

# DFMA의 개요 및 활용방안

김 인 호  
동명정보대학교

## 1. 서 론

DFMA(Design For Manufacture and Assembly)는 조립성 평가 즉 DFA(Design For Assembly)로부터 시작되었으며, 기본개념은 1910년대에 수작업에 의해 반복되는 표준조립시간을 산정하는 작업분석에서부터 출발하였다고 알려져 있다. 그 이후 1960년대에 조립자동화의 개념이 나타남에 따라 관련된 주변기기의 연구개발이 활발히 진행되었으며, 현재 무인생산라인에까지 그 개념을 적용하게 되었다. 그러나 수작업 조립위주로 되어있던 제품설계가 기계, 또는 인간과 기계가 같이 조립하는 자동화개념이 도입된 설계로 되지 않았을 때 조립자동화에는 많은 문제가 발생하였으며, 이러한 사실을 인식한 지는 그렇게 오래되지 않았다. 또한 조립자동화를 위한 제품설계의 단계에서 제품경쟁력을 강화하기 위해 원가의 중요성이 인식되었으며, 특히 기존제품의 최종비용을 분석한 결과 70% 이상의 비용이 설계단계에서 결정된다는 사실이 확인되어 설계 단계의 중요성을 더욱 인식하게 되었다. 따라서 설계단계에서 제품원가에 영향을 미치는 요소를 더욱 확대하여 조립, 제조를 고려하는 DFA, DFM(Design For Manufacture) 등의 개념 및 방법론이 등장하였고, 현재는 DFX라는 표현도 사용되고 있다.

DFMA는 자체 조립품이나 가공품 뿐만 아니라 외주품에도 적용되어 제품 전체의 설계분석과 평가방법으로 사용되고 있으며, 글자 그대로 제조와 조립을 위한 설계이다. 즉, 제품의 조립을 쉽게 또는 제품을 구성하고 있는 부품들의 가공을 쉽게 하기 위한 설계이며, 이를 위하여 설계단계에서 설계내용을 체계적으로 분석하고, 그 결과를 정량화하여 객관적으로 평가할 수 있도록 설계에서 제조 및 조립에 관한 정보를 도입한 것을 의미한다. 현재 DFMA는 A/S 및 환경 영향성을 고려한 설계인 DFS(Design For Service), DFE(Design For Environment)까지 확장되고 있으며,

이를 통하여 DFMA는 신제품 개발기간의 단축, 원가절감, 품질향상, A/S 향상, 효율적인 자원재활용을 수행하며 제품의 경쟁력을 확보하고 환경과피해를 줄이는 환경친화적인 역할을 수행할 수 있을 것이다.

## 2. DFMA의 활용분야

### 2.1 DFA(Design For Assembly)

개념설계단계에서 제품의 기능정의가 되면 이제 그 제품의 형상과 치수를 결정하여야 한다. 이 단계에서 제품의 조립성 분석을 통하여 제품의 구조를 단순하게 하고, 조립을 쉽게 하도록 설계대안을 창출할 수 있다. 이때, 조립을 쉽게 할 수 있는 기본방법으로는 크게 부품수 감소, 부품취급방법의 개선 및 조립방법의 개선의 세가지로 구분할 수 있다. 먼저, 부품수 감소를 위해서는 제품기능을 만족한다면 사용되는 부품들을 통합하여 하나의 부품으로 설계 또는 체결방법을 바꾸어 체결되는 부품수를 줄인다. 이것은 DFA의 핵심개념으로 제품구조를 단순하게 할 수 있다. 다음으로 부품취급방법의 개선을 위해서는 부품을 조립하기 전에 부품을 이동하거나 조립준비를 할 때 조립방향이나 대칭성을 이용한다면 부품취급시간을 줄일 수 있다. 마지막으로 조립방법의 개선을 통한 조립성향상의 방법으로서, 현재 부품의 조립시 조립환경을 고려하지 않은 설계로 인하여 의외로 조립시간이 많이 걸리거나 조립간섭 등이 발생하는데 이는 부품기능이 유지만 된다면 부품형상을 조립환경에 맞도록 변경하므로써 조립성을 향상시킬 수 있을 것이다.

이러한 내용은 설계자라면 누구나 알고 있는 사실이다. 그러나 제품을 구성하고 있는 부품들을 만들어 조립하기 전에는 이러한 분석이 결코 쉽지 않다. 또한 분석을 위한 필요한 정보의 확보도 어렵다. 위에서 설명한 기본개념은 간단하지만 수없이 많은 조립방법에 따른 설계개선방안은 이제 하나의 학문으로

정립될 정도로 그 분야는 다양하고 광범위하다. 따라서, 위와 같은 분석을 하려면 우선 제품을 구성하고 있는 조립부품의 조립순서, 취급방법, 조립방법, 형상, 치수, 소재 등의 정보가 필요하며, 객관적 평가척도인 조립성 평가는 조립시간, 조립비용, 제작원가로 나타난다. 이들을 계산하기 위해서는 정확한 조립시간, 임율, 부품가격 등의 정보가 있어야 한다. 제작 전에 이러한 평가척도를 예측, 계산하려면 소재, 기능품, 외주가공품, 규격품에 대한 재료비, 내부조립시간 등의 많은 정보가 요구된다. 이와 같이 복잡한 DFA의 효과적 활용을 위한 노력은 다음의 두 가지로 요약된다.

첫째, 설계단계에서 설계자가 DFA 추진을 위하여 필요한 정보를 모두 알 수 없으므로, 제조기술, 생산, 자재, 원가 등의 담당자가 하나의 팀이 되어 DFA를 추진하게 된다. Chrysler의 플랫폼팀이 대표적인 예이며 근래에 대두되고 있는 동시공학(Concurrent Engineering, Simultaneous Engineering)의 개념을 통하여 DFA 추진이 활성화되고 있다. 이러한 동시공학은 DFA의 개념으로부터 정립되었다고 볼 수 있다. 둘째, 위와 같은 팀을 구성하여 추진하여도 개인적 의견의 대두와 관련 부서의 입장차이로 설계의 향상을 위한 의견통일을 꾀하기가 어렵다. 또한, 확보되어 있는 정보의 객관성도 문제로 나타난다. 그러므로 객관적인 분석과 평가의 도구가 필요하게 되어 이러한 시스템을 Hitachi, Toehiba, Sony, GE 등에서는 자체적으로 개발하여 사용하게 되었으며, 여러 외국의 회사들이 미국의 BDI(Boothroyd Dewhurst, Inc.)사에서 개발된 DFMA 소프트웨어의 분석과 평가방법을 사용하고 있다. 현재 500개가 넘는 국내의 업체가 활발히 사용하거나 사용준비단계에 있다.

## 2.2 DFM (Design For Manufacture)

제조업체가 생산하는 제품은 완성조립품 뿐만 아니라 가공부품도 있고 또한 최종조립을 위하여 사용되는 자재가공품, 외주가공품도 무수히 많다. 또한 하나의 가공품을 제작하는 방법도 여러 가지 공정이나 다른 방법으로 제작될 수 있다는 사실은 누구나 쉽게 알고 있다. 그러므로 설계단계에서 가공이 쉽고, 비용을 최소화할 수 있는 방법으로 설계하기 위해서는 선정된 가공방법에 대한 공정분석(소재, 원자재 형상, 가공장비, 가공조건 등)이 필요하며 분석결과인

가공시간, 가공비용 등의 정보가 DFA의 조립과정분석에 반영되어 제작원가를 예측할 수 있도록 하는 것이 DFM이다.

DFM의 기본기능은 DFA 분석과정에서 가공품의 제작비용과 제작시간을 예측하여 사용할 수 있는 정보를 제공하는 데 있으나, 대부분의 제조업체의 경우 외주가공품의 원가산정에도 활용하고 있으며, 각종 가공방법에 따른 설계대안에 대한 제작성 분석과 평가척도를 제공한다. DFM도 DFA와 마찬가지로 객관적 분석과 평가를 하기위한 도구가 필요하며, 현재 미국의 BDI 사는 부품의 기계가공(절삭, 연삭), 판금작업, 사출금형에 관련된 소프트웨어를 개발하여 가공시간, 가공비용을 쉽게 평가할 수 있다. 또한 향후 Casting, Hot forging 등 15종류의 가공공정에 대한 소프트웨어를 공급할 예정이다.

## 2.3 DFS(Design For Service)와 DFE(Design For Environment)

근래에 들어 제조업체의 제조환경을 살펴보면 소비자의 보다 다양한 욕구로 인한 많은 사후관리(A/S) 발생과 제품기능의 증가에 따른 Service 관련 비용부담이 원가반영으로 이어져 제품가격이 상승되고 있다. 따라서 제품에 대한 A/S를 용이하게 하고 비용을 줄일 수 있는 방법이 설계단계에서부터 고려된다면 소비자의 만족도를 높이고, 품질의 향상과 원가절감을 가져 올 수 있다. 또한, 제품생산에서 환경에 영향을 미치는 문제도 ISO 14000의 제정으로 국제적으로 큰 관심이 집중되고 있는 분야이다. 일본을 비롯한 EC 국가에서는 제품의 환경영향성을 평가할 수 있는 제도를 구축하여 환경보호 및 자원재활용에 많은 노력을 경주하고 있다. 이러한 상황이 향후에는 자국의 환경보호를 내세워 수입품에 대한 엄격한 환경영향평가가 예상된다. 현재, 국내에서는 일부 가전제품의 경우에서 보듯이 제품폐기비용을 제조업체가 부담하기 시작하고 있다. 제품수명이 종료하면 제품의 일부를 재활용 또는 재사용함으로써 자원의 고갈과 환경문제를 줄일 수 있다. 그러므로 설계단계에서 이러한 제품의 환경영향성을 평가하고 폐기, 재활용 또는 재사용에 대한 경제적 분석을 하면 환경보호와 제품의 경쟁력을 높일 수 있을 것이다.

DFS 및 DFE는 앞에서 설명한 대로 제품의 A/S와 환경영향성을 설계단계에서 분석하고 평가할 수

있는 방법이다. 설계과정에서 이들을 위하여 제품의 분해과정을 조립과 더불어 분석하고, A/S 계획정보, 재활용 또는 재사용의 정보로부터 설계된 제품의 A/S 와 환경영향성을 평가하며, 그 결과로부터 경제적 이윤을 최대화 할 수 있도록 제품을 설계대안을 비교하여 최종 설계안을 확정한다. DFA 및 DFM과 마찬가지로 이들의 활용은 설계에서 제품의 폐기까지 발생하는 과정을 분석하는 것으로 그 방법론은 DFA 와 유사하다. 또한 분석과 평가도구로써 BDI 사가 개발한 DFS, DFE 관련 소프트웨어가 있다. 특히, DFE 소프트웨어의 경우 환경영향성 평가의 기본척도인 관련 데이터베이스를 네덜란드의 TNO 연구소 자료로부터 구축하였다.

### 3. 관련 소프트웨어

DFMA와 관련된 연구 및 소프트웨어의 개발은 선진 여러 국가에서 진행되어 왔으며 특히 미국, 독일, 일본 등의 대학 및 제조업체를 중심으로 발전하여 왔다. 일본의 경우는 Sony, Hitachi 등에서 자체 소프트웨어를 개발하여 활용하고 있으며, 독일의 경우 연구소와 중소기업을 중심으로 부품 또는 제품의 모듈화 등에 관한 지속적인 연구가 진행되고 있으나 특정한 제품이나 회사 내부용으로 한정되어 있으며, 보다 일반화된 방법론 및 소프트웨어는 미국에서 개발되어 사용되고 있다. 현재 가장 많이 사용되고 있는 소프트웨어는 미국의 BDI 사가 개발한 DFMA 소프트웨어이다. BDI 사는 DFA, DFM(3모듈 : 기계 가공, 판금, 사출금형), DFS, DFE의 소프트웨어를

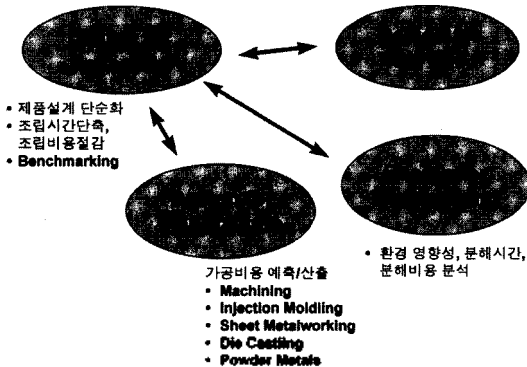


그림 1. DFMA 소프트웨어의 관계도

공급하고 있다. BDI 사의 제품은 전세계의 500개 제조업체, 연구소, 대학교에서 사용하고 있으며, 컴퓨터, 통신, 가전제품, 항공기, 자동차, 산업기계, 방위 산업, 의료기기, 장난감 관련 제조업체에서 사용하고 있다. BDI사가 개발한 DFMA 관련 소프트웨어는 다음의 그림 1과 같다.

### 4. DFMA의 적용사례

다음은 DFMA를 AH64D 헬리콥터 설계에 응용한 최근의 결과로서 Longbow 아파치 헬리콥터의 개발시 공학자들이 적용한 DFMA의 효용성을 조사하였다.

맥도날드 더그러스 헬리콥터 시스템(McDonnell Douglas Helicopter Systems : MDHS)은 1994년과 1995년 동안 여섯 대의 Longbow 프로토타입 헬리콥터 중 하나를 재설계하고 최적화했다. 하나의 통합제품개발(Integrated Product Development : IPD) 팀이 이러한 재설계를 수행하기 위해 구성되었다. 이 팀은 공학, 제조, 조달부, 공급부, 제품지원부, 품질관리부 등과 같은 여러 분야의 대표자들이 하나의 제품설계를 수행하기 위해 함께 일하는 동시공학팀이다. 여기서 수행된 설계는 보통 다른 조직에서 부딪히는 예산문제와 장기간의 스케줄에 따르지 않고 단기간 내에 생산으로 이어진다. 여섯 대의 헬리콥터는 프로토타입 단계에서 완성되었으며, 이 단계에서 얻은 경험들을 초기 Longbow 프로젝트에 적용하였다. 이 프로젝트를 위하여 설계, 생산예측공학 및 계획이 이전의 프로토타입 항공기구조를 개선할 목적으로 개발되고 수행되었는데, 설정된 목표를 달성하기 위해 DFMA를 사용하였다. DFMA는 탑승장 및 헬리콥터의 개선된 확장 항공전자공학 베이(Improved Extended Avionics Bay : IEFAB) 내의 제한된 부품에 적용되었다. IPD 팀은 데이터를 얻고 기록했으며, 이들 데이터는 DFMA 없이 설계된 기본적인 프로토타입 헬리콥터에서 얻은 데이터와 비교되었다. 각 IPD 팀 일원으로부터 DFMA 과정에 관계가 있는 데이터들을 얻었으며, 그들의 추정값, 표 및 스케줄들을 분석하였다. Longbow 아파치 프로그램에서 DFMA 적용과 관련하여 얻은 데이터는 생산성분석, 설계개념서술 및 목록작성, 무게분석, 설계 및 제조계획에 근거한 스케줄링, 비용추정 및 최소 4개의 조립품을 대상으로 하

였으며, 상세한 DFMA 계획들이 DFMA의 영향력을 평가하기 위하여 사용되었다. 수집한 데이터는 상용 소프트웨어에 적용되었으며, 그 결과는 다음과 같다.

첫 번째 조립실험은 파일럿의 계기판이었는데 이것은 판금 앵글들과 보강재들의 조합으로 구성된다. 판넬 자체는 리벳에 의해 기체구조에 붙어있으며, 무게는 3 kg 이고 74개의 부품들로 구성된다. 이 계기판을 위한 조립시간은 305시간이다. 이 판넬은 또한 모든 브래킷트와 앵글을 구성하는데 필요한 툴링(tooling) 외에 최종 조립용 툴링 고정구를 필요로 한다. 그 팀과 접촉하여 파일럿 계기판의 재설계 결과 9개의 부품으로 줄일 수 있었다. 다음 표 1은 추정된 결과의 요약이다.

이들 외에도 3개의 서로 다른 영역에서 데이터를 확보하였다. 공동파일럿포수(Co-Pilot Gunner) 계기판은 그 자체가 조립의 복잡성, 조립시 필요한 부품과 리벳들의 수로 인해 DFMA 적용이 적합하였다. 그 계기판은 전방상면의 디스플레이(Up-Front Display: UFD) 상자, 다기능 디스플레이(Multifunction Display: MFD) 상자를 포함하며 총 부품의 90% 이상을 차지하는 판금부품과 기계적으로 조여지는 몇 개의 기계부품들로 구성되는데, 이들 두 상자들의 조립을 위해서는 특수 주문된 장비가 필요하고 다양한 노동력이 요구되는 등으로 인해 실제적인 최종조립 및 장치가 어려웠다. 그러나 DFMA의 적용결과 이들이 갖는 원래의 총 부품수는 87개가 12개로 감소되었으며 이중 7개는

가공부품이며 5개는 판금/복합부품이다. 이와 같이 DFMA 적용에 의한 단순화된 계기판과 함께 하위 조립품은 부품의 수가 최소가 되어 무게경량화 뿐 아니라 많은 시간과 비용이 절약된다.

이상의 연구결과는 상당한 비용감소와 무게 감축의 결과에서 알 수 있듯이 DFMA가 효과적인 틀이 될 수 있음을 보여준다.

## 5. DFMA의 기대효과

DFMA를 통하여 얻을 수 있는 효과로는 제품개발 기간의 단축, 품질향상, 신뢰성향상, 조립/가공시간의 단축, 부품수 감소, 원가절감(부품비용, 조립/가공비용, A/S 비용, 자원재활용), 간접비용의 절감, Teamwork의 형성, A/S 향상, 환경영향성 분석 및 폐자원의 효과적 활용 등으로 요약할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

1. <http://www.dfma.com/news>
2. Product Design for Manufacture and Assembly, G., Boothroyd, P., Dewhurst, and W., Knight, Marcel Dekker, 1994.
3. Processes and Design for Manufacturing, Shedif D. El Wakil, PWS Company, 1997.

《《 DFMA News and Informations,  
January, 1999》》

표 1. 파일럿 계기판의 DFMA 적용결과

대상항목	현재 계기판	DFMA 적용 계기판
부품수	74개	9개
조립시간	305시간	20시간
조립/장착시간	149/153 시간	8/153시간
총시간	697시간	181시간
무게	3.0 kg	2.74 kg
비용		74% 감소

본 기사는 "DFMA News and Information"에서 발췌하였으며, 출판사인 Boothroyd Dewhurst, Inc.,의 연락처는 다음과 같다.

- ♦ FAX : 401-783-6872
- ♦ E-mail : [jgilliigan@dfma.com](mailto:jgilliigan@dfma.com)
- ♦ Web site : [www.dfma.com](http://www.dfma.com)