을 위하여 기계가공과 DMT 공정을 혼합한 하이브리드 금형 제작공정을 이용하여 3 차원 냉각 수로를 가진 사출 금형과 이중 재료 적층에 의한 고 열전도성 사출 금형 제작 방법에 대하여 연구하였다. 본 연구에서 제안된 고속 냉각 성능을 가진 사출 금형 쾌속 제작 방법을 자동차용 창문 스위치 커버 금형에 적용하여 제안된 방법을 적용하였다. 그 결과 본 연구에서 제안된 고속 냉각 사출 금형 제작을 통하여 고 열전도성 금형과 3 차원 냉각수로를 가진 금형을 쾌속 제작할 수 있었다.

추후 본 연구에서 제작된 사출 성형 금형의 냉각시간 감소율을 측정하기 위한 사출 성형 실험을 수행하여, 본 금형 제작 방법의 효율성을 정량적으로 평가할 예정이다.

후기

본 연구는 "산업자원부 지역혁신 특성화 사업: 광주지역 금형 산업 육성 사업" 의 일환으로 진행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사 드립니다.

참고문헌

1. Ferreira, J. C. and Mateus, A., "Studies of rapid soft tooling with conformal cooling channels for plastic injection moulding," Journal of Material Processing Technology, **142**, 508-516, 2003.
2. Kuzman, K., Nardin, B., Kovac, M., and Jurkosek, B., "The integration of rapid prototyping and CAE in mould manufacturing," Journal of Material Processing Technology, **111**, 279-285, 2001.
3. 김종덕, 홍석관, 이경환, 김미애, 이대근, "RT 기술을 이용한 사출금형의 3 차원 냉각 채널 구현," 한국 정밀공학회 2006년도 추계학술대회논문집, 199-200, 2006.