

# 자동차 기능부품 개발에서의 Digital Engineering의 활용(CASE)

발췌인 이성수 전국대학교 sslee@konkuk.ac.kr

## 1. 자동차 기능부품 개발 프로세스와 과제

달리다, 돌다, 멈추다 와 같은 자동차의 가장 중요한 기능을 지탱하고 있는 엔진, 트랜스미션, 서스펜션과 같은 자동차용 기능부품은 연소·연료·기름·물의 기밀성, 부품과 부품의 습동성, 부품으로부터 부품에의 힘의 전달성과 같은 신뢰성이 높은 기계특성이 요구된다. 최근 세계규모로 격화하는 개발 경쟁 속에서는 이 자동차 기능부품도 고품질이면서 저 코스트인 글로벌 생산체제를 빠른 스피드로 구축하는 것이 요구되고 있다.

엔진을 예로 들어 자동차 기능부품의 개발 프로세스를 설명하면, 크게 ①제품개발, ②생산준비, ③생산이라고 하는 세 가지의 프로세스로 이루어진다(그림 1).



그림 1. 엔진개발 프로세스

제품개발에는 열효율, 연소효율, 기계효율을 최대한으로 올리기 위하여 CAD, CAE를 이용하여 제품설계를 하고, 목표의 성능, 연비, 배기를 최대한으로 끌어내기 위하여 시작과 평가를 반복하면서 완성도를 높여 간다. 이 평가에 있어서는 엔진을 동적으로 기능하도록 하기 위하여 연소, 공기, 배기를 컨트롤하면서 더불어 진동, 소음, 균열, 마모와 같은 내구성, 신뢰성을 확보하는 것이 중요하다.

생산준비에 있어서는 목표원가, 목표품질을 만족시키는 제조 공정을 도면과 3D 데이터를 기초로 하여 설계하여, 양산을 위한 준비를 실시한다. 이 때, 설비

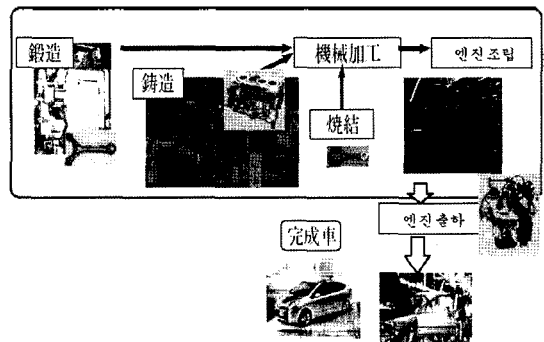


그림 2. 엔진의 제조공정



투자액의 최소화, 기존설비의 활용, 새로운 생산기술의 도입을 검토함과 동시에, 제품형상을 기초로 하여 제작하기 쉬운 제조요건을 갖추어간다. 이러한 프로세스를 거쳐서 완성된 생산라인에서 거친 형재 공정에서 시작하여 열처리, 기계가공에 의한 각종 구성부품의 가공과 타공정에서 제작된 수많은 부품을 맞추어서 차량에 탑재하여 고객에게 출하한다 (그림 2).

## 2. 개발 프로세스의 과제

요즘 개발경쟁에서 이기기 위하여 개발과 글로벌 전개에 더욱더 스피드를 올리려고 할 때에 그림3에 나타내는 문제가 대두되게 되었다.

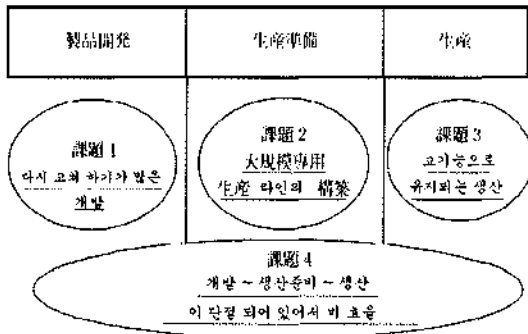


그림 3 엔진개발 프로세스의 과제

### 2.1 다시 하기가 많은 개발

엔진의 개발에 있어서는 목표가 되는 성능, 품질, 코스트를 맞추기 위하여 많은 설계 변경이 반복되어 완성도를 높여 간다. 이것은 토요타의 강점인 「물건 만들기의 신속함」이 있어서 어느새 뿌리를 내려버린 「여하튼 만들어보고 생각하자」고 하는 풍토에 문제가 있다고 생각된다. 그 결과, 개발 스피드를 올리기 위하여 단축된 개발 리드타임 중에서 라인 오프 직전까지 설계 변경이 반복되어 이것과 더불어 생산준비의 다시 하기가 발생하여 많은 공수가 헛수고가 되어 버린다. 설계 변경의 내용을 조사하여보면, 과거와 같은 문

제, 사전에 검토가 가능한 문제가 많이 포함되어 있어서, 실패를 다음에 살리는 업무 조직으로 되어 있지 않은 것을 알았다. 또, 제조요건을 집어넣는 타이밍이 제품사양 결정후로 되는 것이 많은 것이나 거친 형재 · 기계가공 · 맞추기의 각 공정에서 개선 제안 타이밍도 가지가지 인 것을 알았다.

### 2.2 대규모 전용생산 라인

생산준비 단계에서는 프로젝트 별로 개발되는 제품의 형상과 제품의 생산량을 맞추어 전용의 생산 라인이 구축되어 있다. 시작(試作)은 범용설비로 실시하는 것에 비하여 실제의 생산 라인은 전용화된 설비, 지그, 공구가 사용되기 때문에 개발단계에서 많은 시작을 하고 있음에도 불구하고 그 때마다 설비 신뢰성 및 라인 완성도를 확보하기 위한 다량의 시편을 이용하여 트라이를 실시하고, 많은 공수를 소비하였다.

### 2.3 고기능으로 유지되는 생산

예를 들면, 실린더 블록 내부의 Water Jacket용 코어의 넣는 방법이나 주조 후에 발생하는 버(Burr)의 제거 등에 있어서는 일본의 고기능자의 경험과 감각에 의존한 제조가 이루어져왔다 (그림 4).



그림 4. 고기능에 의존한 생산



은 곤란하다. 그래서 즉단즉결 프로세스에는 품질, 생산성에 관한 과거의 트러블을 집약하여, 같은 실패를 반복하지 않는 구조로 만드는 것이 중요하다. CASE 활동에 있어서는 우선, 제품설계 Flow의 순서를 표준화하여 과거의 트러블에서 얻어진 지식을 활용하는 타이밍을 각각 명확하게 하여, 그것에 근거하여 3차원 CAD를 이용한 형상을 만들어 간다. 제품설계 Flow는 그림6에 나타내는 것과 같이 제품의 기본 골격, 중요부위, 기본구조 등의 제품 구조 설계와 기계가공 형상, 거친 형제 형상의 상세설계에 이르는 흐름을 표준화하여 지식을 고려할 때 이 Flow에 따라서 확실하게 하도록 하였다.

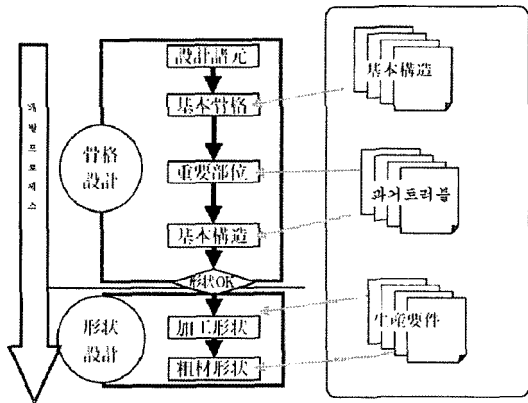


그림 6. 설계 Flow와 지식 활용 타이밍

이 지식 활용에 있어서 Digital Engineering의 활용은 유감스럽게도 아직 페이퍼 정보를 WEB 상에 올려놓는 레벨로, 사람에 의한 고려정도 차이나 설계자 공수 증가와 같은 문제가 있다. CAD와 링크하여 자동적으로 체크하는 등의 개선이 필요하다고 생각한다.

### 3.4 예측 기술의 활용

앞에 기술한 “다시 하기에 의한 생산준비 공수의 헛됨”을 저감하기 위하여 만들기 전에 Virtual로 문제점

을 없애버릴 필요가 있다. CASE 활용에 있어서 예측 기술 활용은 제품설계에서 사용하는 간이 CAE와 제조조건 고려를 위한 생산 CAE가 있다. 제품설계 간이 CAE에서는 강도·강성을 3차원 모델을 이용하여 단기간에 해석하여 목표를 만족하는지를 확인한다. 이들 프로세스는 제품형상을 수정할 때마다 반드시 실행한다. 강도·강성에 기여하지 않는 부위는 생산성에 유리한 형태로 제품형상을 변경하고 동시에 제품의 경량화를 도모한다. 또, 거친 형제의 3차원 모델에서는 양산성을 충분히 고려하기 위하여 주조·주조성형상의 공정능력(예를 들면, 거친 재료의 굽힘, 형 틀림)을 고려한 최악품을 상정한 모델을 작성하여 기계가공비

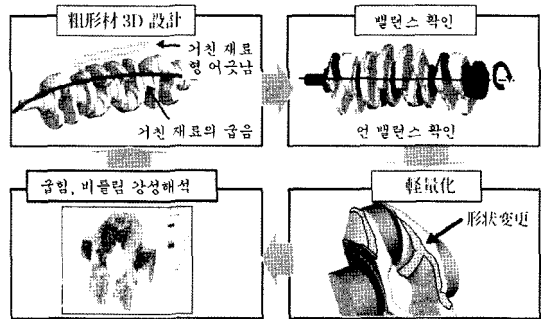


그림 7. 제품설계 간이 CAE 에

를 확보할 수 있는지 여부를 확인한다(그림 7).

생산기술 부문은 응고, 탕 흐름, 성형성과 같은 제조 조건을 고려하기 위하여 제품설계와 병행하여 생산 CAE를 실행한다. 제품형상의 체적변화는 거친 형제의 제작 과정에 있어서 응고, 성형 등에 있어서 재료 밀도, 기밀성, 형 수명에 영향을 미친다. 또, 엔진의 냉각성을 올리기 위하여 단면적을 변화시켜 물의 유속을 올리는 등 대책을 취한 경우에는 이 공간 부분을 형성하기 위한 코어의 강도나 구조시의 코어 열팽창·변형 등에 영향을 미친다. 이와 같이 기능 부품을 설계하는데 있어서는 제품 기능과 제조 조건을 동

시에 만족하는 형상을 만들기 위하여 CAE를 작은 사이클로 돌릴 필요가 있다. 그러기 위하여 단면·중량을 검토할 수 있는 3차원 Solid CAD와 생산 CAE의 자리 매김은 매우 중요하다.

#### 4. Digital Engineering 활용사례

여기에서는 CASE 중에서 Digital Engineering 활용 사례의 일부를 소개한다.

##### 4.1 주조 CAE

주조공정에서는 복수의 공정을 거쳐서 가공되는 것과 형이 생산과 동시에 마모되어 가는 특징이 있다. 그래서 주조공정용의 CAE로서는 주조결합이 적은 최적공정으로 하기 위하여 성형 CAE와 형 수명 예측을 실시하고 있다. 시작단계에서는 다량의 테스트피스를 계속 만드는 것이 코스트, 리드타임 면에서 불가능하기 때문에 형 수명예측은 특히 중요한 기술이다.

##### ① 주조성형 CAE

소성가공 이론을 기초로 한 유한요소법에 의하여 수치해석을 하는 주조가공 Simulation이다. 생산기술자는 주조 CAE로 변형 프로파일, 성형하중, 금형 면압 분포, 응력분포, 뒤틀림분포, 재료유동, 온도분포를 수치 데이터로 얻음으로써 형설계 상의 유의점을 평가할 수 있다 (그림 8).

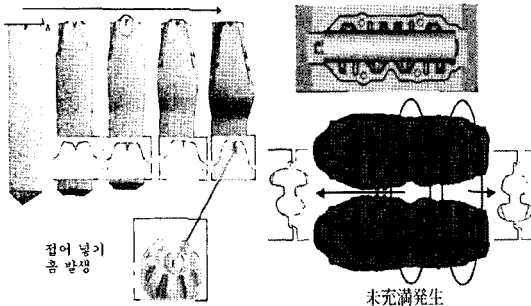


그림 8. 주조 CAE에 의한 흠, 미충만 예측

##### ② 금형수명예측

형손상의 경과를 현장 조사한 결과, Heat Check로 시작하여 부분적인 박리와 마모, 전면마모로 진행되는 것을 알았다. 즉 금형의 강도가 부하에 견디지 못하고 생기는 변형이나 이것과 수반되는 마모가 형수명의 주요 원인이다. 금형에의 부하에는 크게 나누어 열과 기계적인 부하가 있고, 열부하는 금형의 강도 저하를 유발하고, 기계적인 부하는 금형의 손상 발생력으로 작용하여 그 대소 관계에 의하여 손상의 정도가 결정된다. 그래서 그림 9의 Flow와 같은 시스템을 구축하여 형의 수명 예측을 실시하고 있다.

또한 금형손상 형태 판별 D/B로는 각종 단조형의 대표적인 수명수를 갖는 형을 선택하여, 각각의 부위별로 수치계산에 의하여 항복강도비와 누적마모 일량을 구한 결과를 Map으로 나타낸 D/B이다.

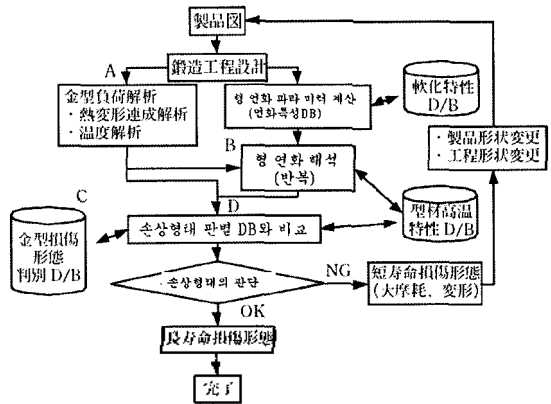


그림 9. 금형수명예측 시스템 Flow Chart

##### 4.2 기계가공공정설계

제품 모델링에 사용되는 구멍형상 표준은 단순히 형상을 정의하는 것만이 아니고, 그 형상을 가공하기 위한 프로세스 데이터(가공순서, 도중 가공형상, 공구, 절삭조건, Cutter Path)가 격납되어 있다 (그림 10). 제품설계자가 이 표준구멍형상을 이용하여 제품을 정의하면 동시

에 기계가공 엔지니어는 그 형상에 적합한 프로세스 데이터를 동시에 볼 수 있다. 또, 지그 설계 엔지니어는 기계가공의 공정설계상황을 보면서 역시 표준화된 Solid 지그 데이터를 불러서 지그 설계를 할 수 있다(그림 11).

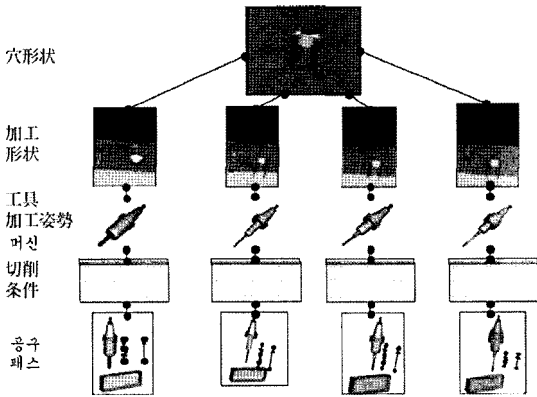


그림 10. 표준 구멍형상과 프로세스 데이터



그림 11. 지그 공구 설계 결과

이렇게 함으로써 기계가공 엔지니어는 보다 구체적인 생산 검토가 제품설계와 동기하여 가능해지고, 제품설계에의 가공요건의 구체적 제안, 및 추진하고 있는 프로젝트에서 가공요건의 고려가 가능하다.

## 5. CASE 활용의 효과

CASE 활동을 실시함으로써 '96년 당시와 비교하여 생산준비공수, 리드타임 단축 모두 저감하였지만, 아직도 다시 하기 재로까지는 이르지 못하고 있다. 그 이유는 상품력 향상을 위하여 자동차 기능 부품에 대한 성능·신뢰성에 대한 요구가 더욱더 심해지고 있어서 이것을 클리어 하기 위한 새로운 높은 레벨의 지식이 필요해지지만 그 형식의 지식화가 제때에 맞지 않기 때문이다. 많은 비용을 사용하여 CAD/CAM/CAE를 도입하여 설계, 생산기술부문의 공수 저감을 어느 정도 달성하였다고 하더라도 설계 변경이 1건 발생하면 많은 디지털 데이터의 수정 작업, CAE의 다시 하기가 발생하여, 간단히 효과가 날아가 버린다. 디지털 엔지니어링과 실물을 이용한 현상 해명 및 지식화는 둘 다 균형을 잘 잡는 것이 중요하다. 불건을 이용한 실험 등에 또 지식화 되어 있지 않은 현상을 해명하려고 하면 그것을 CAE 등으로 예측할 수 있도록 하여 다음의 프로젝트부터는 물건을 만들기 전에 문제점을 모두 해결하도록 한다. 그렇게 함으로써 위로 떠오른 다시 하기 공수를 더욱더 다음의 마지막 현상 해명에 돌리려고 하는 스파이럴 업을 하여 가는 것이 중요하다.



<<일본정밀공학회지, Vol.72, No.2, 2006>>

본 기사는 건국대학교의 이성수 편집위원이 "일본정밀공학회지" 2006년 2월호 pp.176-179를 번역한 것으로 일본정밀공학회지의 연락처는 다음과 같다.

주소: 102-0073 東京都千代田區 九段北 1-5-9(九段北Building 2F)

Tel : +81-3-5226-5191

Fax : +81-3-5226-5192

URL : <http://www.jspe.or.jp/>