

최적 절삭 조건을 고려한 절삭공구 선정 프로그램 개발

신동오¹ · 김영진¹ · 고성림²

¹경희대학교 기계 · 산업시스템공학부 · 산학협력기술연구원 / ²건국대학교 기계설계학과

Development of Tool and Optimal Cutting Condition Selection Program

Dong-Oh Shin¹ · Young-Jin Kim¹ · Sung-Lim Ko²

In order to perform a successful material cutting process, the operators are to select the suitable machining tools and cutting conditions for the cutting environment. Up to now, this has been a complicated procedure done by the data in the tool manufacturers' paper catalog and the operator's experiential knowledge, so called heuristics. This research is motivated by the fact that using computer techniques in processing vast amount of data and information, the operator can determine the tool and cutting condition easily. In the developed program, the selection of milling cutter, insert, and components are combined to provide optimal cutting speed, depth of cut, feed rate, rpm, and power. This program also provides the selection routine for end mill, drilling, turning, and grinding where the suitable tools are selected by workpiece, holder type, cut type, and insert shape.

1. 서론

CIM(Computer Integrated Manufacturing)이란 제품설계와 재료를 가능한 최단시간 내에 최소의 비용으로 판매할 수 있는 제품으로 변환하도록 하는 방법이다. 이러한 CIM은 제품의 설계(CAD)에서부터 제조까지(CAM)의 분야에 적용되는데, 이 매개체로서 DB의 역할이 있게 된다. 현재에는 생산 및 설계에서의 자동화가 계속 진행되면서 기존의 선택설계 단계에서 참조되던 부품의 카탈로그가 온라인으로 연결되는 작업이 진행되고 있다. 이를 통하여 궁극적으로는 제품의 설계에서 제조의 모든 정보를 통합, 관리하는 PDM(Product Data Management)의 기본 틀을 제시하려한다. PDM은 모든 제품과 관련된 정보, 제품과 관련된 모든 공정을 전자적으로 관리하는 데 사용하는 기술이다. 이 논문에서는 전자적으로 관리되는 설계와 제조의 데이터 중 공구에 대한 책자 카탈로그를 대상으로 DB를 구성하고 이를 바탕으로 특정 절삭시 적정 공구 선정 및 최적 절삭 조건에 대한 결과를 같이 보여주는 틀을 개발하고 이를 프로그램으로 구현하였다. 이 논문에서 구축한 공구의 전자 카탈로그는 PDM을 구현하는데 기초가 되는 정보를 제공하는 데

그것은 공구라는 제품의 정보, 제품 번호 및 공구 형태의 정보, 그리고 최종적으로 구하고자 하는 절삭 조건 및 이송속도 등이 공정의 정보를 제공하게 된다.

기존의 절삭공구 선정은 책자 카탈로그를 이용하거나, 산업현장의 전문가의 주관적인 판단아래 행해지곤 하였다. 이러한 방법은 객관적이지 못하여 때에 따라 변화될 수 있다는 단점을 가지고 있다. 또한, 전문가의 부재로 인해서 작업의 속행이 어려울 경우도 생길 수 있다. 이러한 몇 가지 단점을 극복하고 일관된 검색과 결과의 제시를 가능하게 하고 생산 및 설계 자동화에 따른 신속한 대응이 가능하려면 체계적으로 분류된 DB와 이를 전문가적 관점에서 검색할 수 있는 지식이 확보되어야 한다. 또한, DB는 단순한 정보 목록(Meta Data)으로써만 존재하는 것이 아니라 공구에 대해 특정 내용(Contents)을 담고 있어서, 적정공구 선정외에 최적 절삭 조건을 산출하는 기초를 제공하기도 한다(류병우, 1997).

실제 제조공정에서 공구의 선정과 절삭조건 선택 방향에 따라 제조공정에서의 성공률이 정해지는 만큼, 제조공정에서 각 단계에 적용되는 적정공구의 선정과 이에 따른 최적 절삭 조건 선택은 매우 중요하다. 제조공정에서 시스템 운영자는 커터와 인서트의 종류, 구성품의 공구사양치수, 중량, 리드각,

인선길이 등)과 도면 등의 다양한 정보를 조합하여 그 결과로써 적정공구와 절삭조건을 선택하게 된다. 그러기 위해서는 운영자는 막대한 양의 데이터를 미리 알고, 기억하고 있어야만 한다. 그렇지 않으면, 여러 참고 자료를 뒤지며 공정에 적합한 결과를 산출해내야 한다. 따라서 본 프로그램에서는 선정된 공구와 피삭재를 입력값으로 최적 절삭조건을 선택해주는 신경망을 개발하여 절삭조건을 선정하는 지침을 주었다.

전자 카탈로그는 위와 같이 운영자가 해야할 일을 데이터베이스화 하여서 좀더 효율적인 작업환경을 구성하는 것이다. 이 프로그램은 사용자의 순차적 선택에 따른 검색, 또는 제품번호 입력을 통한 직접 검색방법으로 원하는 용도의 공구를 선정해 준다. 그리고, 절삭조건 선정 윈도우는 사용자가 선택한 공구를 순차적으로 입력받은 값들과 조합시켜서 피삭재를 가공할 때 필요한 최적 절삭조건들을 제시해준다.

2. 공구 데이터베이스와 프로그램의 개발

2.1 전자 카탈로그의 개발

앞에서 본 바와 같이, 최근에는 설계자나 생산자에게 많은 양의 데이터가 제공될 필요가 있는 자동화된 생산시스템에 적합한 온라인 전자카탈로그의 개발이 연구되고 있다(Chen, *et al.*, 1995; 김영진 외, 1998). 그 중 공구 카탈로그에 대한 연구도 활발히 진행되고 있는데, 이스라엘의 Iscar가 대표적이라고 하겠고 미국의 Kennametal, 일본의 Mitsubishi도 공구 카탈로그에 이전부터 투자해오고 있다. 국내에서는 아직 공구 카탈로그에 대한 인식 부족으로 개발이 이루어지지 않았으나, 이 논문에서는 국내 수요의 40%를 차지하는 K사의 공구에 대한 DB를 개발하고 관계되는 전자 카탈로그를 개발하였다.

2.2 공구 DB의 구조와 S/W의 개략도

이 프로그램에서 수행되는 일련의 과정에서 필요한 데이터는 전문가의 지식을 기반으로 하여서 만들어진 DB에서 수집되었다(대한중석, 1995; 대한중석, 1998). 데이터베이스는 K사 절삭공구의 제품 주문번호(Order Number), 공구에 대한 기하학적 치수 그리고 공구의 도면을 기본으로 관계형 데이터베이스를 이용하여 개발되었다. DB의 작성은 프로그램화하기 어려운 일련의 작업을 행과 열로 이루어진 Database에 저장함으로써, 공구에 대한 데이터를 간단히 입력받을 수 있도록 하였다(지상만, 1997; Amundsen, 1996).

2.2.1 RDB의 개요

사용자 측면에서 바라보는 데이터 구조의 종류는 데이터베이스 모델을 구성하는 근간으로서 전통적으로 관계 데이터 모델, 계층 데이터 모델, 망 데이터 모델과 객체지향 데이터 모델

그림 1. 공구 선정 프로그램의 ERD.

로 분류된다. 본 프로그램에서 사용된 모델은 관계형 모델인데, 이것은 데이터베이스가 최소한의 의미를 가지는 테이블, 더 정확히 말하면 관계(Relation)들로 구성되며 그 테이블들에 있는 필드들로 연결됐다고 보는 것이다. 이러한 관계와 더불어 관계 데이터 모델에서는 키(Key)라는 주요한 개념이 있다. 본 프로그램에서는 RDB(Relational Data Base)의 Primary Key로 각 커터, 인서트의 제품고유 번호를 사용하였다. 이런 서식화된 작업 특성 때문에 데이터의 입력, 갱신, 삭제가 손쉬우며 검색, 요약이 효율적으로 이루어진다.

<그림 1>은 위에 설명한 관계형 모델을 토대로 데이터와 데이터와의 관계를 각각 개체와 관계로 구분하여 표현하는 ERD(Entity Relation Diagram) 모델로 나타낸 것이다(한재민, 1998). 여기서 객체는 사용자, 공구, 절삭조건과 같은 시스템 내에서 데이터를 발생시키는 실체를 말하며, 관계란 선택, 계산 등과 같은 실체들간의 관련성을 나타내는 것을 뜻한다. 그 외의 데이터들은 개체나 관계를 구성하는 데이터 항목을 나타낸다.

2.2.2 Milling DB의 구조

밀링 공구에 대한 데이터베이스의 구성은 관계형 데이터베이스를 이용하여 밀링공구를 정면밀링 커터, 엔드밀 커터, 인서트, 컴포넌트 파일 등으로 작성하였다. 밀링 커터는 재종, 용도, 리드각, 공구지름에 따라 다양한 형식을 가지기 때문에 여러 개의 테이블로 분리하여 작성하였다. 따라서 커터 전체를 하나의 테이블로 만드는 것보다 여러 개의 테이블로 나눔으로써 데이터 컨트롤이 용이하고 데이터를 수정하거나 첨가할 때 편의성을 기할 수 있었다. 또한, 각 커터와 결합될 수 있는 인서트와 컴포넌트를 따로 분류해 각각의 파일로 구분하여 작성하였다.

인서트 테이블의 경우 도면에 대한 파일을 데이터로 저장할 수 있도록 해당되는 필드(field)를 추가하여 작성하였다. 커터, 인서트, 컴포넌트의 사양은 제품마다 약간의 차이를 보이기 때문에 이것을 하나의 테이블로 묶는 것은 무리가 있다. 그러나 물리적으로 분리된 각각의 커터, 인서트, 컴포넌트는 논리적 관계를 이용해 쉽게 결합될 수 있다.

로 지석형상과 절삭속도, 이송속도를 데이터베이스로부터 추출해 낼 수 있다.

2.3 최적 절삭조건 선정 Module의 개발

정면 밀링작업에 있어서의 최적 절삭조건의 정의는 절삭작업의 종류에 따라 달라질 수 있다. 절삭작업을 크게 두 가지로 나누다면 우선 황삭과 정삭으로 나눌 수 있는데 황삭의 경우에는 소재제거율(Material Removal Rate, MRR)로 표현되는 가공능률을 극대화 시키는 절삭조건의 선정과 공구비용과 공구 교환시간으로 표현되는 가공비용을 최소화하는 것이 중요하다고 할 수 있다. 이 연구에서는 정면 밀링 작업에서 황삭가공에 대한 적정 절삭조건을 결정하는 기준으로서 공구수명을 택한다.

최적 절삭조건을 얻기 위한 작업이 밀링공구의 적정 선정을 완료한 후에 'cutting condition' 버튼을 작동시킴으로서 시작된다.

2.3.1 피삭재의 선정

절삭조건의 선정을 위하여 가장 중요한 요소 중의 하나인 피삭재의 선정을 가장 먼저 실시한다. 우선 각 나라별로 통용되고 있는 모든 종류의 강과 주철을 대상으로 하였다. 피삭재에서 공구수명에 영향을 미치는 가공인자로서 피삭재의 화학 성분조성을 주요 인자임을 실험에 의해서 확인한 후에 절삭조건의 결정인자로서 사용하였다. 피삭재의 경도 또한 공구수명에 영향을 미치는 인자로서 고려할 수 있다.

피삭재의 분류는 <그림 3>에서와 같이 우선 피삭재계(family)로써 탄소강과 합금강, 그리고 스테인레스강, 주철에 대해 행해졌다. 다시 이들 계를 화학성분에 따라 피삭재군(group)으로 세분하였다. 입력벡터 중 피삭재의 화학성분함량은 핸드북의 분류를 따라 각국 공업규격을 기초로 하여 분류된 피삭재군에 대한 화학성분함량의 평균값을 취하였다. 이 값에 의해서 각국의 유사한 피삭재별로 분류한 결과를 사용자의 편의를 위하여 <그림 3>과 같이 비교표를 만들었다. 이 표는 피삭재 선정시 참조하기 위하여 <그림 4>에서 피삭재 선정 후 커서로 선택하면 이 비교표가 나타나서 피삭재 선정의 적정함을 판단할 수 있다.

그림 2. Milling DB의 구조.

2.2.3 Drilling DB의 구조

드릴링과 엔드밀 공구의 경우는 밀링공구의 데이터베이스 구조와 약간의 차이를 보인다. 밀링공구에서 데이터베이스는 커터, 인서트, 컴포넌트로 구성되었지만 드릴링의 경우는 커터에 대한 데이터베이스 파일만으로 구성된다. 드릴링과 엔드밀에서 데이터 탐색은 선택된 커터에 대한 내용을 이 데이터베이스 안에서 찾는 방식으로 진행된다. 드릴링과 엔드밀 공구 데이터베이스도 용도와 형태에 따라 몇 개의 테이블로 구성된다.

2.2.4 Turning DB의 구조

선삭 부분의 경우는 크게 External, Internal, Grooving, Threading으로 나뉜다. 선삭의 탐색에 있어서는 인서트와 홀더로 구분 지을 수 있다.

External, Internal에서는 두 가지 탐색방법을 제공한다. 첫 번째는 인서트를 탐색하는 경우이다. 인서트를 선택하면 선택된 인서트와 관련하여 Workpiece, Roughness, 인서트 형상의 데이터가 보여진다. 두 번째는 Holder 탐색을 하는 경우이다. 여기서는 Holding Type과 Insert Shape을 선택하여 프로그램에 전달하게 된다. 총 6개의 컴포넌트로 구성된 Holding Type과 9개의 각기 다른 형상으로 구성된 인서트 형상 중 입력받은 데이터를 알고리즘 내에서 데이터베이스와 연계시켜 최적 조건을 산출해 내게 된다.

Grooving과 Threading은 External과 Internal과는 다른 형식으로 되어 있다. Threading은 이미 설정되어 있는 2가지의 절삭 및 인서트 형태, 인서트 크기를 선택할 수 있다. 절삭형태에서 설정된 형식과 인서트 형태에서 설정된 형식은 인서트의 크기와 연계되어 최적 절삭조건이 계산되어 있는 절삭조건을 찾아간다. Grooving의 경우는 단순히 두 가지의 인서트 중 하나의 공구를 선택하도록 되어 있다.

2.2.5 Grinding DB의 구조

연삭작업 조건을 설정하기 위해서 적정 연삭작업을 선정한다. 선정된 연삭작업은 프로그램 구조에 따라서 지석형상과 지석선택표를 도시하는 기본 정보가 된다. 이 정보를 바탕으로

그림 3. Example of Workpiece Family and Group.

그림 4. Example of Workpiece Code in Each Country.

2.3.2 공구재종의 선정

피삭재를 결정하면 이를 가공할 공구재종이 결정되어야 한다. 여기서 사용되는 공구재종은 특정 회사의 재종을 중심으로 결정되는 것으로서 다른 회사의 고유한 특성을 일반적으로 포함하기에는 매우 고유한 제조회사별 특성을 나타내는 데에 한계를 가지고 있다. 이러한 이유로 인하여 최적 절삭조건을 신뢰성있는 결정을 위해서는 각 공구 제작사별로 이루어져야 한다고 생각한다. 이 프로그램에서는 K사의 초경 P재종, 초경 K재종, PVD 코팅재종, 서멧재종과 세라믹 재종에 대하여 최적 조건을 결정하는 결정을 시도하였다. 이를 위해서 각 재종별 절삭성능 시험을 실시하였다.

앞 절에서 가공할 피삭재가 결정되면 이 피삭재 가공에 적합한 재종의 종류가 열거된다. 열거된 재종을 선택하면 각 재종의 특징을 설명한다. 각 재종들은 대부분 새로이 개발되는 신 재종과 코팅 재종들이 계속적으로 추가됨으로서 본 프로그램의 신뢰도를 유지할 수 있다. 코팅공구의 경우에는 코팅층의 종류와 두께 등에 의해서도 영향을 크게 받으나 본 연구에서는 MDH(Machining Data Handbook)에서 고려한 것과 같이 코팅여부에 의한 영향만을 고려하였다. 이것은 향후 복잡한 코팅의 영향을 고려해야 하는 연구과제가 수행되어야 함을 의미한다.

2.3.3 신경회로망을 이용한 적정 절삭조건 결정

핸드북의 적정 절삭조건 데이터를 신경회로망 학습에 적용하여, 현재 생산되고 있는 공구에 대한 적정 절삭조건 예측을 행한다. 신경회로망 학습을 위한 입력패턴으로는 공구마모와 상관관계가 검증된 인자들을 사용한다(이영해 외, 1995; 한동원 외, 1998). 즉 입력값으로는 피삭재에 대해서는 화학성분 함량(weight%)과 경도(HBN), 공구에 대해서는 화학성분 함량(weight%)과 입도크기(μm)를, 목표출력으로는 핸드북의 해당 피삭재와 재종에 대한 적정절삭속도(m/min)와 적정 이송량(mm/min)을 선정한다. 특히 핸드북에서는 코팅공구를 코팅여부만 분류를 하여 절삭조건을 추천하고 있으므로 일반 초경 재종을 0, 코팅공구를 1로 표현하여 입력패턴으로 사용한다. 최근에 개발되고 있는 다양한 종류의 코팅공구를 고려할 때, 이는 이후 코팅층의 종류와 그 두께를 표현하는 입력패턴으로

그림 5. Example of Determination of Cutting Condition.

확장될 수 있을 것이다. 실제로 신경회로망에서 사용된 핸드북의 절삭데이터가 1980년대에 작성된 것을 감안하여서 공구마모에 미치는 각 인자들의 영향의 경향은 인정하되 정량적인 관계는 공구재종의 발달로 인하여 신뢰성에 문제가 있다고 판단된다. 이 때문에 정량적인 결정을 위하여 대한중석의 공구를 사용한 절삭성능시험 결과를 바탕으로 정량적인 수정을 하였다.

이상의 주어진 입력값에 대하여 추천된 절삭조건 결과가 <그림 5>에 나타나있다. 가공할 피삭재의 종류가 열거되었으며 주어진 피삭재를 가공하기 위한 적정공구의 선정결과로서 밀링커터와 인서트의 종류가 주어졌다.

이 때 적용한 피삭재의 경도도 나타나있다. 이 경우에 특별히 사용된 피삭재의 경도와 공구재종의 종류를 별도로 구분하여 나타내었다. 이것은 다시 선택(update) 가능한 항목으로서 분리하여 설치하였다. 적정 절삭조건 선정결과로서 적용가능한 날당 이송량과 절삭속도가 주어져 있으며 특별히 추천 이송량과 절삭속도가 표시되어 있다. 아울러 인서트의 형상을 고려한 최대 절삭깊이가 나타나 있으며 이를 가공하기 위한 동작기계의 최대 동력도 참고로 표시하였다.

2.4 최적 절삭조건을 고려한 공구선정 프로그램의 개발

2.4.1 프로그램의 개략도

이 프로그램에서 절삭조건 선정 부분은 절삭성능실험을 통해 얻어진 절삭조건의 데이터베이스를 기반으로 신경망이론을 적용해 얻어진 연결강도(weight)와 바이어스(bias)를 이용한다. 밀링용 및 드릴용 공구, 엔드밀과 선삭의 최적 절삭조건 결정을 위한 알고리즘을 모듈 단위로 프로그램 함으로써 특정공구와 특정 피삭재를 선택할 경우 최적 절삭조건은 개별 단위로 실행되어 결과값을 출력되도록 구성되었다. 최적 절삭조건 부분에서는 공구의 최적 절삭조건 선정 알고리즘에 이용되는 연결강도와 바이어스를 파일로 관리하고 각각의 모듈이 실행될 때마다 파일 입력이 이루어지게 하였다. 이것을 통해 자주

변경될 수 있는 연결강도와 바이어스에 대한 갱신의 편의성을 제공할 수 있다.

선삭의 경우 최종결과인 “Insert specification and cutting condition window”에서는 그림과 Related Holder Search, 현 절삭 상태에서의 최적 절삭조건을 보여준다. 그림은 세 부분으로 인서트와 Chip Breaking 영역, 그리고, CAD 도면에 대해서 보여준다. Related Holder는 Holder CAD 도면과 DB를 보여주어 현재 조건에서, Basic, Continuous, Interrupted의 세 Cut type의 재종, 절삭속도, 이송속도, 절삭깊이의 최적 조건을 DB 상에서 제시해 준다.

Threading은 Cut Type, Insert Type, Insert Size를 목적에 맞게 선정하여서, 선택 조건에 적합한 Insert와 Holder를 보여주는 형식으로 되어있다. Insert에서는 CAD 도면과 치수가 명시되고, Steel, Stainless Steel, Cast Iron 재종 각각에 대해 설명한다. Holder 영역에서는 CAD 도면과 함께 치수가 명시되고 있다.

Grooving은 공구 선정 부분에서 선정하였던 Insert 형상을 토대로하여 그에 대한 CAD 도면과 제품번호, 재종, 치수를 보여준다. 이 중 적정한 Insert를 선택하면 Holder영역에서 CAD 도면과 함께 치수를 보여주게 된다.

2.4.2 실행화면

이 소프트웨어를 이용하여 공구를 선정하고 그 공구에 대한 최적 절삭조건을 도출하는 과정이 단계적으로 요약되어 있다.

1. <그림 6>의 초기화면의 Milling Cutters/ EndMill/ Drilling/ Turning중 Turning을 선택한다. 이 부분은 Tool Selection 단계인데, 이 중에 선삭부분인 Turning을 보도록 한다.

그림 6. Tool Selection Window.

그림 7. Turning Window.

2. Turning 선택시 나오는 윈도우는 External과 Internal, Threading, Grooving을 선정하는 단계이다. 위의 선정 외에도 Insert와 Holder를 선정하는 Button이 있는데, 이것은 Search할 때의 공구를 선택하는 부분이다. 이 중 External과 Insert를 선택한다.
3. 위와 같은 단계를 거치면 Insert에 관한 Workpiece, Roughness와 Insert Shape을 선정하는 윈도우가 나타난다. Workpiece는 재종을 선택하는 부분으로 총 4개의 선택 영역이 있다. Roughness는 정삭, 중삭, 황삭의 3영역으로 세 공정도를 선정하게 된다. Insert Shape은 총 9개의 영역으로 Insert 모양을 간략히 보고 선정할 수 있도록 하였다.
4. 위의 단계에서 Next 버튼을 선택하면, 위 여러 조건으로 선정된 Insert에 대한 그림과, Chip Breaking Area, CAD도면이 나타난다. 그 아래 부분의 Combo Box에는 인서트 목록이 보여지며, Related Holder 버튼을 선택했을시 이에 관련된 Holder가 보여지게 된다. 하단 부분의 Grade & Cutting Conditons 영역에는 절삭조건이 상세히 나타나게 된다.

그림 8. Insert Specification and Cutting Condition Window.

5. Insert 윈도우에서 Related Holder 중 하나 선정하면 Related Holder 윈도우가 나타나게 된다. 이 윈도우에는 선택된 Insert의 Holder에 대한 CAD 도면과 규격이 보여지게 된다.
6. 위에서 선택된 피삭재와 공구를 사용할 때의 최적절삭조건은 신경망의 결과로 제시되며 그 결과화면은 <그림 5>에 나타난다.

3. 결론 및 향후연구과제

이 프로그램은 세계적 추세인 공구자동선정 소프트웨어 개발에 있어서 국내의 공구 생산업체의 절삭공구에 대해 최초로 개발되었다. 본 프로그램은 사용자가 밀링, 드릴링, 엔드밀, 선삭 공구에 대한 전문적 지식이 없어도 쉽게 사용할 수 있도록

개발되었다. 즉 공구선택 전처리기, 공구 데이터베이스, 검색 결과 후처리의 결합에 의한 자동검색 및 출력 그리고 제품 코드설명 및 도면의 출력 등 프로그램을 사용할 때 사용자가 필요로 하는 다양한 기능을 이용할 수 있게 하는데 그 주안점을 두었다. 그리고 최적절삭조건 선정 부분은 적정공구 선택 이후 피삭재와 재종을 선택했을 때 최적절삭조건을 선정해주는 부분으로서 공구사용자가 선택된 공구를 가지고 절삭을 수행할 때 기준값으로 이용할 수 있는 값이 된다.

이 프로그램은 현재 완성된 밀링, 드릴링, 엔드밀, 선삭 뿐 아니라, 연삭의 추가로 절삭부분에 있어서 대부분의 영역을 포괄하게 된다.

더 나아가 프로그램을 좀 더 사용자 하기 쉽게 하기 위해서, CAD 도면을 프로그램에 입력시키는 방식으로 해서, 그 도면을 프로그램 자체에서 분석하여 적정 절삭조건을 선정해 줄 수도 있을 것이다. 이렇게 되면 지금까지 약간이나마 사용자의 선택을 요구했던 것에서, 더 자동화된 프로그램을 완성할 수 있을 것이다. 이것은 제품 생산 전체적인 측면에 있어서 관리의 효율성을 높일 수 있다. 아울러 인터넷상에서의 공구 DB를 연

계하는 작업도 진행 중이며 이를 통한 Web 기반의 PDM의 구축도 가능하게 된다.

참고문헌

- 김영진, 권순오 (1998), 절삭공구 자동 선정 프로그램 개발, 한국 CAD/CAM 학회 논문지, 3(3).
- (주)대한중석 (1995), Carbide Tools Catalog.
- (주)대한중석 (1998), KT-TOOLING GUIDE.
- 류병우 (1997), 캐드비전.
- 이영해, 양병희 (1995), 퍼지집합과 신경회로망을 이용한 기계절삭계수의 선정, 95 대한산업공학회 추계학술대회 발표논문집.
- 지상만 편 (1997), Inside Secrets Access97.
- 한동원, 고성립, 이건우 (1998), 피삭재와 공구재종의 상관관계에 근거한 적정절삭조건 결정, 한국정밀공학회, 15(6), 79-89.
- 한재민 (1998), 경영정보시스템.
- Amundsen, Michael., Smith, C. (1996), Database Programming with Visual Basic 4, SAMS.
- Chen, Yuedong. Hui, Albert. and R. Du (1995), A fuzzy expert system for the design of machining operations, *Int. J. Mach. Tools Manufact.*