

주문자 요구에 유연하게 대응하는 금형 부품의 전자 거래

E-Machining of Engineering-to-Order Mold Parts from e-Catalog

문두환(Duhwan Mun)*, 장광섭(Kwangsub Jang)**,
한순홍(Soonhung Han)***, 김준환(Junhwan Kim)****, 황호진(Hojin Hwang)*****

초 록

많은 금형 부품의 거래에서는, 고객이 표준화된 기성품에서 대해서, 제조업체의 제조 가능한 범위에서 설계 사양을 수정하여 주문하는 패턴이 일반적이다. 기존의 전자카탈로그 시스템은 기성품의 거래에 최적화 되어 있어서 이와 같은 주문품의 거래에 적용하기가 어렵다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해서 본 논문에서는, 제품에 대한 설계 지식 및 제조 업체의 생산 지식을 적용하여, 전자카탈로그 시스템에서 주문품의 거래를 가능하게 하는, 주문자 설계변경을 통한 거래 (ETO: engineering-to-order) 방법을 제안한다. 그리고 ETO 방법의 구현을 위해 필요한 주요 요소기술에 대해서 분석하고, 금형 부품 중 하나인 이젝터핀과 몰드베이스에 대해서 실험한 결과에 대해서 소개한다.

ABSTRACT

In the mold parts industry, customers typically place orders for order-made parts with some changes to the design specifications of ready-made parts within the extent of the manufacturing capability of the supplier. Being customized for ready-made parts, existing e-Catalog systems cannot support the above trade pattern. To solve this problem, an ETO (engineering-to-order) method is proposed here, enabling the trade of order-made parts in an e-Catalog system by utilizing the design and manufacturing knowledge of the part suppliers. After addressing technological challenges and solutions, we briefly describe application of the ETO method to two types of mold parts - ejector pins and mold bases.

키워드 : 분류체계, 전자카탈로그, 주문자 설계변경을 통한 거래, 금형부품
Data Dictionary, e-Catalog, Engineering-to-Order (ETO), Mold Parts

* 한국해양연구원 해양시스템안전연구소, 선임연구원
** (주)부품다비, 과장
*** 한국과학기술원 기계공학과, 정교수
**** WRG, 책임연구원
***** 한국해양연구원 해양시스템안전연구소, 선임연구원

1. 서 론

컴퓨터와 인터넷, 디지털 정보기술의 발달에 따라, 제조업체들은 기존의 종이 카탈로그에서 제공했던 치수, 성능과 같은 사양 정보뿐만 아니라 2D/3D CAD (computer-aided design) 모델을 웹 기반 전자카탈로그 시스템을 통하여 제공하고 있다[1,2,3].

전자카탈로그 시스템에서 부품 사양 정보는 미리 정해진 분류체계에 따라서 제공되고, 분류 체계는 주로 데이터 사전(data dictionary)을 사용한다[4]. 데이터 사전은 분류 트리(classification tree) 형태로 표현되는 부품 카테고리 (category) 및 카테고리들 간의 계층 구조 정보(부모-자식 관계 정보 또는 일반화-전문화 관계)와, 해당 카테고리에 속한 부품의 특징을 기술하는 속성(attribute)들을 포함한다[5,6,19]. 데이터 사전에서 제공하는 기술 속성의 종류로는, 회사명, 가격, 납기등과 같은 일반 거래 정보와, 부품의 설계 정보 (예, 스위치 부품의 동작 전압/전류)로 구성된다.

대부분의 금형 부품의 경우, 주문자가 사양이 결정된 기성품(ready-made part)의 주요 사양(치수, 공차, 추가가공 등)을 변경한 후 구매 요구를 내고, 금형 부품 제조 회사는 수정된 설계 사양에 따라 부품을 제조한 후 판매를 한다. 즉 금형 부품의 경우, 고객은 전자카탈로그 시스템에서 제공하는 기성품을 바로 구매하는 것이 아니라, 별도의 옵션을 추가하거나 주요 치수를 변경한, 주문품(order-made part) 형태로 구매한다. 그러나 전자카탈로그 시스템의 분류체계를 이용

한 부품 선택 및 구매 방식은, 이와 같은 옵션 처리 및 사양 변경을 반영한 부품 구매 프로세스를 지원할 수 없다.

별도로 제공되는 소프트웨어를 이용하여, 고객이 주문품의 설계 및 주문을 할 수 있는 서비스[7]나, 구매자로부터 주문을 원하는 부품의 설계 정보를 받아 입찰을 대행하는 서비스[8]도 상용화되어 있으나, 이러한 상용 서비스들은 주문자가 수작업으로 주문을 해야 하고, 가격과 납기가 직접적인 연동이 되지 않으며, 제조업체의 생산 능력이 가능한지 파악할 수 없다는 문제점이 있다.

전자카탈로그 시스템 기반의 주문형 금형 부품의 거래는, 대량 생산 제품 (기성품)의 판매를 목적으로 하는 전자카탈로그 시스템에서, 고객의 개별적인 요구사항을 만족시키는 것을 목표로 한다는 점에서, 대량 맞춤 생산 (mass customization) 개념과 유사하다고 볼 수 있다.

기존의 대량 맞춤 생산에 관한 연구를 살펴보면, 제품 패밀리 모델 (product family model) [12,13] 별로 설계 파라미터(design parameter)들을 정의[9-11]한 후, 다음과 같은 방법으로 상세 설계 안을 결정하게 된다.

- 1) 기능 요구 사항과 설계 파라미터간의 매핑 관계 및 고객의 기능 요구사항 평가 기법(참고문헌 [11]의 *Conjoint Analysis*)을 이용하여, 입력 받은 제품의 기능 요구사항 (functional requirements)을 만족시키는 설계 안을 제공[11]
- 2) 설계 규칙을 이용하여 입력 받은 주요 설계 파라미터를 만족시키는 제품의

상세 설계 사양을 계산 [9,10]

- 3) 설계 사양 최적화를 위해서 지식 추론 기법[10]을 이용하거나 생산 프로세스 별 비용을 고려[14]

그리고 주문품의 제조를 위해서는 제조 업체에게 주문품의 설계 사양이 제공[15]되어야 하기 때문에, 주문품의 2D/3D CAD 모델을 생성하는 방법[9,16]도 연구되었다.

그러나 기존의 대량 맞춤 생산에 관한 연구들은, 제품 패밀리 모델을 활용한 주문품의 설계 사양 결정에 초점을 맞추고 있고 전자카탈로그 기반의 거래에 필요한 다음과 같은 문제들을 포괄적으로 해결하지 못하는 한계성을 가지고 있다.

- 1) 부품 라이브러리에서 유사 부품의 검색
- 2) 업체별 제조 가능성 검증
- 3) 가격/납기의 산정
- 4) 추가 가공에 따른 제조 도면의 생성

예를 들어 기존의 전자카탈로그 데이터베이스에서 주문자가 입력한 사양의 제품이 없을 경우 유사 사양을 가진 제품을 찾아야 하는데, 설계 파라미터들 별로 수정 여부에 따라 가격/납기/제조가능성 등이 바뀌기 때문에, 유사 부품의 검색 기준이 판전이 된다.

그러나 기존 연구들은 이와 같은 문제를 반영하고 있지 않다.

본 논문에서는 전자카탈로그 시스템을 기반으로 제품에 대한 설계 지식 및 제조 업체 생산 지식을 적용하여, 주문형 금형 부품의 거래를 가능하게 하는 주문자 설계변경을 통한 거래 (ETO: engineering-to-order) 방법을 제안하고, 금형 부품 중 하나인 이젝터 핀과 몰드베이스에 대해서 적용한 결과에 대해서 설명한다.

인터넷이나 기존 문헌에서 검색되는 ETO는 일반적으로 설계 지식을 이용한 주문 사양 자동 결정 및 도면 생성이나, 자동 견적 및 입찰을 의미한다. 그러나 본 논문에서 제안하는 ETO 방법은 설계 지식을 이용한 주문 사양 결정 방법에 1) 가격/납기를 고려한 유사부품 검색, 2) 업체별 제조 가능성 검토, 3) 정확한 가격/납기 산정 방법을 추가한 개념으로 볼 수 있다. <표 1>은 본 논문에서 제안하는 ETO 방법과 기존 연구를 비교한 결과이다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 제2절에서는 전자카탈로그 기반의 주문품 거래를 지원하기 위한 주문자 설계 변경을 통한 거

<표 1> 기존의 연구와의 비교

	ETO	Simpson[9,14]	Slater[10]	Tseng[11,12,13]
설계 지식을 이용한 주문 사양 결정	○	○	○	○
가격/납기를 고려한 유사 부품 검색	○	×	×	×
업체별 제조 가능성 검증	○	×	○	×
정확한 가격/납기 산정	○	×	×	×
제조 도면 생성	○	○	×	×
반복적인(iterative)주문 사양 명세	×	○	×	○

래 방법에 대해서 소개한 후, 제3절에서는 제안하는 방법의 구현을 위한 주요 기술적 문제점들에 대한 해결 방법을 제시한다. 제4절에서는 금형 부품에 대해서 본 논문의 제안 방법을 적용시킨 예를 소개하고, 제5절에서는 결론 및 향후 과제에 대해서 정리한다.

2. 주문자 설계 변경을 통한 금형 부품의 거래

표준품과 대비되는 주문형 금형 부품의 판매를 위해서는 주문자 사양의 명세 방법이 필요하다. 이를 위해서는 명세 대상 사양 및 사양의 명세 절차에 대한 정의가 필요하다. 주문품 명세 사양으로 사용되는 설계 파라미터들 간에는 종속 관계, 배타 관계와 같은 여러 가지 관계가 존재한다. 같은 주문자 사양이라 하더라도 회사별로 제조 가능 여부는 달라진다. 그리고 한 제조사에서 표준품인 것이 보유 설비나 인력에 의해서 다른 회사에서는 표준품이 아닐 수 있다. 그리고 주문형 금형의 가격 및 납기는 당연히 표준품의 그것들과 다르게 된다. 표준품은 제조 절차 및 방법이 이미 정해진 것이어서, 제품 코드만 있어도 제조업체가 생산이 가능하다. 주문형 금형의 경우 사양이 주문자에 의해서 변경된 것이기 때문에, 생산을 위한 별도의 추가 정보가 필요하다.

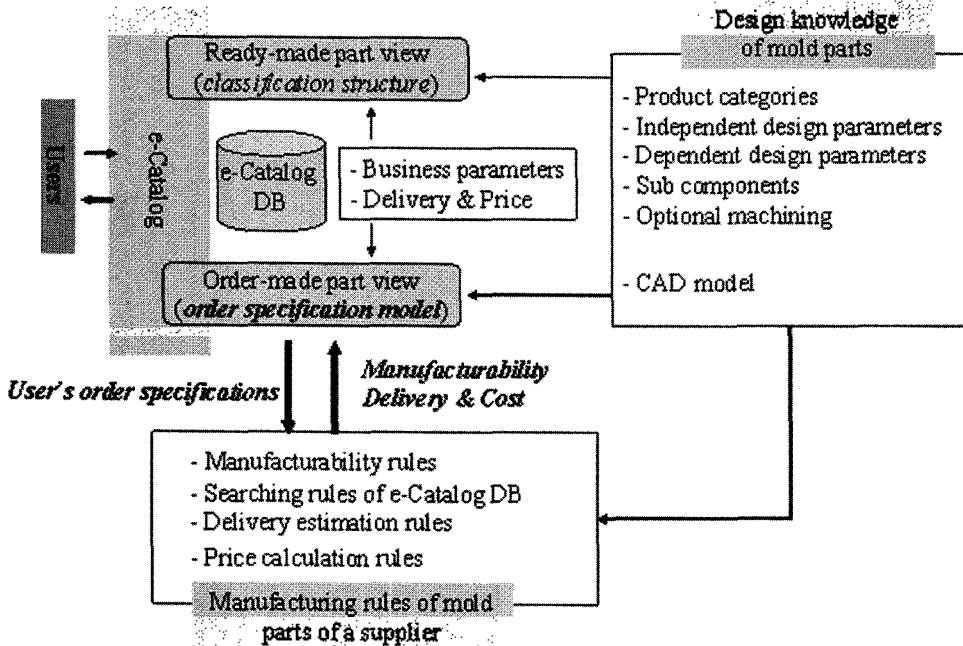
본 논문에서 제안하는 주문자 설계변경을 통한 거래 (ETO: engineering-to-order) 방법은, 각 제품의 설계 지식 및 업체별 제조 공정에 대한 지식을 활용하여, 기존의 표준

품 거래를 위한 전자카탈로그 시스템에서 지원할 수 없는 주문품에 대한 거래를 지원하는 것이다. 이를 위해서는 거래 대상 부품의 설계 지식의 구조화 및 주문품의 사양 결정 프로세스를 정의하는 것이 필요하다. 그리고 정의된 설계 지식 및 주문 프로세스에 따라 1) 가격/납기를 고려한 유사부품 검색, 2) 업체별 제조 가능성 검토, 3) 정확한 가격/납기 산정 문제를 해결해야 한다.

본 논문에서는 주문자 설계변경을 통한 거래 지원을 위해서 다음과 같은 가정을 한다.

- 1) 제품을 생산하는 제조 업체는 기존의 대량 생산이 가능한 규격 표준품을 판매하고 있으면서, 기존 설비나 공정의 변동이 없는 상태에서 공차, 치수, 추가 가공과 같은 설계 사양에 대한 고객의 수정 요구에 대한 대응이 가능하다.
- 2) 전자카탈로그의 목적이 제품의 거래 지원에 있기 때문에 주문품에 대한 정확한 가격/납기를 산정하는 작업이 중요하다.

주문자 설계변경을 통한 거래 방법에서 고객은 <그림 1>과 같이 전자카탈로그 시스템의 인터페이스를 통해서 기성품 및 주문품의 거래를 한다. 이를 위해서는 금형 부품의 설계 지식을 활용하여, 전자카탈로그 검색에 활용할 주문 사양 모델과 사양 명세 절차를 정의한다. 주문사양 모델(order specification model)은, 제품 카테고리(C_p), 독립 설계 변수(ID), 종속 설계 변수(DD), 서브 컴포넌트(S), 추가 가공(O_p), 거래 속성



〈그림 1〉 ETO 방법의 개념

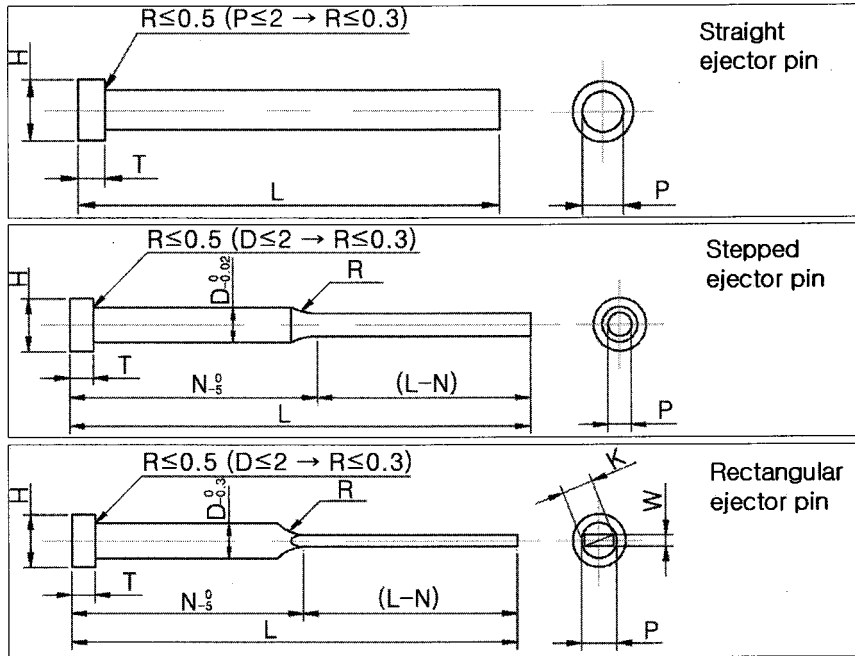
(BP_i), 가격(price) 및 납기(delivery)로 구성된다. 주문 절차에 따라 고객이 입력한 사양에 맞는 제품이 부품 데이터베이스에서 없을 경우, 부품 데이터베이스에서 가장 유사한 부품을 검색(searching rule SR , 활용)한 후, 입력 사양에 따라 제조가 가능한지 검증(manufacturing rule MR , 활용)하고, 주문품에 대한 가격 및 납기를 산정(delivery estimation rule DR_i , price calculation rule PR , 활용)한다. 마지막으로 고객이 주문품에 대한 거래를 최종승인 하면, 도면을 생성한 후 제조업체에서 송부하여 생산에 활용한다.

3. 주문형 금형 부품의 거래 지원을 위한 전자카탈로그 시스템

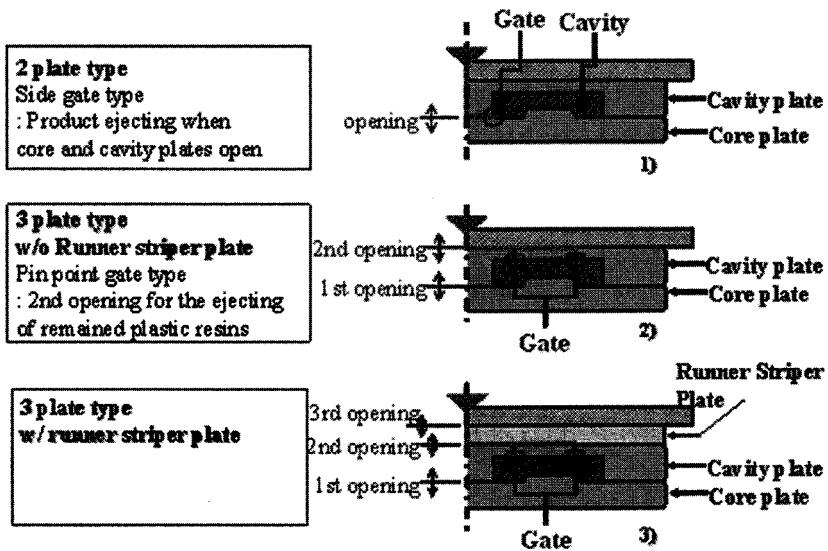
3.1 이젝터 핀과 몰드베이스

본 연구의 구현 대상인 이젝터 핀과 몰드베이스에 대해서 소개한다. 이젝터 핀은 〈그림 2〉와 같이, 스트레이트 이젝터 핀(straight ejector pin), 단불이 이젝터 핀(stepped ejector pin), 각형 이젝터 핀(rectangular ejector pin)의 3가지로 나뉜다. 이젝터핀은 단품 형태로 판매되고 주요 치수 및 공차 변경, 추가 가공의 선택이 가능하다.

몰드베이스는 〈그림 3〉과 같이, 휘출 메커니



<그림 2> 이젝터 핀의 종류와 주요 사양



<그림 3> 몰드베이스의 종류

즘 구현을 위한 플레이트(Plate) 구성에 따라, 2플레이트 형, R판 없는 3플레이트 형, R판 있는 3플레이트 형으로 나뉜다. 취출 메커니즘은 몰드베이스에 플라스틱 수지를 넣어 제품을 성형한 후, 제품과 잔여 수지를 몰드베이스에서 빼내는 과정을 말하는 것으로, 취출 메커니즘은 게이트 타입(gate type)에 따라 달라진다. 몰드베이스의 경우 이젝터 핀과 달리 조립품이기 때문에, 판의 체결이나 취출 메커니즘을 위해서 서브 컴포넌트를 사용한다. 몰드베이스는 조립품으로 판매가 되고, 포켓 가공과 같은 추가가공이 가능하며, 금형 설계자가 몰드베이스의 구성 부품인 서포트 핀, 플러블트와 같은 표준 금형 부품을 선택할 수 있다.

3.2 주문 사양의 구조화 및 주문 절차의 정의

주문형 금형 부품의 거래를 지원하는 과정에서 고객은 제품의 사양항목들을 변경하여 주문을 하고, 전자카탈로그 시스템은 변경된 사양에 대해서 제조 가능성을 검증하고, 가격/납기를 산정하여 고객에게 제공하여 구매 유무를 결정할 수 있도록 해야 한다. 이를 위해서는 전자카탈로그 시스템 내부에, 고객이 변경 가능한 설계 사양을 표현할 수 있는 모델과, 주문 사양 명세 절차를 정의해야 한다.

제품의 설계 변수들이 연관 관계를 맺고 있어, 변수 하나가 변경되면 다른 변수들이 그에 따라 변경된다. 따라서 고객과의 반복적인 feedback 없이 자동으로 주문 사양을

명세하기 위해서는, 주문 절차가 순차적으로 이루어져야 하고 다음과 같은 조건이 필요하다.

요구조건 1: 주문 단계 j 에서 변수 P_k 의 변경은 주문 앞 단계 j 에서 값이 이미 결정된 변수 P_i 에 영향을 미치면 안 된다 (여기서 주문 단계 j 가 주문 단계 i 보다 앞서고, P_k 와 P_i 는 서로 다른 변수이다).

요구조건 1을 만족시키면서, 고객과의 반복적인 feedback 없이, 주문형 금형 부품의 거래를 위해서는, 설계 지식을 이용한 주문 사양 결정과 함께, 가격/납기를 고려한 유사 부품 검색, 업체별 제조 가능성 검토, 정확한 가격/납기 산정을 지원할 수 있는, 일반적인 설계 사양의 구조화 및 주문 절차의 정의가 필요하다.

3.2.1 주문 사양의 구조화

본 논문에서는 여러 주문 사양들을 구조화하여 <그림 4>와 같이 주문사양 모델을 정의하였다 (다이어그램의 표시는 EXPRESS-G[17]을 사용하였다). 주문사양 모델은 제품 카테고리(product_category), 독립변수 (independent_design_parameter), 종속변수 (dependent_design_parameter), 서브 컴포넌트(sub_component), 추가가공(optional_machining)으로 구성된다.

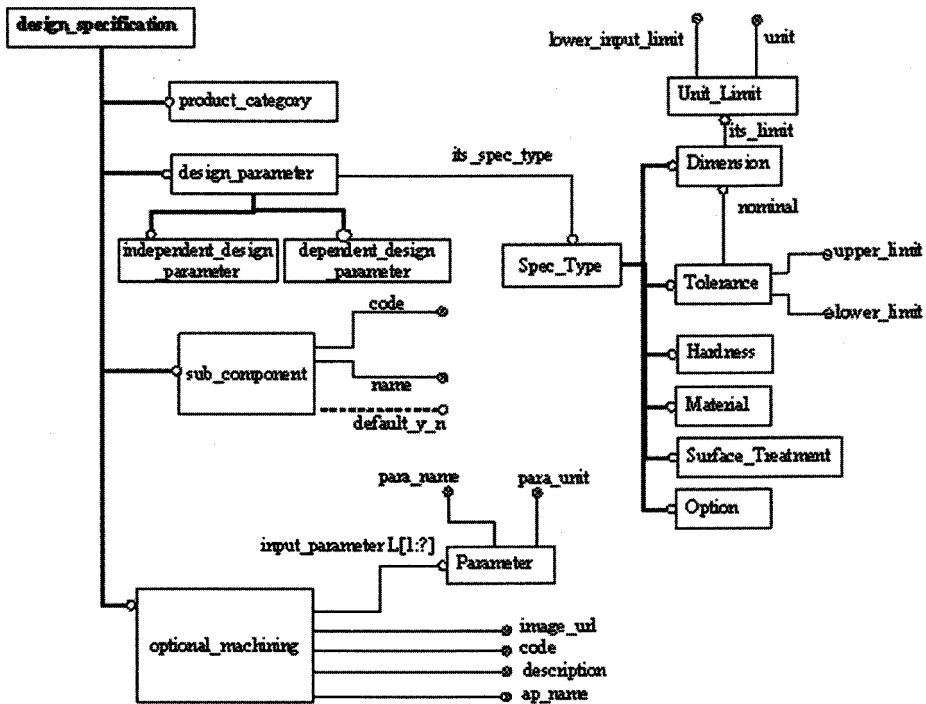
제품 카테고리는 형상이나 기능에 따라 제품의 타입을 구분한 정보이고, 독립변수는 주문품의 사양 입력 과정 초기에 주문자가 입력하는 변수로써, 이 변수의 값에 따라 전

자카탈로그 시스템의 기성품 데이터베이스에서 유사부품을 검색한 후, 종속변수 및 서브 컴포넌트의 값을 결정한다. 종속변수는 독립변수에 영향을 받는 변수로써, 본 논문에서 종속변수는, 독립변수가 결정된 후에, 미리 정해진 관계식에 의해서 자동으로 계산되고, 추후 사용자가 허용 범위 내에서 변경할 수 있는 변수를 말한다.

독립변수와 종속변수는 공차(tolerance), 경도(hardness), 재질(material), 표면 처리(surface_treatment), 옵션(option)으로 나뉜다. 옵션은 밀판 옵션과 같이 구매자에 의해서 유무가 결정되는 사양, 형판 작동 방식과 같

이 주어진 임의의 설계 값 중에서 하나를 선택하는 사양 등을 정의할 때 사용한다. 치수의 경우 제조가 가능한 치수의 최소값(lower_input_limit)과 단위(unit) 정보를 가지고 있다. 예를 들어 이젝터 핀에서 전체길이(L)은 0.5mm 단위까지 제조가 가능하다. 공차(tolerance)는 적용 대상 치수(tol_obejct), 공차값(upper_limit, lower_limit) 정보를 가지고 있다.

주문품이 여러 단품 및 서브 컴포넌트로 구성된 조립품일 경우 서브 컴포넌트도 변경이 가능한 사양이 되고 전자카탈로그 시스템의 분류체계를 이용하여 부품을 검색한



〈그림 4〉 주문 사양 모델

후 변경을 한다. 서브 컴포넌트는 기성품에 기본적으로 포함되는 종류와 구매자에 의해서 추가적으로 선택되는 종류 2가지로 나누어서, 서브 컴포넌트의 속성 중 하나인 default_y_n를 이용하여 이 정보를 나타낸다. 추가 가공 (optional_machining)은 기성품에

평삭 (milling), 드릴링 (drilling)과 같은 추가적인 기계 가공을 뜻한다. 추가 가공 (optional machining)은 가공에 대한 설명 (description), 관련 이미지 (image_url), 추가 가공 코드(code), 추가 가공 정의 시 구매자로부터 입력 받아야 하는 파라미터 정보

〈표 2〉 이젝터 핀과 몰드베이스의 설계 사양

	이젝터핀	몰드베이스
제품 카테고리	1. 스트레이트 이젝터 핀, 단불이 이젝터 핀, 각형 이젝터 핀 2. SKH51, SHK51 + 경질 크롬도금, SUS440C, SKD61, SKD61 + 질화처리, SKD61 프리하든, SACM645 + 질화처리 (재질, 표면 처리)	1. 2 플레이트 형, R판 없는 3플레이트 형, R판 있는 3플레이트 형 (취출 메커니즘에 따른 plate의 구성) 2. A형, B형, C형, D형 (core 구성방법과 Ejecting Mechanism) 3. 밀판없음, 스페이스 블록 없음 (기타 기능 부품의 조합)
독립변수	지름 P (각형 이젝터 핀의 경우 끝부분 폭 P, 끝부분 두께 W로 나뉨), 전체 길이 L, 지름 공차, 유지부 지름 D, 유지부 길이 N	메인판 폭 MW, 메인판 길이 ML, 상형판 두께 A, 하형판 두께 B, 받침판 두께 U, 다리높이 C, 형판작동방식
종속변수	열처리 및 경도, 머리 높이 T, 머리 지름 H, 전체 길이 공차, 머리 높이 공차, 머리 지름 공차	형판 재질, 밀판 타입, T판폭 TW, R판폭 RW, C블록폭 CW, 가이드 핀 위치, 서포트 핀 위치, 플러 볼트 위치, 리턴 핀 위치, 상고정판 두께 T, 러너 스트리퍼판 두께 R, 스트리퍼판 두께 S, 이젝터 플레이트 두께 (E & F), 하고정판 두께 L, 육각렌치 볼트 개수 & 위치 (기본 판 & 밀판 결속 용), 아이볼트용 탭 옵션
서브 컴포넌트		서포트 핀, 서포트 핀 카라, 가이드 부시(서포트 핀 용), 가이드 핀, 가이드 부시, 육각렌치볼트, 리턴 핀, 플러볼트, 이젝터 가이드 핀, 이젝터 가이드 부시
추가가공	머리부(형상 가공, 넘버링 가공, 노크 핀 홀 가공, 탭 가공), 선단부(형상 가공, 다듬질 가공), 축부(가스 벤트 가공)	포켓가공, 이젝터 가이드 핀 가공

(input_parameter)를 가진다.

설계 사양 모델에 따라 정의된 이젝터 핀과 몰드베이스의 설계 사양들은 <표 2>에 정리되어 있다.

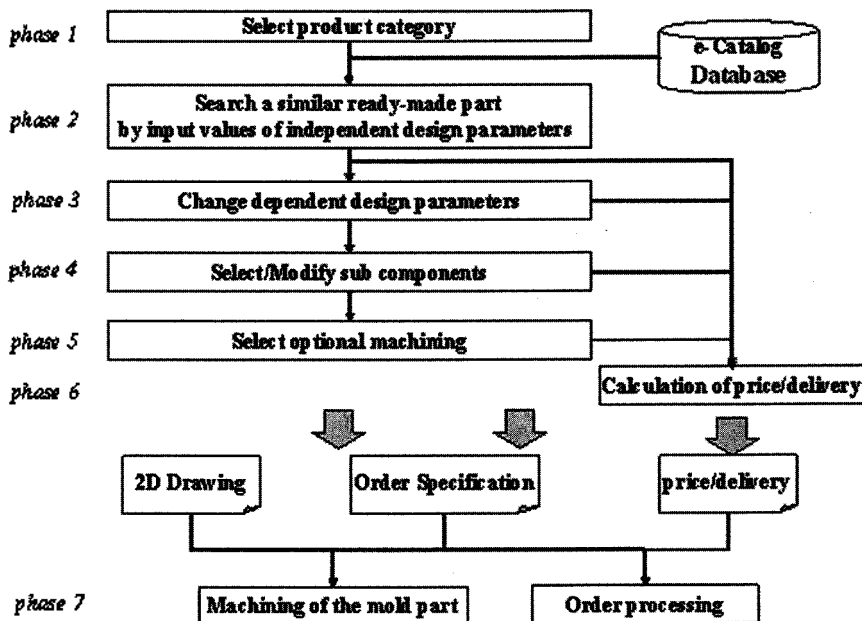
3.2.2 주문 절차의 정의

카테고리, 독립변수, 종속변수, 서브컴포넌트, 추가가공 간의 관계는 다음과 같다.

- 카테고리 ➡ 독립변수, 종속변수, 서브 컴포넌트, 추가가공
- 독립변수 ➡ 종속변수, 서브 컴포넌트, 추가가공
- 종속변수 ➡ 서브 컴포넌트, 추가가공
- 서브 컴포넌트 ➡ 추가가공

(여기서 A ➡ B는 A가 변경되면 B가 변경됨을 뜻함)

따라서 요구조건 1을 만족시키는 주문품의 주문 절차는 <그림 5>와 같게 된다. 먼저 고객은 주문하고자 하는 제품의 카테고리를 선택(phase 1)한 후, 선택된 제품 카테고리에 해당되는 독립변수를 입력하여 전자카탈로그 시스템의 기성품 데이터베이스를 검색(phase 2)한다. 입력한 사양과 동일한 제품이 없을 경우, 가격/납기 측면에서 가장 유리한 유사 제품을 검색하여 반환한 후, 고객의 입력 값에 따라 독립변수를 수정한다. 고객은 검색된 제품에 대해서 종속변수를 수정(phase 3)하고, 조립품의 경우에는 서브컴포넌트를 선택/수정(phase 4)한다. 마지



<그림 5> ETO 금형 부품의 주문 절차

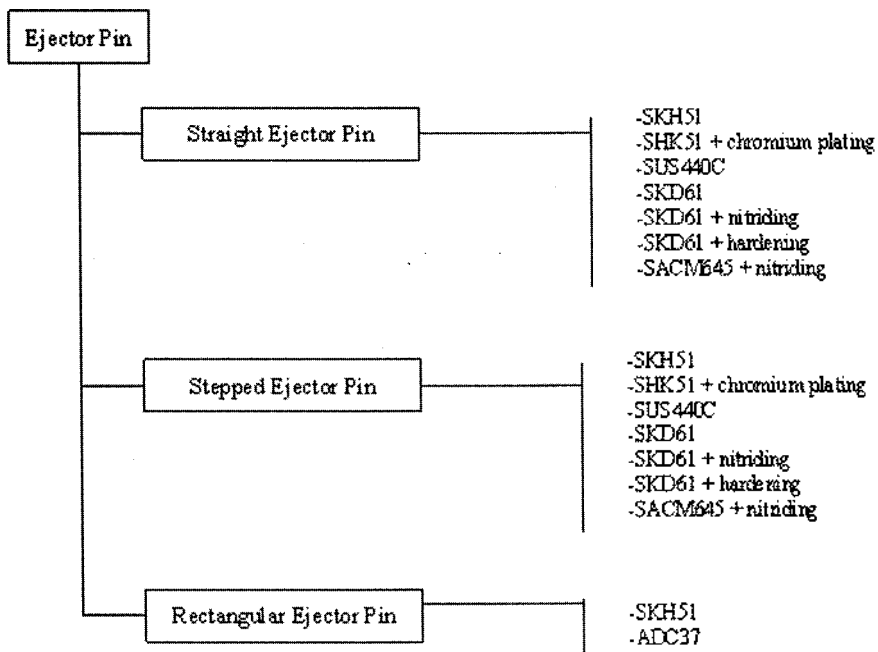
막으로 추가가공을 지정(phase 5)하면 주문 사양의 명세 과정은 끝난다. 그리고 각 사양 명세 단계(phase 1, 2, 3, 4, 5)에서 고객의 수정 값에 따른 제조 가능성을 체크하고 주문품에 대한 가격/납기(phase 6)를 계산한다. 고객이 계산된 가격/납기에 만족하여 거래를 승인하면, 제조 도면을 생성하여 제조 업체에 송부하고 거래 과정을 진행한다(phase 7).

3.3 주문 사양 명세를 위한 유사 부품의 검색

주문 사양 명세를 위해서, 고객은 <그림 6>과 같이 트리 형태로 표현된 주문 사양 모델의 제품 카테고리 정보를 통해, 구매하고

자 하는 제품의 타입을 먼저 선택한다. 선택된 카테고리에 따라 고객이 변경할 수 있는 독립변수, 종속변수, 서브 컴포넌트, 추가가공의 종류가 달라지게 된다(<그림 5>의 phase 1).

제품 카테고리 선택 후 독립 변수를 입력하면, 기존의 전자카탈로그 시스템의 기성품 데이터베이스에 입력 사양과 동일한 제품이 있으면 이를 반환하고 존재하지 않으면 유사한 사양을 가진 제품을 검색한다(<그림 5>의 phase 2). 유사 제품의 검색은 설계 사양들 별로 수정 여부에 따라 가격 및 납기가 달라지기 때문에, 가격/납기를 최적화 시킬 수 있는 검색 기준이 필요하다. 본 연구에서는 설계 사양들이 가격/납기에 영향을 미치는 정도를 조사하여 유사품 검색 시 가격/



<그림 6> 이젝터 핀의 제품 카테고리

납기에 대한 영향도가 큰 변수의 값이 동일한 제품을 검색한다.

유사품 검색조건 1: 변수 P_k 의 가격/납기에 대한 영향도가 P_i 보다 클 때, 변수 P_k 의 값이 동일한 제품들을 먼저 검색하고 검색된 부품 목록 (L_k)에서 P_i 값이 사용자 입력 값보다 작지 않으면서 가장 비슷한 제품을 반환한다.

유사품 검색조건 2: 변수 P_k 의 가격/납기에 대한 영향도가 P_i 보다 클 때, 변수 P_k 의 값과 동일한 제품이 없을 경우, P_i 값이 사용자 입력 값보다 작지 않으면서 가장 비슷한 제품들을 먼저 검색하고 검색된 부품 목록 (L_i)에서 P_k 값이 사용자 입력 값보다 작지 않으면서 가장 비슷한 제품을 반환한다.

예를 들어 밀핀의 독립변수들의 영향도는 다음과 같다.

$$P(\text{각 이젝터 핀의 경우 } P, W) \gg N \gg L$$

이와 같은 독립변수들의 가격/납기에 대한 영향도는, 사양 변경에 따른 제조 과정에서의 난이도와 관련이 있다. 즉 P 값이 변경될 경우 선반 작업이 필요하고 L 값이 변경될 경우 절단 작업이 필요한데, 선반 작업이 절단 작업보다 제조 비용 및 시간이 더 높기 때문에, P의 영향도가 더 높게 된다.

유사품 검색 과정의 설명을 위해 이젝터 핀의 독립변수 L과 P 두 개의 입력만을 고려한 간단한 예를 표 3에서 살펴본다. Case 1에서는 후보 제품들의 P 값이 입력 값과 일치하지 않아 L 값이 유사한 것을 찾는다. 고객의 입력 L 값과 Part 2의 L 값이 동일하여 유사품 검색조건 2에 의해서 Part 2를 반환한다. Case 2에서는 고객의 입력 P 값이 Part 1의 P 값과 동일하기 때문에 유사품 검색조건 1에 의해서 Part 1을 반환한다. Case 3에서는 후보 제품들의 P 값이 입력 값과 일치하지 않아 L 값이 유사한 것을 찾는다. Part 2가 L 값이 동일하지만 P 값이 입력 P 값보다 작기 때문에 Part 1을 반환한다.

유사품을 검색 후 종속변수 (<그림 5)의 phase 3)의 변경, 서브컴포넌트(<그림 5)의

<표 3> 주문 사양 명세를 위한 유사 부품의 검색

	Customer's inputs	Candidates	Search result
Case 1	L=100, P=0.8	Part 1: L=120, P=0.9	Part 2
		Part 2: L=100, P=0.85	
Case 2	L=100, P=0.8	Part 1: L=120, P=0.8	Part 1
		Part 2: L=100, P=0.7	
Case 3	L=100, P=0.8	Part 1: L=120, P=0.9	Part 1
		Part 2: L=100, P=0.7	

phase 4) 변경 및 추가. 추가가공(그림 5)의 phase 5)의 선택을 하고 가격/납기를 재산정(35절 참조)한다.

3.4 제조 가능성 검증

금형 부품의 거래는 제조업체에서 제조 가능한 범위 내에서 기성품의 설계 사양을 수정하여 주문하는 패턴이 일반적이다. 이를 위해서 전자카탈로그 시스템에서는 주문 사양 명세 단계에서 보유 시설의 종류 및 용량, 작업자의 기술 정도에 따른 제조 가능성 검토가 필요하다.

본 논문에서 제안하는 ETO 시스템은, 각 부품의 주문 사양에 대한 허용 범위에 대한 데이터베이스를 구축하여, 고객이 입력한 사양에 대한 제조 가능성을 검증하는 방식을 사용한다. 데이터베이스 구축을 위해서 3.2절에서 설명한 설계 사양 모델에 따른 각 제품별 사양 값의 허용 범위들, 구축 대상 업체의 종이 카탈로그를 이용하거나 담당자와

의 회의를 통해 얻었다.

제조 가능성 규칙은 다음과 같이 구분된다.

A. 설계 사양들간의 연관 규칙

- 카테고리과 종속변수 간의 연관 규칙 (Relation rule between product category and dependent design parameters): 제품 카테고리에 따라서 종속변수의 값이 결정되는 경우를 말한다.
- 독립변수와 종속변수 간의 연관 규칙 (Relation rule between independent design parameters and dependent design parameters): 독립변수의 변경에 따라 종속변수가 변경되는 규칙이 존재한다.
- 종속변수 간의 연관 규칙 (Relation rule between dependent design parameters): 종속변수의 α 를 수정할 경우 다른 종속변수 β 가 변경되는 경우가 발생한다.
- 독립변수와 서브 컴포넌트와의 연관 규칙 (Relation rule between independent design parameter and sub components):

〈표 4〉 제품 카테고리과 종속변수간의 연관 규칙의 예

	L tolerance	T tolerance	H tolerance
SACM645+ chromium plating	+0.1 ~ +5	-0.05 ~ 0	-0.2 ~ 0
SKD61+ nitriding	+0.1 ~ +5	-0.05 ~ 0	-0.2 ~ 0
SKH51	+0.5 ~ +1	-0.02 ~ 0	-0.2 ~ 0

〈표 5〉 각형 이젝터 핀의 설계 사양 최소 입력 단위

	P	L	D	N
SKH51	0.01mm	0.01mm	0.5mm	1mm

독립 변수의 α 를 수정할 경우 서브 컴포넌트 β 가 변경되는 경우가 발생한다.

- 종속변수와 서브 컴포넌트와의 연관 규칙 (Relation rule between independent design parameter and sub components): 종속 변수의 α 를 수정할 경우 서브 컴포넌트 β 가 변경되는 경우가 발생한다.

설계 사양들간의 연관 규칙의 한 예로 스펙트레이트 이젝터 핀의 제품 카테고리 선택에 따른 종속변수(L 공차, T 공차, H 공차)의 변경 규칙이 <표 4>에 나타나있다.

B. 설계 사양의 최소단위 입력 제한 규칙

제조사의 생산 정밀도의 한계로 인해서, 사용자가 입력할 수 있는 치수의 최소 단위가 존재한다. 각 이젝터 핀의 독립 변수인 P, L, D, N의 최소 입력 단위가 <표 5>에 나

타나 있다.

C. 설계 사양의 배타 규칙

고객이 사양 α 를 선택할 경우 다른 사양 β 를 선택할 수 없는 경우가 발생한다. 예를 들어 <표 6>에는 추가가공들간의 병용 불가 규칙을 보여주고 있다.

3.5 가격/납기의 산정

전자카탈로그 시스템의 목적은 제품의 거래에 있기 때문에, 고객의 주문 사양에 따른 제품의 가격/납기는, 단순히 예측 또는 근사값이 아니라 거래를 진행할 수 있는 정확한 값을 가져야 한다.

본 연구 초기에는 이젝터핀 및 몰드베이의 가격/납기를 산정하기 위한 모델(함수)

<표 6> 추가 가공들간의 병용 불가 규칙

추가 가공 유형	동일 유형의 추가 가공 병용 불가	다른 유형의 추가 가공 병용 불가
머리부 절단 가공 (선단 추가가공 무)	넘버링 가공 (4면 절단 가공인 경우) 노크 핀 홀 가공 탭 가공 머리부 절단 가공 (선단 추가가공 유)	선단 형상 가공
머리부 절단 가공 (선단 추가가공 유)	머리부 절단 가공 (선단 추가가공 무)	
넘버링 가공	머리부 절단 가공 중 4면 절단 탭 가공 노크 핀 홀 가공	
노크 핀 홀 가공	머리부 절단 가공탭 가공	
탭 가공	머리부 절단 가공 노크 핀 홀 가공 넘버링 가공	

를 정의하려는 시도를 하였다. 그러나 주문 품의 다양한 사양 변경에 대해서, 근사값이 아니라 정확한 값을 계산하는 하나의 모델을 개발하는 것은 현실적으로 불가능하였다. 그래서 차선책으로 다음과 같은 방법을 고안하여 사용하였다.

A. 가격/납기 계산 측면에서 독립성을 가지는 주문 사양과 서로 연관 관계를 가지는 주문 사양을 구분

IP_p : 가격 계산에서 독립성을 가지는 주문 사양 (총 개수: v)

IP_d : 납기 계산에서 독립성을 가지는

주문 사양. (총 개수: w)

DP_{pi} : 가격 계산에서 연관성을 가지는 주문 사양. (총 개수: x)

DP_{di} : 납기 계산에서 연관성을 가지는 주문 사양. (총 개수: y)

예를 들어, 이젝터 핀의 경우 가격 측면에서의 IP_p 로는 머리 높이, 머리 지름, 추가가공이 있고 DP_{pi} 로는 이젝터핀 카테고리, 전체 길이 (L), 지름 (P), 끝부분 두께(W), 유지부 길이(N), 유지부 지름(D), 재질, 지름 공차가 있다.

〈표 7〉 가격 계산을 위한 데이터베이스 테이블 정의 및 입력 값의 예

COLUMN NAME	COLUMN DESC.	Instance value example
PIN_TYPE	이젝터핀 클래스 코드	Straight ejector pin
L_EDIT	L변경 유무	Y
P_EDIT	P변경 유무	N
W_EDIT	W변경 유무	N
N_EDIT	N변경 유무	N
MATERIAL	재질	SKH51
P_TOL	지름공차	-0.005 ~ 1
D	유지부지름	4
Lmin	전체길이 최소값	50
Lmax	전체길이 최대값	100
Pmin	지름 최소값	0.3
Pmax	지름 최대값	0.3
Wmin	끝부분두께 최소값	null
Wmax	끝부분두께 최대값	null
Nmin	유지부길이 최소값	null
Nmax	유지부길이 최대값	null
SELL_COST	판매가	13,650won

B. 가격/납기 계산 측면에서 독립성을 가지는 주문 사양의 경우, 사양 변경에 대한 가격/납기의 산정 모델 정의

$$Price(IP_{pi}) = PriceCalculationFunction (IP_{pi})$$

$$Delivery(IP_{dk}) = DeliveryCalculationFunction (IP_{dk})$$

예를 들어, 스트레이트 이젝터 핀의 경우 일반 머리 지름이 가격 계산에 있어 독립성을 가지는 주문 사양이고 변경이 발생하면 1,690 원의 추가비용이 발생된다. 그리고 스트레이트 이젝터 핀(SKH51)의 지름 공차 변경이 발생하면 납기는 5일이 된다.

C. 가격/납기 계산 측면에서 연관성을 가지는 주문 사양들에 대해서는, 실제 사양값들에 따른 가격/납기 정

보를 데이터베이스에 구축

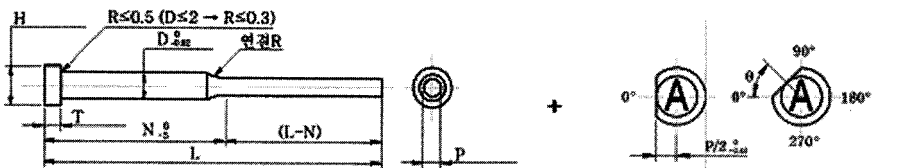
$$Price(DP_{pi}, DP_{p2}, DP_{pi}, DP_{px})$$

= 데이터베이스 검색 결과

$$Delivery(DP_{dl}, DP_{d2}, DP_{di}, DP_{dy})$$

= 데이터베이스 검색 결과

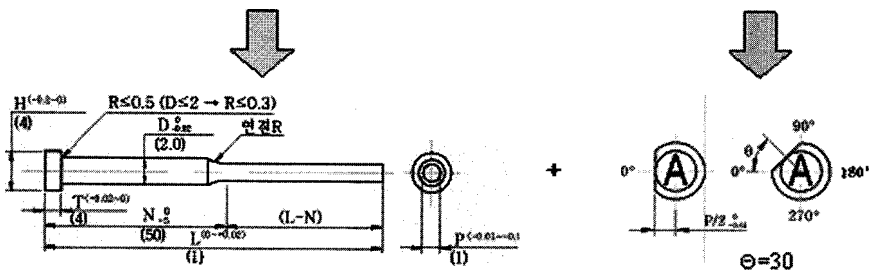
가격과 납기 산정을 위한 데이터베이스를 구축하기 위해서는 가격 및 납기를 결정하는 요소들에 대해서 분석할 필요가 있다. 금형 부품의 경우 사양의 변경 유무, 재질, 공차, 최대 및 최소값 네 가지로 구분된다. 특히 독립변수의 경우 변경 유무에 따라서 제조 공정에 많은 영향을 끼치기 때문에 각 경우 별로 구분할 필요가 있다. 이젝터 핀에 대한 가격 산정 테이블의 정의 및 입력 데이터의 예가 <표 7>에 나타나 있다.



Basic drawing
(Independent and dependent design parameters)
(sub-component)

Drawing for optional machining

(a) 2D drawing template



(b) Generated 2D drawing

<그림 7> 사용자 주문 사양에 따른 제조 도면의 생성

D. 고객 주문 사양에 대한 최종 가격/ 납기 계산

주문 사양에 대한 최종 가격은 B, C에서 계산된 값을 합하여 산정된다.

$$Price = Price(DP_{pl}, DP_{plm}, DP_{plw}, DP_{plx}) + \text{Sum of Price}(IP_i) \text{ 여기서 } i=1 \dots v.$$

주문 사양에 대한 최종 납기는 B, C에서 계산된 납기일들 중에서 최대값으로 한다.

$$Delivery = \text{Max} (Delivery(DP_{pl}, DP_{plm}, DP_{plw}, DP_{plx}), Delivery (IP_1), \dots, Delivery (IP_v))$$

3.6 제조 도면의 생성

주문 사양이 결정 되면 생산자가 주문품을 제조하기에 필요한 2D 도면의 생성이 필요하다. 본 논문에서는 2D 도면 생성을 위해서 기존의 테이블 파라메트릭 방법[16]을 적용하였다. 테이블 파라메트릭 방법에서는 대상 제품을 위상(topology)의 유사도와 같은 미리 정해진 기준에 따라 구분한 후 상용 CAD 시스템의 파트 패밀리 기능을 활용하여 마스터 모델(테이블 파라메트릭 모델)을 구축한다. 그리고 분류체계와 설계 파라미터와의 매핑 정보를 이용하여, 사용자가 선택한 제품의 CAD 모델을 생성한다.

테이블 파라메트릭 방법에서는 위상의 유사도나 파트 패밀리 기능의 특징을 활용하여 마스터 모델을 정의하기 때문에, 형상 특이성이 높은 추가가공이 반영된 주문품에 대한 도면 생성이 어렵다[21]. 그래서 본 논문에서는 추가 가공을 별도의 도면으로 처리하는 방법을 사용하였다. 따라서 생성되는

제조 도면의 종류는 기본 도면과 추가 가공 도면으로 나뉜다. 기본 도면은 구매자가 주문한 제품의 독립변수, 종속변수, 서브 컴포넌트 정보가 나타나 있는 도면이다. 추가 가공 도면은 추가 가공 정보를 담고 있는 도면으로, 각 추가가공 별로 별도의 도면들을 생성한다. 도면의 생성 방식은, 미리 정의된 마스터 템플릿 도면들 중에서 고객의 주문 사양에 맞는 템플릿 도면 (<그림 7> (a))을 찾은 후, 주문 사양 값을 기입하여 제조 도면(<그림 7> (b))을 생성한다.

4. 구현 및 실험

3절에서 설명한 주문형 금형 부품의 거래 지원을 위한 프레임워크를 (주)허브앳컴[18]의 전자카탈로그 시스템에 적용하였고, 그 결과 기존의 시스템으로는 거래할 수 없는 420만 건 이상의 주문형 이젝터판과, 2500만 건 이상의 주문형 몰드베이스의 처리가 가능하게 되었다.

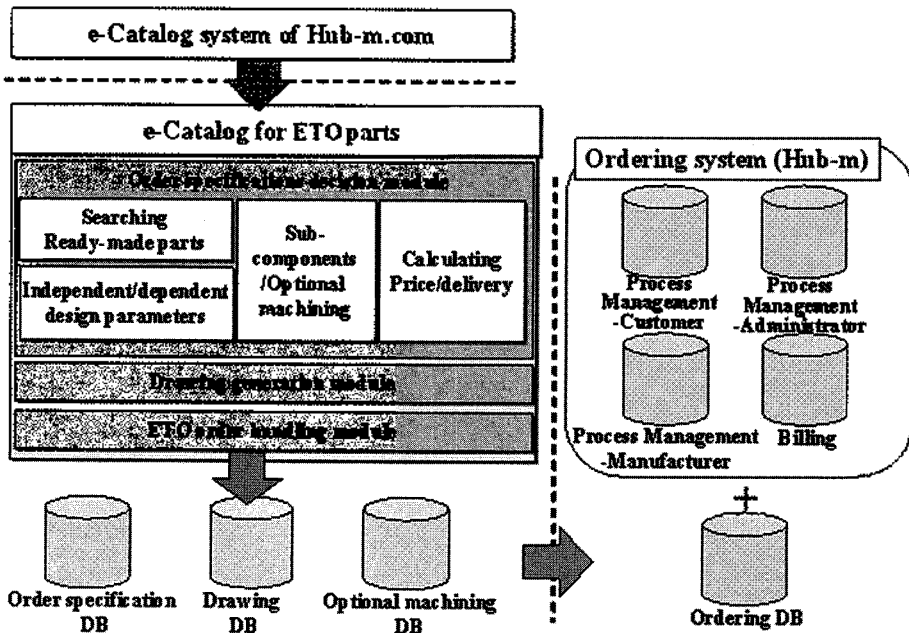
주문형 금형 부품의 거래를 위해서 구현된 시스템의 구조는 <그림 8>과 같다. 시스템은 금형 부품 사양 명세 (기본 설계 사양, 서브 컴포넌트, 추가 가공) 모듈, 도면 생성 모듈, 주문처리 모듈로 구성된다 [20]. 유사 금형 부품 검색을 위해 기존 전자카탈로그 시스템 데이터베이스와 연동을 하였고 주문형 금형 부품의 주문 처리 모듈을 기존 전자카탈로그 시스템의 주문 처리 모듈에 추가하였다.

금형 부품 사양 명세 모듈에서는 3.2절에

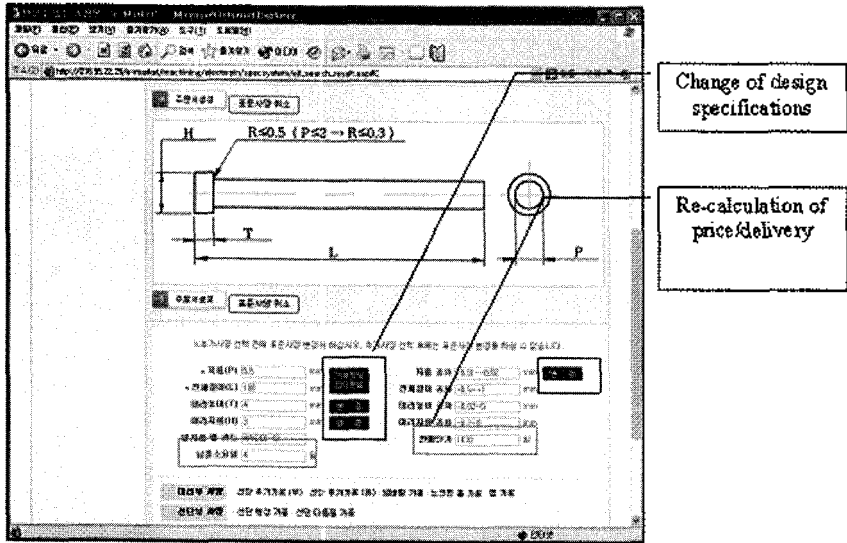
서 정의된 주문 프로세스에 따라, 구매자가 요구하는 설계 사양을 단계적으로 명세할 수 있는 기능을 제공한다. 부품 검색 기능을 통해서 사용자가 입력한 독립 변수 값과 가장 유사한 유사 부품을 전자카탈로그 시스템 데이터베이스에서 찾는다. 이와 같은 검색 기능의 구현을 위해서 전자카탈로그 시스템의 분류체계와 3.2절에서 설명한 이젝터 핀과 몰드베이스의 독립변수들간의 매핑 작업을 수행하였다. 기본 설계 사양을 결정한 후 구매자는 서브 컴포넌트 및 추가가공 관리 모듈에서 각 부품 종류별로 가능한 서브 컴포넌트와 추가가공을 선택 및 수정을 할 수 있다. 주문 사양에 따른 가격 및 납기는

가격 납기 관리 모듈에서 계산된다.

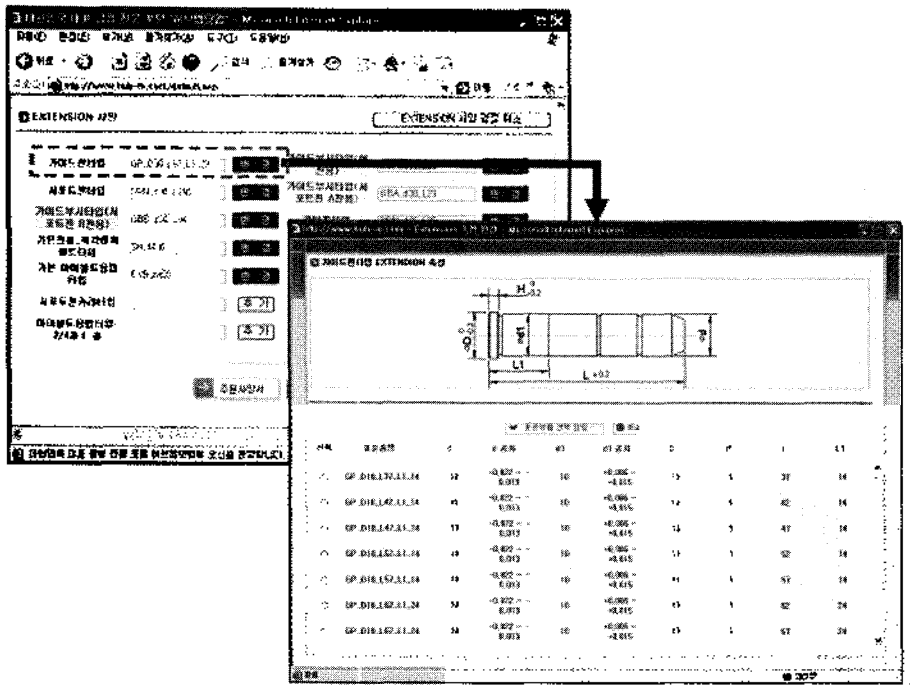
전자카탈로그 시스템 데이터베이스에서 유사 금형 부품을 검색한 후, <그림 9>과 같이 독립변수와 종속변수를 변경한다. 기본 설계 사양을 변경하고 나면 조립품의 경우 서브 컴포넌트를 선택 및 변경을 한다. 몰드 베이스에 사용되는 서브 컴포넌트 중의 하나인 가이드 핀의 규격을 변경하는 그림이 <그림 10>이다. 마지막으로 <그림 11>과 같이 추가가공의 종류를 선택한다. 이런 과정을 통해서 주문 사양이 결정되면, 제조업체가 주문품을 제조하기에 필요한 2D 도면이 <그림 12>과 같이 생성된다.



<그림 8> 주문형 금형 부품의 거래를 위한 전자카탈로그 시스템 구조



〈그림 9〉 설계 사양의 변경



〈그림 10〉 서브 컴포넌트의 추가 및 변경

5. 결 론

금형 부품의 구매 업무가 현재는 많은 부분들이 오프라인으로 이루어지고 있는 상태이고, 금형 구매 업무의 효율 향상 및 시간 단축을 위해서 가능한 많은 부분에 대해서 인터넷 기반의 프로세스 자동화를 하는 것이 바람직한 방향이다. 본 논문은 금형 부품의 구매 자동화를 어렵게 하는 주된 이유인 주문품 위주의 구매 패턴 문제를 해결하여, 기존의 전자상거래 시스템에서 거래되지 못했던 주문품에 대한 거래를 가능하게 하기 위한 시도이다.

이를 위해서 전자카탈로그 시스템을 기반으로 제품에 대한 설계 지식 및 제조 업체 생산 지식을 적용하여, 주문형 금형 부품의 거래를 가능하게 하는 주문자 설계변경을 통한 거래 (ETO: *engineering-to-order*) 방법을 제안하였고, 제안한 방법의 실현을 위해 필요한 세부 요소 기술 (부품 라이브러리의 유사 부품의 검색, 업체별 제조 가능성 검증, 가격/납기의 산정, 제조 도면의 생성)의 구현에 대해서 설명하였다. ETO 방법의 적용을 통해서 현재의 전자카탈로그 시스템에서 거래되지 못했던 많은 주문품에 대한 사양 결정 및 판매가 가능하게 되었다.

본 논문에서는 사용자와의 반복적인 feedback없이 주문형 부품의 거래를 가능하게 하기 위해서, 고객이 명세할 수 있는 주문 사양을 주어진 조건에 따라 제한하였다. 정확한 가격/납기의 계산, 제조 가능성을 지원하면서 명세 가능한 주문 사양을 확장하는 방법에 대한 연구가 필요하다. 그리고 본 논문

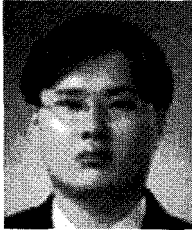
의 구현 대상을 부품 판매를 위한 전자카탈로그 시스템으로 하였는데, 이에 따라 제조 업체의 종이 카탈로그 분석 및 데이터베이스 업로딩용 데이터 시트 작성과 같은 별도의 중간 처리 작업이 필요하다. 이와 같은 작업에 상당한 시간이 필요하기 때문에, 제조 업체가 운영하는 ERP, PDM 등의 시스템을 활용하여 자동화하는 방안에도 필요하다. 마지막으로 본 논문에서는 납기가 가격에 미치는 영향을 고려하지 않은 가격 산정 방법을 사용하였는데, 추후 납기를 반영한 가격 산정 방법에 관한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] web2CAD homepage,
<http://www.web2cad.co.uk/>, 2006
- [2] PartSolutions homepage,
<http://www.cadenas.de/>, 2006
- [3] PartLib homepage,
<http://www.partlib.com/>, 2006
- [4] 조준면, 문두환, 김홍기, 한순홍, 류병우, "PLIB에 기반한 전자상거래용 금형부품 데이터 사전의 구축", 한국전자거래학회지, 8권 3호, 2003
- [5] Guy Pierra, "Intelligent Electronic Component Catalogues for Engineering and Manufacturing", Proceeding of the International Symp. on Global Engineering Networking GEN'97:special session on Intelligent Electronic Catalogues, 1997

- [6] Guy Pierra, J. C. Potier, E. Sardet, "From digital libraries to electronic catalogues for engineering and manufacturing", *International Journal of Computer Applications in Technology*, Vol. 18, No.1-4, 2003
- [7] eMachineShop homepage, <http://www.emachineshop.com/>, 2006
- [8] MfgQuote homepage, <http://www.mfgquote.com/>, 2006
- [9] Timothy W. Simpson, Jyotirmaya Nanda, Sachin Halbe, Karthikeyan Umopathy, "Development of a Framework for Web-Based Product Platform Customization", *Journal of Computing and Information Science in Engineering* Vol. 3, No. 2, pp. 119-129, 2003
- [10] Paul J.P. Slater, "Pconfig: a web-based configuration tool for configure-to-order products", *Knowledge-Based Systems*, Vol. 12, No. 5-6, pp. 223-230, 1999
- [11] MM Tseng, X Du, "Design by customers for mass customization products", *CIRP Annals Manufacturing Technology*, 1998
- [12] Jianxin Jiao, Mitchell M. Tseng, "An Information modeling framework for product families to support mass customization manufacturing", *CIRP Annals*, Vol. 48, No. 1, pp 93-98, 1999
- [13] Mitchell M. Tseng, Jianxin Jiao and Vincent G. Duffy, "Product Family Modeling For Mass Customization", *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 35, No. 3-4, pp. 495-498, 1998
- [14] Jaeil Park, Timothy W. Simpson, "Development of a Production Cost Estimation Framework for Product Family Design", *Proceeding of DETC' 04*, DETC2004/DAC-57175, 2004
- [15] Ramchandran Jaikumar and David M. Upton, "The Coordination Of Global Manufacturing", Appears in "Globalization, Technology and Competition: The Fusion of Computers and Telecommunications", Edited by Stephen P. Bradley, Jerry A. Hausman and Richard L. Nolan, Harvard Business School Press, Boston, MA., 1993.
- [16] Duhwan Mun, Heungki Kim, Kwangsub Jang, Junmyun Cho, Junhwan Kim, Soonhung Han, "A Method for Automatic Generation of Parametric CAD Models in a Mold Base e-Catalog System", *ASME Transactions, JCISE*, Vol. 6, No. 3, 2006
- [17] ISO 10303-11, Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 11: Description methods: The EXPRESS language reference manual
- [18] Hub-M.com homepage, <http://www.hub-m.com/>, 2006
- [19] Cho, J., Han, S., Kim, H., "Meta-Ontology for Automated Information Integration of Parts Libraries", *CAD*, Vol. 38, No. 7, pp. 713-725, 2006
- [20] 문두환, 조준면, 김병철, 장광섭, 한순홍, 류병우, "주문형 금형 부품의 디지털 제조를 지원하는 전자 카탈로그", *한국 CAD/CAM학회논문집*, 10권 3호, pp. 188-198, 2005
- [21] 문두환, 김흥기, 장광섭, 조준면, 김준환, 한순홍, "몰드베이스 전자 카탈로그 시스템의 파라메트릭 CAD 모델 자동 생성을 위한 테이블 파라메트릭 방법", *한국전자거래학회지*, 9권 4호, 2004

저 자 소개



문두환

1999.

2001.

2006.

2006 ~ 현재

관심분야

(E-mail : dhmun@moeri.re.kr)

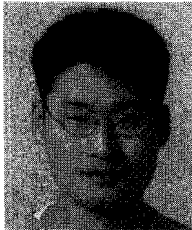
고려대 기계공학과 (학사)

한국과학기술원 기계공학과 (석사)

한국과학기술원 기계공학과 (박사)

한국해양연구원 선임연구원

Feature-based modeling, Engineering data exchange, STEP/PLIB/RDL, Digital Manufacturing, Modeling and simulation, E-Commerce



장광섭

2003.

2002 ~ 현재

관심분야

충남대 기계공학과 (학사)

(주)부품디비 기술연구소 재직

Parametric Modeling, CAD Data Exchange & Healing



한순홍

1990.

2003.

현재

관심분야

(E-mail : shhan@kaist.ac.kr)

미국 Michigan대 (박사)

STEP센터 회장

전자거래학회 회장

한국과학기술원 기계공학과 교수

International Journal of CAD/CAM 편집장

STEP, 가상현실응용, 지능형 CAD



김준환

1995.

한국과학기술원 정밀공학과 (학사)

1998.

한국과학기술원 기계공학과 (석사)

2003.

한국과학기술원 기계공학과 (박사)

1997 ~ 1998.

ETRI 위촉연구원

2003 ~ 현재

NIST (美 표준기술연구소) 생산시스템통합 디비전(MSID)

책임연구원

2005 ~ 현재

WRG 기술기획실장

관심분야

CAD database, Knowledge-based Design, Virtual Reality,

Ubiquitous Computing



황호진

1997.

연세대학교 기계공학과 (학사)

1999.

연세대학교 기계공학과 (석사)

2003.

한국과학기술원 기계공학과 (박사)

2003 ~ 현재

한국한국해양연구원 선임연구원

관심분야

선박정보기술-선박 STEP, PLM, 가상제조(virtual manufacturing)