

〈 논문 〉

사출금형설계를 위한 웹기반 구배 검증 시스템

연광흠* · 송인호* · 정성중†

(2005년 4월 11일 접수, 2005년 8월 23일 심사완료)

Web-based Draft Verification System for Injection Mold Design

Kwang-Heum Yeon, In-Ho Song and Sung-Chong Chung

Key Words : ActiveX(액티브엑스), Collaborative Work(협업), Design Verification(설계검증), Draft Verification(구배검증), Injection Mold(사출금형), Internet(인터넷), Native File(고유파일), Undercut(언더컷)

Abstract

Injection-molded products serve a wide range of applications in our modern lives and their significance is ever increasing. However, difficulty of communication among related companies under the present system results in increase of lead time and decrease of production efficiency. The objective of this paper is the development of a web-based draft verification system in mold design processes. Although several commercial CAD systems offer draft verification functions, those systems are very expensive and inadequate to perform collaborative works. For collaborative work under the distributed environment, the proposed system uses native file transforming of CAD data into optimal format by using the ACIS kernel and InterOp. Functions of draft verification modules are constructed over the ActiveX control using the visual C++ and OpenGL. Therefore, collaborators related to the development of a new product are able to verify the draft and undercut over the Internet without commercial CAD systems. The system helps to reduce production cost, errors and lead-time to the market. Performance of the system is confirmed through various case studies.

1. 서론

사출제품은 현대산업에서 폭넓은 분야에 응용되고 있으며, 금형산업과 사출산업은 더욱 더 확대되고 사출제품 또한 점점 세분화, 다양화되고 있다. 또한, 사출제품의 수명주기가 점점 짧아짐에 따라 사출제품의 설계와 개발 시간의 단축이 요구된다. 이를 위해 다음과 같은 사항들이 필수적이다. (1) 설계와 개발 시간의 단축, (2) 치수 정밀도와 전체적인 품질 향상, (3) 설계 변화에 대한 빠른 대응. 이를 위해 현재 금형회사들은 상업용 3차원 CAD 소프트웨어를 이용하여 설계와 개발시

간의 단축을 시도하고 있다. 그러나 금형업체와 사출업체가 대부분 지역적으로 분산된 환경에 놓여 있기 때문에 설계 및 제작상의 문제점 수정을 위해 많은 비용과 시간이 소모되며 설계 변화에 대한 빠른 대응이 어렵다. 이를 해결하기 위해 네트워크 기술을 이용한 협동과 여기에서 발생하는 문제점을 해결하기 위한 네트워크 기반의 협동 설계가 필요하다.⁽¹⁾

선행 연구로 네트워크 기술을 활용한 설계 및 치수 검증시스템을 웹상에서 구현하였다.⁽²⁾ 그러나 선행 연구는 사출금형의 업무 흐름에 따른 추가 연구가 필요하다. 관련 연구를 살펴보면 Chung 과 Lee⁽³⁾는 XML 과 CORBA 를 이용하여 웹상에서 설계변수들을 공유함으로써 설계 오류를 최소화하는 시스템을 구현하였다. 그러나 설계변수의 공유만으로는 효과적인 협업이 어렵고 Unigraphics 의 API (Application Programming Interface)를 기반으로 설계되어 다른 CAD 시스템에 적용할 수 없는 단

† 책임저자, 회원, 한양대학교 기계공학부
E-mail : schung@hanyang.ac.kr
TEL : (02)2220-0444 FAX : (02)2298-4634

* 한양대학교 기계설계학과

점이 있다. 분산된 환경에서 제품의 기하형상을 확인할 수 있는 상용 뷰잉 툴로는 Dassault Systems⁽⁴⁾의 Smarteam viewer 와 PTC⁽⁵⁾의 Product View 그리고 Actify⁽⁶⁾의 Spinfire 가 있다. 그러나, 이상의 상용 뷰잉 툴들은 사출금형설계에 있어서 중요한 고려사항인 빼기구배의 검증이 불가능하다.

사출제품의 CAD 모델은 금형설계나 사출과정에서 요구하는 모든 조건을 반영한 것이 아니기에 금형설계를 위해 다양한 항목의 검토를 필요로 한다. 주요 검토항목은 생산성을 고려한 제품의 형상과 빼기구배, 언더컷(undercut), 수축률, 게이트(gate) 및 이젝터(ejector)의 위치 등이 있다. 여러 검토항목 중 언더컷은 분할선, 분할면 선정과 코어(core)와 캐버티(cavity)의 생성에 많은 영향을 미친다. 따라서 사출제품에 존재하는 모든 언더컷은 금형설계 이전에 반드시 고려되어야 한다. 또한 언더컷은 발생위치에 따라 성형품의 외관, 후가공 방법, 언더컷 처리 및 취출 방법 등이 결정되므로 사출업체와 고객업체 등 관련업체와의 다양한 검토를 필요로 한다. 따라서, 본 연구에서는 사출금형의 설계과정 중 분할방향의 선정과 언더컷의 인식과정의 협업에 초점을 맞추어 연구를 진행한다.

언더컷의 인식은 사출제품 설계과정에서 매우 중요한 단계지만 사출제품의 복잡성으로 인해 연구에 많은 어려움을 겪고 있다.⁽⁷⁾ 관련연구를 살펴보면, Chen 등⁽⁸⁾은 언더컷 개수를 최소화할 수 있는 분할방향을 선정하는 연구를 수행하였다. 특정한 방향에 대한 특정면의 가시성에 따라 언더컷을 인식하는 알고리즘을 소개하였다. 그러나 내부 언더컷을 인식하지 못한다는 단점을 가지고 있다. Ganter 와 Skolgund⁽⁹⁾는 제품의 경계표현모델(B-rep model)로부터 언더컷을 인식하는 연구를 수행하였다. 그러나 인식되는 언더컷이 오목한 형상으로 제한되며 볼록한 언더컷의 인식을 고려하지 않았다. Rosen 등⁽¹⁰⁾은 사출제품 각 면의 법선벡터와 분할방향의 내적과 투사를 이용하여 언더컷을 인식하는 방법을 소개하였다. 위에 언급된 대부분의 방법들은 자유곡면을 갖는 사출제품의 언더컷 인식에는 어려움이 있으며, 다면체로 구성된 솔리드에만 적용되는 알고리즘이 대부분이다.

본 연구에서는 분할방향과 CAD 모델의 삼각화(tessellated triangle)된 데이터를 이용하여 자유곡면을 갖는 복잡한 형상에서도 언더컷을 검증할 수 있는 구배검증기능을 구현한다. 또한, 시간과 공간적으로 분산된 환경에서 사출제품 개발을 위해 협력자들이 인터넷을 통해 제품의 형상을 확인하고 빼기구배 및 언더컷을 검증할 수 있는 협업 시스템을 구축함으로써 사출금형의 설계시간 단축, 원

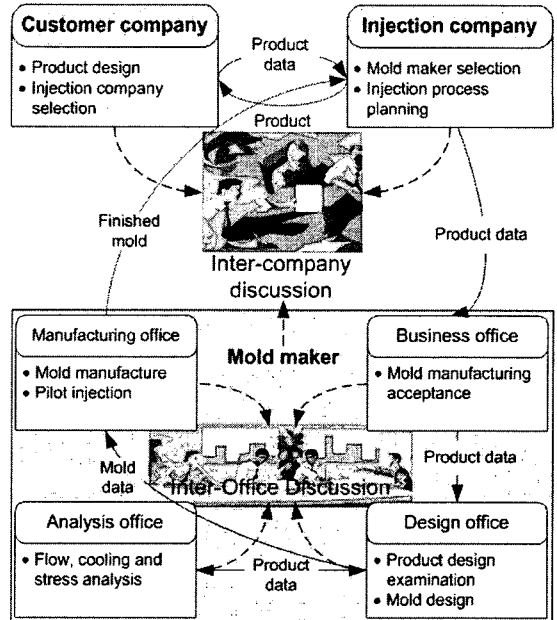


Fig. 1 Workflow in injection mold production processes

가 절감 및 설계 변화에 대한 빠른 대응을 추구한다.

본 논문은 총 7 장으로 구성되어 있으며 각 장의 내용을 간략히 서술하면 다음과 같다. 1 장에서는 연구의 배경, 필요성, 관련연구 및 목표를 소개하였다. 2 장에서는 일반적인 사출금형의 설계과정과 개발된 시스템을 적용한 협업 설계과정을 설명하고, 3 장에서는 본 시스템의 구성을 소개한다. 4 장에서는 분산 환경에서 CAD 데이터를 활용하기 위한 고유파일의 설계방법을 소개하고, 5 장에서는 구배검증 알고리즘과 언더컷의 판별과정에 대해 설명한다. 6 장에서는 프린터와 자동차 공조 부품의 실제 CAD 모델을 이용한 사례연구를 수행한다. 7 장에서는 결론을 서술한다.

2. 사출금형 설계과정

2.1 일반적인 사출금형 설계과정

사출금형 설계분야에 적용할 협업 시스템을 제안하기 위해서는 현재 사출제품의 설계에서부터 사출금형의 설계 및 생산, 그리고 사출제품의 생산으로 이어지는 전반적인 과정을 정리할 필요가 있다.

사출제품의 설계에서 생산까지의 과정을 나타내면 Fig. 1 과 같다. 플라스틱 제품이 필요한 고객업체는 적절한 업체를 선정하여 발주와 함께 제품도

면과 제품명세서를 넘겨준다.⁽³⁾ 수주를 받은 사출업체는 작업의 난이도와 금형 가격을 바탕으로 적절한 금형업체를 선정한다. 이때 금형업체는 제품도면과 설계 및 제작과 관련된 사양서를 함께 받는다. 수주를 받은 금형업체는 설계부서를 비롯한 관련부서와의 회의를 통해 금형설계 및 제작상의 문제점을 확인하고 이를 바탕으로 고객업체 및 사출업체와 함께 문제점을 수정, 변경하기 위한 회의를 갖는다. 위의 과정을 통해 서로의 의견을 수렴하고 보다 합리적인 방법으로 제품을 생산하기 위한 결론을 도출해 낸다.

그러나 금형의 설계 및 제작과정 중 초기 회의에 검토되지 못한 문제점들이 자주 발생하게 된다. 이를 해결하기 위해 다시 회의소집이 요구되지만, 관련업체들이 지리적으로 분산된 경우가 대부분이기 때문에 이를 위해 많은 시간과 비용이 소모된다. 현재 대부분의 금형업체는 FAX 와 2D 도면상에 마크업(markup)을 통해 이러한 회의를 대체하고 있는 실정이다.

2.2 제안된 협업 설계과정

본 연구에서는 사출금형 설계과정 중 관련업체 간의 유기적인 협력을 필요로 하는 제품설계단계를 중심으로 연구를 진행한다. 제안된 시스템의 협업 설계과정을 Fig. 2 에 나타낸다. 협업시스템은 LAN 으로 연결된 금형업체의 각 부서와 Web 을 통해 연결된 사출업체, 고객업체 등으로 구분된다. 본 논문에서 제안한 협업 시스템의 구체적인 설계과정은 다음과 같다.

고객업체는 적절한 사출업체가 선정되면 협업시스템의 서버(server)에 사출제품의 CAD 데이터를 등록한다. 사출업체는 협업 시스템상에서 사출제품의 형상을 확인하고 적절한 금형업체를 선정한다. 수주를 받은 금형업체의 설계부서는 서버에 접속하여 제품데이터를 다운로드 받고 금형가공을 위한 금형설계를 진행하게 된다. 금형설계가 완료되면 설계된 데이터를 서버에 등록하여 설계검토를 요청하게 된다. 설계검토를 요청 받은 전문가와 관련부서는 개발된 협업시스템 상에서 금형의 형상을 확인하고 금형제작상의 문제점, 양산성, 빼기구배 및 언더컷 등을 확인한다. 이 과정에서 언더컷에 따른 분할선의 위치나 빼기구배의 크기에 대한 협의가 필요한 경우 고객업체와 사출업체의 검토를 요청한다. 사출업체와 고객업체는 인터넷을 통해 협업 시스템에 접속하여 제품의 3D 형상을 확인하고 선정된 분할선, 빼기구배 및 언더컷을 확인한다. 위의 과정에서 플래쉬(flash) 발생이나 제품형상 이상 등의 문제점 발견시 설계변경 및 검

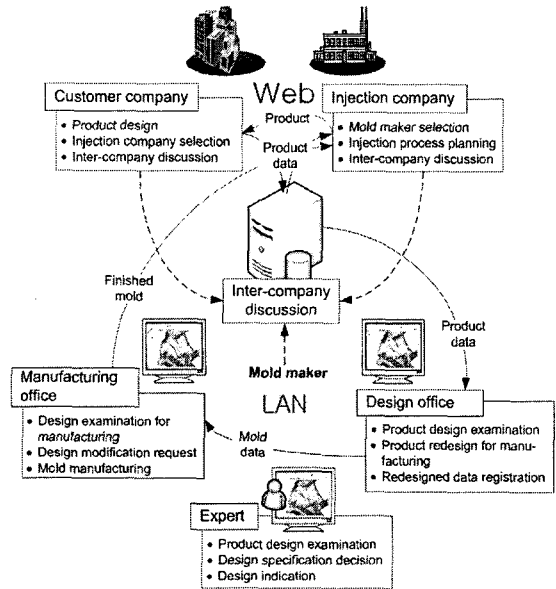


Fig. 2 Framework of the collaboration system for injection mold design

토를 요청한다. 이러한 과정을 반복하며 최종적인 결론을 도출하고 설계부서는 이를 바탕으로 캐버티, 코어 및 사이드 코어(side-core) 등의 금형설계를 진행하게 된다.

설계부서는 금형설계를 시작하고 진행중인 설계정보를 협업서버에 등록하여 전문가, 제작부서 및 관련업체들의 계속적인 검토를 통해 설계요류를 최소화하고 설계조건에 변화에 신속하게 대처할 수 있다. 제조부서는 초기 설계단계부터 설계에 참여하여 제조상의 문제점을 설계에 반영할 수 있다. 또한, 2D 모델에 비해 직관적인 3D 형상을 검토하여 설계변화에 신속, 정확하게 대응할 수 있다. 이와 같이 개발된 협업 시스템을 사출금형의 설계과정에 도입함으로써 금형설계시간 단축과 사출제품의 품질을 향상시킬 수 있다.

3. 시스템 구성

3.1 구현환경 및 도구

본 시스템에서 제공하는 사용자 인증, 파일 업로드, 파일 검색 기능은 Microsoft 사의 ASP(Active Server Page)와 SQL(Structured Query Language)을 이용하여 구현한다. CAD 파일 다운로드, 뷰잉 및 구매검증은 Visual C++에서 OpenGL 라이브러리를 이용하여 ActiveX 로 작성하여 기능을 구현한다.⁽¹¹⁾ 변환서버는 Spatial 사의 InterOp 와 ACIS 커널(kernel)을 이용하여 구현되어 다양한 종류의 CAD 고

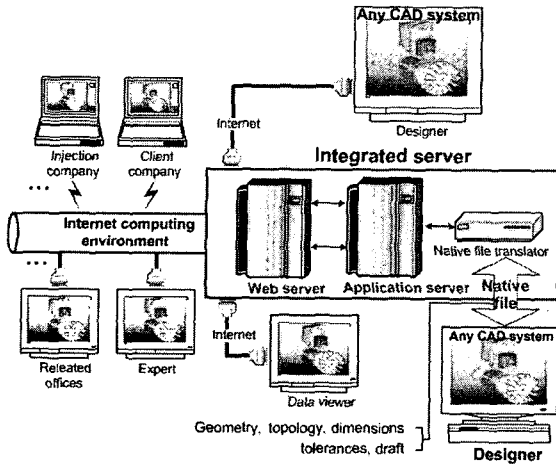


Fig. 3 Structure of the developed system

유파일과 중립파일의 변환을 지원한다.

3.2 시스템 구조

본 연구에서 개발된 시스템의 전체 구조는 Fig. 3 과 같다. 웹기반의 클라이언트-서버 구조를 가지며 서버와 클라이언트는 소켓통신을 통해 설계정보를 주고 받는다.⁽¹¹⁾ 시스템은 설계자 클라이언트, 통합 서버, 웹 클라이언트의 세 부분으로 구성된다. 시스템의 주요 기능은 다음과 같다. 웹서버는 사용자 접속 웹페이지를 게시하고 사용자를 판단하여 각 기능별 권한을 준다. 또한 웹페이지를 이용하여 설계자가 설계 도면을 등록할 수 있도록 한다. 설계 검증자는 인터넷을 통해 설계정보를 검색하고 설계 및 구매검증 작업을 시작할 수 있다. 검색된 데이터를 서버에서 클라이언트로 전송하여 검증작업이 가능하도록 한다. 검색한 설계정보에 구매 및 설계검증 작업을 웹상에서 수행하며 검증데이터를 고유파일로 저장 후 통합 서버로 전송하여 다자간 공유를 가능케 한다.

3.3 구매 및 설계검증모듈 구성

구매 및 설계검증 모듈은 Fig. 4 와 같이 고유파일 변환기, 3 차원 뷰잉 모듈, 구매 검증 모듈, 마크업 모듈, 저장 모듈 등으로 구성된다. 각 모듈은 Microsoft 사의 ActiveX 기술을 이용하여 MFC 로 프로그래밍하여 구현되었으며 3 차원 데이터의 처리를 위해 ActiveX 내부에 Silicon Graphics 사의 OpenGL 을 사용하였다. ActiveX 를 웹상에 게시하기 위해 HTML 을 이용하였으며 플러그인(plug-in)을 위한 인터페이스로 VBScript 가 사용되었다. 이와 같은 구조는 사용자가 처음 구매검증 시스템에 접속시 ActiveX 를 자동으로 설치하며 이후의 접속

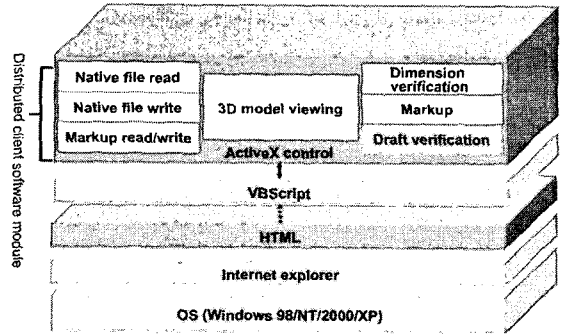


Fig. 4 Construction of the draft and design verification module

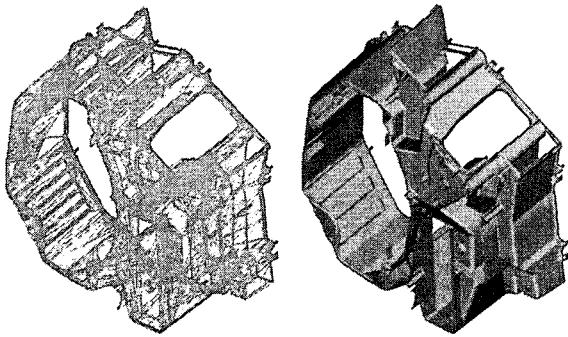
시에는 ActiveX 의 버전을 비교하여 버전업이 되었을 경우에만 프로그램을 교체하게 된다.⁽¹²⁾ 또한, 구매검증시스템 자체는 클라이언트 컴퓨터의 하드웨어에 의해 가동되므로 3 차원 형상 및 구매검증과 같은 복잡한 작업을 동시에 수행할 경우에도 서버에 부담을 주지 않는다.

4. CAD 데이터 인터페이스

상업용 CAD 소프트웨어에서 설계된 CAD 모델은 파라메트릭 곡면(parametric surface)으로 표현되어 있다. 그러나 컴퓨터 그래픽스 환경에선 곡면을 화면에 표현하지 못하므로 이를 화면상에 나타내기 위해서는 Fig. 5 와 같이 곡면을 삼각매쉬로 분할한 후 렌더링(rendering)하여 표현한다. 따라서, 본 연구에서는 ACIS 커널의 매쉬 생성 함수와 자료구조를 이용하여 분산환경에서의 형상정보 공유에 적합한 고유파일을 설계하였다.

4.1 InterOp 변환기 & ACIS 형상 툴킷

Spatial 사⁽¹³⁾의 InterOp 는 CATIA, Pro/E, Unigraphics 등과 같은 상업용 CAD 파일과 STEP, IGES, VDA-FS 와 같은 중립파일을 해당 CAD 라이선스 없이 ACIS 커널의 데이터로 변환시켜준다. 복잡 다양체 모델러인 ACIS 는 CAD 시스템 내에서 3 차원 형상을 다루기 위해 개발된 객체지향 형상 모델링 툴킷(toolkit)이다. 또한, ACIS 는 CAD 시스템이나 3 차원 형상을 다루는 소프트웨어의 개발자를 위한 것으로 복잡 다양체 모델을 다룰 수 있는 모델링 커널을 지원한다. ACIS 는 현재 많은 CAD 시스템에서 모델링 커널로 채택되고 있으며, 구성요소에서 정의된 C++클래스와 API 함수 및 DI(direct interface)함수 등을 사용하여 CAD 데이터의 조작이 가능하다.⁽¹⁴⁾



(a) Tesslated triangle model (b) Rendered model

Fig. 5 Examples of a CAD model

5. 언더컷 인식

구조가 간단한 사출제품의 경우 경험이 많은 전문가의 직관적인 판단에 따라 언더컷의 발생유무를 판별하고 분할선을 선정한다. 그러나 복잡한 사출제품의 경우 일부 상용 CAD 소프트웨어에서 제공하는 해석기능의 사용이 불가피하다. 하지만 이러한 상용 소프트웨어는 매우 고가이며, 용량이 큰 CAD 파일을 사용하므로 분산환경에서의 협업에는 적합하지 않다.

따라서 본 연구에서는 4 절에서 제시한 고유파일 내의 삼각화된 데이터를 이용하여 언더컷과 빼기구배를 검증할 수 있는 구매검증기능을 제안한다.

5.1 언더컷의 정의와 분류

일반적으로 성형품은 사출기가 열리는 방향으로만 취출이 가능하다. 그러나 사출기가 열리는 방향으로 빼낼 수 없는 성형품의 구멍이나 돌출 또는 오목한 부분이 있는데 이러한 부분을 언더컷이라 정의한다. 이러한 언더컷은 크게 두 가지로 분류할 수 있다. 성형품의 외측에 존재하는 언더컷을 외측 언더컷[Fig. 7(a)], 내측에 존재하는 언더컷을 내측 언더컷[Fig. 7(b)]이라 정의한다.⁽¹⁶⁾

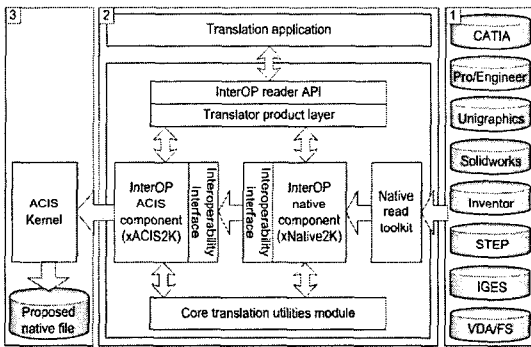


Fig. 6 Structure of the proposed native file translator

4.2 형상 정보 추출

다양한 CAD 파일의 변환을 위하여 개발된 변환 시스템의 구조를 Fig. 6 에 나타내었다. 본 시스템은 Fig. 6 의 ㉑과 같은 다양한 CAD 파일과 중립 파일 형식을 지원한다. 지원되는 CAD 파일은 InterOp 를 이용하여 Fig. 6 의 ㉒의 과정을 통해 ACIS 자료구조로 변환된다.⁽¹⁵⁾ Fig. 6 의 ㉓은 ACIS 자료 구조에서 고유파일을 생성한다. 고유파일은 형상표현을 위한 메시정보와 치수검증을 위한 모서리 정보를 저장하고 있다. 또한, 고유파일은 크기를 줄이기 위해 메시와 모서리 정보를 이진화하여 저장한 후 이를 다시 압축 라이브러리를 이용한 압축과정을 거쳐 생성된다.

고유파일의 구조는 그 용도에 따라 두 가지 부분으로 나누어 설계한다. 3 차원 형상 렌더링을 위한 삼각 메시 데이터 부분과 치수검증을 위한 모서리 데이터 부분으로 나누어 정의한다. 이러한 구조로 인하여 3 차원 형상의 빠른 가시화와 다양한 치수검증의 지원이 가능하다.⁽¹⁵⁾

5.2 언더컷 평가 과정

성형품에 언더컷이 있으면 금형구조가 복잡해져 금형가격이 상승하고, 금형부품의 오작동 등에 의해 금형파손의 우려가 있으며 성형사이클이 길어지는 단점을 갖게 된다. 따라서 가능한 언더컷을 피하는 것이 좋으나 성형품의 기능 및 용도상 필요한 경우 이를 처리하기 위해 사이드 코어 등과 같은 별도의 금형설계를 필요로 한다. 또한 언더컷은 분할선, 분할면의 선정과 코어, 캐버티의 생성에 영향을 주기 때문에 금형설계의 초기단계에서 반드시 고려되어야만 한다.

금형설계를 위한 사출제품 설계단계에서부터 코어와 캐버티의 생성까지의 과정을 Fig. 8 에 나타내었다.

설계자는 사출제품의 CAD 데이터를 바탕으로 빼기구배나 사출조건을 고려하여 금형가공을 위한 제품의 설계를 진행한다. 금형설계 전문가는 완성된 제품모델을 바탕으로 빼기구배를 검토하며, 이 과정에서 취출시 변형, 금힘, 백화 등과 같은 이형불량이 발생할 가능성이 있을 경우 재설계를 지시한다. 올바른 빼기구배가 설계에 반영되면 전문가는 분할방향에 따라 언더컷의 발생여부에 따라 분할방향을 결정 또는 재고한다. 분할방향이 확정

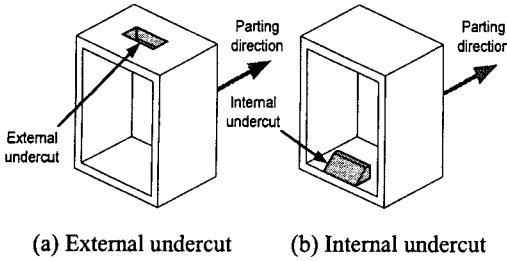


Fig. 7 Classification of undercuts

되면 사출제품의 외관, 후가공성 및 가공방법을 고려하여 분할선을 선정한다. 마지막으로 분할선의 위치에 따라 분할면이 생성되고, 이를 바탕으로 설계부서는 코어, 캐비티 및 사이드 코어 등의 실제 금형설계를 시작한다.

5.3 구배 검증 및 언더컷 평가 알고리즘

본 연구에서는 고유파일 내의 정점정보와 각 정점의 법선벡터를 이용하여 구배검증기능을 구현하였다. 제안된 구배검증기능의 개발 알고리즘은 다음과 같다.

먼저, 구배계산을 위해 Fig. 9 와 같이 분할방향 벡터를 N_{PD} , 삼각패치의 법선벡터를 N_{Face} 로 정의하고, 금형의 캐비티와 접촉하는 면을 캐비티면, 코어와 접촉하는 면을 코어면이라 정의한다. 성형품의 취출시 성형품을 변형 없이 원활하게 취출하기 위해 분할면에 수직인 방향으로 제품면에 주는 각을 뺄기구배라 하며, 이는 식 (1)~(3)을 통해 계산된다.⁽¹⁷⁾

$$N_{PD} \cdot N_{Face} = \|N_{PD}\| \|N_{Face}\| \cos \theta \quad (1)$$

$$\theta = \cos^{-1} \frac{N_{PD} \cdot N_{Face}}{\|N_{PD}\| \|N_{Face}\|} \quad (2)$$

여기서 θ 는 분할방향 벡터와 삼각패치의 법선 벡터 사이의 각을 의미하며 0 과 π 사이의 값을 갖는다. 뺄기구배는 분할방향에 수직하고 몰드베이스 옆면의 법선벡터와 평행하다. 따라서 계산된 사이각(θ)을 식 (3)에 대입하여 원하는 구배(θ_{Draft})를 계산한다.

$$\theta_{Draft} = -\left(\theta - \frac{\pi}{2}\right) \quad (3)$$

따라서 계산된 구배는 $-\pi/2$ 에서 $\pi/2$ 사이의 값을 갖는다.

언더컷은 역구배에 의해 발생하며 Fig. 10 은 성형품에 언더컷이 발생한 예를 보여준다. 언더컷은 면의 상태에 따라 다음과 같이 발생여부를 파악할

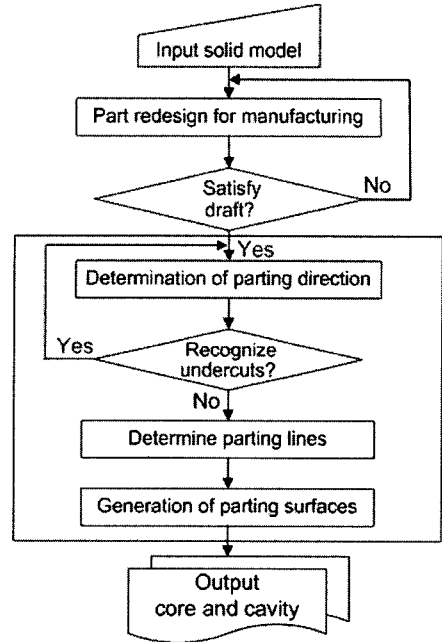


Fig. 8 Parting design procedure

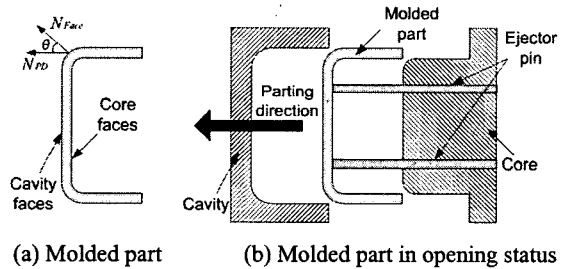


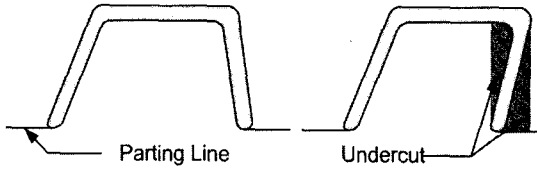
Fig. 9 Ejection process of a molded part

수 있다. 캐비티면의 경우 분할방향 벡터와 삼각패치의 법선벡터의 내적 값이 음수일 경우 언더컷 구조를 갖게 되며, 반대로 코어면의 경우 벡터 사이의 내적 값이 양수일 경우 언더컷 구조를 갖게 된다. 분할방향 벡터와 삼각패치의 법선벡터의 내적 값에 따른 언더컷의 발생 판단기준을 Table 1 에 정리하였다.

6. 사례연구

다양한 사출제품의 실제 CAD 파일을 이용하여 인터넷 기반 구배 검증 시스템의 효율성을 입증하고자 한다.

Fig. 11 은 구배검증모듈의 메뉴 구성화면을 보인 것이다. 구배검증모듈의 사용자 인터페이스 구성은 메인 도구바(Fig. 11 의 □), 그래픽설정 도구



(a) Structure without undercut (b) Structure with undercut
Fig. 10 Example of undercuts

Table 1 Recognition of undercuts

Property	Function	Conditions	
		Cavity face	Core face
Positive	$N_{PD} \cdot N_{Face} > 0$	No undercut	Undercut
Horizontal	$N_{PD} \cdot N_{Face} = 0$	No undercut	No undercut
Negative	$N_{PD} \cdot N_{Face} < 0$	Undercut	No undercut

바(Fig. 11 의 ②), 관리 트리뷰(Fig. 11 의 ③) 세 가지로 구분된다. 메인 도구바는 파일의 입력, 저장 및 구매검증 기능이 아이콘의 형태로 표현되도록 설계한 것이다. 그래픽설정 도구바는 구매검증 및 설계검증작업의 편의성을 제공하기 위해 설계된 그래픽 설정 아이콘이다. 관리 트리뷰(tree-view)는 구매검증 및 마크업 결과를 관리할 수 있도록 설계된 트리뷰이다.

구매검증기능의 실행순서는 다음과 같다. 구매검증자는 웹페이지에 접속하여 검색창을 통해 원하는 설계파일을 검색한다. 검색된 파일을 선택하면 시스템 고유파일은 클라이언트로 전송되고 구매검증모듈인 ActiveX 가 실행된다. 동시에 구매검증모듈이 실행되면서 검색된 파일을 읽어 뷰잉한다. 사출제품의 구매검증을 원하는 사용자는 구매검증 아이콘(Fig. 11 의 ④)을 선택한다. 선택과 동시에 구매검증 대화상자가 나타나며 사용자는 Fig. 11 의 ⑤를 이용하여 기준면을 선택하고, Fig. 11 의 ⑥을 사용하여 기준면의 회전을 통해 정확한 분할방향을 결정한다. 마지막으로 구매검증 범위를 Fig. 11 의 ⑦에 입력하고 확인을 선택함으로써 구매검증을 수행하게 된다.

Fig. 12 는 프린터 부품의 구매검증 결과를 나타낸 화면이다. 본 시스템은 계산된 구매검증 결과를 CAD 모델의 색상변화로 표현하여 언더컷 및 빼기구배의 손쉬운 검색을 가능케 하였다. 또한 Fig. 12 의 ④에 나타난 것처럼 구매범위 내에 색상의 변화를 다양하게 하여 정확한 빼기구배의 검증이 가능하다. 언더컷 발생부분은 붉은색으로 표시되며 구매범위 이외의 부분은 파란색으로 표현된다. 개발된 시스템을 이용한 구매검증 결과, 프린

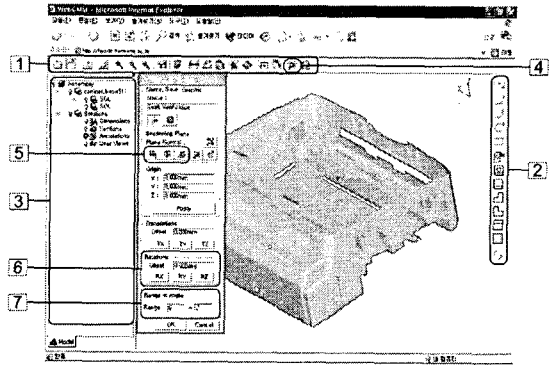


Fig. 11 User interface of the draft verification module

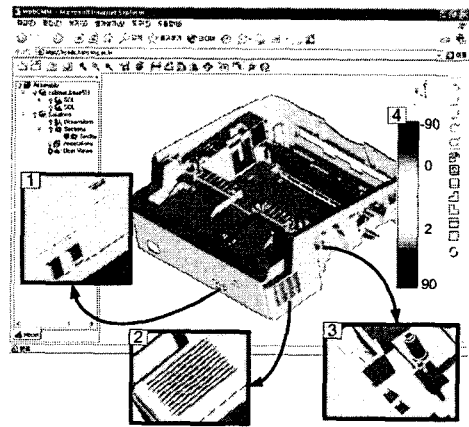


Fig. 12 Case study: draft verification of a printer part

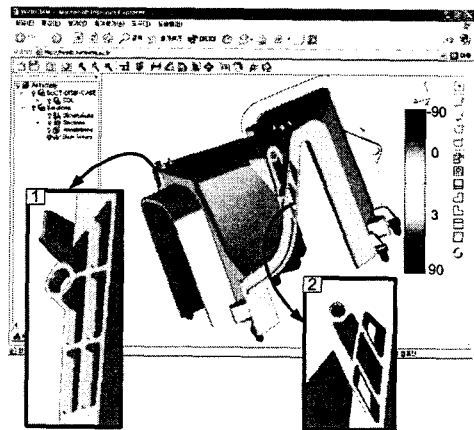


Fig. 13 Case study: draft verification of a duct part

Table 2 Calculation of undercuts

	①	②	③
N_{PD}	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)	(0, 0, 1)
N_{Face}	(0, 0.017, -1)	(-0.087, 0, -0.996)	(0, 0, -1)
θ_{Draft}	-89.026°	-85.007°	-90.000°

터 부품의 전체적인 빼기구배는 약 2° 이며 Fig. 12의 ㉑, ㉒, ㉓ 부분에서 언더컷 발생함을 Table 2의 구배각으로 파악할 수 있다. 이러한 결과를 바탕으로 검증자는 새로운 빼기구배나 분할방향을 검토하거나, 언더컷의 처리를 위한 사이드 코어나 사이드 캐버티 등의 금형설계를 지시하게 된다.

두번째 사례로는 자동차 공조부품의 덕트(duct)를 이용하여 구배검증을 수행한다. Fig. 13은 덕트의 구배검증 결과를 나타낸 화면이다. 사출시 분할방향은 Y 축을 기준면으로 선정하였으며 회전각은 부여하지 않았다. 또한 구배범위를 0° 에서 3° 로 설정하여 구배검증을 실행하였다. 검증결과 덕트의 빼기구배는 약 3° 이며 Fig. 13의 ㉑, ㉒에서 언더컷이 발생함을 파악할 수 있다. 그러나, 검증자가 언더컷의 부위에 Fig. 13의 과 같이 마크업을 하여 고객업체와의 협의를 통한 설계변경을 수행함으로써 언더컷을 제거할 수 있다 Fig. 13의 ㉓에 나타난 바와 같이. 따라서 검증자는 검증결과를 고유파일로 저장하여 서버에 등록함으로써 고객업체의 설계검토 및 변경을 요청한다. 검토요청을 받은 고객업체는 제품의 기능 및 용도에 따라 설계변경을 수행하거나 금형업체에게 언더컷의 처리를 요청하게 된다.

7. 결론

사출금형설계를 위한 웹기반 구배검증 시스템에 대해 연구함으로써 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 사출금형 초기설계단계에서의 협업 시스템 개발을 위한 방법론 제시와 프로토타입 시스템을 구현하여 타당성을 검증하였다.
- (2) 구배검증시스템을 웹상에서 구현하여 지리적으로 분산되어 있는 고객업체, 사출업체 및 금형업체 등이 이를 통하여 사출제품의 설계검토와 구배검증이 가능하다.
- (3) 분산환경에 적합한 고유파일을 설계하였고 InterOp 와 ACIS 커널을 이용하여 다양한 CAD 데이터 형식을 지원할 수 있도록 하였다.
- (4) 비싼 CAD 시스템이나 하드웨어 없이 인터넷 익스플로러 만으로 CAD 데이터의 디자인 검토, 빼기구배 및 언더컷 검증이 가능한 웹기반 협업 시스템을 개발하였다.
- (5) 개발된 시스템을 이용한 협업으로 설계시간 단축, 원가 절감 및 설계 변화에 대한 빠른 대응이 가능하다.
- (6) 실제 설계 모델을 이용한 구배검증 예를 통

해 개발된 시스템의 효율성을 입증하였다.

참고문헌

- (1) Ahn, S. H., Roundy, S., Wright, P. K. and Liou, S. Y., 1999, "Design Consultant : A Network-based Concurrent Design Environment," *Proceeding of ASME IMEC & E*, pp. 23~30.
- (2) Chung, S. C. and Song, I. H., 2004, "Web-based Design and Dimension Verification System using STEP Files," *Transactions of the KSME, A*, Vol. 28, No. 7, pp. 961~969.
- (3) Chung, J. H. and Lee, K. W., 2002, "A Framework of Collaborative Design Environment for Injection Molding," *Computers in Industry*, Vol. 47, pp. 319~337.
- (4) Dassault Systemes Homepage, "http://www.3ds.com,"
- (5) PTC Homepage, "http://www.ptc.com,"
- (6) Actify Homepage, "http://www.actify.com,"
- (7) Fu, M. W., Fuh, J. Y. H. and Nee, A. Y. C., 1999, "Undercut feature recognition in an injection mould design system," *Computer-Aided Design*, Vol. 31, pp. 777~790.
- (8) Chen, L. L., Chou, S. Y. and Woo, T. C., 1995, "Partial Visibility for Selecting a Parting Direction in Mold and Die Design," *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 14, pp. 319~330.
- (9) Ganter, M. A. and Skoglund, P. A., 1993, "Feature Extraction for Casting Core Development," *ASME Journal of Mechanical Design*, Vol. 115, pp. 744~749.
- (10) Rosen, D. W., 1994, "Toward automated construction of Moulds and dies," *ASME Computers in Engineering*, Vol. 1, pp. 317~326.
- (11) Chung, S. C., Kim, K. D. and Song, I. H., 2003, "An Internet-based Dimensional Verification System for Reverse Engineering," *Transactions of the KSME, A*, Vol. 27, No. 8, pp. 1409~1417.
- (12) Chung, S. C. and Song, I. H., 2003, "Web-based Precision Dimensional Verification System for Rapid Design and Manufacture," *ASPE's 18th Annual Meeting, Portland, Oregon*, pp. 359~362.
- (13) Spatial corporation, "http://www.spatial.com,"
- (14) Shin, Y. J. and Han, S. H., 1998, "Data Enhancement for Sharing of Ship Design Models," *Computers-Aided Design*, Vol. 12, pp. 931~941.
- (15) Chung, S. C. and Song, I. H., 2005, "Design of Lightweight CAD File for Distributed CAD Verification System," *Transactions of the KSME, A*, In Process.
- (16) Hui, K. C., 1997, "Geometric aspects of the mouldability of parts," *Computer-Aided Design*, Vol. 29, pp. 197~208.
- (17) Ye, X. G., Fuh, J. Y. H. and Lee, K. S., 2001, "A Hybrid Method for Recognition of Undercut Features from Moulded Parts," *Computer-Aided Design*, Vol. 33, pp. 1023~1034.