

블로우 금형 설계를 위한 지식기반 시스템 개발 Development of a Knowledge-based System for a Blow Mould

*#조용주¹

*#Y. J. Cho¹(yjcho@kitech.re.kr)

¹ 한국생산기술연구원 정밀금형팀

Key words : Blow mould design, Knowledge-based system, Parametric-based system, Computer-Aided Design

1. 서론

블로우 금형은 세계에서 세 번째로 큰 플라스틱 공정이며, 열가소성 물질로부터 속이 비고 얇은 벽의 형태를 가지는 제품을 생산하기 위해 사용된다 [1]. 과거 20년 동안, 블로우 금형은 자동차, 스포츠, 레저, 전자, 수송, 사무자동화기기, 그리고 포장산업과 같이 새로운 적용분야의 등장으로 인해 급속한 성장을 했다 [2][3]. 일반적으로, 블로우 금형에는 Extrusion 블로우 금형 (EBM)과 Stretch 블로우 금형 (SBM)이 존재한다. EBM은 다양한 크기와 형태의 용기를 생산하기 위해 널리 사용된다. 또한, 자동차, 사무자동화기기 그리고 의료분야의 부품과 같이 상당히 복잡한 형태의 부품을 제작하기 위해 사용된다. SBM은 식품, 음료수 그리고 의료산업의 용기를 생산하기 위해 광범위하게 사용된다 [4].

Blow 제품을 만들기 위해서는 디자인, 가공, 그리고 사출의 과정을 거치게 된다. 또한, 블로우 금형 디자인은 블로우 제품 개발에서 가장 중요한 단계이다. 매우 복잡한 금형 구조뿐만 아니라, 다양한 디자인 파라미터 간의 간섭은 디자인 작업을 어렵게 만든다. 그래서 금형 디자인에서 중요한 역할을 수행하는 것은 과학보다는 예술이라고 여전히 믿고 있다 [5]. 일반적으로 금형 분야에서 설계 전문가가 되기 위해서는 많은 시간이 소요된다.

매우 경쟁적인 제조환경에서 금형회사는 제품 품질을 위해 표준을 유지하면서 금형 설계의 시간과 비용을 감소하는 것이 필요하다. 그래서 CAD의 사용은 생산성을 증가시키기 위한 가장 중요한 방법 중 하나가 되었다. 그러나 블로우 금형을 설계하기 위한 2D 디자인 시스템은 도면 내치수 및 형상이해의 어려움, 간섭 체크의 어려움, 개별 사출 기계의 사양에 따른 설계의 어려움, 블로우 금형 비전문가의 작업 불가, 블로우 제품의 중량 계산 불가, 불필요한 단순 반복 작업 발생, 금형 표준화의 어려움, 도면 제작성의 어려움 등과 같이 많은 문제점을 가지고 있다.

전통적인 2D 디자인 시스템의 단점은 배우고 사용하는 데 매우 많은 시간을 소비하게 된다. 결국 제품의 납기에 영향을 미치게 될 것이며, 궁극적으로는 품질의 저하로 이어질 것이다. 경쟁적인 위치를 차지하려는 금형회사는 3D CAD 시스템을 통하여 디자인과 제조 납기를 단축하고 제품 품질을 향상시킨다. 3D CAD 시스템은 사용자에게 객체들을 표현하기 위해 전통적인 2D 디자인 시스템이 가지고 있는 문제들을 해결하여 직관적 (intuitive)이고 구체적 (concrete)인 방법을 사용한다.

그러나, 대부분의 3D CAD 소프트웨어는 단지 단순한 기하 모델링 함수만을 제공하고 사용자에게 충분한 설계지식을 제공하지 못하는 문제점이 있다. 그래서, 자동화 설계, 지식기반 시스템 그리고 지능화 시스템의 설계는 오랫동안 연구 주제로서 대두되어 왔다 [5]. 이와 관련하여, 금형 설계업무에 적용하기 위한 많은 연구들이 수행되었지만, 블로우 금형 설계에 적용하기 위한 시스템의 개발은 전무한 실정이다.

본 연구에서 우리는 과학적인 방법으로 블로우 금형 설계 프로세스를 완성하기 위해 형상기반, 파라메트릭 기반 그리고 지식기반의 설계시스템을 제안한다. 설계자는 최소

한의 설계 파라미터를 입력하여 블로우 금형의 인젝션 (injection) 파트, 블로우 (blow) 파트 그리고 이젝트 (eject) 파트의 설계를 자동적으로 완성한다. 더욱이, 설계자가 금형 설계를 변경할 때, 본 연구에서 제안된 BMM (Blow Mould Maker) 시스템은 이러한 변경이 쉽게 이루어 지도록 해준다. BMM 시스템은 Powershape 7.0 플랫폼에서 Visual Basic .Net 으로 개발되었다. 계속해서 개발 내용에 대한 상세 내용을 언급하고자 한다.

2. 블로우 금형 제작을 위한 프로세스

Blow 성형은 열가소성 플라스틱을 parison 이라는 형태로 예비 가공을 한 후에, 공기 등을 불어넣고 맞추어, 금형의 내벽에 밀착시켜 성형하는 가공법을 말한다. 본 연구에서는 위에서 언급한 두 가지 블로우 금형 방식 중에서 SBM을 대상으로 한다. SBM 프로세스의 경우, 먼저 사출 금형 프로세스를 활용하여 플라스틱이 “프리폼 (perform)”으로 성형된다. 이러한 프리폼에는 용기의 목부분 (neck)이 포함된다. 그리고 프리폼은 포장되어, 나중에 EBM 블로우 금형 기계로 공급된다. SBM 프로세스에서 프리폼은 주로 적외선 히터로 유리전이 온도 이상으로 가열되고, 그 다음에 블로우 금형을 사용하여 고압 공기를 용기 내로 불어넣는다. 보통 프로세스의 부품인 코어 막대(rod)로 프리폼이 늘어난다. 제작과정을 그림으로 나타내면 그림 1과 같다. 또한, SBM 기계는 3 stroke (injection-blowing-ejection) 방식의 기계와 4 stroke (injection-heating-blowing-ejection) 방식의 기계 두 가지로 구분할 수 있다. 일반적으로 3 stroke 방식의 기계 (ex. AOKI machine)는 크기가 작은 제품을 생산하며, 4 stroke 방식의 기계 (ex. ASB machine)는 크기가 큰 제품을 생산한다.

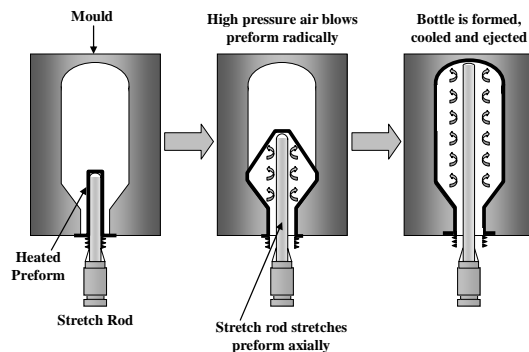


Fig. 1. PET 병의 Stretch 블로우 금형 ([6])

Blow mould를 제작하는 단계는 주문 (Ordering), 고객요구사항 사전검토 (Pre-examination of customer requirements), 계약 (Contract), 금형설계 (Design of mould), 그리고 가공 및 시사출 (Machining of mould and Pre-injection)의 5 단계로 구성된다.

우리는 블로우 금형 제작 프로세스의 분석 결과를 BPMN (Business Process Modeling Notation)을 활용하여 그림 2와 같이 도식화하였다. 오늘날, 블로우 금형산업은 소량 다품종 생산방식으로 변화하고 있으며, 고객들은 더욱 더

단납기를 요구하고 있는 현실이다. 일반적으로 고객은 30일의 납기를 요구하고 있지만, 블로우 금형회사의 순수 작업시간을 고려해 보면 주말을 제외한 20일 내외이다. 그림 2에서 설계영역은 A, B, 그리고 C로서, 통상적으로 블로우 금형회사에서 A 업무는 1-2일 정도 소요되며, B와 C 업무는 4-5일 정도 소요된다. 반면, 금형 가공 업무는 미리 정해진 공정에 따라 작업되기 때문에 작업일수가 거의 정해져 있다. 이를 통해 우리는 블로우 금형의 제작 납기를 단축하기 위해서는 설계 업무의 개선이 절대적으로 필요함을 알 수 있다. 본 연구에서 제안하고 있는 BMM (Blow Mould Maker) 시스템은 설계영역인 A와 C 영역에 적용할 수 있을 것이다. 반면, B 영역의 프리폼 설계 업무는 자동화할 수 없을 정도로 복잡하기 때문에 BMM의 적용이 불가능하다.

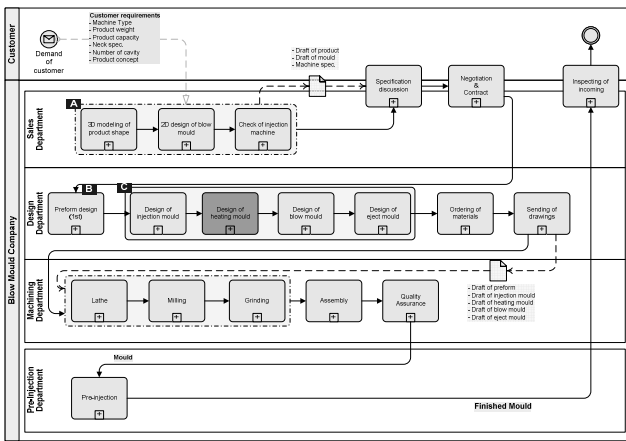


Fig. 2 블로우 금형 제작을 위한 프로세스

3. 시스템 구현

블로우 금형을 위한 금형 설계 시스템은 하드웨어로서 펜티엄 4 PC에서 구현되었으며, 소프트웨어로서 상용 CAD 시스템인 Powershape 7.0을 사용하였으며, 상용 데이터베이스로서 Microsoft Access를 사용하였다. 그리고 Microsoft Visual Basic .Net 프로그래밍 언어를 사용하여 개발되었으며, 윈도우 환경에서 Powershape API (Application Programming Interface) 사용하였다. Powershape는 개발자에게 편리한 API를 제공한다. 이러한 API를 사용하게 되면 블로우 금형 설계를 위한 지능적이고 쌍방향의 설계 환경이 개발된다. 개발된 BMM 시스템에는 많은 유용한 메뉴, 도구 버튼, 대화상자 그리고 명령어가 존재한다.

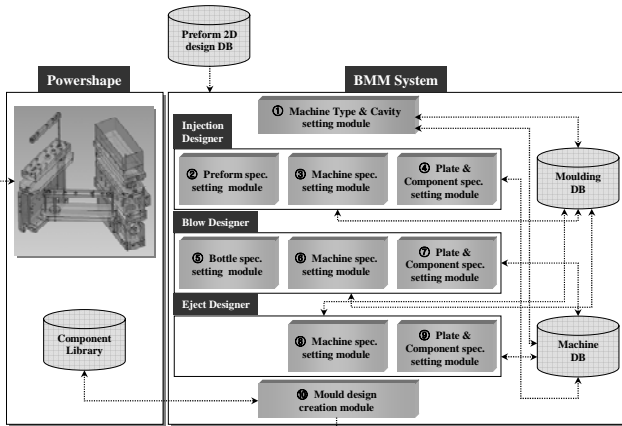


Fig. 3 BMM 시스템 architecture

BMM 시스템은 10개의 모듈로 구성되어 있다. 10개의 module은 금형의 종류에 따라 2, 3, 4번 모듈은 injection

designer, 5, 6, 7번 모듈은 blow designer, 그리고 8, 9번 모듈은 eject designer로 그룹화하였다. 그리고 BMM 시스템은 moulding 데이터베이스와 machine 데이터베이스를 가진다. moulding 데이터베이스는 장비의 종류와 각 장비가 가질 수 있는 cavity 수를 정의하고 있다. 그리고 moulding 데이터베이스 내에 정의되어 있는 8개 기계에 대한 개별 데이터베이스를 가지며, 각각의 데이터베이스는 각 장비 내에 포함되어 있는 모든 부품에 대한 설계 정보가 정의되어 있다.

4. 결론

본 연구는 블로우 금형 설계를 위한 형상기반, 파라메트릭 기반 그리고 지식 기반 시스템을 제안하였으며, 이 시스템은 Powershape CAD 소프트웨어 위에서 구동된다. 블로우 금형은 사출 금형과 달리 최종 제품을 만들기 위해서는 injection, blow, 그리고 eject의 3단계 과정을 거치는데, 각 단계별로 별도의 금형이 사용된다. BMM 시스템은 설계자가 이러한 3개 금형에 대한 설계 업무를 쉽고 빠르게 설계하도록 도와준다. BMM 시스템의 장점은 다음과 같다.

- ① BMM 시스템은 사용하기 편리한 인터페이스를 가진다.
- ② 데이터 베이스를 사용하기 때문에, 자신의 표준을 가지는 블로우 금형산업은 필요에 맞게 데이터베이스를 유연성 있게 변경할 수 있다.
- ③ BMM 시스템은 블로우 금형 설계 프로세스의 3단계를 통합함으로써 금형설계의 납기를 단축할 수 있다. 그리고 설계 프로세스의 표준화를 통하여 설계 품질을 크게 향상시킬 수 있다.
- ④ 이 시스템은 설계자로 하여금 가공단계 이전에 더욱 유용한 기술 토의 가능하게 한다. 결과적으로, 금형설계 변경이 미팅 중에 쉽게 적용된다.

그러나 BMM 시스템은 몇몇 단점이 있다. 이번 연구에서 개발한 BMM 시스템은 1 stage 기계에서 PET 병을 만들기 위한 금형설계 시스템이다. 일반적으로 블로우 금형산업은 사출 기계에 상당히 의존하기 때문에, 블로우 금형회사 내에서 많은 비중을 차지하고 있는 2 stage 기계에 대한 금형설계 시스템이 개발되어 통합 운영되어야 할 것이다.

참고문헌

1. Tahboub, K.K., Rawabdeh, I.A., "A design of experiments approach for optimizing an extrusion blow molding process", Journal of Quality in Maintenance Engineering, **10(1)**, 47-54, 2004.
2. Gao, D.M., Nguyen, K.T., Hetu, J.F., Laroche, D., Garcia-Rejon, A., "Modeling of industrial polymer processes: injection molding and blow molding", Advanced Performance Materials, **5(1-2)**, 43-64, 1998.
3. Huang, H.X., Liao, C.M., "Prediction of parison swell in plastics extrusion blow molding using a neural network method", Polymer Testing, **21(7)**, 745-749, 2002.
4. Huang, H.X., Li, Y.Z., Deng, Y.H., "Online real-time acquisition for transient temperature in blow molding", Polymer Testing, **25**, 839-845, 2006.
5. Lin, B.T., Chan, C.K., Wang, J.C., "A knowledge-based parametric design system for drawing dies", International Journal of Advanced Manufacturing Technology, DOI:10.1007/s00170-006-0882-y, 2007.
6. Yang, Z.J., Harkin-Jones, E., Menary, G.H., Armstrong, C.G., "Coupled temperature-displacement modeling of injection stretch-blow moulding of PET bottles using Buckley model", Journal of Materials Processing Technology, **153-154**, 20-27, 2004.