

## 자동차 금형 **Reverse Engineering** 을 위한 측정 및 분석 시스템 개발

김덕영\*, 노상도, 한형상 (고등기술연구원 생산기술연구실),  
주영관, 박진수 (대우자동차 생산기술연구소)

### Development of a Reverse Engineering System for Stamping Die Manufacturing

D. Y. Kim, Sangdo Noh, H. S. Hahn (Manufacturing Technology Lab., IAE),  
Y. K. Joo, J. S. Park (Production Engineering Center, DAEWOO Motors)

#### ABSTRACT

Reverse Engineering is a procedure where the results of engineering decisions in manufacturing is feedback to the design phase and the knowledge-base is generated from the process know-how to reduce the errors. Since it used to take lots of time and efforts to finalize the machining of dies out of the original CAD design especially for die spotting and try-outs, reverse engineering is important to improve the productivity and quality of the die manufacturing process. In this regard, we developed systems to support reverse engineering in machining of stamping dies for auto-body production. They automatically generate the relevant NC programs for a CMM simply with the input of measuring points in CAD environments, and show the CAD model and the results of inspection simultaneously for the ease of comparison. They also help reduce the overall clearance between the lower and upper dies. Applying these systems to the machining process of stamping dies, we could improve the reliability of measuring and get the optimal compensation distance between the two dies. We also analyzed the expected benefits of the systems in terms of savings in time and costs.

**Key Words :** Reverse Engineering, CMM, OLP, Stamping Die

#### 1. 서론

자동차 생산에서 차체(Body)는 차량의 외관을 형성함으로써 소비자들의 선호도에 결정적인 영향을 미치는 품목으로, 차체 성형용 금형은 차체를 구성하는 박판 구조물들의 성형제작에 필요한 공구로서 차체 개발 소요기간 중 가장 오랜 시간을 점하고 있고, 차체의 외관 품질에도 결정적인 영향을 미치고 있다. 따라서 금형제작의 리드타임 단축과 정밀도 향상을 통한 품질 향상은 국내자동차 산업의 국제경쟁력 확보에 필수적으로 요구되는 기술개발 과제라고 할 수 있다.

금형 생산에 있어서 일련의 재가공 작업이 없이 단 한번의 가공으로 얻어진 결과물을 그대로 사용한다는 것은 일반적으로 거의 불가능하다. 왜냐하면 가공시에 발생하는 예측하기 힘든 여러 요소 때문에 가공 오차가 발생하기 때문이다. 특히 상,하형

으로 이루어지는 자동차 프레스 금형에 있어서, 두 형상의 맞춤 단계에서 발생하는 오차를 상호 보정하는 작업은 피하기 힘든 과정이라고 할 수 있다. 여기서 말하는 재가공은 NC 공작기계를 이용한 재가공 뿐만 아니라 수사상 작업 등도 포함된다. 전체 성형 부위에 걸쳐 상하 금형 간 틈새를 측정하고 이 결과에 따라 재가공하는 일련의 과정에서 측정 데이터를 재가공에 원활히 반영할 수 있도록 하는 과정 및 그 과정에서 추출된 정보를 지식화하여 설계에 제공하는 기술을 자동차 프레스 금형 생산에서의 Reverse Engineering 이라 정의할 수 있으며, 그 흐름은 Fig. 1 과 같이 이루어진다. 특히 본 연구는 FMS 기계가공 금형에 대한 정도평가 및 상하형 금형가공정보를 통해 Clearance 확보 및 후공정 수사상 절감을 위한 가공정보 습득을 목적으로 운용하고 있는 3 차원 CNC 측정기 운용과 관련된 것으로, 정도 평가의 신뢰도 및 측정효율 향상, 그리고

다양한 분석 방법을 통한 후공정 공수절감과 금형의 양산 품질 향상을 목적으로 하고 있다. 이를 위하여 본 논문에서는 측정 수행을 위한 3 차원 측정기(CMM)의 Off-Line Programming(OLP) 시스템과 측정결과와 표시 및 분석, 가공지시서 발급 시스템을 개발하였다.

장시간의 가공 작업이 수행되는 자동차 프레스 금형의 특징상 Reverse Engineering 적용을 통한 작업 효율성과 품질의 큰 향상이 기대되며, 금형 가공 결과를 3 차원측정기로 자동 측정, 이를 통계 처리하여 활용하게 됨으로써 설계/가공/측정에 관련된 지식의 축적이 가능할 것이다. 특히 본 논문에서 개발된 금형 상·하형의 정적 Clearance 해석시스템은 금형의 초판 품질 향상으로 수정작업을 크게 감소시킬 수 있을 것으로 기대된다.

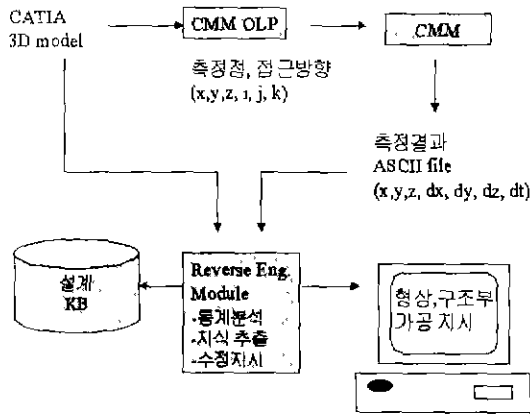


Fig. 1 Reverse engineering process for stamping die manufacturing

## 2. CMM OLP 시스템

### 2.1 시스템 필요성

CMM OLP 시스템의 필요성은 크게 세가지로 생각해 볼 수 있다. 첫째, 시스템의 자유 곡면으로 이루어진 NC 가공면을 측정하기 위해 측정점에 해당되는 Normal Vector 값을 추출해야 하는데, 측정점의 수와 비례하여 많은 수작업이 필요하다. 이런 이유로 CNC Program 을 작성하는 많은 공수가 소요된다. 둘째, CNC Program 을 작성하기 위해서는 CAD Tool 을 필요로 한다. 하지만 상용 CAD Tool 의 가격이 상당히 비싸기 때문에 이 작업을 위해서 많은 시간을 할애할 수 없다. 따라서 단기간에 이 작업을 수행할 수 있는 모듈개발이 필수적이다. 마지막으로 후처리(Post-Processing) 시에 작업절차가 매우 복잡

하다. 즉, 위의 Normal Vector 값을 추출하기 위해서 많은 CAD Modeling 작업과 실행 후의 Output 포맷인 APT 를 측정기가 인식할 수 있는 포맷으로 변환하기 위하여 별도의 후처리가 필요하다 또한 측정기 헤드의 간섭을 고려하여 Passing Point 및 측정기 헤드의 각도 정의 등 메뉴얼에 의한 별도의 편집 작업등이 필요하다. 위와 같이 기존 CMM OLP 의 시간 및 비용, 그리고 복잡성 등이 본 시스템 개발의 배경이 되었다.

### 2.2 시스템 개요

본 시스템은 자동차 회사에서 일반적으로 가장 많이 사용하고 있는 CAD Tool 중의 하나인 Dassault Systems 사의 CATIA 환경에서 개방형 API 를 사용할 수 있게 하는 CATGEO 를 이용하여 개발되었다. 기본 CATIA 환경 하에서 측정점 정의만으로 Self Teaching 을 가능케 하며 직접 측정기에 데이터를 전송하여 작업할 수 있는 포맷의 CNC Program 을 생성할 수 있다 기존의 작업 프로세스와 본 시스템 구축에 따라 개선된 프로세스를 비교하면 Fig. 2 같다.

### 2.3 시스템 개발 효과

본 시스템을 개발, 적용함으로써 CATIA 부족분에 의한 작업 대기를 방지할 수 있었고 그에 따른 비용 절감 효과를 거둘 수 있었으며 Process 단순화에 의한 CNC Program 작업 공수의 60%이상의 절감 효과를 거둘 수 있었다.

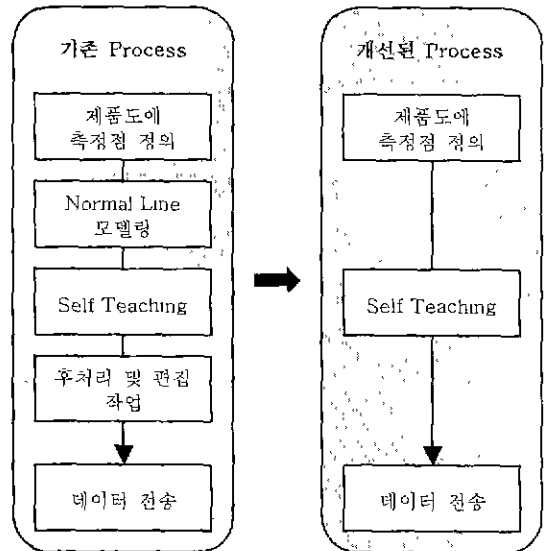


Fig. 2 Comparison of conventional process to improved process using CMM OLP System

### 3. 측정결과 분석 및 가공지시 시스템

#### 3.1 시스템 개요

작업자에게 측정 및 수정 작업을 정확히 전달하기 위해서는 측정 부위와 측정결과에 따른 수정 가공 위치를 시각적으로 전달할 필요가 있다. 이를 위해서 가장 좋은 방법중의 하나는 3D 모델을 이용하여 보정 위치를 전달하고 그 위치의 작업 지시를 상세히 보여줄 수 있는 것이라 할 수 있다. 그러나 3D 모델을 보여주기 위하여 고가의 범용 CAD 소프트웨어와 이를 구동시킬 수 있는 하드웨어를 측정실에 구비하는 것은 비효율적이며, 범용 기능 대신 측정에 편리하도록 CAD 소프트웨어 기능을 추가 및 수정하기는 쉽지 않다. 따라서 본 연구에서는 3D 모델 viewing 기능을 갖춘 3 차원 측정 전용 소프트웨어의 개발을 수행하였는데, 이는 가공이 완료된 금형에 대한 3 차원 측정 및 측정 결과 절차를 지원하고 측정 결과를 분석, 지식화하여 설계 지식으로 환원하여주는 시스템을 말한다. 이 응용 소프트웨어는 크게 필요한 기능들에 따라 RapidViewer 와 RapidAnalyzer, 두 가지 모듈로 구성되었다.

#### 3.2 RapidViewer

RapidViewer 는 CAD 간의 호환을 고려하여 중립 파일 포맷인 Initial Graphics Exchange Specification (IGES)을 지원한다. IGES 포맷만을 지원하는 이유는 기존의 상용 CAD 소프트웨어의 공개되지 않은 모델 파일을 직접 접근하기 쉽지 않기 때문이다. 또한 STEP 등의 중립 포맷의 경우 아직까지 많은 상용 CAD 소프트웨어에서 지원하지 않거나 불안정하기 때문이다. RapidViewer 는 IGES Version 5.2 를 기준으로 개발되었는데 이 Version 에 정의된 Entity 의 수는 대략 92 가지이다. 하지만 개발 현실성을 고려하여 이 모든 Entity 를 모두 지원하는 것은 아니며, 실제로 단순한 Viewing 기능을 위해 필수적인 Entity 만을 고려하였다. 예를 들면 Point, Line, Curve, 그리고 Surface 등이고 이들이 갖게 되는 성질(이동, 색상, 등) 및 상호 관계(Trimmed Surface, Connected Curve)등도 포함된다. 또한 OpenGL 을 사용하여 PC 기반에서 개발되었기 때문에 자동차 차체 등의 비교적 정보가 많은 파일을 다루기 위해서 다음과 같은 방법을 사용하였다. 즉, NURBS Surface 의 경우 OpenGL 라이브러리 함수를 사용하는 기법과 Triangle Mesh 를 이용한 기법 두가지 함수를 두어 수행 속도 및 정밀도를 향상시킬 수 있도록 하였다. 일반적으로 Triangle Mesh 를 사용하여 Tolerance 를 조정하면 수행속도를 향상시킬 수 있고, OpenGL 함수를 사용하면 정밀도 및 신뢰

도를 향상시킬 수 있지만 수행속도는 현저히 저하된다. 그리고 기타 Surface 및 Curve 의 경우도 Tolerance 를 조정하여 수행속도를 조절할 수 있도록 개발하여 비교적 방대한 데이터를 갖는 파일도 다룰 수 있도록 하였다. 또한 경험상의 데이터를 기준으로 다루기 힘든 Surface 의 경우, 경고 문구를 통해 Shading 을 배제하고 Wireframe 만을 권장할 수 있도록 하였다. 위의 일련의 과정은 현장 작업에 적합한 소프트웨어의 개발이라는 당초의 목적에 부합한다고 할 수 있다. RapidViewer 의 기능을 정리해 보면 다음과 같다.

- IGES 포맷의 3D CAD 모델 Viewing 기능
- CMM 측정위치와 측정값 Viewing 기능
- 상, 하형 간의 Clearance 를 연산한 후 그 결과를 모델과 병합하여 확인할 수 있는 기능

Fig. 3 은 자동차 Tail Gate 를 Surface 정보 없이 Curve 와 Line 으로 Viewing 한 것이다.

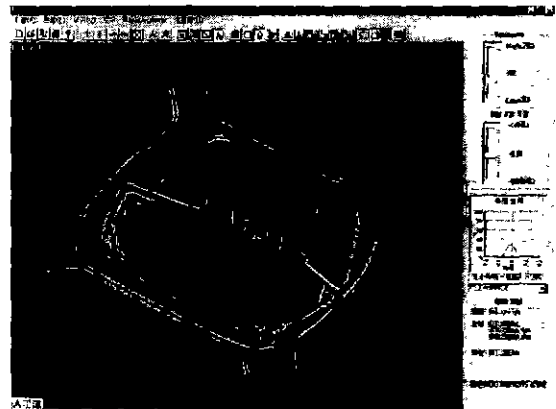


Fig. 3 RapidViewer

#### 3.3 RapidAnalyzer

RapidAnalyzer 는 측정 결과 및 상, 하형 간의 Clearance 를 기존의 모델과 병합하여 한 화면에 Display 한 후 이를 여러 각도 조정하여 캡처한 후 MicroSoft Excel 파일로 생성한다. 이때 측정결과 Sheet 는 상, 하형 및 Clearance 각각에 대하여 생성되며, 각 측정점에 따른 작업지시서는 Sheet 하단에 자동으로 그 란이 삽입되어지도록 개발되었다. 이러한 일련의 과정은 Semi-Auto 작업이라고 할 수 있다. 또한 작업지시를 생성하는 과정에서 기존의 지식 및 새로운 아이디어를 제공해 줄 수 있는 지능형 시스템은 현재 개발 중에 있다.

- 각 측정점마다 필요한 보정 작업을 위한 작업 지시서를 효율적으로 생성할 수 있는 기능
- 한쪽 측정 데이터를 미세이동(Z-축 쪽으로만 0.01mm 단위)시켰을 때의 Clearance 계산을 Re-Display 할 수 있는 기능. 즉, 상형 Z 값

을 조정해가면서 유효 측정점 증감을 확인할 수 있는 기능으로, 가령, 전반적으로 상형이 0.01 만큼 과삭되었으면 0.01 만큼 상형을 내려주면 오차값이 줄어들어 대부분의 측정점을 유효구간 이내로 전환시킬 수 있다.

- 가공직후와 tryout 후의 데이터를 비교할 수 있는 기능, 즉, 측정시점이 다른 동일 결과 데이터를 비교할 수 있다.

Fig 4는 측정결과 Sheet의 예제로서, 측정점마다 그 오차값을 표현하고 있다.

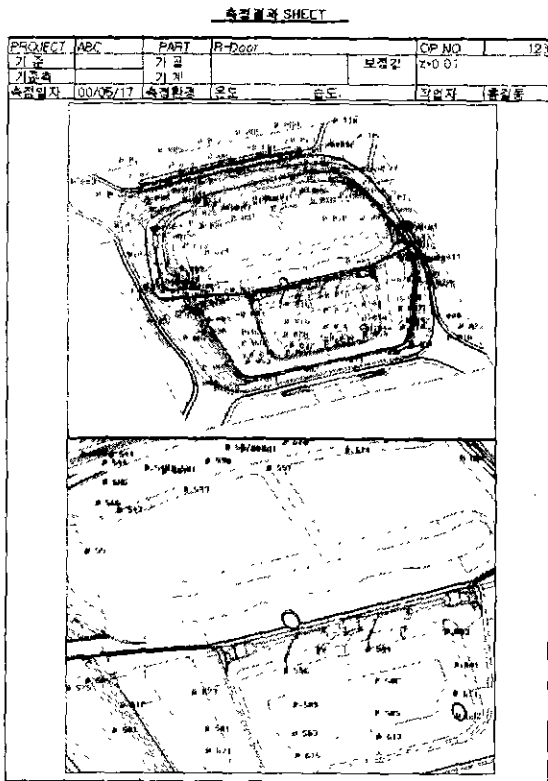


Fig. 4 A result sheet generated by RapidAnalyzer

#### 4. 결론

본 연구에서는 자동차 프레스 금형을 대상으로, 가공된 금형을 보다 편리하고 정확하게 측정하여 그 결과를 설계와 비교함으로써 완성된 형상의 정밀도를 분석하고, 이를 기반으로 수정가공 작업을 진행하는 시스템을 개발하였다. 이를 위하여 CAD 정보를 이용하여 CMM 장비를 이용한 측정작업을 자동으로 수행할 수 있도록 하는 CMM OLP 시스템, 설계 데이터, 측정 결과를 표시하고 이를 분석하여 가공지시서를 작성하는 시스템인 RapidViewer 와

RapidAnalyzer 를 개발하였다. 특히, 상,하형 금형가공정보를 통해 Clearance 를 추출하고 가장 적합한 상,하형 간 보정 거리를 구할 수 있도록 개발되었는데 이를 통하여 정도 평가의 신뢰도 및 측정효율 향상, 그리고 다양한 분석 방법을 통한 후공정 공수절감과 금형의 양산 품질 향상을 가능하게 되었다. 개발된 시스템을 이용하여 추후 가공상의 여러 문제들에 대한 경험, 지식을 추출, 관리할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 후 기

본 연구는 G7 첨단 생산시스템 개발 사업 과제 의 일부 지원 하에 수행되었습니다.

#### 참고문헌

1. A. Limatem and H. A. Elmaraghy, "CATIP: A Computer-Aided Tactile Inspection Planning system," *Int. J. Production Research*, Vol. 37, No. 2, pp. 447 - 465, 1999.
2. Y. M. Chiang and F. L. Chen, "Sculptured surface reconstruction from CMM measurement data by a software iterative approach," *Int. J. Production Research*, Vol. 37, No. 8, pp. 1679 - 1695, 1999.
3. The Initial Graphics Exchange Specification (IGES) Version 5.2, International TechneGroup Incorporated, 1993.
4. 신동목, 이창호, 이기우 "자동차 차체금형 가공용 공정계획 시스템," *한국 정밀공학회지*, 제 17 권, 제 5 호, pp. 108-115, 2000.