

## 자동차 금형 생산을 위한 PPR 정보 관리

김건연\*, 노상도\*\*, 이인석\*\*\*, 송명환\*\*\*\*

### PPR Information Managements for Manufacturing of Automotive Press Dies

Gun Ycon Kim\*, Sang Do Noh\*\*, In Seok Lee\*\*\* and Myeong Hwan Song\*\*\*\*

#### ABSTRACT

To achieve rapid developments and cost savings in manufacturing industries including automotive die shops, new paradigm and its supporting systems of information managements through total product life cycle are needed for concurrent and collaborative engineering. For manufacturing of automotive press dies, integrated and efficient managements of PPR information including product, manufacturing process and resource are essential. In this paper, we introduce a PLM approach to achieve engineering collaborations in product development and production of automotive dies. To prove concepts and benefits of PPR information managements, we implement new business workflow and detail procedures. PPR information management system and other related applications. By PPR information managements in PLM, improvements in quality of engineering results and savings in time from design to production of dies are possible.

**Key words :** Automotive Press Die, PLM(Product Lifecycle Management), PPR(Product, Process, Resource), MPM(Manufacturing Process Management)

#### 1. 서 론

현재 세계의 모든 자동차 회사들은 글로벌 기업간의 인수, 합병을 통한 치열한 경쟁체제 속에서 급변하는 소비자의 다양한 요구를 만족시키기 위해 다양한 제품을 신속하게 생산할 수 있는 새로운 생산 기술의 발전을 위해 많은 노력을 경주하고 있다. 특히 전체 자동차 제작 기간의 40%를 차지하는 프레스 금형의 개발 및 제조 기간을 줄이는 것은 단순히 금형 제작 비용 절감과 생산성 향상의 차원을 넘어 신차 개발 기간 단축과 같은 엄청난 파급효과를 자동차 회사 전체에 가져오기 때문에, 반드시 달성해야 하는 필수 선결 과제로 인식되고 있다<sup>[1]</sup>. 또한 일반적으로 설계, 패턴, 주물, 가공, 준비조립, 완성 작업 등의 복잡한 프로세스를 수행하는 자동차 금형 공장에서는, 디지털

가상생산(Digital Virtual Manufacturing, DVM)을 통한 설계와 가공 공정의 사전 검증과 최적화, 그리고 제작 프로세스간의 불필요한 지연과 중복을 극복하기 위한 동시협업(concurrent and collaborative engineering)의 달성이 필수적이다<sup>[2]</sup>.

디지털 가상생산은 컴퓨터 상에서 제품, 공정, 설비의 3차원 CAD와 시뮬레이션 모델을 구성, 활용하여 제품 생산 시 발생 가능한 여러 가지 오류나 비효율을 사전에 시뮬레이션하고 해결하는 생산 철학으로 정의할 수 있다. 디지털 가상생산은 적용함으로써 실제 생산 과정에서 발생할 수 있는 설계 오류나 제작상의 문제점을 미리 파악하여 제품개발 및 생산의 전 단계에서 소요되는 비용과 시간의 낭비를 최소화할 수 있다. 또한 새로운 제조 방법 및 생산 설비의 변화를 가상 환경에서의 시뮬레이션을 통하여 미리 적용해 볼 수 있으므로 실제 제조 시스템 적용에 필연적으로 발생하는 재계획 및 수정에 따른 비용과 시간을 절감할 수 있는 기술이다<sup>[3]</sup>. 프레스 금형 생산에 있어서도 디지털 가상생산 기술은 금형의 성형 해석, 프레스 시뮬레이션을 적용한 판넬(panel) 성형성의 사전 분석, 그리고 금형의 상하형 간 간섭을 확인하는 입부 등에서

\*학생회원, 성균관대학교 대학원 산업공학과

\*\*교신저자, 종신회원, 성균관대학교 시스템경영공학과

\*\*\*GM대우자동차 톨링센터

\*\*\*\*GM대우자동차 톨링센터

- 논문투고일: 2007. 05. 16

- 심사완료일: 2007. 09. 19

활발하게 활용되고 있다.

디지털 가상생산 기술이 산업계 전반으로 확산되면서, 이를 바탕으로 한 전자적인 정보 공유와 협업 달성을 지원하는 핵심 전략으로 대두되고 있는 패러다임이 PLM(Product Lifecycle Management)이다. PLM은 초기 제품 기획 단계인 고객 요구사항 파악에서부터 설계, 생산계획 및 준비, 제조, 품질 관리, 유통, 폐기 등 제품의 모든 라이프사이클에 걸쳐 필요한 사람이 필요한 시점에 정확한 정보를 얻고 활용할 수 있도록 관련 정보를 관리, 협업을 지원하는 개념으로, 자동차, 조선 등 산업계 전반으로 확산되고 있다<sup>[5]</sup>. 또한 PLM과 유사한 세부적인 개념으로 MPM(Manufacturing Process Management)이 있으며, 이는 제조공정을 중심으로 관련 정보의 작성, 검증, 수정과 적용에 대한 통합 관리와 협업 지원의 개념으로 제품 설계와 제조 과정의 여러 업무들을 정보시스템으로 연결시켜 의사결정의 질을 향상시키고 소요되는 시간을 단축하는 것을 목적으로 한다. MPM 적용의 가장 큰 이점은 설계와 생산을 엄격하게 연계, 관리함으로써 얻어지는 오류 방지와 생산효율 향상이라고 할 수 있다<sup>[6]</sup>.

이상에서 살펴본 바와 같이 디지털 가상생산과 PLM, MPM 등의 새로운 생산 패러다임에서 중요한 것은 제품의 라이프사이클 전체에 걸친 협업을 지원하기 위한 관련 정보의 체계적인 모델링과 관리이며, 이를 위해서 많은 연구가 진행되어 왔다. 특히 신동목 등<sup>[7]</sup>은 자동차 프레스 금형에 대해 업무분석을 수행하고, 제품과 제조 정보의 모델링과 관리가 통합적으로 이루어지는 시스템 구축을 제안하고 일부 구현하였으며, Kovacs *et al.*<sup>[8]</sup>은 Fig. 1과 같이 상용 PDM을 이용하여 공정 계획과 관리시스템을 통합하는 프레임워크를 제안하고 구축하였다.

Thomas *et al.*<sup>[6]</sup>의 연구와 같이 특히 기업을 중심으

로 하는 연구들은 상용CAD/PDM 솔루션들을 활용하여 제품설계와 제조공정 계획, 관리 업무를 단일 환경에서 진행할 수 있는 통합 시스템을 구축하고자 하는 방향으로 진행되었으며, 이러한 연구들은 주로 PDM에서 관리되고 있는 제품정보를 이용하여 공정계획 수립에 활용할 수 있도록 연계 기술을 개발하고 업무 수행 환경을 구축하는 결과를 보여주고 있다.

그러나 대부분의 기존 연구들은 제품 데이터의 관리와 이를 활용한 공정계획 업무 지원의 관점에만 중점을 두고 있으며, 제품의 라이프사이클 전체를 관리하는 PLM 관점에서 공정 계획 업무 프로세스와 연계되어 필요한 정보 즉, 생산 대상 제품정보(product information), 제품 생산을 위해 수행하는 제조공정정보(process information), 공구/장비/가공기계/공장 등 사용되는 제조자원정보(resource information)를 체계적으로 관리하고, 이러한 정보들의 종합적으로 연계하여 디지털 가상생산 수행을 직접적으로 지원하는 단계에는 이르지 못하고 있다. PLM시스템이 정보의 관리에서 끝나지 않고 디지털 가상생산으로 연계되어 실제 업무 수행에 활용, 업무 효율의 극대화와 공수 절감을 이루기 위해서는 (1) PPR(제품, 제조공정, 제조자원) 정보 모델링과 이들의 (2) 상호 연관 관계의 엄밀한 정의와 관리, 그리고 이를 바탕으로 한 (3) 디지털 가상생산 시뮬레이션 모델의 자동 생성과 (4) 결정된 계획의 관리, 검증, 실행과 실행 결과 피드백이 통합적으로 이루어져야 한다.

본 논문에서는 국내의 한 자동차 프레스 금형 공장을 대상으로 PLM 개념을 적용한 신규 업무 프로세스를 도출하고, 상용 CAD, MPM, PDM 솔루션을 활용한 PPR정보 관리 시스템을 구축, 운영한 결과와 가공공정에 대한 디지털 가상생산 시뮬레이션의 자동 생성과 활용을 통한 금형 설계 및 제조를 위한 협업 환경을 구축, 적용한 사례를 소개하고자 한다. 이를 위하여 본 논문에서는 UGS PLM Solution사의 다양한 솔루션들을 사용하였다<sup>[9]</sup>. 즉, 3차원 CAD S/W로 UGNX, PDM시스템인 Teamcenter Engineering, MPM시스템으로 Teamcenter Manufacturing, CAM S/W로 UG CAM, 가공검증 시뮬레이션 자동화 도구로 UG ISV, 그리고 후처리 작업을 위한 S/W인 Post Builder를 사용하였으며, 각 솔루션 간의 인터페이스를 구현하여 금형 설계, 가공 공정계획 및 디지털 가상생산에 의한 검증, 작업지시서 산출까지의 업무 프로세스에 대한 실제적인 PLM 환경을 구축하였다.

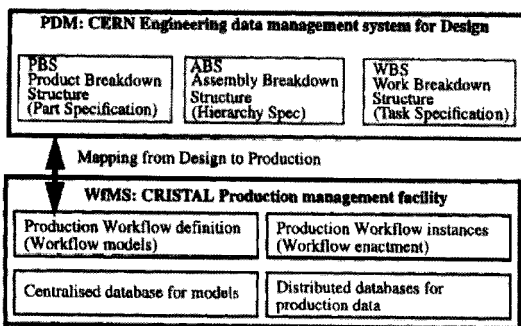


Fig. 1. PDM과 공정계획 및 관리 통합 프레임워크<sup>[9]</sup>.

## 2. 금형 생산을 위한 PLM의 개념과 필요성

### 2.1 PLM, MPM의 개념

PLM은 제품의 모든 라이프사이클에 걸쳐 모든 관련 정보를 관리, 협업을 지원하는 개념으로서, 기업 활동의 모든 참여자들 즉, 협력회사, 공급회사, 엔지니어링 회사, 고객 등을 대상으로 한다<sup>[1]</sup>. 또한 PLM은 PDM을 제품 정보 정의와 관련 정보 관리 등 생산 및 제조 엔지니어링의 영역에서 채무, 구매, 유통, 판매 등 기업 활동의 전 영역으로 확장시켜 주며, 기업의 관리 업무들과 혁신간에 존재하는 간격을 좁혀준다<sup>[2]</sup>.

기업의 개략적인 업무 흐름을 Fig. 2와 같이 무엇을 시장에 출시할 것인가를 결정하는 'What' 단계, 어떻게 제품을 만들 것인가를 결정하는 'How', 언제, 얼마나 만들 것인가를 결정하는 'When'으로 단순화하여 생각해 볼 때<sup>[3]</sup>, CAD, PDM, ERP, SCM 시스템 등이 적용되고 있는 'What'과 'When' 단계에 비하여 'How' 단계는 상대적으로 정보화가 늦어지고 있는 실정이다. MPM은 중간 단계인 'How' 단계에 중점을 두고 있는 개념이라고 말할 수 있으며, PLM은 모든 단계를 전체적으로 포함하는 개념으로 볼 수 있다.

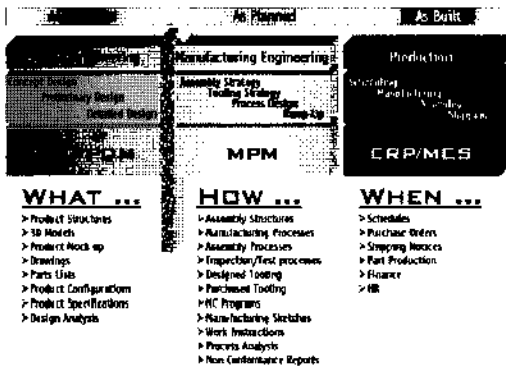


Fig. 2. 기업 업무와 PLM, MPM의 영역<sup>[4]</sup>.

### 2.2 금형 공장의 PLM, MPM적용 필요성

자동차 프레스 금형 공장은 수주 기반의 나품종 소량 생산을 하는 제조업으로써, 주문에 따라 매우 다양한 제품을 한정된 자원을 이용하여 생산하며, 일반적으로 설계, 공정계획, 제조에 이르는 정형화된 표준 업무 프로세스를 구축, 운영한다. 납기를 맞춰 생산하기 위해서는 한정된 엔지니어링 자원을 제한된 시간에 맞추어 효율적으로 관리, 운영하는 것이 매우 중요하기 때문에 PLM의 도입이 크게 요구된다고 할 수 있

다<sup>[5]</sup>. 또한 한정된 제조자원을 효율적으로 활용하기 위한 최적의 생산일정, 공정계획을 수립하기 위한 MPM시스템의 도입이 요구되고, 여러 협력업체들과의 실제 정보 교환 등 다양한 업무들에서 협업 수행이 필요하다. 결국 PLM을 실현하여 효율적인 엔지니어링 자원 이용과 체계적인 제조정보 관리 및 공유, 그리고 협업 수행이 필요하다고 할 수 있다.

## 3. 금형 설계 및 제조 업무 프로세스

### 3.1 기존 업무 프로세스

Fig. 3은 본 논문의 대상인 국내의 한 자동차 프레스 금형 공장이 가지고 있던 기존의 금형 설계 및 제조 업무 프로세스와 실행 환경을 정리한 것이다.

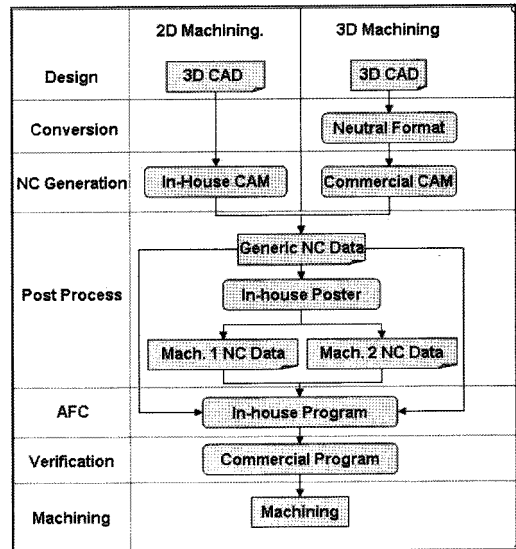


Fig. 3. 기존 금형 설계 및 제조 업무 프로세스.

Fig. 3과 같이 금형설계 이후의 업무 프로세스는 주로 2차원 데이터를 중심으로 수행되는 구조부 가공과 3차원 데이터를 이용하여 수행되는 형상부 가공으로 구분되어 수행된다. 구조부 가공에 대해서는 대상 회사에서 자체 개발한 in-house 프로그램을 사용하여 NC데이터를 생성하며, 3차원 형상부 경우에는 먼저 설계 데이터를 중립 데이터 파일로 변환하여 상용 CAM S/W로 입력, 구동하여 NC데이터를 생성한다. 일반적으로 3차원 형상부 가공에는 여러 가지의 어태치먼트(attachment)를 사용해야 하고, ATC(Automatic Tool Change)를 이용하여 공구를 교환하면서 작업을 진행하며, 이 경우는 생성된 NC 데이터를 바로 사용할 수 없기 때문에 자체 개발한 in-house 후처리 프로

그랩을 이용하여 생성된 NC데이터의 후처리(post process)를 수행한다. 이상의 과정을 통해 각 장비의 여러 공구, 어태치먼트에 맞는 NC데이터가 생성되면, 효율적인 가공을 위해 절삭량을 고려하여 절삭 이송 속도를 조절하는 AFC(Auto Feed Control)을 역시 자체 개발한 in-house 프로그램으로 수행한다. 최종적으로 상용 S/W를 이용하여 가공 검증을 수행하는데, 가공 시 발생 가능한 공구 간섭이나 홀더(holder) 충돌 여부와 같은 문제들을 시뮬레이션을 통해 검증하고, 최종 결과를 바탕으로 작업지시서를 작성, 현장에 NC데이터와 함께 배포하여 가공 작업을 수행한다.

또한 대상 금형 공장은 기존에 사용하던 3차원 CAD S/W가 전사적으로 새로운 것으로 바뀌면서 NC 데이터를 만들기 위해 수행해야 하는 데이터 변환 작업에 소요되는 시간과 노력이 많아져서 큰 업무 부담이 되고 있으며, 특히 구조부 가공의 NC데이터 생성을 위해서는 자체 개발한 in-house 프로그램에 입력이 가능한 데이터 포맷으로 변환하는 문제가 큰 걸림돌이 되고 있다. 또한 후처리 작업 시 이질적인 다수의 시스템 사용과 이에 대한 사용자 교육의 어려움 등으로 혼선을 빚고 있다.

결론적으로 설계에서 가공 작업까지 이기종 시스템들의 사용을 최소화하고 단일한 환경에서 데이터 변환 작업 없이 일관되게 입부가 진행되어야 업무의 효율성을 높일 수 있음을 알 수 있다.

### 3.2 PLM, MPM기반의 새로운 업무 프로세스

Fig. 4는 본 논문에서 제안, 구축한 새로운 설계 및 제조 업무 프로세스를 보여준다.

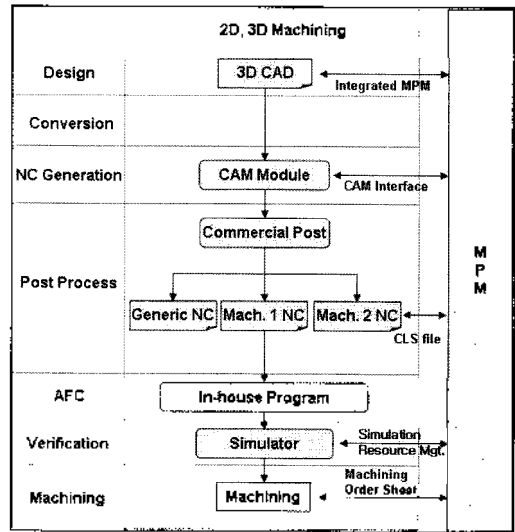


Fig. 4. PLM, MPM 기반 개선 업무 프로세스.

설계, NC데이터 생성과 후처리, 검증과 가공 수행이 PLM, MPM 시스템과 통합, 연계되어 일관되게 수행됨을 알 수 있다. 3차원 CAD S/W에 의해서 설계된 데이터는 별도의 변환 작업없이 상용 CAM

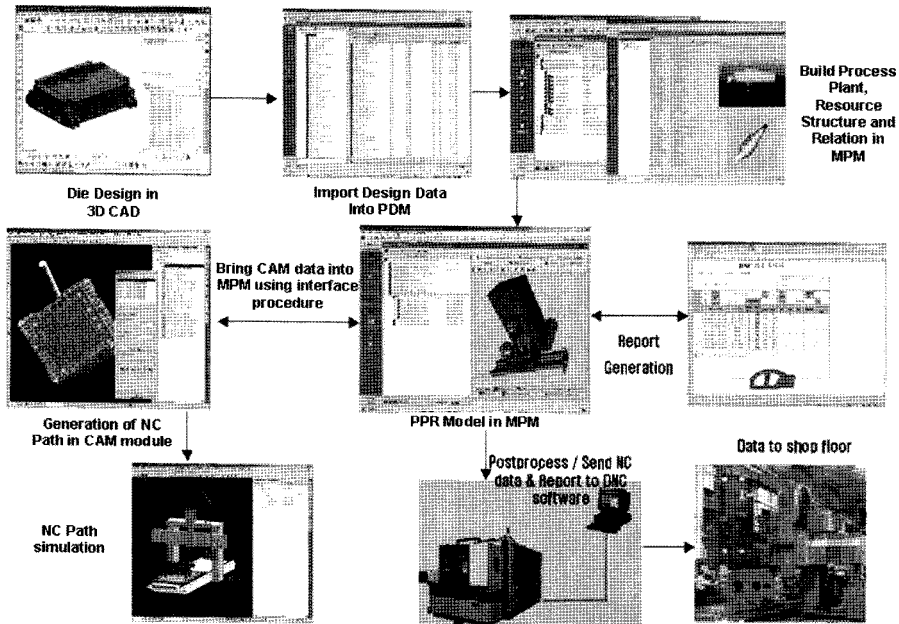


Fig. 5. PPR정보 관리 관점에서 본 새로운 금형 설계 및 제조 업무 프로세스.

S/W에 입력, NC 데이터가 생성되고, 후처리 작업이 수행된 후에는 MPM시스템에서 관리되는 PPR데이터에 의한 가공 시뮬레이션이 생성, 자동으로 수행된다.

본 논문에서는 가공 프로세스를 포함하는 PPR정보관리를 위하여 상용 PDM과 MPM솔루션을 선정하여 이를 적용하였다. 업무 프로세스 상에서 PDM과 MPM은 금형 설계 정보 관리, NC데이터 관리, 가공 지시서 배포, 공구 및 가공 기계 정보와 같은 PPR데이터 관리, 업무들간의 정보 교환 및 공유를 지원한다.

즉, 새로운 업무 프로세스에서는 업무 프로세스 상에 필요한 PPR 정보를 단일한 PLM, MPM환경에서 관리함으로써 여러 업무 담당자들의 정보 공유와 협업 수행이 가능한 업무 환경을 구축할 수 있었다. Fig. 5는 본 논문에서 PPR정보 관리 관점에서 새롭게 구성한 금형 설계에서부터 가공까지의 업무 프로세스를 보여준다.

#### 4. PPR정보 관리를 통한 금형 PLM 구현

##### 4.1 제품(product) 정보 관리

하나의 관벌을 생산하기 위해서는 Draw공정, Trim공정, 두 번의 Flange공정 등 4개 이상의 공정 수행에 필요한 금형을 금형 공장에서 제작해야 한다. 금형은 각각의 하나의 독립된 제품이며, 하나의 제품 안에는 다양한 구성요소 및 부품이 포함된다. 일반적으로 금형 설계 정보의 구조는 최상위에서 하위 부품 단위까지 단위하게 관리되며, E-BOM과 M-BOM의 차이가 없다. 즉, 각각의 금형에 대한 설계 정보는 바로 금형 제작이나 구매로 이어질 수 있는 제품 정보 구조를 가지고 있는 것이다. Fig. 6은 본 논문에서 구현된 금형의 BOM구조의 적용 예를 보여준다.

Component Name	Quantity	Work Center
Lower_Punch_A558P	1	1
Lower_Punch_A558P	1	2
Wear_Plate-MWP_150x150A	2	2
Wear_Plate-MWP_150x150A	20	2
Wear_Plate-MWP_150x150A	4	2
Wear_Plate-MWP_150x150A	56	2
Wear_Plate-MWP_150x150A	66	2
Wear_Plate-MWP_150x150A	7	2
Wear_Plate-MWP_125x150A	8	2
Wear_Plate-MWP_125x150A	9	2
Guide-031-030P_30x160A	1	2
Guide-031-030P_40x160A	1	2
Stop_Sock-DB0C100A	1	2
Stop_Sock-DB0C100A	1	2
Stop_Sock-DB0C100A	1	2
Stop_Sock-DB0C100A	1	2
Stop_Sock-DB0C100A	1	2

Fig. 6. 금형 설계의 BOM 구조.

본 논문에서 적용한 제품 정보는 3차원 CAD로 작성한 금형의 형상 데이터를 기본으로 하며, 금형 설계 정보를 관리하는 PDM에서는 3차원 형상 정보 뿐만 아니라 2차원, 뷰잉(viewing)용 등 다양한 형식을 지원한다. 즉, 하나의 파일 안에 다양한 데이터 형태를 포함해서 저장하고 있는 구조이다. Fig. 7은 구현된 제품 설계 정보 관리 기능의 적용 예로서, 금형 제품의 구조와 3차원 형상을 동시에 보여준다. 또한 승인이나 결재를 통해서 수정(revision) 관리를 수행하며, 설계 변경 시 변경된 사항 및 최신 데이터를 관리할 수 있도록 구성하였다.

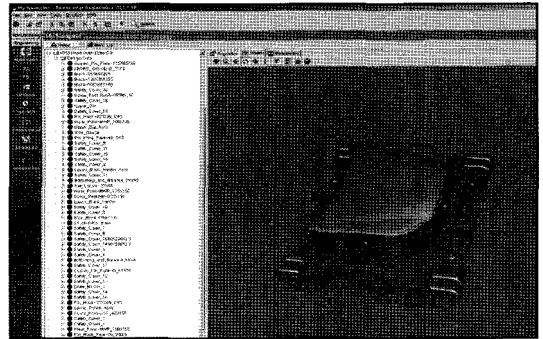


Fig. 7. Draw Die에 대한 제품 정보 관리.

##### 4.2 공정(process) 정보 관리

금형의 가공 공정은 소재인 주물 형상과 완제품인 금형의 설계 정보에 기초해서 정해진다. 일반적으로 홀(hole, groove) 같이 표준화된 가공 공정이 요구되는 형상부는 금형을 설계할 때, 형상에 맞게 표준화된 가공 속성을 사전에 제품 정보에 넣어 주고, 이 정보를 활용하여 공정계획을 수행한다. 각각의 형상에는 가공순서, 방법, 사용공구, 가공조건 등이 모두 표준화되어 데이터베이스에 저장되어 있게 되며, 공정계획자는 MPM시스템에서 공정계획 템플릿(template)를 다운받아, 내용을 수정하는 방식으로 기본적인 공정계획을 수행한다. 이때 같은 가공 속성을 가지는 형상이라도 하나의 셋업(set-up)에서 가공하는 것이 불가능할 경우 이를 나누어야 한다는 것이며, 일반적으로 구조부를 가공하기 위해서는 최소한 두 번의 셋업이 필요하고, 형상부는 가공 조건, 공구 길이, 기계 사양 등 여러 가지 사항들을 종합적으로 고려하여 공정계획을 작성한다.

공정계획을 작성한 후에는 상용CAM S/W에서 각 형상 가공부의 가공작업 속성, 세부적인 가공 경로와 가공 공구 등을 정의하고 NC데이터를 생성한다. 이때

CAM S/W와 MPM시스템이 연동되는데, MPM에서 관리하고 있는 공구를 CAM S/W에서 불러와 NC데이터를 생성하고 생성된 NC데이터는 다시 CL(cutter location) 파일 형태로 MPM시스템에 관리된다. Fig. 8은 이상에서 설명한 가공 공정계획 업무 절차를 정리한 것이다.

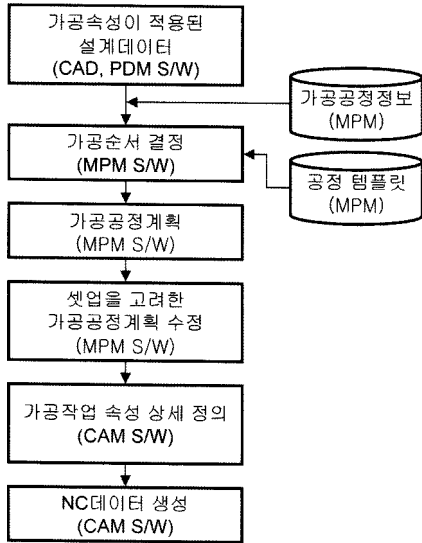


Fig. 8. 가공 공정계획 업무 절차.

### 4.3 자원(Resource) 정보 관리

가공기계와 공구 등 금형 가공 공정에서 사용되는 제조자원은 클래스(class) 개념을 적용하여 관리된다. MPM시스템은 클래스 개념을 사용해서 다양한 기계와 공구를 포함할 수 있는 카테고리를 정의하여 보유하고, 각각의 카테고리는 세부적인 공구 길이, 지름과 같은 공구 정보를 관리한다. 자원정보 관리자 모듈은 해당 기계나 공구의 카테고리를 선택하고, 클래스화되어 있는 입력 변수들을 상속 받아 변수들에 값을 입력한 후 3차원 데이터를 등록하면 새로운 공구와 가공 기계를 등록할 수 있다. 클래스를 통하여 각각의 자원정보들이 추상화되며, 자원정보 관리자 모듈은 이를 효과적으로 사용하여 자원정보를 관리, 활용한다. 금형 가공에 필요한 엔드밀, 페이스밀과 같은 가공 공구들도 자원정보 관리자 모듈을 통해 생성하되, 필요한 기본 데이터는 사전에 클래스화되어 정형화되어 있는 항목들에 값을 입력하는 작업만으로 수행되며, 클래스에 정의되어 있지 않은 정보에 대해서는 새로운 공구 정보를 추가하여 입력 한다. Fig. 9은 자원정보 관리 작업을 수행하는 화면 구성을 보여준다.

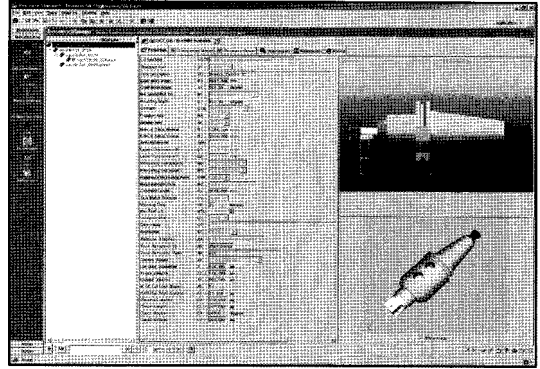


Fig. 9. 자원정보 관리 작업.

### 4.4 PPR 관계 모델링

이상과 같이 PLM, MPM시스템을 통하여 관리되는 PPR정보를 기반으로 디지털 가상생산 개념의 가공 시뮬레이션을 자동으로 생성, 수행하기 위해서는 PPR관계(relation)에 대한 엄격한 모델링이 필요하다. 즉, 각각의 가공 공정에 대해 가공되는 대상 제품과 공정 수행을 위해 사용되는 제조자원 정보들이 연관되어 있어야 하는 것이다. 본 논문에서는 먼저, 금형의 제조 공정을 정의한 후, 각각의 공정에서 가공되는 제품 또는 부품을 표현하고, 자원정보 관리자 모듈에서 관리하고 있는 가공기계와 공구들을 각 제조공정에 할당해주는 방법으로 PPR 관계 모델링을 수행한다. Fig. 10은 가공 공정에 대한 PPR 관계 정보의 모델링과 관리 화면을 보여준다.

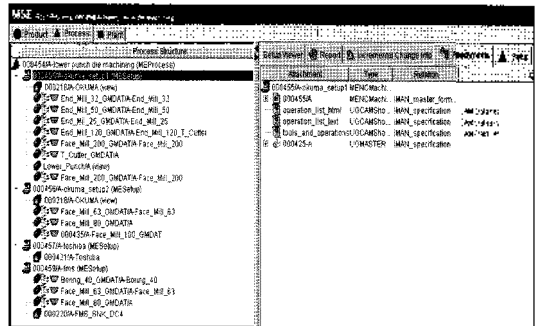


Fig. 10. 가공 공정의 PPR 관계 모델링.

### 4.5 후처리기(Post Processor)

CAM S/W에서 NC 데이터를 생성하면 실제로는 기본적인 공구 경로에 대한 정보만을 담고 있는 CL 파일만이 생성된다. 현장에 설치된 가공 기계들은 다양한 제이거 사양을 가지고 있기 때문에 그 기계들에 맞는 M Code, G Code 등을 생성하기 위하여 후처

리 작업을 거친다.

Fig. 11과 같이 우선 가공 기계의 축에 대한 기본 정보를 넣어주면 그와 관련된 후처리 작업을 위한 여러 가지 스크립트(script)들을 볼 수 있는데 이 스크립트를 적절하게 편집해서 가공 기계의 사양에 맞는 후처리를 수행, 해당 기계에 적합한 NC데이터를 생성한다.

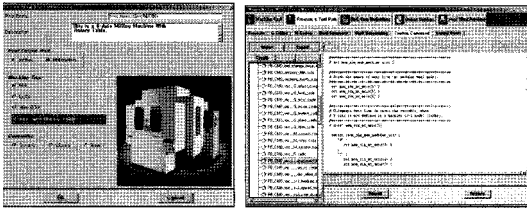


Fig. 11. 후처리기를 이용한 후처리 작업.

4.6 디지털 가상생산 시뮬레이션과 가공 작업 검증

디지털 가상생산 시뮬레이션을 수행하기 위해서는 가공 기계의 기구학 정보를 정의하고, 대상 제품, 가공공정과 제품 등에 관한 정보를 PDM과 MPM시스템으로부터 다운받아 통합하는 과정을 거친다. 구체적인 절차는 다음과 같다.

1. 3차원 CAD를 이용한 가공기계 모델링
2. 가공기계의 기구학 운동 정의
3. 3차원 CAD 라이브러리에 가공 기계 등록
4. 등록된 가공기계의 컨트롤러 정의
5. 생성한 컨트롤러의 라이브러리 등록
6. 가공 기계와 공구를 참조하여 디지털 가상생산 시뮬레이션 자동 수행

기구학 운동을 정의한 가공 기계를 등록한 후, MPM시스템에 등록된 가공 공구와 홀더 등 제조 자원정보를 불러내고, 상용CAM S/W에서 생성한 NC 프로그램대로 가상가공 시뮬레이션을 자동으로 수행하게 된다. 이를 통하여 공정계획에서 정의된 셋업, 가공 작업과 순서대로 가공 기계의 거동을 가상 환경에서 검증하는 것이 가능하다. Fig. 12는 디지털 가상생산 시뮬레이션이 진행되는 모습을 보여준다.

공구, 홀더 등과 금형 형상과의 충돌, 다른 구조부와의 간섭 여부, 축의 높이에 따른 가공 가능성 여부 등 실제 가공에서 일어날 수 있는 여러 문제점들을 가상환경에서 사전에 검증한다.

디지털 가상생산 시뮬레이션을 통하여 가공 공정계획을 사전에 검증하고, 문제점을 발견, 수정하는 것이 가능하다는 것이다. 기존에는 작업자의 경험과 지식에 기반해서 공정계획을 작성했다면, 이제는 PPR관리

에 입각한 디지털 가상생산 시뮬레이션을 통해 쉽게 공정계획을 수정하거나 이질적인 셋업 조건 하에서도 문제가 없는 NC 작업을 정의, 수행할 수 있다. 또한 다양한 'what-if'를 검토하여 제품, 공정, 자원에 대한 여러 가지 의사결정의 최적화를 이룰 수 있게 된다.

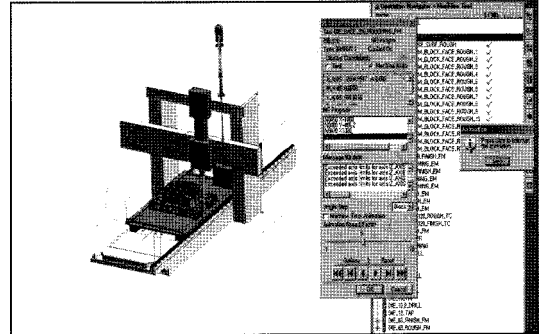


Fig. 12. 디지털 가상생산 시뮬레이션.

4.7 작업지시서 작성 및 배포

이상과 같은 과정을 통하여 공정계획과 NC 데이터, 기타 작업에 관련된 제반 사항들이 결정되면, 최종적으로 작업지시서가 자동으로 작성되며, NC데이터와 함께 전자적으로 배포된다. 이를 위하여 XML을 이용한 보고서 자동 생성기능을 이용, CAM S/W상에서 정의된 각각의 가공 작업에 대한 각종 정보와 PPR 정보, 디지털 가상생산 시뮬레이션에서 얻어지는 이미지를 포함한 작업지시서가 자동으로 작성된다.

기존에는 작업지시서 작성을 위해서 엑셀을 이용하여 가공 공구 정보, RPM 등에 대한 정보를 입력하고 도식화하는 작업을 수행해야 했지만, 본 논문에서는 XML기반의 표준 작업지시서를 자동으로 생성하는 것이 가능하다. Fig. 13은 PPR정보를 바탕으로 자동으로 생성된 가공지시서의 예이다.

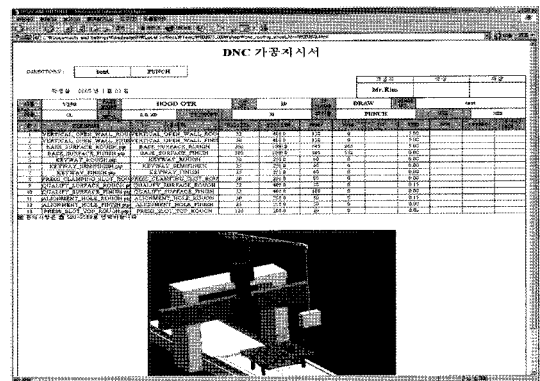


Fig. 13. XML기반의 작업지시서

## 5. 금형 PPR 관리의 효과

### 5.1 통합적인 협업 환경 구축

기존에는 금형 설계, NC 데이터 생성, 공정계획 및 검증 등을 서로 다른 업무 환경에서 진행해야 했고, 이에 따라 각각의 데이터를 관리하고 변환하는 데 많은 시간과 노력이 소요되었다. PLM 환경이 구축되면, 서로 다른 환경에서 각각 진행되었던 업무들을 통합된 환경에서 협업적으로 진행할 수 있고, PPR 정보의 생성, 관리, 유통이 효율적으로 이루어지는 환경이 구축됨으로써 불필요한 낭비 요소들을 제거하고 시간과 비용을 절약할 수 있다. 대상 회사의 경우 효과적인 협업 수행을 통해 설계 품질이 10% 정도 향상되고, 이를 통해 재작업 공수와 비용을 30% 이상 절감할 수 있는 것으로 예측되었다.

### 5.2 PPR 정보의 체계적 관리

금형 설계정보의 관리에 대해서는 PDM이 적용되고 있었으나, 공정과 제조자원 정보에 대한 관리는 체계적으로 이루어지지 않고 있는 것이 많은 기업의 현실이다. 본 논문에서는 상용 솔루션들을 활용하여, 제품정보뿐만 아니라, 제조공정 정보와 제조자원 정보를 모두 체계적으로 관리, 활용하는 방법을 제시하였고, 궁극적으로 전체 금형 설계 및 제조 업무 프로세스 상에서 필요한 사람이, 정확한 정보를 원하는 시점에 공유하고 활용하는 것이 가능한 환경을 구축하였다. 적용 결과 PPR 정보와 관련 분석의 검색 시간을 약 30% 정도 단축시킬 수 있는 것으로 확인되었고, 30명 정도의 엔지니어가 근무하는 대상 회사의 경우 연간 약 1억원 정도의 비용 절감이 가능할 것으로 예측되었다.

### 5.3 디지털 가상생산 확대 적용

디지털 가상생산을 하기 위해서는 여러 정보들에 대한 확보와 모델링이 필요하며, 많은 경우 정보를 모으고 정리하여 모델을 구축하는 데 상당한 시간과 노력이 소요된다. 본 논문의 결과와 같이 설계 및 제조 업무 프로세스에서 PPR 정보를 체계적인 관리하고 활용하는 환경을 구축하게 되면, 비효율적이고 소모적인 작업을 최소화하고, 관리되고 있는 정보를 체계적으로 활용하여 디지털 가상생산을 확대 적용하는 것이 가능한 것이다.

## 6. 결 론

PPR정보를 관리하는 문제에 있어서 가장 먼저 고

려해야 할 것은 어느 정도의 수준으로 정의하느냐와 어떤 분야에 어느 정도까지 적용하느냐가 분명히 정의되어야 한다는 것이다. 적용 범위가 보호하다면 관리해야 하는 정보의 양만 많아지고, 진짜 필요한 데이터는 없는 유령무실한 시스템이 되어 버릴 가능성이 있다. 따라서 초기에는 PPR 정보의 적용 범위를 좁혀서 최소한의 정보만 우선적으로 관리하도록 하고, 이후 PPR 정보 활용 업무를 단계적으로 추가해서 전체 업무 프로세스를 정립해 나아가는 것이 필요하다.

본 논문에서는 자동차 프레스 금형 공장을 대상으로, 상용 솔루션들을 활용한 PPR 정보 관리를 통해 공정계획 수행, 디지털 가상생산 시뮬레이션과 작업 지시 등 금형의 설계 및 제작 업무 프로세스를 PLM 개념에서 재구성하는 것을 목적으로, 업무 분석 및 재정립과 지원 시스템 및 환경 구축, 실제 금형에 대한 적용을 수행하였다. 특히, 공구, 홀더, 어태치먼트와 금형간의 간섭, 충돌 등 자동으로 생성된 디지털 가상생산 시뮬레이션을 통해 NC데이터의 검증을 원활하게 수행하여 공정계획을 사전에 검증하고 최적화하는 것이 가능하였으며, 설계에서 가공까지의 업무 프로세스를 일관된 환경과 시스템에서 통합적으로 수행하는 PLM 환경과 지원 시스템을 구축함으로써 금형 설계 및 제조 협업의 기반을 구축하였다.

본 논문에서는 동일한 환경과 기종의 시스템들을 통합하여 체계적인 PPR 관리를 수행하였으나, 실제로 많은 회사들이 다양한 종류의 시스템들을 보유하고 있는 것이 현실이므로, 향후 이기종 시스템들의 효율적인 통합과 연계를 통한 PPR정보의 관리와 활용에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## 감사의 글

본 연구는 산업자원부 차세대신기술개발사업, “글로벌 정보공유 및 지식기반의 차세대 생산시스템 기술 개발(2006-0856-000)”의 지원으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

1. Sheen, D., Lee, C. H., Noh, S. D. and Lee, K., "Process Planning and NC-code Generation in Manufacturing of Press Dies for Production of Car Bodies", *International Journal of Production Research*, Vol. 42, No. 1, pp. 37-49, 2004.
2. 이상화, 이상현, 유승우, "자동차 프레스 금형 설계를 위한 3차원 CAD 시스템의 개발", *한국CAD/CAM 학회 논문집*, 제12권, 제1호, pp. 39-49,



2007년 1월.

- 3. 노상도, 신종계, 지해성, 임현준, "CAD, 디지털 가상생산과 PLM", 시그마프레스, 2006년.
- 4. 이경호; "Manufacturing Process Management (MPM)", 한국 CAD/CAM 학회지, Vol. 10, No. 2, pp. 17-19, 2004년 8월.
- 5. Kovacs, Z., Le Goti, J.-M. and McClatchey, R., "Support for Product Data from Design to Production", *Computer Integrated Manufacturing Systems* Vol. 11, No. 4, pp. 285-290, 1998.
- 6. Thomas, K. K. and Fischer, G. W., "Integrating

CAD/CAM Software for Process Planning Applications", *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 61 No. 1/2, pp. 87-92.

- 7. Farhad Ameri and Debasish Dutta, "Product Lifecycle Management Needs, Concepts and Components", Product Lifecycle Management Development Consortium, May 2004.
- 8. IBM, "Product Lifecycle Management", IBM PLM User Conference, 2002.
- 9. UGS PLM Solutions, "P3R and PLM", UGS User Conference, 2003.



**김 건 연**

1997년~2004년 성균관대학교 공과대학 시스템경영공학과 학사  
 2004년~2006년 성균관대학교 대학원 산업공학과 석사  
 2006년~현재 성균관대학교 대학원 산업공학과 박사과정  
 관심분야: Concurrent & Collaborative Engineering, 디지털 가상생산, CAD/CAPP, CAM/PLM



**노 상 도**

1988년~1992년 한국과학기술원 기계공학과 학사  
 1992년~1994년 서울대학교 기계설계학과 석사  
 1994년~1999년 서울대학교 기계설계학과 박사  
 1999년~2002년 고등기술연구원 생산기술센터 선임연구원

2002년~현재 성균관대학교 공과대학 시스템경영공학과 조교수, 부교수  
 관심분야: 생산시스템 모델링 및 분석, 동시협업, 디지털 가상생산, CAD/CAPP/CAM/PLM



**이 인 석**

1997년~2001년 서울대학교 공과대학 기계항공공학부 학사  
 2001년~2003년 서울대학교 대학원 기계설계학과 석사  
 현재 GM Daewoo Auto & Technology 생산기술연구소 플링센터 급형 기술팀 대리

관심분야: 가상생산, 정보시스템, CAD/CAM/PLM



**송 명 환**

1986년~1992년 한국과학기술원 정밀공학과 학사  
 현재 GM Daewoo Auto & Technology 생산기술연구소 플링센터 급형 기술팀 차장  
 관심분야: CAD/CAM/PLM, 가상생산 시스템