

# 대형 프레스 금형 생산을 위한 자동 공정계획 시스템 개발

\* 손주찬, \*\* 백종명

시스템공학연구소/통합생산시스템연구부  
305-333 대전시 유성구 어은동 1번지

## Abstract

공정계획은 숙련된 작업자의 경험과 지식에 의해서 작성된다. 이러한 과정을 컴퓨터를 활용하여 자동화함으로써 공정계획을 수립하는 시간은 물론 이와 연관된 설계변경, 설비선정, 견적, 재고관리 등 반복적인 업무의 스피드와 정확도를 향상시킬 수 있으며, 비숙련자라도 쉽게 공정을 파악하고 최선의 공정계획을 수립할 수 있다.

자동차 외판제조용 대형 프레스 금형을 대상으로 자동화된 공정계획 시스템을 구현하기 위해 비공식 또는 공식으로 일어나고 있는 공정에 관한 지식을 수집, 분석하여 금형의 패턴과 형구, 부품, 사양으로 분류하여 표준화하였고, 이를 기반으로 공정계획을 컴퓨터가 자동으로 생성할 수 있도록 공정에 관한 Knowledge를 Relational Data Model로 표현하였다. 자동공정계획 시스템은 단계별 Tree 방식으로서, 각 단계마다 시스템이 제공하는 질의에 대해 설계자 또는 공정계획자가 설계도면을 참고하여 이에 대응하면 해당 금형에 대한 적합한 공정계획과 작업공수가 제시되도록 설계 개발되었다.

## 1. 서론

컴퓨터를 이용하여 생산 공정계획 수립을 자동화하려는 많은 시도가 있어 왔으며, 이러한

결과로 다양한 CAPP 관련 S/W가 개발되어 실무에서 사용되어져 왔다.

최근의 개발동향을 볼 때, 공정계획 수립시 전체 공정계획기능으로부터 공정계획 수립자를 가능한한 배제함으로써, 공정계획 숙련자의 부족 보완, 공정계획 수립시간의 단축, 생산경비 절감, 공정계획 수립의 일관성 확보, 생산성 증대라는 목표를 달성하려는 방향으로 CAPP 시스템이 개발되고 있다. [4]

공정계획 수립 방법을 볼 때, 부품의 유사성을 기본으로 유사한 부품의 공정계획을 추출하여 이를 보완 사용하는 방식인 Variant Processing Planning과 숙련된 작업자/공정계획자로부터 추출한 공정 Rule을 프로그램화 또는 데이터화하여 적용하는 Generative Processing Planning을 들 수 있다. [4]

본 시스템은 공정계획에 관련된 공정계획자와 숙련공의 Knowledge를 데이터베이스함으로써 공정순서 계획시에는 부품의 유사성을 기본으로 하여 기존 공정경로를 이용하는 방식을 사용하였으며, 세부작업 결정 및 공정 작업시간 계획시에는 Decision Tree 방식을 적용하였다.

## 2. 시스템 모델링

자동차 판넬을 제작하는 Press 금형은 다음과 같이 성형성과 비성형성 그리고 공용성에 따라서 20가지의 표준 패턴으로 분류할 수

\* 시스템공학연구소 통합생산시스템연구부 연구원

\*\* 시스템공학연구소 통합생산시스템연구부 선임연구원

있다.

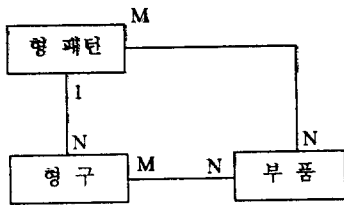
- 성형 : Forming, S/A Draw, D/A Draw, ...
- 비성형 : TR/PIE, TR/PIE/CAM, RE/FL, ...
- 공용성 : 상 Common Riser, 하 Common

Riser, Master Model, COPY Model...

각각의 표준 패턴은 금형(이하 '형구'로 칭함)을 구성하고 있는 부품조합에 따라 여러 개의 형구로 분류할 수 있다. 형구를 구성하는 부품은 45 개의 표준 부품으로 분류된다.

- 상 Die, 상 PAD, 상 B/Plate, ...
- 하 Die, 하 PAD, 하 B/Plate, ...

상기 표준 패턴과 형구, 그리고 형구를 구성하는 부품과의 관계를 다음과 같이 정의할 수 있다.



[그림 1] 형패턴/형구/부품 Entity 간의 관계

하나의 형패턴은 여러 개의 형구를 논리적으로 포괄하는 상위개념의 논리 Entity이다. 그리고 형구는 여러 개의 부품으로 구성되며, 형패턴과 부품은 M:N의 관계이다.

하나의 형구 Entity는 구성하는 부품 Entity의 집합으로써 표현된다. 이는 부품을 결정하는 것은 바로 형구를 결정하는 것을 의미하므로 형패턴을 알고 구성 부품을 안다면 정확한 형구를 알 수 있다.

자동차 외관 제조용 Press 금형 설계는 부품 중심으로 설계된다. 금형의 제조공정 경로, 세부작업, 작업공수는 구성 부품의 사양에 의해 결정된다. 부품의 사양은 두가지로 분류할 수 있는데, 제조공정 경로와 작업 CELL에서의 세부작업을 결정하는 사양(이하 'Variants'라 칭함)과 작업공수를 결정하는 사

양(이하 'Spec'이라 칭함) 2 가지가 있다.

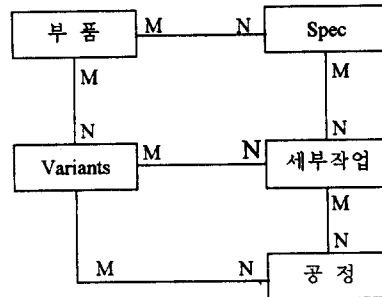
• Variants

- 215 CAM PAD 유무
- 218 2 차 H/B 유무
- 302 안전 커버 유무
- 308 인부형태는?
- 309 Spring 좌면형태

• Spec

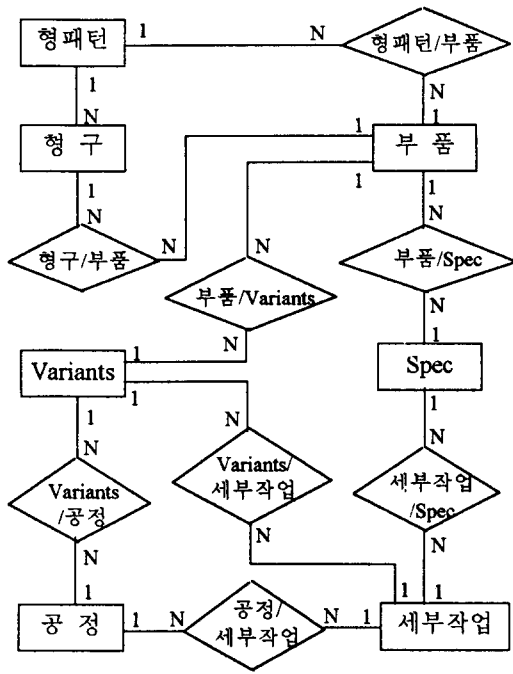
- 009 소재두께
- 011 열처리 구분
- 013 형구폭
- 112 윤곽유형
- 206 KEY 홈 갯수

설계에 의해 부품의 Variants가 결정되면 현장 작업 CELL에서 수행될 세부작업이 어떤 것인지 결정된다. 그리고 결정된 세부작업에 의해 작업공수 산출에 필요한 부품의 Spec이 결정된다. Variants와 세부작업, 그리고 Spec의 관계는 다음과 같다.



[그림 2] 부품/Variants/Spec/세부작업/공정 Entity 간의 관계

[그림 1]과 [그림 2]에서 보듯이 형패턴/형구/부품/Variants/Spec/세부작업/공정 Entity 간의 관계는 각각 1:N 또는 M:N으로 표현된다. [1][2] M:N로 인해 발생하는 Entity 간의 Data Insertion/Deletion Anomaly를 해소하기 위해 상기 Model을 정규화(3<sup>rd</sup> Normal Form)하면 각 Entity 간의 관계는 다음과 같다. [3]



[그림 3] Entity-Relationship Diagram

### 3. 시스템 구성

#### 가. 전체 구조

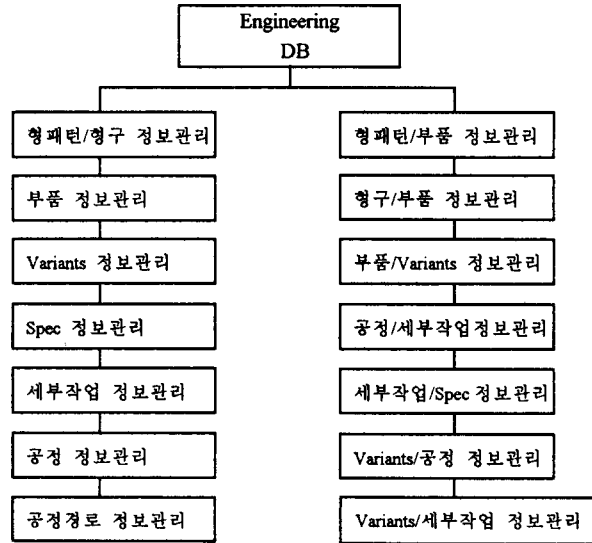
해당 시스템의 기본기능은 자동차 외판 Press 금형 제작시 공정계획을 자동수립하는 것으로써, 공정계획 및 작업 표준공수 산출에 필요한 작업자의 관련 Knowledge 를 Data 로 표현, 저장 관리하는 Engineering DB 시스템과 Engineering DB로부터 Knowledge 를 추출하여 공정계획 및 작업공수를 산출하는 공정계획 시스템으로 구성되어 있다.

#### 나. Engineering DB 관리

공정계획 및 작업공수 산출을 위한 Engineering DB 는 16 개의 Relational Table 로 구성되어 있다. 16 개 Table 은 Entity 를 표현하는 7 개의 Table 과 Entity 간의 Relationship 을 표현하는 9 개의 Table 로 구성된다.

16 개의 Table 은 Insertion/Deletion Anomaly 가 제거되도록 정규화되었으므로[3], Array 와

Transitive Dependency 가 모두 제거되는 3<sup>rd</sup> Normal Form 을 만족한다. 따라서, 공정계획과 관련된 Knowledge 를 추가/삭제할 경우 관련 Knowledge 와의 Data Integrity 를 보장할 수 있도록 설계·개발되었다.



[그림 4] Engineering DB 시스템 구성모델

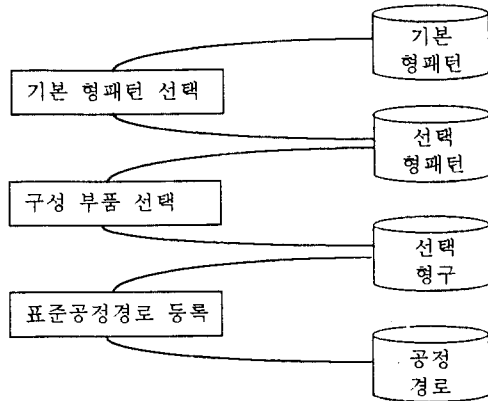
#### 다. 공정계획 시스템

공정계획 서브시스템은 설계도면을 기준으로 Engineering DB 로부터 공정계획 및 작업공수 산출에 필요한 Knowledge 를 읽어 들여 금형 구성부품의 설계사양(Variants & Spec)에 대해 사용자의 입력을 받아 공정계획을 자동으로 수립하고 각 공정 세부작업의 작업공수를 계산하여 각 공정의 Lead Time 을 사용자에게 제시하는 기능을 한다.

##### 1) 공정경로 산출

공정계획 및 공수산출을 위해서 사용자가 금형에 대해 형패턴을 결정하면 형패턴과 관련된 주요부품이 제시된다. 이때 사용자는 설계도면을 보고 금형이 어떤 부품들로 구성되었는지 선택하면 시스템은 구성부품과 형패턴을 기준으로 어떤 모델에 해당하는지를

결정하고 해당 금형에 대한 표준경로를 DB로부터 검색하여 제시한다.

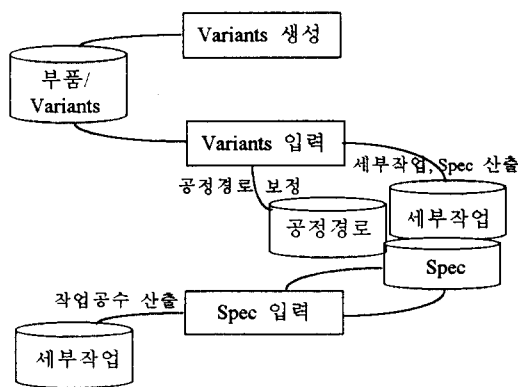


[그림 5] 공정경로 결정 순서

## 2) 공정경로 보정 및 세부작업 결정

검색된 공정경로는 해당금형에 대한 표준 공정경로로서 제작 금형의 사양(Variants & Spec)을 적용하여 보완해야 한다.

이를 위해 시스템은 선택된 부품과 관련있는 Variants를 사용자에게 제시하고 사용자는 제시된 Variants에 대해 설계도면을 근거로 시스템에 입력한다. Variants 입력이 모두 끝나면 시스템은 Knowledge Base로부터 입력된 Variants와 관련하여 공정의 실행여부 및 필요한 세부작업을 결정하고, 세부작업 공수산출에 필요한 Spec을 생성한다. 사용자가 시스템이 제시하는 Spec에 대해 설계도면을 보고 Value를 입력하면 작업공수가 산출된다.



[그림 6] 세부작업/공수산출 결정 순서

## 4. 결론

본 시스템은 자동차용 외판 Press 금형의 제조공정을 대상으로 하는 공정계획 수립 시스템으로 개발되었다. 시스템의 특징으로, 공정계획 수립에 필요한 Knowledge를 Relational Data Model을 채택하여 Database화 했기 때문에, 사용자가 공정계획과 관련된 Knowledge의 추가/변경/삭제를 손쉽게 할 수 있다. 그리고 공정계획과 관련된 Knowledge의 변경사항이 발생해도 Application Program을 수정하지 않고, Knowledge만 변경시켜 주면 되므로 시스템의 유지보수가 거의 필요없다. 그리고, 공정계획 Knowledge를 Database화 함으로써 타 제조부문의 적용시 해당 제조관련 Knowledge Base만 구축하면 됨으로써 Program의 최소한의 수정(작업공수 산출함수)으로 쉽게 이식할 수 있다.

본 시스템의 한계점으로는 첫째, 현실적인 한계점으로 인해 상세한 수준까지의 작업방법을 계획하지 못했다는 점과 둘째, 표준작업 설비 및 TOOL을 기본으로 하였기 때문에 Tool Selection, Change을 배제했다는 점이다. 향후 연구방향과 관련하여, 이와 관련된 연구를 중점적으로 수행할 계획이다.

## 참고문헌

- [1] Chen, Peter, the Entity-Relationship Approach to Logical Database Design, QED Information Sciences, Data Base Monograph Series No.6, 1977
- [2] Chen, Peter, "The Entity-Relationship Model : Toward Unified View of Data", In ACM Transaction on DBMS, Vol.1., March 1976
- [3] David Kronke, Database Processing, Science Research Associates, 1988, p131~149
- [4] James Nolen, Computer-Automated Processing Planning for World-Class Manufacturing, Marcel Decker Inc., 1989, p119~173,