

조립지향적 제품설계지원 전문가시스템의 개발

조 규 갑* · 하 재 우** · 차 등 균***

Development of Expert System for Supporting Assembly-Oriented Product Design

Kyu-Kab Cho*, Jae-Woo Ha** and Dong-Kyun Cha***

Abstract

This paper presents the development of a knowledge-based expert system to assist for designer in the process of designing products for easier assembly. The developed expert system for supporting assembly-oriented product design, which is named as DFA-MASTER, consists of two subsystems such as "Assembly Method Selection System" which provides feasible assembly methods to designer and "DFA-Analysis System" which provides guidelines to improve assemblability of products in the early stage of product design. The developed system is interfaced with AutoCAD system and can be run under PC environments. By using DFA-MASTER, designer can obtain feasible assembly methods which have high assemblability under the given assembly conditions and also evaluate the assemblability of part feature or product structure.

1. 서 론

기존의 순차적인 제품개발방식에서는 설계 단계에서부터의 제품의 수명주기(life cycle)에 관련된 사항의 고려 부족과 제품설계, 공정설계,

가공 및 조립 등의 상호 의존적인 의사결정단계를 독립적인 의사결정단계로 처리함으로 인한 모순과 부서간 의견조정 부족 등의 문제점이 있다. 이와 같은 순차적인 제품개발의 불합리성을 해결하고 적은 비용으로 신속하게 제품개발을 하기 위해서 제품의 수명주기에 관련된 사항을 제품설계단계에서 해결하는 병렬 진행방식의 제품개발의 개념인 Concurrent Engineering(CE)이 제안되었다. CE의 개념을 구체화하기 위한 설계평가 방법으로 공리적 설계, 다구찌 방법, Failure Mode

* 부산대학교 공과대학 산업공학과, 부산대학교 기계기술연구소 자동화연구부

** 한국기계연구원 기술동향분석실

*** 부산대학교 기계공학과 박사과정

and Effects Analysis(FMEA), Design for Assembly(DFA) 등이 제안되어 있다[1~3].

본 연구에서는 제품생산에서 전체 생산시간의 40~60% 정도를 차지하면서도 가공공정보다 상대적으로 연구가 미흡한 조립에 CE의 개념을 이용하기 위한 기초 단계로서 조립성을 고려한 설계, 즉 DFA를 대상으로 연구하였다[4].

DFA는 조립이 용이한 부품형상 또는 제품구조를 설계하고자 하는 것으로서, 그 접근방법에는 조립대상에 대한 조립취약점 파악 점검표(Checklists), 취약점 개선을 위한 조립용이성 설계원칙(DFA Guidelines) 개발 등과 같은 정성적 접근방법과 조립취약점 평가를 수치화한 조립성 평가법 개발의 정량적 접근방법이 있다. 정성적 접근방법에서 사용하는 일반적인 점검표와 조립용이성 설계원칙 등은 설계자가 이용하는 데 있어서 해석상의 일관성을 유지하기가 힘들었고, 정량적인 접근방법은 많은 정보와 시간을 필요로 하는 문제점이 있다. 이를 해결하기 위하여 컴퓨

터 프로그램을 이용한 DFA 접근방법이 시도되었지만, 컴퓨터 프로그램 접근방법도 지식의 처리와 수정 및 프로그래밍 등에 있어서 어려움이 있었다. 이러한 DFA 연구의 문제점을 해결하기 위한 방법으로 지식베이스화된 전문가시스템을 이용한 DFA 접근과 CAD 인터페이스된 DFA 시스템 연구가 수행되고 있다[5~10].

대부분의 기존 DFA 실현방법이 설계 초기단계에서 쉬운 조립방법 결정을 우선적으로 고려하기 보다는 제품설계 후의 조립취약점 파악과 개선에 중점을 둔 연구 형태로 수행되어 왔다. 본 연구에서는 제품설계 초기단계에서부터 DFA 적용을 위해 Fig. 1과 같이 조립용이성을 고려한 조립방법 결정을 수행한 후, 부품형상이나 제품구조의 설계과정에서 조립취약점을 파악하여 제품설계를 지원한다는 개념으로 구성된 조립지향적 제품설계지원 전문가시스템 DFA-MASTER를 개발하였다. DFA-MASTER는 EXSYS(GUI Version)[11]를 이용하여 조립용이성을

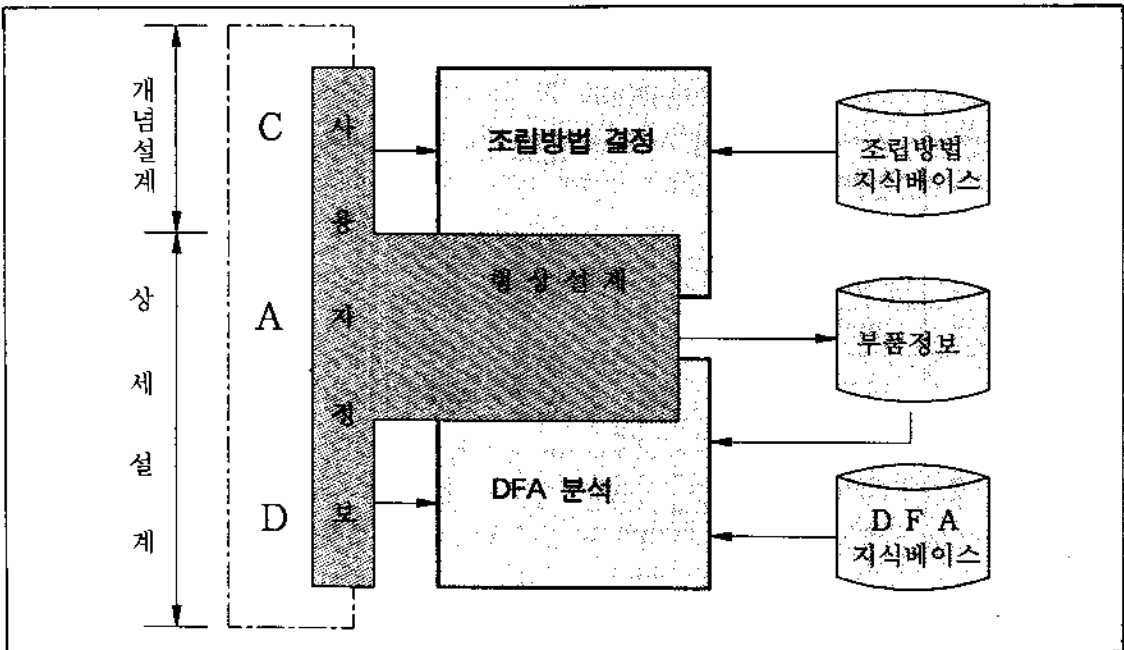


Fig 1. Structure of DFA Expert System

고려한 조립방법을 설계자에게 쉽게 제공해 주는 “조립방법결정 전문가시스템”과 조립형상의 취약점을 분석하는 “DFA 분석 전문가시스템”으로 구성하였고, CAD 시스템과의 인터페이스를 통해 사용자의 편리를 도모하도록 하였다.

2. 조립지향적 제품설계지원을 위한 전문가시스템의 개발

2.1 조립방법결정 전문가시스템의 개발

특정한 조립상황에 대한 가능한 조립방법을 검색하는 데는 다음과 같은 일반적인 접근과 구체적인 접근의 두가지 단계가 있다.

- ① 일반적인 접근 : 부품의 재료와 이음방법 등의 일반적인 조립상황의 자료를 이용하여 지식베이스 추론과정을 거친 후 실현가능한 모든 조립방법들을 찾아내는 접근방법으로 복수 개의 조립방법이 결정될 수 있다.
- ② 구체적인 접근 : 조립상황에 대한 보다 상세한 자료를 이용하여 특정한 조립방법의 구체적인 사양, 장비, 재료 등을 선정하는 접근방법으로 하나의 최적 조립방법이 결정된다. 따라서 특정 조립방법에 대한 전문적인 지식과 특성 등을 지식베이스로 구축해야 한다.

본 연구에서는 조립방법결정의 우선단계라 할 수 있는 일반적인 접근으로 조립방법결정 전문가시스템을 개발하였다. 높은 조립용이성을 가지는 조립방법을 결정하기 위해서는 실현 가능한 모든 조립방법을 파악하여 제품의 기능과 비용 등을 고려한 최적의 조립방법을 결정할 수 있다. 대부분의 설계자는 자기에게 익숙한 조립방법으로 제품을 설계하므로, 보다 더 경제성을 가지는 조립방법이 제외되는 경우가 있다[12]. 따라서, 일반적인 접근에 의해 실현 가능한 모든 조립방법들을 우선적으로 확인해야 할 필요성이 있다.

(1) 조립방법 결정의 지식베이스 구축

자동화된 계획, 생산, 관리 시스템들의 효율적인 활동을 지원하기 위해서는 인간의 지식을 컴퓨터화된 지식으로 표현할 필요가 있으며, 표현 과정에는 체계적인 절차가 있어야 한다. 본 연구에서는 Fig. 2에 나타난 단계에 따라 조립방법 결정에 필요한 지식을 획득하여 전문가 시스템의 지식베이스를 구축했다.

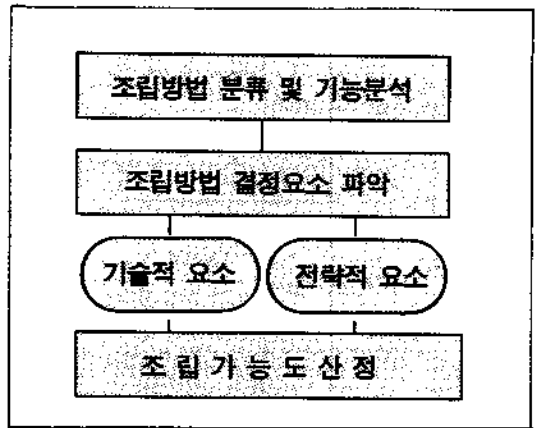


Fig 2. Procedure of Knowledge Acquisition for Assembly Methods

지식획득의 첫 단계로는 본 연구의 전문가시스템에서 제공할 조립방법을 분류하는 것이다. 분류된 각 조립방법에 대해서는 기능과 특성을 전문가의 인터뷰와 조립방법 관련 핸드 북을 참고로 하여 분석한 후, 기술적인 조립방법결정요소와 전략적인 조립방법결정요소들로 분류하였다. 각 결정요소들에 대해서 조립방법이 가지는 조립의 가능성을 정량적으로 산출한 조립가능도를 산정하여 지식베이스를 구축했다. 각 단계에 대한 내용을 살펴보면 다음과 같다.

(단계 1) 조립방법의 분류 및 기능분석

조립방법결정 전문가시스템에서 사용자에게 제공할 조립방법의 범위를 결정하고 분류를 하는 단계이다. 조립방법의 분류는 분류기준에 따라

여러가지 결과가 있을 수 있으나, 본 연구에서는 Table. 1과 같이 체결력의 종류와 체결요소의 사용여부 그리고 분리가능성의 3가지 기준에 따라 분류하였고, 분류된 각 그룹을 “조립대안”이라

정의한다. 분류된 각 조립대안들에 대해서는 기능과 특성을 분석하였으며, 조사된 조립방법의 기능과 특성은 조립방법 추론에 필요한 지식베이스의 구축에 기초자료가 된다.

Table 1. Assembly Methods

Joint Types	Permanent Joint	Semi-Permanent Joint	Temporary Joint	Remark
Interference	Shrinking Pressing	Tight fitting Loose fitting Push & Twist	Threaded hole Loose fitting	Without Fastener
		Screwing/Bolt Nailing/Wedging	Wing Nut / Pin Zipper	With Fastener
Phase Change	Casting Forging			Without Fastener
	Welding/Brazing Soldering			With Fastener
Form Change	Folding/Rolling Seaming/Beading Lanced Tab	Folding Snapping	Snapping	Without Fastener
	Riveting	Stapling Snapper	Snapper Clip	With Fastener
Adhesion				Without Fastener
	Metal Spraying Plating/Gluing	Taping	Gluing Plastic Barbs	With Fastener
Others	Sewing	Weaving/Winding braiding	Simple Laying	Without Fastener
		Hooking Hanging	Hooking/Tying Hanging	With Fastener

(단계 2) 조립방법 결정요소 파악

조립방법결정 전문가시스템에 필요한 지식 획득을 위해 기능분석을 통하여 기술적인 결정 요소와 전략적인 결정요소를 Table. 2와 같이 파악하였다. 기술적인 요소는 특정 조립방법이 조립 상황에 대해서 기술적으로 문제가 있는지 없는지를 결정하는 요소들이며, 이들 요소들에 의한 평

가는 조립방법 실현 가능성 여부를 판정한다. 전략적인 결정요소는 기술적으로 문제가 없는 조립 대안에 대해서 조립용이성의 우선 순위를 결정하는데 사용되는 요소이다.

(단계 3) 조립가능도의 산정

기술적인 평가요소에 의한 조립가능성 판정여

Table 2. Selection Factors of Assembly Methods

Technical Factors	Strategical Factors
<ul style="list-style-type: none"> • Materials • Load Types • Closeness • Resistance • Precision • Fabrication • Heat • Clearance • Disassembly Function • Status of Materials • Flexibility of Materials 	<ul style="list-style-type: none"> • Fasteners • Stress Types • Elasticity • Corrosion • Joint Types • Feature • Casting Property • Feature Change
	<ul style="list-style-type: none"> • Assembly Cost • Assembly Time • Esthetics • Assemblability • Weight • Production Modes • Frequency of (Dis)Assembly

부와 조립용이성 순위결정은 각 결정요소에 대해서 조립방법이 가지는 가능성을 이용하였다. 조립가능도는 임의의 결정요소에 대해 조립방법이 가지는 조립 가능성의 정도를 정량화한 값으로 기술적인 결정요소와 전략적인 결정요소 각각에 대해서 조립가능도를 결정한다.

는 조립방법은 주어진 조립상황에서 실현 불가능한 조립임을 나타낸다. 1에서 9까지의 값은 조립대안간의 상대적인 가능성을 나타내는데, 조립가능도 9의 값은 가장 높은 조립가능성을 나타내고 1은 가장 낮은 조립가능성을 가짐을 나타낸다. 지식베이스에서 기술적인 결정요소에 대해 각 조립대안의 조립가능도를 산정한 예를 살펴보면 Fig. 3과 같다. Fig. 3에서 Soldering의 0점은 주어진 조립상황에서는 조립이 불가능함을 의미한다. 그리고 나머지 조립대안은 조립이 가능

① 기술적인 결정요소의 조립가능도 산정

기술적인 평가에서 조립가능도는 0에서 9까지의 범위로 정의한다. 조립가능도 0의 값을 가지

<p>IF :</p>	
<p style="padding-left: 40px;">This Joining is a Permanent Assembly Method</p>	
<p style="padding-left: 40px;">and: Fasteners are needed</p>	
<p style="padding-left: 40px;">and: The Material of Part is a Ferrous material</p>	
<p style="padding-left: 40px;">and: Heavy Load in joint Area exists</p>	
<p style="padding-left: 40px;">and: The Type of Stress is a Cleavage</p>	
<p>THEN :</p>	
<p style="padding-left: 20px;">>Welding</p>	<p style="padding-left: 40px;">- confidence 7/10</p>
<p style="padding-left: 20px;">>Riveting</p>	<p style="padding-left: 40px;">- confidence 8/10</p>
<p style="padding-left: 20px;">>Adhesive-Bonding</p>	<p style="padding-left: 40px;">- confidence 3/10</p>
<p style="padding-left: 20px;">>Soldering</p>	<p style="padding-left: 40px;">- confidence 0/10</p>
<p style="padding-left: 20px;">>Brazing</p>	<p style="padding-left: 40px;">- confidence 1/10</p>

Fig 3. Rule with Assembly Confidence

하며, 조립가능도의 점수는 조립대안들간의 상대적인 가능성을 나타낸다. 위와 같은 방법으로 모든 기술적인 결정요소(Table 2 참조)에 대해 조립방법(Table 1 참조)이 가지는 조립가능도를 산정할 수 있다. 본 시스템의 기술적 결정요소에 대한 조립가능도 산정은 전문가의 인터뷰와 조립방법 관련 핸드북을 참고로 하여 주관적으로 산정하였다.

② 전략적인 결정요소의 조립가능도 산정

전략적인 결정요소의 평가규칙에도 기술적인 평가와 마찬가지로 조립가능도를 산정하여 조립용이성의 우선순위를 결정하였다. 설계 전략적인 평가는 조립 가능성을 결정하는 단계가 아닌 조립용이성의 우선순위를 평가하는 단계이므로, 조립 불가능을 나타내는 조립 가능도 0을 산정할 필요가 없어 가능도의 범위는 1에서 9까지로 정의했다.

전략적 결정요소에 의한 조립가능도 산정은 다음 절차에 따라 결정한다.

[단계 1] 조립대안을 1 : 1 대응의 순서쌍으로 만든다.

예) 조립 대안 : A, B, C
 ⇨ 순서쌍 : (A,B) (A,C) (B,C)

[단계 2] 한 순서쌍에서 임의의 전략적인 결정요소에 대해 전자의 대안이 후자의 대안 보다 우월하면 전자의 대안에 1점을 주고, 그렇지 않으면 후자의 대안에 1점을 준다. 동일한 우수성을 가지면 두 대안에 각각 0.5점을 부여한다.

예) (A,B) : A가 B보다 우월 → A : 1점, B : 0점 ⇨ (1,0)
 (A,C) : C가 A보다 우월 → A :

0점, C : 1점 ⇨ (0,1)
 (B,C) : B와 C가 동일 → B : 0.5점, C : 0.5점 ⇨ (0.5, 0.5)

[단계 3] 모든 순서쌍으로부터 각 대안에 부여된 점수를 합하여, 이를 “우위도”라 정의 한다.

예) (A,B) = (1,0) (A,C) = (0,1)
 (B,C) = (0.5, 0.5)
 A의 우위도 : 1점
 B의 우위도 : 0.5점
 C의 우위도 : 1.5점

[단계 4] 우위도는 아래의 식에 의해 1에서 9까지의 조립가능도로 대응된다.

$$\text{조립가능도} = \left\lfloor \frac{9 \times (\text{우위도})}{(\text{조립대안수}) - 1} + 0.5 \right\rfloor$$

I 우위도=0인 경우

예) A의 우위도=1 ⇨ A의 조립가능도 = [4.5 + 0.5] = 5
 B의 우위도=0.5 ⇨ B의 조립가능도 = [2.25 + 0.5] = 2
 C의 우위도=1.5 ⇨ C의 조립가능도 = [6.75 + 0.5] = 7

*주 : [X]는 X보다 크지 않는 최대 정수

위와 같은 방법은 임의의 전략적인 결정요소에 대해 한 조립대안이 모든 다른 조립대안과 1 : 1 비교를 하여 우수한 정도를 조립가능도로 산정한 것이다. 이러한 조립가능도는 모든 전략적인 결정요소에 대해서 조립방법에 산정될 수 있다. 추론의 최종 결과에 대한 조립가능도는 모든 결정요소에 대해서 조립방법이 평가 받은 조립가능도의 평균값이 된다.

(2) 조립방법의 추론과정

조립용이성을 고려한 조립방법결정의 흐름은 Fig. 4와 같다. 주어진 조립상황에서 일차적으로

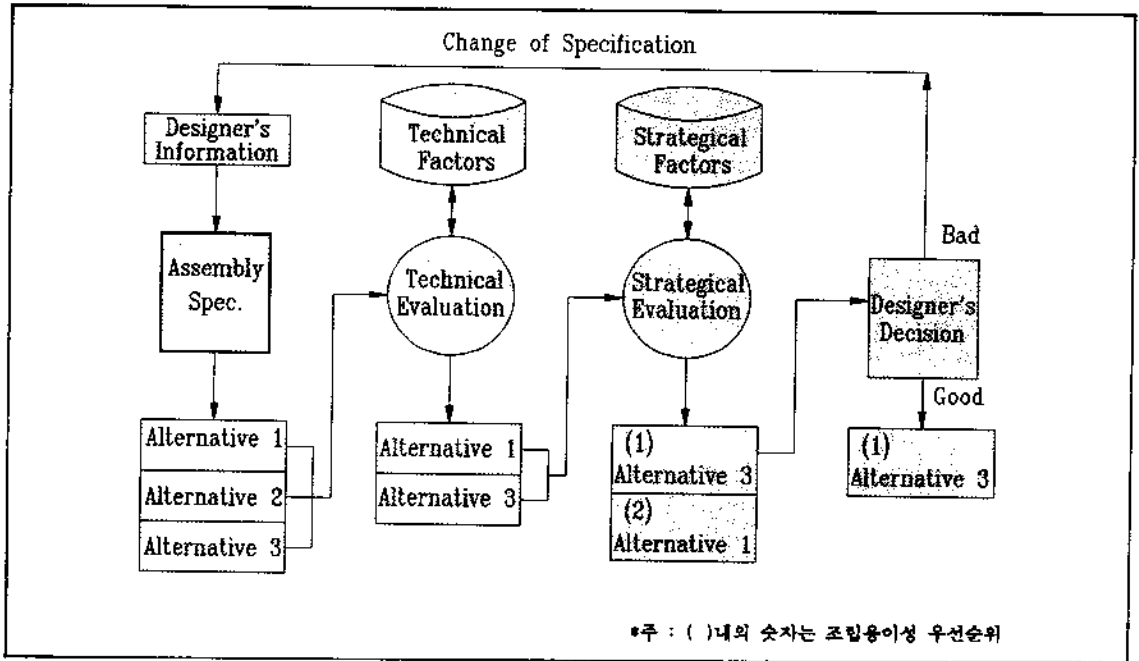


Fig 4. Flow of Assembly-Method Selection

조립대안이 생성되고, 조립대안으로부터 기술적 평가후 실현가능한 조립대안이 추론된다. 이렇게 추론된 조립대안은 다시 전략적인 결정요소에 의해 조립용이성의 우선순위가 결정되어, 최종적으로 설계자가 조립방법을 선택한다. 이와 같은 일련의 추론과정은 조립가능도를 이용하여 불가능한 조립대안의 제거와 조립용이성 우선순위를 결정하게 된다. 설계자는 본 전문가시스템의 메뉴를 사용하여 조립상황을 다시 설계하여 새로운 조립방법을 얻을 수 있다.

제품의 조립용이성은 근본적으로 조립방법에 의해 결정되며, 부품형상이나 제품구조에 의한 조립용이성도 어떠한 조립방법을 사용하느냐에 따라서 많은 영향을 받는다. 본 조립방법 결정 전문가시스템을 이용한 설계는 주어진 조립상황에서 높은 조립용이성을 가지는 조립방법을 쉽게 다양하게 지원 받을 수 있을 뿐만 아니라, 조립방법검색에 소요되는 많은 시간과 문서작업을 감소시킬 수 있다.

2.2 DFA 분석 전문가시스템의 개발

조립용이성은 쉬운 조립 방법의 선택만이 필수 조건이 아니라, 조립부품의 형상이나, 전체적인 제품구조도 반드시 높은 조립용이성을 가지고 있어야 한다. 따라서 다음과 같이 부품의 형상, 제품구조 등에 관한 조립성 평가와 조연을 할 수 있는 DFA 분석시스템을 개발하였다.

(1) 부품정보생성

DFA 분석에 필요한 부품정보는 관리정보와 형상정보로 구분하였다. 관리정보는 Fig. 5에 나타난 바와 같이 부품명, 부품번호, 조립순서 등의 부품형상과는 관계없는 일반적인 부품관리에 필요한 정보이며, 형상정보는 DFA 분석에 필요한 부품의 형상, 제품의 구조에 관한 정보로서 내부형상, 외부형상, 잡는 면의 상태 등이 있다. 이러한 각각의 부품정보는 아스키화일에 일정한 양식에 의해 코드 값으로 저장되며, 부품 정보를

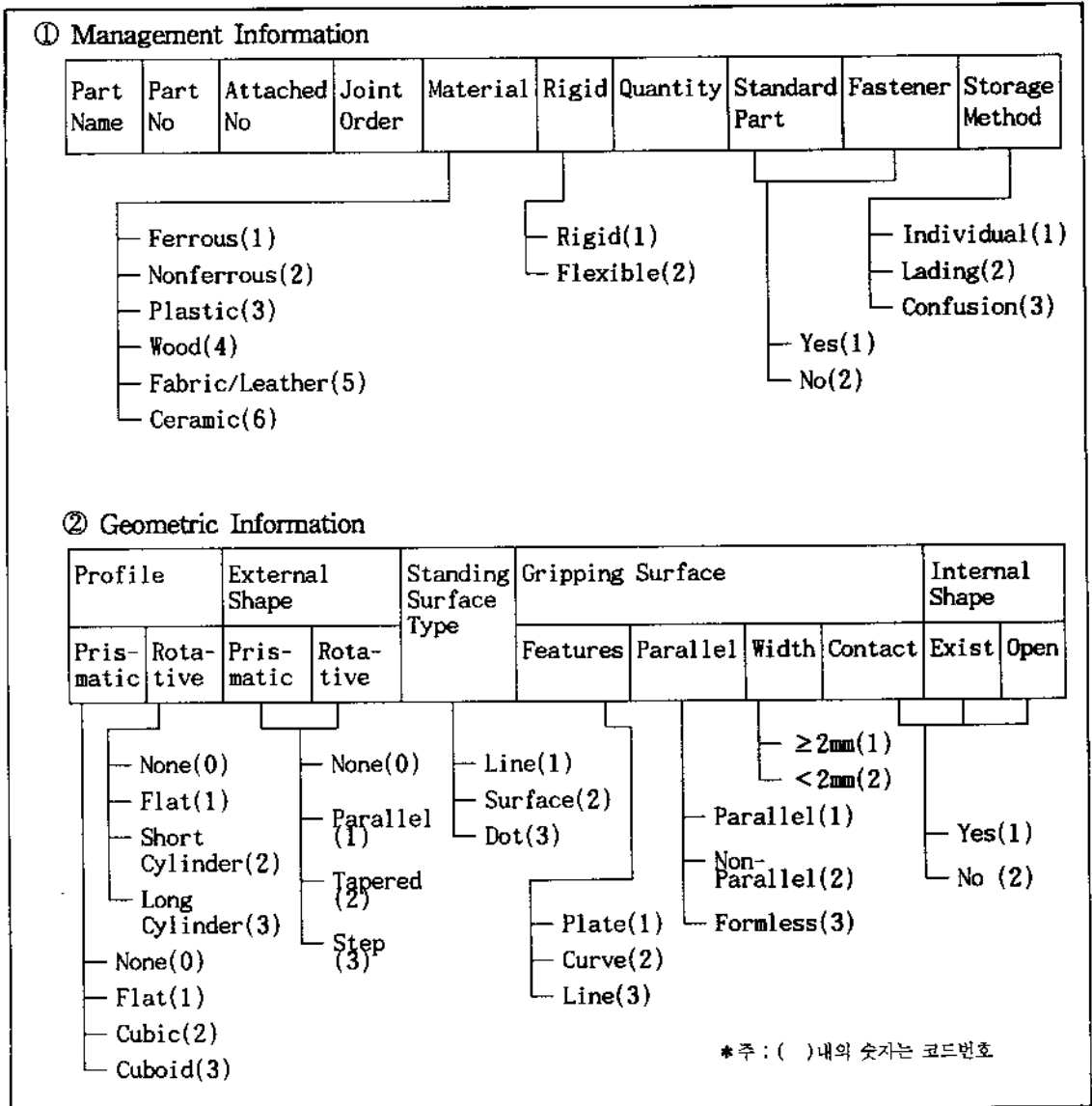


Fig 5. Part Information

사용할 때에도 코드에 의해서 처리된다(Fig. 10 참조).

부품정보는 사용자가 직접 입력하고, 형상정보는 미리 정의된 형상을 가진 Feature Library File을 이용하여 AutoCAD 환경에서 정보를 입력하도록 하였다. 예를 들어, Fig. 6과 같이 설계자는 비회전형상 부품의 외부윤곽을 입력하기 위

해서 본 연구에서 미리 정의한 형상을 가지고 있는 Feature Library File을 참조하여 그림으로 정확히 판단하고 관계되는 형상정보를 입력하는 것이다.

(2) DFA 지식베이스 구축

DFA 분석 전문가시스템의 지식베이스는 조립 용이성 설계원칙(DFA Guidelines)을 IF (Con-

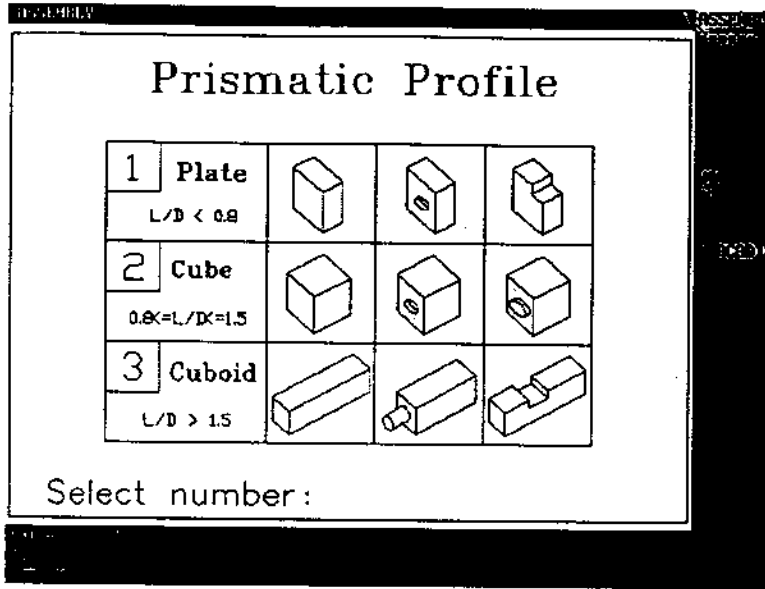


Fig 6. Input the part information in AutoCAD using Feature Library File

ditions) THEN (Advices) 형식으로 변환하는 방법으로 구축되었다. THEN의 Advices는 DFA Guideline의 내용에 해당하고 IF의 Conditions은 DFA Guideline이 적용되기 위해서 갖추어야 할 부품의 형상, 제품의 구조 그리고 일반적인 조건들이 나열된다. 따라서 지식베이스 구축을 위해 먼저 기존의 DFA Guideline들을 체계적으로 분류하였고, 각 Guideline들이 적용되기 위해 필요한 조건들을 파악하는 순으로 이루어졌다.

예를 들어, “짝이 되는 부품은 일체화 하라”는 DFA Guideline을 규칙으로 변환하면 다음 과 같다.

DFA Guideline : Unifying Mating Parts

Rule : IF : Parts do not require relative movement

and : Different materials are not required to give different properties

and : Separated parts are not required to maintain or replace failure modes

THEN : Make separated parts as one-piece part

(3) DFA 분석 단계

DFA 분석의 흐름과 구체적인 분석항목은 Fig. 7에 나타나 있으며, 각 분석단계는 모듈 별로 분리되어 있어 필요한 분석을 선택적으로 할 수 있다. 분석에 이용되는 지식베이스도 각 단계별로 구축되었다.

① 개별부품레벨(Individual Part Level)—제품의 최소 단위인 부품에 대해서 잡기(Gripping), 정렬(Orientation), 놓임안정성(Stability), 공급용이성(Feeding) 등의 부품 취급에 관해 분석하는 규칙들로 구성된다.

② 짝부품레벨(Mating Part Level)—개별 부품들이 서로 체결될 때 발생할 수 있는 조립취약점을 분석하는 레벨로, 주로 짝이 되는 부품의 일체화 등을 통해 부품수를 줄일 수 있는 규칙과 체결요소를 사용하지

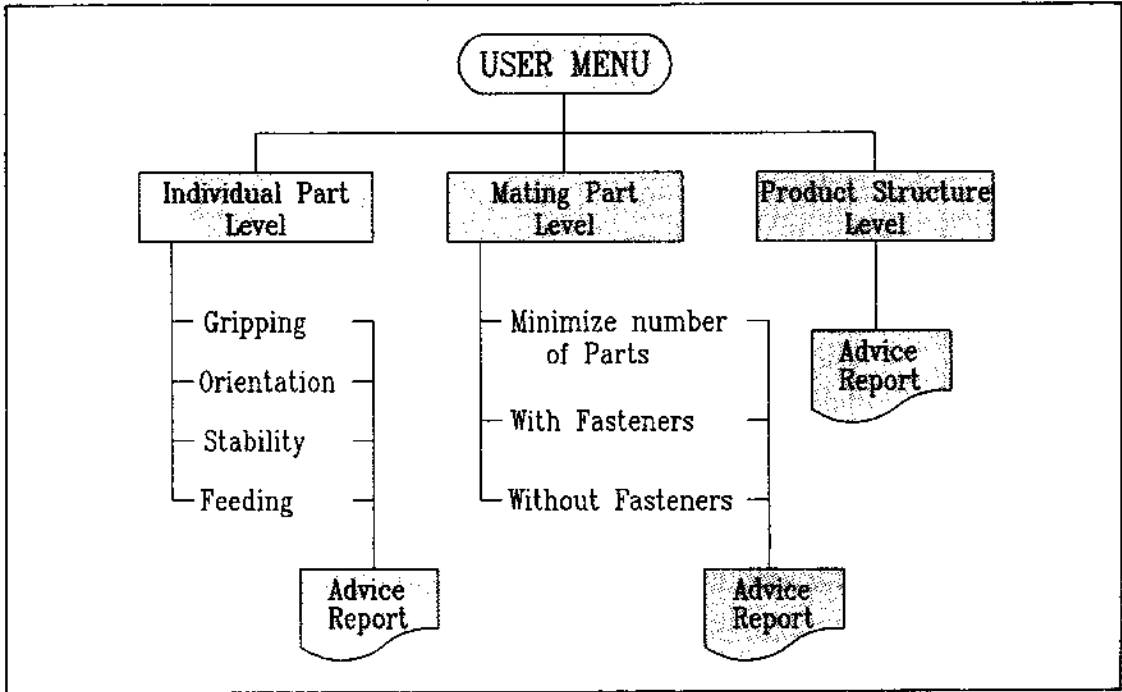


Fig 7. DFA Analysis Level

않는 조립 그리고 체결요소를 사용하는 조립의 부품형상에 대한 조립용이성의 평가와 설계조건을 하는 규칙들로 구성되어 있다.

- ③ 제품구조레벨(Product Structure Level)—제품의 전체적인 조립구조의 측면에서 제품의 특성과 기능에 따른 알맞은 제품구조를 조언한다. 쉬운 조립방법이 선택되었을 지라도 부품의 형상이나 제품구조에 의해 조립이 어려워질 수 있다. 이러한 취약점을 체계적으로 분석하고 문제점과 해결 방안을 제시해줌으로써 더욱 높은 조립용이성을 가지는 제품으로 설계할 수 있으며, 또한 설계원칙의 해석에 따른 오해의 소지를 감소시킬 수 있다.

3. 시스템의 구성과 사례연구

3.1 시스템의 구성

본 연구에서 Concurrent Engineering 개념에 의해 프로토타입으로 개발한 조립지향적 제품설계지원 전문가시스템 DFA-MASTER의 구조가 Fig. 8에 도시되어 있다. 설계자가 조립정보를 쉽게 얻기 위해서 또한 전문가시스템의 문자출력내용을 그래픽으로 정확하게 이해할 수 있기 위해서 CAD 시스템과의 연결이 필요하다. 본 연구에서는 AutoLISP와 C언어를 사용하여 EXSYS 환경에서 개발된 두 개의 전문가시스템과 AutoCAD 시스템을 인터페이스시켰다. 또한 AutoCAD 환경에서 편리하게 전문가시스템을 이용할 수 있도록 AutoCAD 메뉴에 별도의 ASSEMBLY 사용자 메뉴를 만들어 추가하였다.

3.2 사례연구

본 연구에서 개발한 DFA-MASTER 시스템

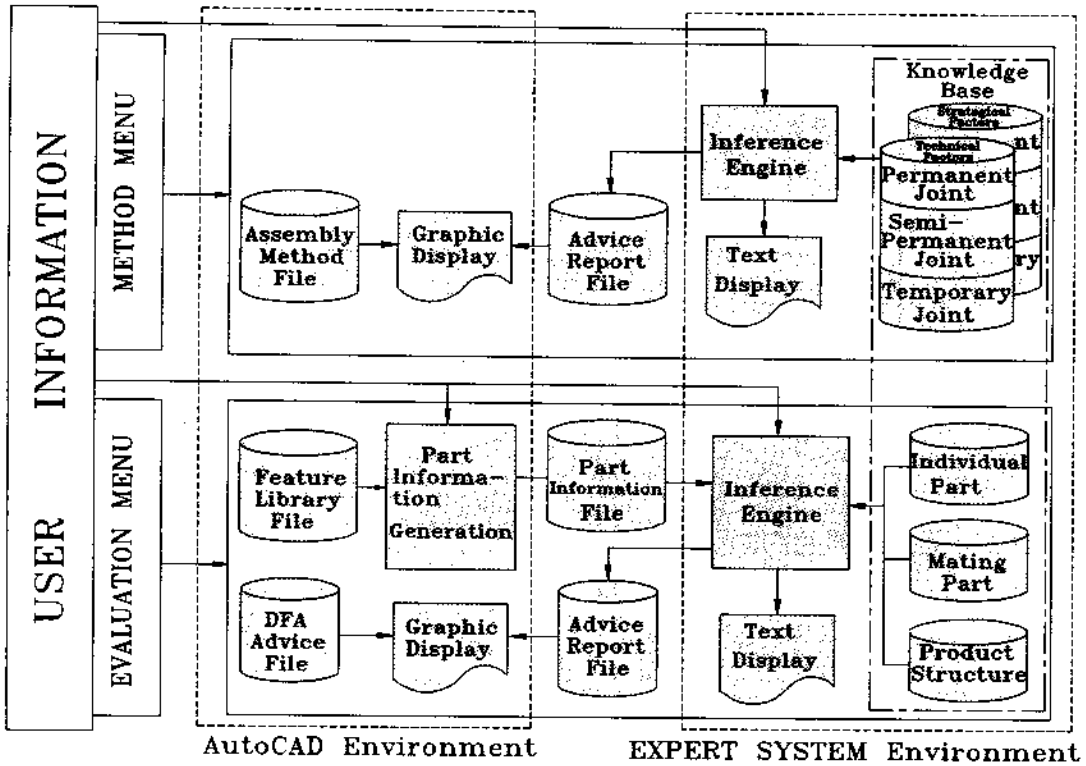


Fig 8. System Structure of DFA-MASTER

을 이용하여 Fig. 9의 동력전달 장치 제품의 측과 휠을 대상으로 조립방법 결정과 DFA 분석 사례를 제시한다.

① 조립방법 결정(부품 3, 4)

조립방법결정 전문가시스템을 이용한 부품 3과 4의 가능한 조립방법으로 Pressing, Shrink and Expansion fitting, Casting이 추론되었다 (Fig. 10 참조). 그리고 Pressing에 대한 그림과 정보가 Fig. 11와 같이 AutoCAD 화면에 한 예로 나타나고 있다. 본 사례연구에서는 가장 높은 조립용이성을 가지는 Pressing을 부품 3과 4의 조립방법으로 결정했다.

② DFA 분석 (작부품레벨)

부품 3과 4의 DFA 분석에 필요한 부품정보는 미리 정의되어 있는 Feature Library File을 참

조하여 Fig. 12와 같이 아스키 화일에 일정한 양식으로 생성된다.

DFA 분석 시스템의 부품 3과 4의 분석결과를 Fig. 13과 같이 '마찰 면적을 줄여라'는 내용이 문자 출력으로 나타나고, 이 결과를 정확하게 이해할 수 있도록 그림으로 Fig. 14에서와 같이 나타내고 있다. 따라서 Fig. 9의 도면에 나타난 바와 같이 부품 3을 재설계하여 마찰면적을 최소화 하도록 했다.

3.3 고찰

본 사례연구에서는 동력전달장치의 측과 휠 조립에서 조립용이성을 고려한 조립방법으로 Pressing을 선택하였고 DFA 분석 결과를 기초로 마찰면적을 최소화하는 부품 형상으로 재설계 했

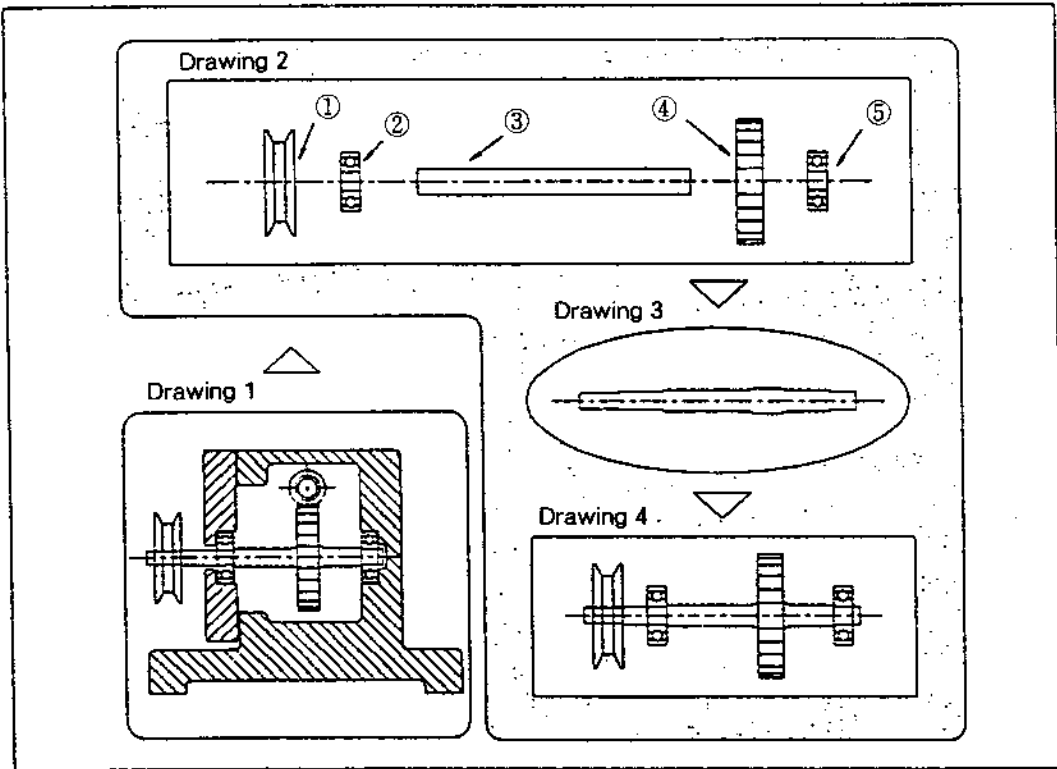


Fig 9. Drawing of Case Study

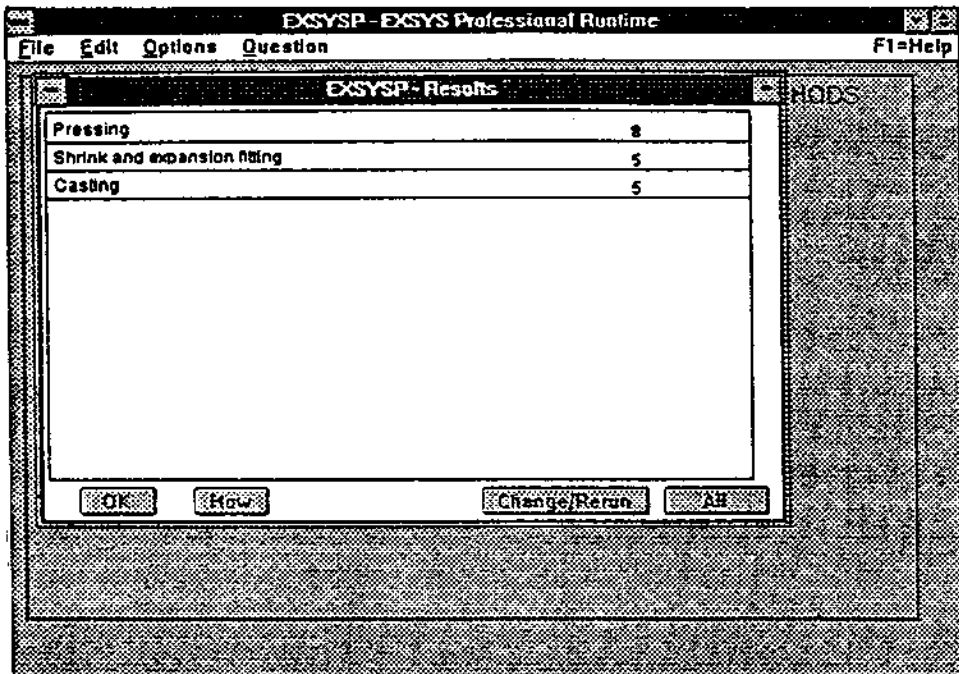


Fig 10. Results of Assembly Method

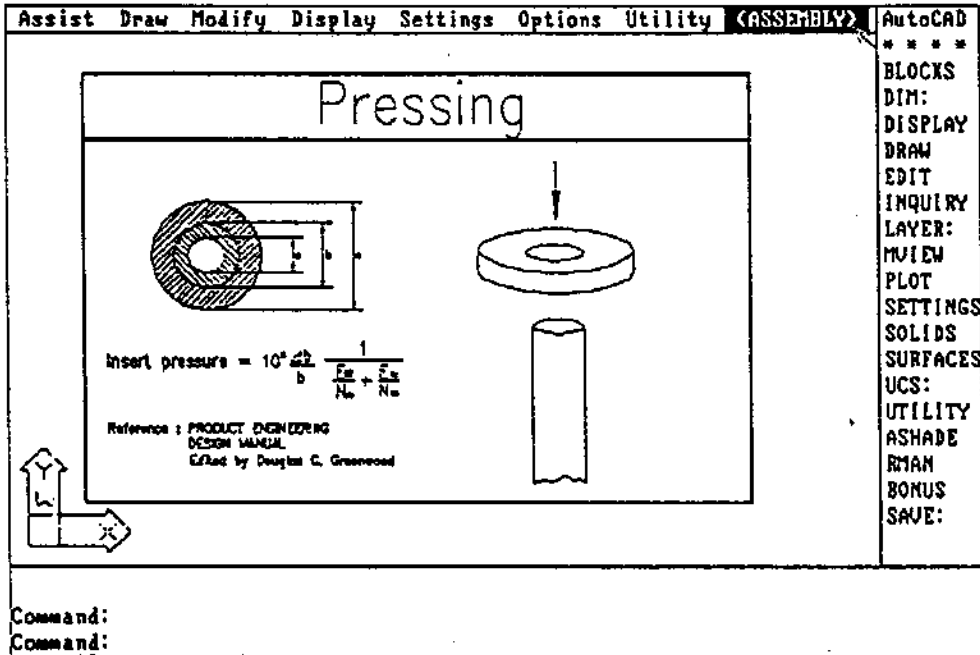


Fig 11. Advice of Assembly Method

Administrative Information

Part Name	Attached No	Order No	Material	Rigid	Quantity	Standard Part	Fastener	Storage Method
Shaft	3	1	1	1	1	2	2	1
Hole	4	1	1	1	1	2	2	1

Geometric Information

Profile		External Shape		Standing Surface Type	Gripping Surface			Internal shape		
Prismatic	Rotative	Prismatic	Rotative		Feature	Parallel	Width	Contact	Exist	Open
0	3	0	1	1	2	1	1	1	2	2
0	1	0	1	2	2	1	1	2	1	1

Fig 12. Part Information of Part 3 and 4

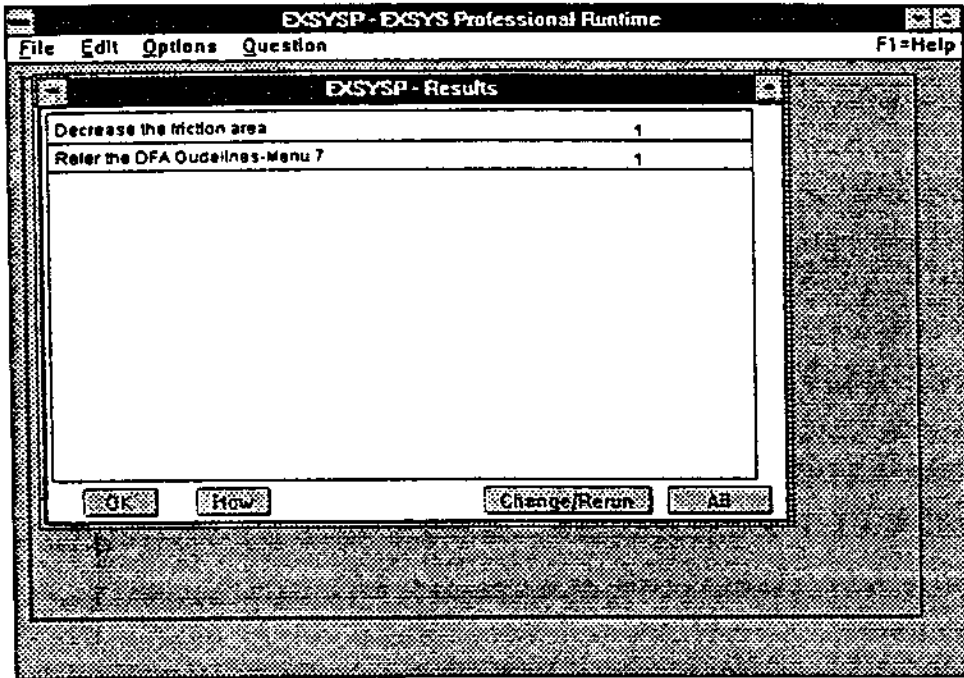


Fig 13. Results of DFA Analysis

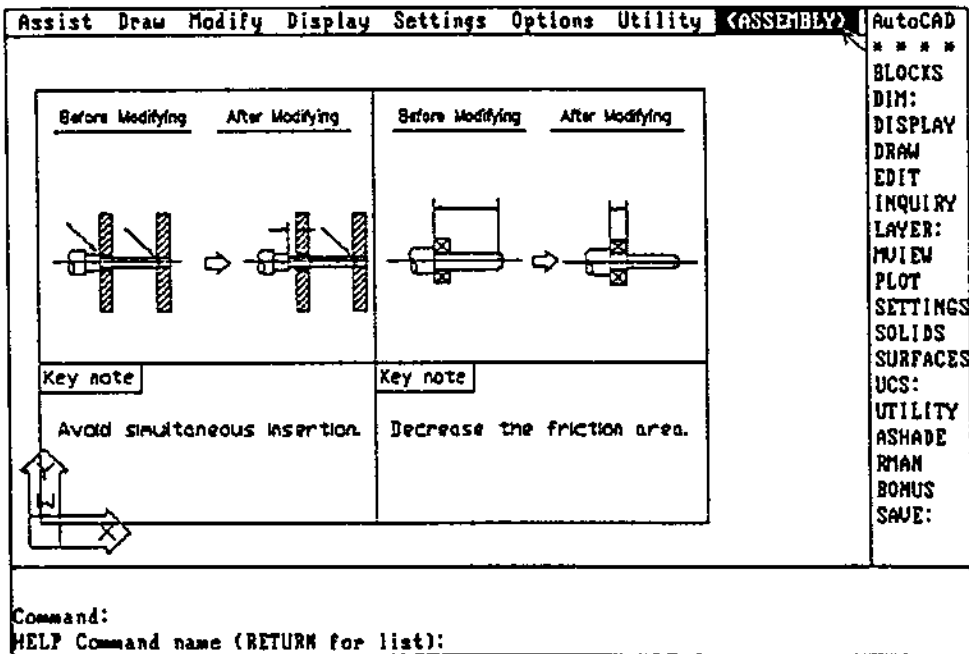


Fig 14. Advice of DFA Analysis

다. Pressing은 마찰을 이용한 조립으로서 조립시 마찰은 두 부품이 체결되는 부분에서만 일어나야 이상적이며, 동력의 낭비도 줄일 수 있다. 이러한 Pressing 조립방법은 설계자가 다른 조립방법에 비해 비교적 안이하게 생각할 수도 있으나, 부품의 형상이나 제품의 구조에 따라서 난해한 조립으로 될 수도 있다. 결국 조립용이성을 갖는 설계라는 것은 쉬운 조립방법의 선택과 더불어 그 요소부품과 제품구조의 설계가 총체적으로 고려되어야 함을 알 수 있다.

본 시스템을 이용한 설계는 조립현장에서 일어날 수 있는 문제점을 미리 파악할 수 있어 조립작업을 보다 쉽게 수행시킬 수 있고, 조립시간과 제품개발비용 등을 감소시킬 수 있다. 또한 시스템의 사용과정에서 설계자는 DFA에 대한 학습효과를 거둘수 있으며, 분석결과와는 다른 제품의 개선지표로 이용될 수 있다.

4. 결 론

Concurrent Engineering의 개념을 실현하기 위한 여러 가지 방법론 중에서 본 연구는 Design for Assembly를 대상으로 하여, 기존의 DFA 방법보다 개선된 프로토타입의 조립지향적 제품설계 지원을 위한 전문가시스템인 DFA-MASTER 시스템을 개발하였다. 기존의 DFA

응용 방법이 설계완료 후의 부품형상 재설계에만 치중되었던 것을 본 시스템에서는 설계단계에서부터 조립방법과 부품형상 및 제품구조를 동시에 고려할 수 있는 DFA 개념을 시도하였다. 본 연구의 DFA 접근방법으로는 DFA Guideline들을 지식베이스화하여 전문가 시스템을 구성하고, 이 전문가시스템을 AutoCAD와 인터페이스시켜서 설계작업과 동시에 DFA Guideline들을 지원받을 수 있도록 하였다.

DFA-MASTER 시스템은 조립이 쉽게 될 수 있는 조립방법을 제공해 주는 조립방법결정 시스템과 조립형상의 취약점을 분석하는 DFA 분석시스템으로 구성하였다. 조립방법결정시스템을 사용하여 개념설계 단계에서 설계작업을 수행하면서 최적의 조립방법을 선정할 수 있으며, 조립형상의 취약점을 분석하는 DFA 분석시스템을 사용하여 조립부품의 최적형상을 선정할 수 있다. 또한 본 시스템은 EXSYS와 AutoCAD를 사용하여 풀다운 메뉴로 구성하였으므로 Rule의 수정 및 보완이 용이하고, 사용법이 비교적 간단하다. 따라서, DFA-MASTER 시스템은 조립용이성 측면에서 조립의 합리화와 생산성 향상에 많은 성과를 거둘 수 있을 것이다. 향후 연구과제로는 부품정보를 CAD 데이터로부터 자동인식할 수 있는 CAD 인터페이스 된 DFA 시스템과 분리용이화(Design for Disassembly) 및 부품재활용에 대한 연구가 필요 하다고 사료된다.

참 고 문 헌

1. Sohlenius, G., "Concurrent Engineering", *CIRP Annals*, Vol. 41, No. 2, pp. 645-655, 1992.
2. Stoll, H. W., "Design for Manufacture : an overview", *Applied Mechanics Reviews*, Vol. 39, No. 9, pp. 1356-1364, September 1986.
3. Whitney, D. E., "Manufacturing by Design", *Harvard Business Review*, pp. 83-91, July-August 1988.
4. Boothroyd, G. and Alting, L., "Design for Assembly and Disassembly", *CIRP Annals*, Vol. 41, No. 2, pp. 625-636, 1992.

5. Andreasen, M. M., Käehler, S. and Lund, T., *Design for Assembly*, 2nd Edition, IFS, 1988.
6. Arpino, F. and Gropetti, R., *Developments in Assembly Automation*, pp. 167-180, IFS, March 1988.
7. Kroll, E., Lenz, E. and Wolberg, J. R., "Knowledge-Based Solution to the Design for Assembly Problem", *Manufacturing Review*, Vol. 1, No. 2, pp. 104-108, June 1988.
8. Molloy, E., Yang, H., and Browne, J., "Design for Assembly within Concurrent Engineering", *CIRP Annals*, Vol. 40, No.1, pp. 107-110, 1991.
9. O'Grady, P., Young, R. E., Greet, A. and Smith, L., "An Advice System for Concurrent Engineering", *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 4, No. 2, pp. 63-70, 1991.
10. Swift, K. G., *Knowledge-Based Design for Manufacture*, Prentice-Hall, 1987.
11. *EXSYS Professional*, EXSYS Inc. 1988.
12. Boothroyd, G., Dewhurst, P., and Knight, W. A., "Research Program on the Selection of Materials and Processes for Component Parts", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 6, No. 2, pp. 98-111, May 1991.

저 자 소 개



조규갑(曹圭甲)

저자 조규갑은 현재 부산대학교 산업공학과 교수로 재직중이다. 부산대학교 기계공학과에서 학사, 동 대학원에서 석사, 미국 Alabama 대학교 대학원에서 산업공학 석사, 미국 Pennsylvania주립대학교 대학원에서 생산공학 박사학위를 취득하였다. 주요 관심분야는 생산시스템공학, Group Technology의 응용, 공정설계의 자동화(CAPP), 전문가시스템의 응용 등이다.



하재우(河在佑)

저자 하재우는 현재 한국기계연구원 (KIMM)에 재직중이다. 경상대학교 산업공학과에서 학사, 부산대학교 산업공학과에서 석사학위를 취득하였다. 주요 관심분야는 Design for Assembly, Concurrent Engineering, 전문가시스템의 응용 등이다.



차동균(車東昬)

저자 차동균은 현재 부산대학교 기계공학과 박사과정에 재학중이다. 부산대학교 기계설계공학과에서 학사, 동 대학원 기계공학과에서 석사 학위를 취득하였다. 주요 관심분야는 제품설계(DFA,DFM),Concurrent Engineering, 전문가시스템의 응용 등이다.