

PPR 정보 관리를 통한 금형 디지털 가상생산에 관한 연구

김건연(성균관대 대학원 산업공학과), 노상도(성균관대 시스템경영공학부)

Study on the digital manufacturing base on PPR information management

G. Y. Kim(Dept. of Industrial Engineering, SKKU)

S. D. Noh(Dept. of System management Engineering, SKKU)

ABSTRACT

To achieve rapid developments and ensure competitiveness, cost saving, digital manufacturing is essential in die shops. Digital Manufacturing is a technology to facilitate effective product developments and agile productions by digital environments representing the physical and logical schema and the behavior of real manufacturing system including manufacturing resources, processes and products. For applying digital manufacturing to die shop, engineering information managements of products, manufacturing process and resources are needed. In this paper proposes and implements, PLM approach for achieving engineering collaborations in engineering activities. We suggest detail procedures, some examples and considerations of PPR managements in die shop.

Key Words : PLM(Product Lifecycle Management), PPR(Product, Process, Resource), MPM(Manufacturing Process Management)

1. 서론

설계, 패턴, 주물, 가공, 준비조립, 완성작업 등의 복잡한 일련의 프로세스를 가지는 자동차 금형 공장에서는 이를 실현하기 위해 디지털 가상생산을 통한 설계 및 가공의 사전 검증을 통한 최적화와 제작 프로세스간 오버랩을 지원하기 위한 동시협업(Concurrent and collaborative engineering) 프로세스의 달성이 필수적인 것으로 인식되고 있다.

디지털 가상 생산(Digital Virtual Manufacturing)은 제품 및 설비의 3 차원 모델에 기반하여 제품 생산 시 행해지는 모든 일들을 컴퓨터를 이용하여 미리 시뮬레이션 해보는 것이라 정의할 수 있다. 디지털 가상생산을 적용함으로써 실제 생산에 적용하는 단계에서 발생할 수 있는 설계 오류나 제작상의 문제점을 미리 파악하여 양산 단계에서의 비용과 시간의 낭비를 최소화할 수 있다. 또한 새로운 제조 방법 및 생산 설비의 변화를 가상생산 환경에서 미리 적용해 볼 수 있으므로 실제 제조 시스템 적용에 필연적으로 발생하는 재계획 및 수정에 따른 비용

과 시간을 절감할 수 있는 기술이다.

금형 제작에 있어서도 디지털 가상생산 기술을 프레스 금형의 성형 해석, 프레스 시뮬레이션을 적용해 판넬(panel) 성형성을 사전에 판단하거나 금형의 상하형 간 간섭을 확인하는 업무에서 활용하고 있다.

디지털 가상 생산 기술이 산업계에 점차적으로 확산되면서, 핵심 경쟁력으로 대두되고 있는 PLM이라는 패러다임 역시 자동차, 조선 산업 등에 확산되고 있다. PLM(Product Lifecycle Management)은 초기 제품 기획 단계인 고객 요구사항 파악에서부터 유지 관리, 복구의 마지막 단계까지 제품 생산의 전 라이프사이클을 관리하는 것이다. 또한 MPM 즉, 생산 프로세스 관리(Manufacturing Process Management)라 하여 제품 설계와 제품을 전자화된 과정으로 연결시키는 많은 단계로 표현되며, 정보의 질을 향상시키고 time-to-market 을 줄여주는 역할을 한다. MPM 의 가장 큰 이점은 엄격한 설계와 관리된 생산 시스템으로부터 얻어지는 향상된 생산 효율이라고 할 수 있다¹⁾.

상용 CAD/CAM 솔루션을 활용하여 제품설계와

생산 계획 업무를 진행할 수 있는 통합된 업무 환경을 구축한 연구가 진행되었다²⁾. 이러한 연구들은 PDM에서 관리되고 있는 제품 데이터를 이용하여 가공 수순이나, 생산 계획을 수립하는 업무를 구축하는 연구들이다. 이것은 제품 데이터 관리와 이를 활용한 생산 계획 수립의 관점에만 중점을 두고, 가공 공정 계획, 생산 공정 계획의 프로세스와 공구, 장비, 가공 기계들의 리소스 데이터, PPR 데이터의 체계적인 관리에 대한 부분은 아직 논의 되지 못하고 있는 상황이다. 그러나 PLM과 디지털 가상 생산을 적용하기 위해서 제품데이터 관리뿐만 아니라 공정계획 데이터, 리소스 데이터까지 확장되고 체계적인 데이터 관리가 요구된다.

본 논문에서는 국내의 자동차 금형 공장을 대상으로 PLM 개념을 이용하여 신규 업무 프로세스의 제안하고, PPR 데이터를 관리하고 이를 바탕으로 가공 프로세스의 디지털 가상 생산을 적용한 사례를 소개하고자 한다. 이번 논문에서 사용한 PLM 솔루션으로 UGS사의 3차원 CAD인 unigraphics와, PDM은 teamcenter engineering, MPM 솔루션인 teamcenter manufacturing, CAM 솔루션, 가공검증과 시뮬레이션 솔루션 등을 사용하여 이번 연구를 진행하였다. 또한 이 논문에서는 각 솔루션 간의 인터페이스를 검증하고 설계에서부터 가공까지 통합된 프로세스를 구축하였다.

2. 금형 공장의 PLM •MPM 적용

2.1 PLM •MPM의 개념

PLM(Product Lifecycle Management)은 초기 제품 기획 단계인 고객 요구사항 파악에서부터 유지관리, 복구의 마지막 단계까지 제품 생산의 전 라이프사이클을 관리하는 것이다. PLM은 제품을 우선 생각한다. P-제품은 모든 제조업의 핵심이다. L-라이프사이클은 제품의 전 생산주기, 즉 아이디어에서 생산, 유지, 폐기까지 전주기를 관리한다는 의미이며, M-매니지먼트는 협업과 관련한 모든 것들, 그리고 확장된 엔터프라이즈 OEM과 공급업체의 관계를 관리하는 모든 것들을 관리하는 것이다³⁾.

PLM은 PDM을 엔지니어링과 생산 및 제조 영역에서 마케팅과 재무 등의 영역으로 확장시켜 준다. 또한 PLM은 관리와 혁신간의 공백을 줄여주고, PDM에 제품 정보 생성과 그 정보의 관리의 기능을 포함한 기능을 확장시킨다⁴⁾.

2.2 금형공장의 PLM •MPM 적용 필요성

PLM은 자동차, 조선, 항공 등 여러 분야, 그리고 각 업무 프로세스에 적용을 할 수 있다. 특히 금형 공장은 조선, 항공 산업과 유사한 수주 기반

의 다품종 소량 생산을 하는 제조업으로써, 다양한 제품을 한정된 자원과 일관된 생산 프로세스를 통해 생산하고 있다. 따라서 한정된 자원의 효율적인 관리가 중요하기 때문에 PLM 시스템이 반드시 필요하다^{5,6)}. 특히 금형공장은 제품 설계, 생산 그리고 생산된 제품을 납품하는 업무 외에 여러 협력업체로부터 설계 데이터와 공급되는 부품에 관한 다양한 업무에 대한 관리가 요구되며, 자원의 효율적인 사용을 위한 최적의 생산일정, 가공 공정 계획을 수립하기 위한 MPM이 요구된다. 따라서 PLM과 MPM을 적용하여 효율적인 자원 이용 및 체계적인 관리가 요구되고 있는 상황이다.

3. 금형 가공 프로세스

금형 가공은 설계가 완료된 후 업무이다. 금형 가공 프로세스에서 구조부 가공과 3차원 형상부 가공의 업무가 상이하다. 또한, 일반 기계에서는 사용 가능하지만, ATC(Auto Tool Change)가 지원되는 가공기계에서 ATC 사용이 가능하도록 하기 위해서 NC 데이터의 post process가 필요하다. 또한, 효율적인 가공을 위해 절삭량을 고려한 가공 속도를 결정하기 위해 AFC(Auto Feed Change) 작업을 한다. 최종적으로 가공 가능성 여부, 공구 간섭, 홀더 충돌 여부와 같은 가공 검증을 해서 작업지시서를 현장에 배포하고 실제 가공 작업을 수행한다. 일련의 업무 프로세스 상에는 발생하는 문제 중 하나가 작업 진행 시 사용하는 솔루션의 데이터 형식의 차이로 인한 데이터 포맷 변환이다. 이로 인해서 다음업무 진행을 위해서 데이터 포맷을 변환해야만 한다. 이러한 문제들을 해결하기 위하여 <Fig. 1>와 같은 신규 업무 프로세스를 구축하였다.

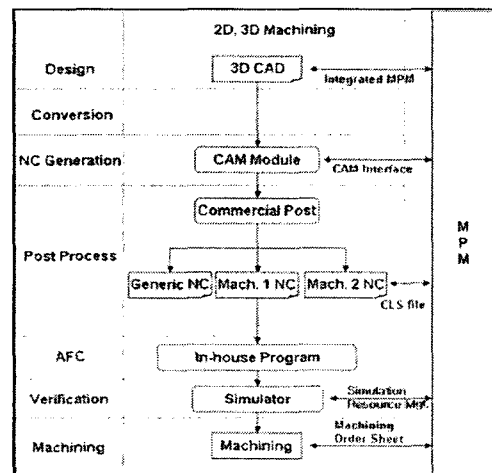


Fig. 1 new business process environment base on digital manufacturing

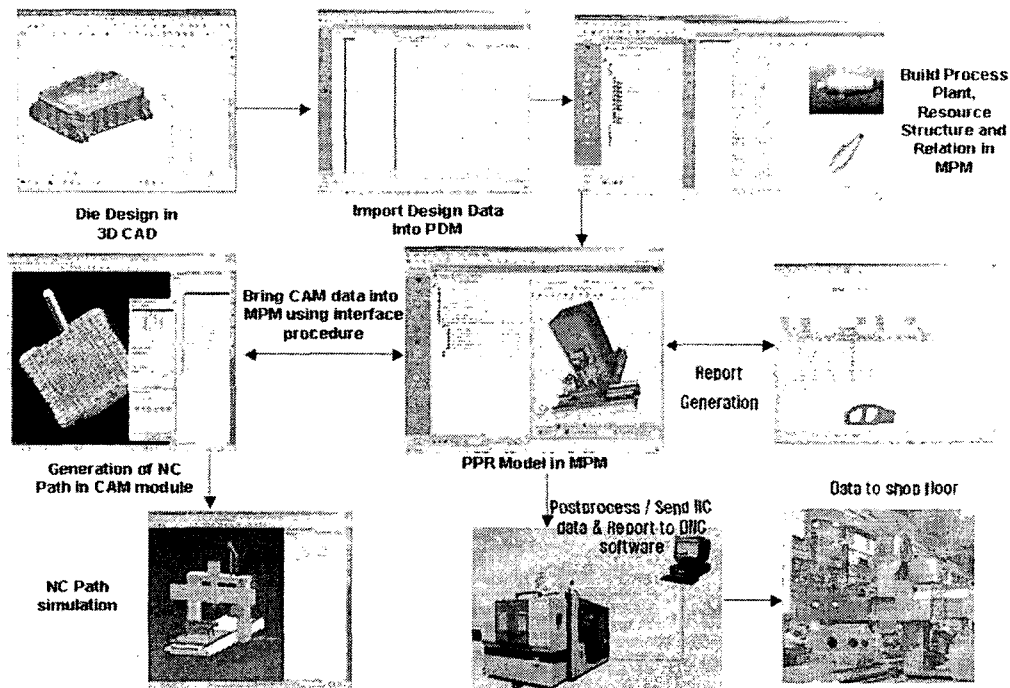


Fig. 2 machining process base on PPR data

<Fig. 1>의 신규 업무 환경에서는 가공 프로세스를 포함하는 PPR 정보관리를 위하여 PDM 과 MPM 솔루션을 기본으로 NC 데이터를 생성할 경우, 3 차원 CAD 에 의해서 설계된 데이터는 상용 CAM 에서 NC 데이터를 생성하고, post processor 를 이용하여 후처리 작업을 후, 이 NC 데이터를 사용하여 가공 시뮬레이션과 NC 데이터 검증을 모델링 된 기계와 설계 데이터를 이용하여 가공 시뮬레이션을 할 수 있다⁷⁾. 금형 설계 정보 관리, NC 데이터 관리, 가공 지시서 배포, 공구 및 가공 기계 정보와 같은 PPR 데이터 관리, 개별 공정간 인터페이스 및 데이터 공유의 역할을 수행하도록 했다. 즉, 가공 프로세스상에 필요한 PPR 데이터를 관리함으로써 설계에서부터 가공 프로세스 데이터를 각 부서의 업무 담당자들이 정보 공유가 가능한 업무 환경을 구축할 수 있었다. <Fig. 2>은 PPR 데이터 관점에서 본 설계에서 부터 가공까지의 프로세스이다.

4. PLM •MPM 적용

4.1 제품 정보 관리

각 금형은 독립된 제품으로서, 하나의 제품 안에는 다양한 구성요소 및 부품이 포함된다. 현재, 금형 설계 데이터의 구조는 최상위에서 하위 부품 단위까지 관리가 되므로 e-BOM 과 m-BOM 의 차이

가 없다. 즉, 각각의 금형에 대한 실제 데이터는 바로 금형 제작이나 구매로 이어질 수 있는 BOM 구조를 가지고 있다. <Fig. 3>는 본 논문에서 구현된 BOM 구조를 보여준다.

BOM Line	Rule configured by	Item Rev Status	Sequence N.
11.122.1401.1100000000			
Lower_Punch_Assy (New)	Working ()		10
Lower_Punch (New)	Working ()		10
Wear_Plate-MWP_150X150A	Working ()		26
Wear_Plate-MWP_150X150A	Working ()		26
Wear_Plate-MWP_150X150A	Working ()		40
Wear_Plate-MWP_150X150A	Working ()		56
Wear_Plate-MWP_150X150A	Working ()		60
Wear_Plate-MWP_150X150A	Working ()		76
Wear_Plate-MWP_150X150A	Working ()		80
Wear_Plate-MWP_150X150A	Working ()		90
Guide_Post-SCP_40X180A	Working ()		100
Guide_Post-SCP_40X180A	Working ()		110
Stop_Block-D80X100A	Working ()		120
Stop_Block-D80X100A	Working ()		130
Stop_Block-D80X100A	Working ()		140
Stop_Block-D80X100A	Working ()		150

Fig. 3 BOM structure of die design

본 논문에서 PLM 과 MPM 을 적용한 제품 데이터는 3 차원 CAD 이용하여 설계한 실제 금형 데이터를 사용하였다.

이 금형 설계 데이터를 관리하는 PDM 은 각각의 데이터들은 3D 형상 정보 viewing 용 데이터 등 다양한 데이터포맷을 지원하고 있다. <Fig. 4>는 등록된 제품 설계 데이터 및 정보 관리 기능의 적용 예로서, 금형 제품의 구조와 이번 논문에서 사용한 모델이다. 또한 승인 및 결재를 통해서 revision 관리를 함으로써 설계 변경 시 변경된 사항 및 최신

데이터를 관리할 수 있도록 했다.

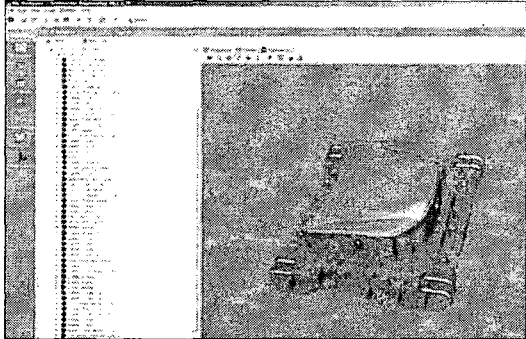


Fig. 4 management of product information

4.2 가공 프로세스 정보 관리

가공 프로세스는 주물의 형상에 기초해서 홀이나 부품 조립 단면과 같은 가공이 필요한 형상면은 설계자들이 금형 설계를 할 때, 가공 작업을 고려하여 형상에 맞게 표준화된 가공 속성을 넣어 준다. 각각의 형상에는 Feed-rate, RPM 과 같은 가공절차, 방법, 사용공구가 DB 로 정의 되어 있으므로, 공정 계획 템플릿을 이용하여 가공 순서를 정하면 기본적인 가공 공정을 계획 할 수 있다. 다음은 실제 가공 시 setup 을 고려하여 가공 공정 계획을 수정하는 것이다. 보통, 구조부를 가공하기 위해서는 최소한 두 번의 setup 이 필요하며 정의된 주물 형상부를 어떤 setup 에서 가공가능한지를 가공 조건, 공구 길이, 기계 사양 등 모든 사항들을 고려하여 가공 공정 계획을 마무리한다. 가공 공정 계획을 수정한 이후에는 상용 CAM 에서 각 형상부의 가공 오퍼레이션 속성, 세부적인 가공 경로와 가공 공구등을 정의한다. 이 때 CAM interface 를 통해 MPM 에서 관리하고 있는 공구를 불러와서 NC 데이터를 생성하고 생성된 NC 데이터는 다시 CLS 파일 형태로 관리된다. <Fig. 5>는 앞서 언급한 내용을 바탕으로 가공 공정 계획 프로세스를 도식화한 것이다.

4.3 Resource 정보 관리

가공기계와 공구와 같은 가공 공정의 Resource 는 class 개념을 통해 관리할 수 있다. MPM 은 class 개념을 사용해서 다양한 기계와 공구를 포함

할 수 있는 카테고리를 가지고 있고, 각각의 카테고리는 세부적인 공구 길이, 지름과 같은 공구 정보를 관리하고, 리소스 관리자는 해당 기계나 공구의 카테고리를 선택하면 class 화되어 있는 입력 변수들을 상속 받아 변수들에 값을 입력하고 3D 데이터를 등록하면 새로운 공구와 가공 기계를 등록할 수 있다. <Fig. 6>은 class 관리 화면과 리소스 관리자의 관계를 개념적으로 나타낸 것이다.

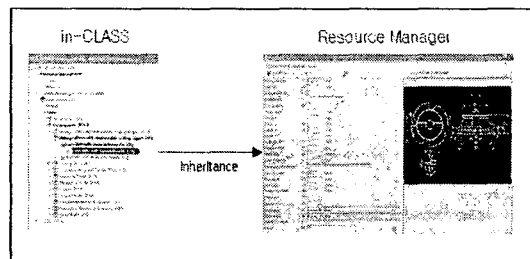


Fig. 6 relation between in-CLASS and Resource Manager

4.4 금형 가공 프로세스의 PPR 모델링

PPR 정보 관리를 통해 가공 시뮬레이션을 하기 위해서는 PPR 정보 사이의 관계를 정의해 주어야 한다. 즉, 가공 프로세스에서 가공되는 제품과 이를 가공하기 위해 사용되는 리소스 정보들이 연관되어 있어야 한다. 먼저, 프로세스를 정의한 후 각각의 프로세스에서 가공되는 제품을 표현하고 리소스 관리자에서 관리하고 있는 가공기계와 공구들의 각 프로세스에 할당을 해준다. <Fig. 7>은 가공 프로세스에 대한 PPR 정보의 관리를 보여준다.

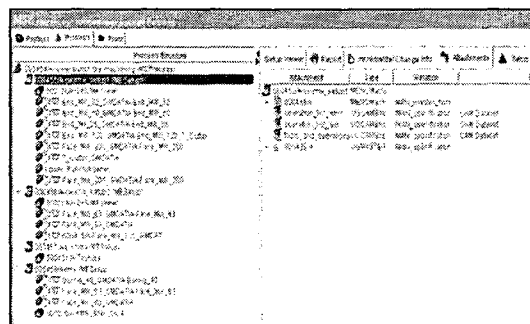


Fig. 7 PPR Model of machining process

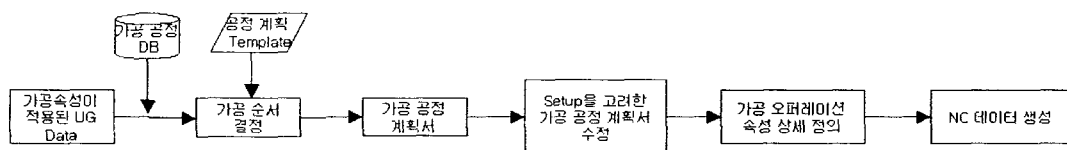


Fig. 5 workflow of machining process plan

4.5 가공 시뮬레이션

기구학 운동을 정의한 가공 기계를 등록한 후, MPM 에 등록된 가공 공구와 홀더를 사용하여 상용 CAM 솔루션에서 생성한 NC path 대로 가공 시뮬레이션을 할 수 있다.

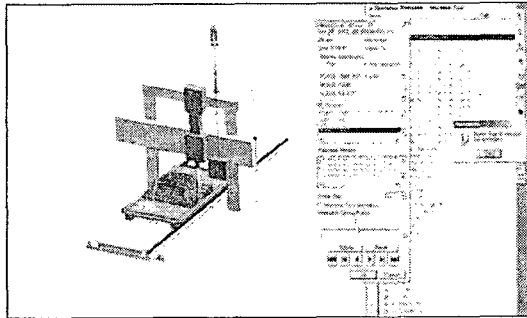


Fig. 8 Machining Simulation

<Fig. 8>은 가공 시뮬레이션을 나타내고 있다. 가공 공정 계획에 맞게 정의된 setup 이나 가공 방법과 가공 순서대로 가공 기계의 작업을 가상으로 검증이 가능하다. 공구, 홀더 등의 형상부와 충돌 현상, 간섭 여부, 축의 높이에 따른 가공 가능성 여부 등 실제 가공에서 일어날 수 있는 여러 문제점들을 조기에 검증할 수 있어서 구조부 가공의 무인화에 기여할 것으로 기대된다.

4.6 공정 계획 검증

가공 시뮬레이션을 통한 가공 공정 계획을 시각적 검증을 통한 수정이 가능해져, 기존에는 작업자의 지식에 기반해서 공정계획을 했다면, 시뮬레이션을 통해 쉽게 공정 순서를 수정하거나 다른 setup 조건에서도 가공 가능한 NC 오퍼레이션을 찾을 수 있었다. 즉, 한 setup 상태에서 최대한 많은 가공을 하기 위한 방법론을 찾을 수 있어 가공 시간적인 측면에서 가장 최적화된 가공 공정 계획을 방법론을 찾을 수 있다.

4.7가공 지시서 배포

가공지시서 배포는 리포트 자동 생성기능을 이용하여 CAM 솔루션 상에서 정의된 각 가공 오퍼레이션에 대한 RPM, Feed Rate 공구의 길이 정보를 이용하여 현장 작업자들에게 즉시 배포할 수 있는 가공 지시서를 만들 수 있다. 레포트 생성 기능을 이용해서, 가공 프로세스 정의 업무 후에 자동적인 가공 지시서 생성이 가능하다. 이 때 양식은 웹문서 형태로 생성이 가능해 업무 표준에 따른 양식으로 생성을 할 수 있다. <Fig. 9>은 가공지시서의 예이다.

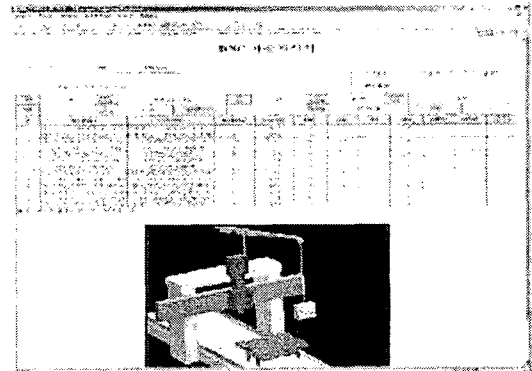


Fig. 9 work order sheet

5. PLM •MPM 적용 효과

(1) 통합 업무 환경 구축

금형 설계, NC 데이터 생성, 가공 프로세스 등을 서로 다른 업무 환경에서 진행되어져, 그로 인해서 발생하는 각각의 결과 데이터를 관리하는데 있어 어려움이 있었다. 서로 다른 환경에서 진행되었던 업무들을 통합된 환경에서 데이터 생성과 데이터 관리를 할 수 있는 환경을 구축하여 데이터 변환, 데이터 관리와 필요 데이터 수집과 같은 불필요 요소들을 제거하여 시간, 비용적인 측면에서 손실을 최소화할 수 있다.

(2) PPR 데이터 체계적 관리

금형 설계 데이터의 관리에 대해서는 PDM 을 이용한 제품 데이터 관리가 이루어지고 있으나, 생산 프로세스와 리소스 데이터에 대한 관리는 대부분 관리의 소홀과 체계적이 못한 방안으로 이루어지고 있다. 그러나 이번 연구를 통해서 제품 데이터에 대한 관리 뿐만 아니라, 프로세스 데이터와 리소스 데이터 관리를 체계적으로 관리하여 데이터 접근성 등에서 보다 효율적 데이터를 활용할 수 있는 기반이 마련되었다.

(3) 디지털 가상 생산 확대 적용

디지털 가상 생산 기술을 적용하기 위해서는 제품 데이터와 가공 기계 데이터, 프로세스에 대한 정보 등이 체계적으로 관리되어야 하지만, 데이터 관리 부분이 미흡하다. 데이터 수집과 생성 등의 업무외적인 부분에서 상당한 시간이 소모된다. 그러나 이번 논문에서는 PPR 데이터에 대한 체계적인 관리로 인해서 사전 준비 시간 등으로 인한 비효율적이고 소모적인 업무를 최소화하고, 체계적으로 관리되고 있는 데이터를 사용하여 디지털 가상 생산 기술 실현 및 확대 적용이 가능하다.

6. 결 론

PPR 정보를 관리하고자 할 때 가장 먼저 고려해야 할 사항은 이 정보들을 가지고 어떤 분야에 적용하느냐가 분명히 정해져야 한다는 것이다. 적용 범위가 모호하다면 관리해야 하는 정보의 양만 많아지고, 정작 필요한 데이터는 없는 유명무실한 시스템이 되어 버릴 가능성이 있다. 따라서 PPR 정보의 적용 범위를 좁혀서 최소한의 정보만 우선적으로 관리하도록 하고, 이후 PPR 데이터를 적용하고자 하는 부분에 프로세스가 정립된다면 그 외에 필요한 데이터를 추가적으로 넣어주어야 한다.

이 논문에서는 자동차 금형 공장에서 PPR 정보 관리를 통해 가공 시물레이션과 가공 공정 계획 검증 을 하고자 했다. 특히, 공구, 홀더, 어태치먼트와 금형간의 간섭, 충돌 시물레이션을 통해 구조부 가공의 NC 데이터 검증을 할 수 있었으며 구조부 가공 공정 계획을 사전에 확인하여 최적화된 가공 공정 계획을 찾을 수 있었다.

또한, 설계에서부터 가공 프로세스까지 PLM 시스템을 구축해 일관된 시스템 환경에서 엔지니어링 업무를 진행할 수 있었다.

참고문헌

1. 이경호, Manufacturing Process Management (MPM)?, 한국 CAD/CAM 학회지, Vol 10 No 2, pp17- 19, 2004 년 8 월,
2. Thomas, K.K. ; Fischer, G.W., Integrating CAD/CAM Software for Process Planning Applications? Journal of materials processing technology, v.61 no.1/2, pp.87-92
3. 최경화, 제조업 혁신을 위한 PLM 비전 제시? Cad&graphics, 2003 년 10 월호
4. Farhad Ameri and Debasish Dutta, Product Lifecycle Management Needs, Concepts and Components? Product Lifecycle Management Development Consortium, May 2004
5. IBM, Product Lifecycle Management? IBM PLM User Conference, 2002.
6. UGS PLM Solutions, 3R and PLM? UGS User Conference, 2003
7. UGS PLM Solutions, Teamcenter Administrator/User Manual, 2004.