

## 상용 CAD 시스템을 이용한 대화식 치구 설정 시스템

김용세\* (성균관대학교 기계공학부), 김현진 (GM DAEWOO)  
안영철 (성균관대학교 기계공학부 대학원), 노형민 (KIST CAD/CAM 연구센터)

### Interactive Fixturing System Using Commercial CAD System

Y. S. Kim (Mechanical Eng., Sungkyunkwan Univ.), H. J. Kim (GM DAEWOO)  
Y. C. An (Mechanical Eng., Sungkyunkwan Univ.), H. M. Rho (CAD/CAM Research Center, KIST)

#### ABSTRACT

Most of previous research on machining process planning has not fully included consideration on fixturing. With fixture components properly assembled with the part workpiece in a CAD modeling environment, necessary geometric information of fixture elements and their interrelations with the part model can be obtained so that machining process plans could incorporate fixturing considerations. This paper introduces an interactive fixturing system called I-Fix. I-Fix is a dowel-pin based modular fixture system, and it has been developed using Solid Edge CAD system and Visual Basic. Through customized operations of the assembly commands of the CAD system, I-Fix significantly simplifies user operations and thus reduces fixturing time. Furthermore, I-Fix enhances user convenience by providing general guidance about the fixture components and fixturing methods.

**Key Words** : Fixturing (치구 설정), Fixturing Feature (치구고정 특징형상), Machining Process Planning (절삭가공 공정설계), Modular Fixture (모듈러 치구 요소), Interactive Fixturing System (대화식 치구 설정 시스템)

#### 1. 서론

오늘날의 산업은 제품의 대량 공급을 할 수 있게 되었으나 차츰 다양한 제품의 공급을 요구하는 추세로 바뀌고 있다. 따라서 생산 품종의 변화에 따른 공정 변화에 유연하게 대응할 수 있는 생산 시스템 (Flexible Manufacturing System: FMS)이 필요하게 되었다. 치구는 전통적인 생산 시스템과 FMS에서 생산품의 가격과 생산성 및 가공 품질에 직접적으로 영향을 주기 때문에 매우 중요하다.

치구 설정 작업은 치구 요소들, 치구 고정 특징형상, 소재의 고정성, 위치의 정확성, 절삭력과 치구 고정력에 의한 소재 변형, 가공 기계와 공구의 특성, 가공 기계에 적재와 하적 시의 편이도 등 많은 고려사항을 종합적으로 비교 결정해야 하는 작업으로, 이의 자동화보다는 사용자의 의사 결정 및 그 실행을 용이하게 해주는 대화식 시스템의 개발이 적합하다.

경제적인 입장에서 보면 모듈러 치구는 뛰어난 장점을 가지고 있다. 우선, 치구를 위한 투자 자본이 적어지고, 치구의 보관 공간이 작아도 되며, 치구의 설계비나 제조비도 감소한다.

모듈러 치구는 (1) 시작품을 가공하기 위한 치구, (2) 1개의 가공물 가공용 치구, (3) 전용 치구를 입수할 수 없을 때, (4) 전용 치구가 파손되어 수리 중이라 사용할 수 없을 때, (5) 사용 빈도가 적어 전용 치구로서는 경제적으로 수지가 맞지 않을 때 효과를 발휘한다. 그리고 보완품의 제작이나 사용자에 대한 긴급한 서비스 등에도 흔히 사용된다.<sup>(6)</sup>

본 연구에서는 치구 설정 정보를 제공 할 수 있는 시스템을 개발함으로써, 절삭 가공 공정 설계시 치구의 형상 및 가공 소재와 치구의 관계를 고려하는 절삭 가공 공정 설계를 가능하게 하고자 한다. 본 논문에서는 상용 솔리드 모델러인 Solid Edge와 Visual Basic을 이용하여 개발한, 모듈러 치구 기반,

대화식 치구 설정 시스템 (Interactive Fixturing System) I-Fix 를 소개한다.

현재까지 치구 설정을 위한 시스템 중에서 Chou 의 자동 치구 설정 시스템<sup>(3)</sup>과 Subrahmanyam 의 시스템<sup>(5)</sup>은 실제 치구 요소를 설정하는 것이 아니라 그 위치만 생성하기 때문에 공정 연계가 부족하다는 단점이 있다. Rong 의 시스템<sup>(4)</sup>은 치구 요소들에 대한 일반적인 가이드와 치구 설정시 가공물에 대한 기하학적 형상에 대한 정보가 없기 때문에 위치 결정시 치구 요소의 치수를 일치시키기가 쉽지 않다. 또한, 치구 설정시 단순하고 반복적인 조립 과정 때문에 불필요한 시간을 많이 사용하게 되는 단점이 존재한다.

본 대화식 치구 설정 시스템 I-Fix 는 상용 모델러의 조립 관련 작업의 커스터마이제이션을 통하여 간소화된 치구 설정 과정을 통해, 라이브러리에 구축된 치구 요소를 소재에 체결시켜, 절삭공정설계시 필요한 치구요소의 형상정보 및 소재와의 관계를 제공하게 한다. 또한 치구 설정 가이드를 통하여서 치구 설정 방법과 치구 요소들에 대한 일반적인 설명을 제공하여 사용자의 사용 편의성을 증대시켰다. 치구 요소와 소재의 체결면 관련 정보 등 치구 설정 작업을 지원하기 위한 각종 정보를 추출하는 기능을 제공한다.

## 2. 관련 이론

### 2.1 모듈러 치구 시스템

실제의 가공 시에는 소재 위치 결정의 재현성이 생산 효율에 크게 영향을 미친다. 표준화 되지 않은 부품을 사용하여 가공물을 고정, 가공할 경우에 문제가 되는 것은 치구 설정 시간이 너무 많이 걸린다는 것이다. 표준화된 부품으로 구성된 모듈러 치구에서는 그와 같은 문제는 대폭 줄어든다.

모듈러 치구의 특징 중 하나는 전체의 부품이 표준화되어 있다는 것이다. 즉, 필요한 부품은 나중에 얼마든지 추가할 수가 있다는 것이다. 모듈러 치구는 동일 부품을 전혀 다른 가공물에 대해 반복적으로 사용할 수가 있기 때문에 장기적으로 보면, 종래의 치구에 비해 상당히 비용을 절감할 수가 있다.

모듈러 치구의 적용은 두 가지 관점에서 중요한 이익을 이끌어 낸다. 그 첫째로는 리드 타임의 감소이다. 모듈러 치구의 설정과 조립은 몇 시간 내로 끝낼 수 있지만 전용 치구의 경우 설계와 조립은 몇 일에서 심지어 몇 주가 걸릴 수도 있다. 두 번째는 생산 비용의 감소이다. 모듈러 치구는 재사용이 가능하기 때문에 치구의 재료와 가공 비용을 줄일 수 있다.<sup>(4)</sup>

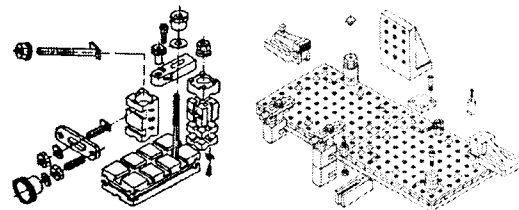
### 2.2 T-Slot 기반 모듈러 치구 시스템

T-Slot 기반 모듈러 치구는 50 년이 넘는 기간 동안 가공에서 사용되고 개발되어왔다. Fig. 1(a)에서 보는 바와 같이 치구 요소들 사이의 상대적인 위치는 위치 결정을 위한 키와 슬롯을 따라 움직임으로 결정한다. 치구의 요소는 볼트와 너트로 연결된다.

### 2.3 Dowel-Pin 기반 모듈러 치구 시스템

Dowel-Pin 기반 모듈러 치구는 Fig. 1(b)에서 보는 바와 같이 치구 요소들간의 위치를 결정하기 위해서 베이스 판과 다른 요소들 사이의 많은 핀홀과 탭홀을 사용한다. 치구 요소들 간의 조립은 볼트 스크류의 연결로 가능하다.

T-Slot 기반 모듈러 치구와 Dowel-Pin 기반 모듈러 치구를 비교하면 다음과 같은 다른 점들이 존재한다. Dowel-Pin 기반 모듈러 치구는 T-Slot 기반 모듈러 치구 보다 부품을 구성하는 분류 수가 적다. 그리고 치구 설정을 할 때 필요한 치구 요소의 수도 더 적게 필요로 한다. 또한 치구 설정에 대한 안정성이 더 좋으며, 치구 설정을 할 때 필요한 기술도 더 적게 요한다.



(a) T-Slot based (b) Dowel-Pin based  
Fig. 1 Modular fixture system<sup>(4)</sup>

## 3. 대화식 치구 설정 시스템

### 3.1 시스템 개요

본 시스템은 Dowel-Pin 기반 모듈러 치구 시스템 중의 하나인 Carr Lane Manufacturing Co.에서 제공하는 모듈러 치구의 모델링 파트를 기반으로 한다.<sup>(1)</sup> 그리고 상용 솔리드 모델러 중의 하나인 Solid Edge V.10 과 Visual Basic 6.0 을 이용하였다.

본 논문에서 다루고자 하는 대화식 치구 설정 시스템에서 치구 설정을 쉽게 하기 위해서 치구에 대한 다양한 기하학적 정보가 제공되어야 한다. 그렇지 않으면 치구 요소들 간의 치수에 대한 정보가 부족하기 때문에 치구 설정 시 치수에 대한 시행착오를 겪게 된다. 또한 치구 설정을 하는데 있어서 간소한 작업으로 이루어져야 하겠다. 하나의 치구 요소를 선택하여 조립 하기 위해서는 많은 반복적인 작업이 필요하며 많은 시간이 걸릴 것이다.

그리고 치구 요소들의 사용방법, 용도 등에 대한 설명 기능을 제공하여야만 한다. 마지막으로 지능형 치구 선정 시스템에 필요한 치구 고정 특징형상을 정립할 수 있는 정보를 수집하기 위해서 치구 전문가의 지식을 포착 할 수 있는 시스템이 되어야만 하겠다. 절삭 가공 공정 설계를 가능하게 하기 위해 셋업 별로 치구 설정을 하도록 한다. 시스템 전체적인 구조는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 소재를 입력 받아, 소재의 특징형상을 추출, 분석하여 치구 요소의 선택과 설정 위치를 제안하고 치구 설정을 하게 되어 있다. 주요 인터페이스는 Fig. 3에서 보는 바와 같이 치구 요소 선택 모듈과 조립 모듈 그리고 치구 설정 가이드 등으로 구성되어 있다.

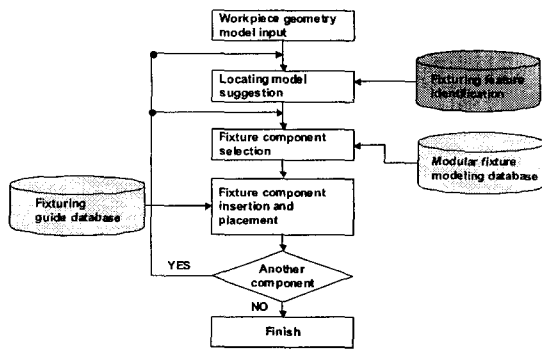


Fig.2 The architecture of I-Fix system

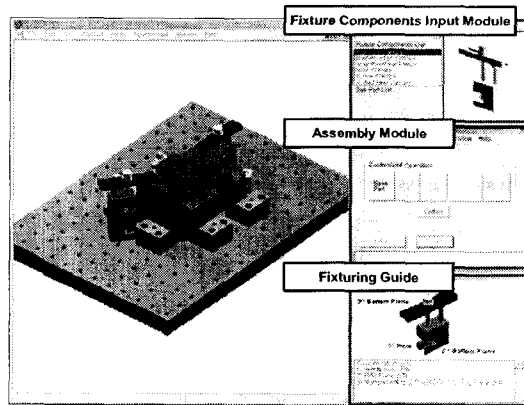


Fig.3 Interface of I-Fix system

치구를 설치하는 순서를 살펴보면, 먼저 소재 입력 창을 통하여 치구를 설정할 소재를 불러오고 다음에 베이스 판 입력 창을 통해서 치구를 고정시킬 베이스 판을 불러온다. 이때 사용되는 치구 요소들은 치구 요소 라이브러리에서 불러온다. 사용자는 베이스 판 위에 있는 소재를 보면서 로케이터와 클램프 등의 치구 요소를 설치하게 된다. 이때

로케이터와 클램프의 일반적인 사용법이나 조립 순서에 대한 가이드를 얻고 싶다면 일반적인 설명 가이드 기능과 커스터마이징된 조작 (Customized Operation) 가이드 기능을 통하여 도움을 얻을 수 있다. 또한 소재 뷰어를 통하여 해당 셋업의 가공전의 모습과 가공후의 모습을 보여 줌으로서, 가공할 때 치구 요소가 틀의 진행 방향에 방해가 되지 않는 방향으로 위치 할 수 있게 결정 할 수 있는 도움을 준다. 그리고 제대로 되지 않은 조립 관계의 경우 경고 메시지를 띄워서 사용자에게 다시 치구 설정을 하라고 조언을 해주게 된다.

### 3.2 치구 요소 라이브러리

Fig. 4는 I-Fix에서 제공하는 솔리드 모델링한 치구 요소 라이브러리를 보여주고 있으며, 4개의 베이스 판, 8개의 마운팅 요소, 6개의 클램프 그리고 7개의 로케이터를 제공하고 있다. 각 치구 요소를 선택하여 치구 요소에 대한 일반적인 설명을 볼 수 있다. 이 치구 요소들은 Carr Lane Manufacturing Co.의 Dowel-pin 기반 모듈러 치구들이다.<sup>(1)</sup>



Fig.4 Fixture components library of I-Fix system

### 3.3 소재와 베이스 판의 입력 모듈

소재와 베이스 판의 입력 모듈에서는 소재와 베이스 판을 불러오고 소재 이동 기능과 회전 기능을 통하여 개략적인 소재의 위치를 결정할 수 있다.

### 3.4 소재 뷰어

소재 교환 기능을 통하여 치구 설정 중 가공 정상에 치구 요소가 설정되어 있는가의 유무를 확인할 뿐만 아니라, 공구의 진행과 치구 요소의 간섭에 대한 정보를 제공한다.

### 3.5 치구 요소 선택 모듈

각각의 치구 요소에 따라 여러 사이즈 별로 치구 요소를 제공하므로, Fig. 5 와 같이 파트 뷰어를 통하여 선택한 치구 요소의 3D 형상과 주요 치수를 통한 정확한 크기를 확인하고 치구 설정을 할 치구 요소를 선택할 수 있다.

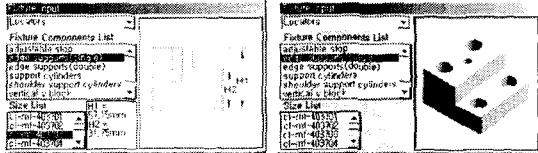


Fig.5 Fixture components selection module

### 3.6 치구 설정 가이드

#### 3.6.1 일반적인 설명

일반적으로 치공구 현장 전문가들은 위치 결정 원리 혹은 클램핑 원리와 치공구 설계 및 치공구의 사용에 대해서는 이해도가 높지만, 모둘러 치구에 대해서는 생소한 분야일 수가 있다. 이러한 점을 개선하기 위하여 Fig. 6 에서 보는 바와 같이 치공구 요소의 일반적이고 개략적인 사용 설명과 Fig. 7 에서 보는 바와 같이 사용 용도에 대해 기술하여 가이드를 제공함으로써 사용자에게 사용의 편의성을 강조하고 또한 처음 사용자들에게 불편함을 미연에 방지하여 시스템의 활용도를 높인다.

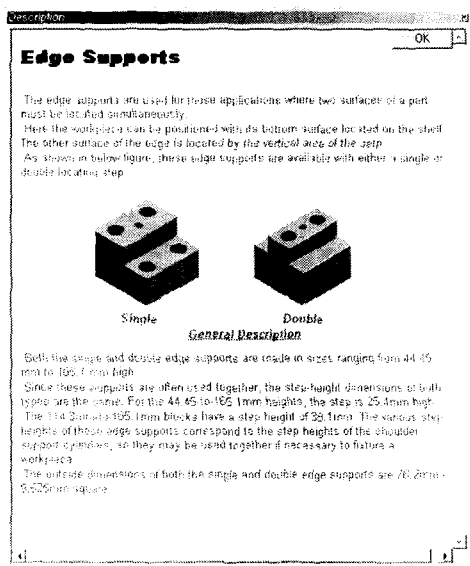


Fig.6 Edge support general description<sup>(2)</sup>

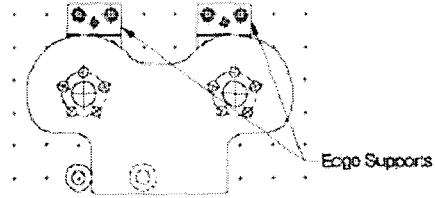


Fig.7 Use guide for edge support single<sup>(1)</sup>

#### 3.6.2 커스터마이징된 조작의 가이드

치구 설정시 Fig. 8 에서처럼 커스터마이징된 조작별 사용 방법과 한 줄 설명의 단계적인 조작 가이드를 통하여 사용자가 쉽게 조작을 할 수 있게 하였다. 또한 커스터마이징된 조작 을 익히기 위해서 동영상 가이드를 제공함으로써 사용의 실수를 미연에 방지할 수 있으며, 시스템 사용에 대한 이해도를 높일 수 있다.

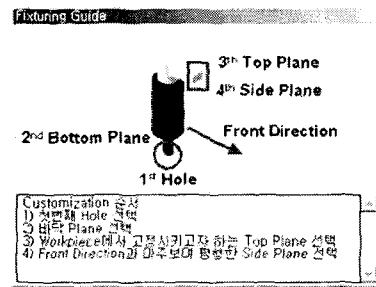


Fig.8 Customized operation guide

### 3.7 조립 모듈

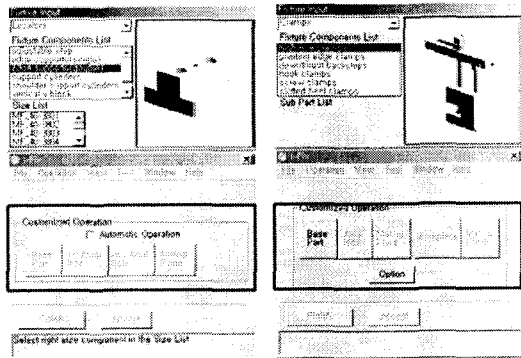
#### 3.7.1 매뉴얼 조작

치구 설정을 하기 위해서 치구 요소를 베이스 판에 고정하고 소재와 체결하여야 한다. 수동 조작의 경우 한번의 작업으로 한번의 체결 관계만을 주게 되므로 반복적인 작업을 통해서만 치구 설정을 해야 한다.

#### 3.7.2 커스터마이징된 조작

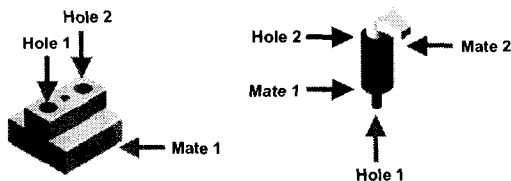
모든 작업을 매뉴얼 작업으로 하게 된다면, 치구 요소를 설정 할 때마다 적게는 2 번~3 번의 체결 관계가 필요하게 되며, 클램핑과 같은 조립품은 더 많은 체결 관계가 필요하게 된다. 이러한 반복적인 작업들은 사용자나 치구 전문가들의 작업 능력을 떨어뜨리거나 치구를 잘못 설정하게 하고 치구 설정 시간도 증가시킨다. 본 시스템에서는 이런 점을 없애기 위해서 각 치구 설정에 필요한 체결 관계들을 커스터마이징하여 반복적인 치구 설정 작업을 최소한으로 감소화 하였다. 치구 요소 선택 모

들에서 치구 설정을 할 치구 요소를 선택한다면 조립 모듈에서 각각의 치구 요소에 따른 프로세스가 선택이 되어진다. Fig. 9(a)에서 보는 바와 같이 양면에 지 서포트가 선택이 된다면 조립 모듈에서 체결파트 선택, 2 개 체결홀 선택, 체결면을 선택 등 4 개의 단계와 순서로 치구 설정을 하게 된다.



(a) Edge support double (b) High rise clamp  
Fig.9 Customized operation frame on each part

Fig. 10 (a)의 에지 서포트와 같은 치구 요소는 3 개의 체결 관계가 필요한데, 베이스 판에 2 개 홀과 1 개 면을 선택하여 한꺼번에 체결 관계를 줄 수 있다. 또한 Fig. 10 (b)의 후크 클램프는 4 개의 체결 관계가 필요한데, 치구 요소의 위치 결정을 위해 베이스 판에 1 개 홀, 1 개 면과 소재의 1 개 면만 선택하면 다른 모든 체결 관계는 자동으로 주어지게 된다.



(a) Edge support single (b) Hook clamp  
Fig.10 Customized fixture components

### 3.8 사용자화 편의성

로케이터를 설치할 때 만약 소재의 밑면이 고르지 못하다면, 알맞은 높이의 로케이터를 찾기가 어렵고 얇은 판을 사용하여 높이를 맞추어야 하지만 몹시 번거로운 작업이다. 조립 환경에서 두 면 사이의 거리를 측정하여, 베이스 판과 소재 사이의 거리를 알아내어 적당한 높이의 로케이터와 얇은 판을 선택해서 치구 설정을 하게 하였다. 조립 관

계가 제대로 이루어지지 않은 경우 에러 메시지를 통해서 치구 설정이 잘못 되었다는 것을 알려주는 등의 사용자 편의성을 증진시키는 인터페이스를 구성하였다.

### 3.9 지식 포착 기능

치구 요소의 선정 및 소재에의 체결 등의 의사 결정을 지원하기 위한 시스템을 구현하기 위해서는 Fig. 11 에서 보는 바와 같이 전문가가 치구 설정을 할 때 치구 요소와 치구 설정 기능<sup>(3)</sup>의 관계를 규정하게 함으로써 치구 특장형상을 정립하고 치구 설정 규칙들을 찾아내는 기능 등이 필요할 것이다. I-Fix 는 Fig. 12 에서 보는 바와 같이, (1) 치구 요소와 (2)소재의 체결면 관련 정보, (3) 치구 요소들의 치구고정 기능 등을 추출해서 보여주는 기능을 갖고 있다. 또한 전문가가 어떤 순서로 치구 설정을 하였으며, 어떤 규칙을 가지고 치구 설정을 하는지에 대한 정보를 저장하고 보여주는 기능을 갖고 있다.

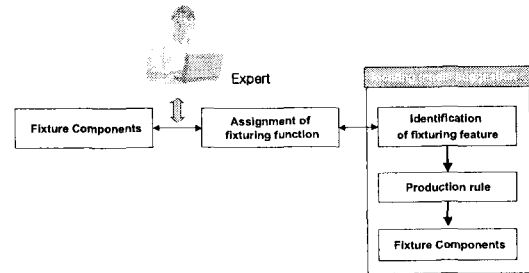


Fig.11 Fixture component suggestion model

Fixture Components	Completed Fixture Components	Workpiece's Face	Function
Support_Cylinder	Support_Cylinder	7	BP
Edge-Support-single	Edge-Support-single	7	14 BE, SE
Edge-Support-single	Edge-Support-single	7	8 BE, SE
Edge-Support-single	Edge-Support-single	7	10 BE, SE
Adjustable Stop	Adjustable Stop	5	SP
Screw Clamps	Screw Clamps	3	SP
High Rise Clamps	Screw Clamps	16	SP
High Rise Clamps	High Rise Clamps	1	TP
High Rise Clamps	High Rise Clamps	2	TP

Fig.12 Fixture components list

I-Fix 를 이용하여 치구 설정을 한 Fig. 13 은 치구 요소 선택 창에서 치구 설정을 할 치구인 하이라이즈 클램프를 선택하고 치구 설정 가이드를 제공 받아 조립 모듈에서 커스터마이징된 조작을 통하여 소재에 치구 설정을 한 것이다. 그리고 치구

설정 가이드와 커스터마이징된 조작 가이드에 하이 라이즈 클램프에 대한 설명들이 있고, 치구 설정으로 인하여 나온 정보를 보여주는 Fig. 12 와 같은 치구 요소 리스트가 있다.

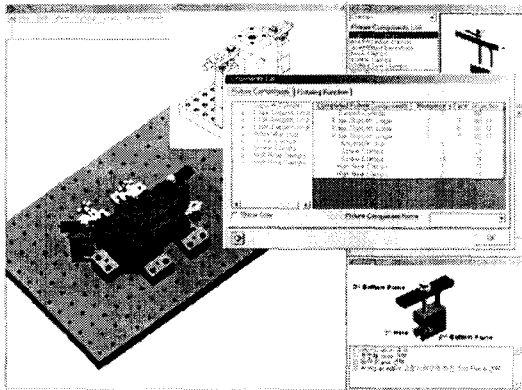


Fig.13 Completed fixturing using I-Fix system

#### 4. 결론

본 논문에서는 치구 설정 작업시 사용자의 의사 결정 과정과 그 실행을 용이하게 해주는 대화식 시스템인 I-Fix 를 소개하였다.

I-Fix 시스템은 Dowel-Pin 기반 모듈러 치구 요소로 구성되었다. 사용자의 편의성을 높이기 위해 사용자에게 치구 요소의 사용 방법에 대한 일반적인 가이드 및 중요 치수에 관한 가이드를 제공하고, 조립 관련 작업의 커스터마이징을 통해서 치구 설정 과정을 간소화하였다. 치구 설정 작업의 간소화는 기존에 개발된 시스템과는 차별되는 기능으로서 치구 설정 과정을 획기적으로 단축시키는 효과를 가져왔다. 본 연구는 전문가의 치구 설정 지식을 획득 할 수 있는 기반을 마련하여 치구 요소의 선정 및 설정 등의 치구고정 의사결정을 지원하기 위한 시스템으로 발전 되고 있다.

#### 후기

본 논문은 과학기술부 국가지정연구실 사업 (M1-0104-00-0054)의 지원 연구 결과임을 밝힌다.

#### 참고문헌

1. Carr Lane Mfg. Co., *Component Parts of Jigs and Fixtures*, Carr Lane Mfg. Co., 2001.
2. Carr Lane Mfg. Co., *Modular Fixturing Handbook*, Carr Lane Mfg. Co., 1991.

3. Chou, Y.-C., Srinivas, R. A., and Saraf, S., "Automatic Design of Machining Fixtures: Conceptual Design", *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, Vol. 9, pp.3-12, 1994.
4. Rong, Y., and Zhu, Y., *Computer-Aided Fixture Design*, Marcel Dekker, 1999.
5. Subrahmanyam, S., "Fixturing features selection in feature-based systems", *Computers in Industry*, Vol. 48, pp.99-108, 2002.
6. 서병화, *지그고정구의 제작 사용방법*, 성안당, 1996.