

# 工作機械 構造設計의 CAD化를 위한 研究動向

李 厚 祥

〈韓國機械研究所 NC 센터 室長〉

## 1. 머리 말

1950년대 NC 공작기계가 등장한 이래, 공작기계는 그 기능과 성능을 크게 변화시키며 발달되어 왔으며 그 중에서도 머시닝 센터로 대표되는 바와 같이 그 기능의 복합화와 아울러 구조형태도 다양화 되어 왔다. 이러한 경향은 최근에 이르러 FMS(Flexible Manufacturing System)의 발달과 더불어 더욱 가속화 되어 지금까지의 통상적인 공작기계 구조형태를 벗어나, 시스템 내에서의 요구 조건에 효과적으로 대처할 수 있도록 설치된 새로운 형태의 공작기계가 등장하고 있다. 이러한 경향은 앞으로 더욱 진전될 전망

이며, 장래에는 메이커의 고유모델에 의한 생산 체제에서 벗어나, 사용자의 요구에 따라 그 생산 시스템에 적합한 공작기계를 새로이 설계해야 될 필요성이 증가하리라 예측된다. 이러한 관점에서 공작기계의 설계방법론, 특히 컴퓨터를 이용한 설계방법론의 확립이 앞으로 중요한 과제가 되리라 예측된다.

그림 1은 일반적인 공작기계의 설계 시스템의 수준을 보인 것이다.

시장조사나 사용자의 주문으로 부터 기본계획도를 작성 이로부터 原案圖를 작성 이 원안도에 대한 여러가지 분석과 평가를 거쳐 최종적으로 원안도를 확정, 이로부터 상세부품도, 조립도를 그리게 된다. 이와같은 설계시스템 중, 현재

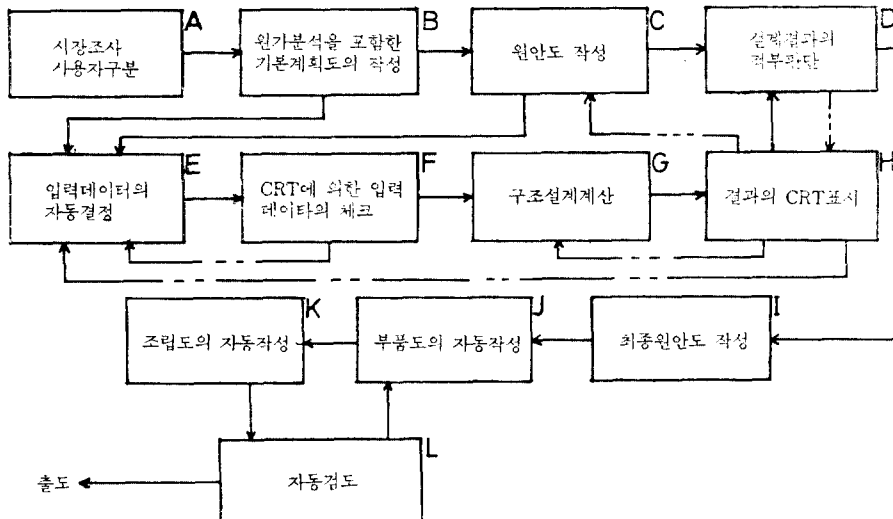


그림 1 공작기계구조의 CAD시스템<sup>(1)</sup>

CAD 화가 어느 정도 이루어지고 있는 공정은 E, F, G 등 구조계산부분 및 J, K 의 도면제도 공정 정도이다.

본란에서 다루고자 하는 설계방법론은 “B”의 기본계획도 작성공정의 CAD 화를 위한 것이다.

이러한 설계방법론을 확립하기 위하여는 우선 공작기계의 구조형태를 어떠한 방법으로 記述할 것인가가 문제가 되며 이하에서 이러한 工作機械 構造形態의 記述方法과 이를 응용한 工作機械의 構造形態의 設計方法論에 관하여 살펴 보코자 한다.

## 2. 工作機械의 記述

공작기계 구조설계의 CAD 화를 위하여는 우선 그 대상으로 하는 공작기계를 간단한 방법으로, 전자계산기로 취급할 것을 목적으로서 모델화 또는 표현, 기술할 필요가 있다. 계산기를 유효하게 이용하기 위하여는 인간의 해석으로 인식된 모델과 같은 정보가 계산기의 내부에 기술, 격납되어 있지 않으면 안됨은 자명한 것이다. 즉 다종다양한 공작기계의 구조를 그 구성요소인 구조모듈로, 또한 이로부터 구성되는 전체구조의 관계와 더불어 임의적으로 정보화하여 필요한 정보를 자유롭게 뽑아내어 처리할 수 있는 記述시스템이 필요하다.

이와같은 공작기계의 記述法에 관한 연구로는 현재 「運動記述」과 「構造記述」의 두가지로 대표될 수 있으며 이에 대한 연구상황은 표 1과 같다.

「공작기계의 운동기술」이란 공작기계가 갖고 있는 운동기능 또는 형상창성기능을 기술하는 것이며 「공작기계의 구조기술」이란 공작기계의 구조형태, 기하학적 형상을 기술하는 것이다. 이러한 두가지의 기술방식은 상반되는 특징을 갖고 있으며, 그 이용분야도 차이가 있다. 이러한 특징을 정리해 보면 표 2와 같이 나타낼 수 있다.

이상과 같은 이용분야의 예에서 추측할 수 있는 것과 같이 工作機械의 記述이라는 기술은 장래 공작기계의 설계기술에 유용하게 이용될 수 있을 것으로 생각된다. 그러나 동일한 공작기계가 별개의 두가지 방법으로 기술됨은 문제점이 될 수 있으며 이 두 가지의 기술방법 즉 운동기술과 구조기술 사이의 어떤 「變換規則」 또는 「交換規則」을 확립함이 장래 그 이용면에서 필요하다고 보겠다. 그러나 현재까지의 연구결과로는 해결되지 못한 과제이다. 이는 계층적인 관점에서 보아 운동기술은 구조기술 보다 상위 레벨에 존재하며 그 결과 구조기술에서 운동기술에의 변환은 가능할 것으로 보나, 그 역은 불가능하기 때문이다.

표 1 공작기계의 기술법에 대한 연구자 및 연구기관

연구기관	연구자	기술방법	응용면의 연구테마
(소 련)	Vragov	운동기술	공작기계 운동기능의 분석 기본의 구조형태에서 가능한 전개형의 예측과 최적구조형태의 선정
Braunschweig 공대 (서 독)	PROF. Salje Redeker	운동기술	인간공학적 견지에서 구조형태의 분석 기본 계획도의 설계
동경공업대학	伊東 齊藤교수	운동기술	기본 계획도의 설계 자동공정 설계
	伊東 新野교수	구조기술	구조형태의 유사성 판정 구조형태의 창성
神戸大學	岩田 杉村교수	운동기술	공작기계의 기능분석 자동공정 설계

표 2 운동기술과 구조기술의 비교

기술방법	기술의 난이	기술의 구체적 방법	이 용 분 야
운동기술	용이 (가공에 관한 초보적인 지식만으로 가능)	힘의 흐름을 내면에 표현 X, Y, Z 축 방향 직선운동 및 3축 주위의 회전운동으로 표현	공작기계의 기능—특히 형상창성기능의 분석 기본구조형태에서 가능한 전개형의 예측 기본 계획도의 작성 자동공정설계 구조형태의 분석 형태의 유사성 판정
구조기술	어렵다 (공작기계 구조에 관한 상당한 수준의 지식이 필요)	힘의 흐름을 외면으로 표시 GT 코드 및 힘의 흐름을 이용하여 구조 패턴으로서 기술	공작기계의 분류 공작기계의 구조분석 구조형태의 유사성 판정 구조형태의 창성

2.1. 運動記述

운동기술에 대한 최초의 연구는 소련의 Vragov 에 의해 이루어졌다고 믿어지고 있으며, 그의 방법은 공작기계의 운동을 X, Y, Z 좌표축에 따른 직선운동과 그 좌표축을 중심으로 한 회전·선회운동(A, B, C)으로 나타내는 것이다<sup>(3)</sup>.

그 후 독일의 Salje 교수와 Redeker 에 의해 유사한 방법의 운동기술법과 이를 응용한 수천의 논문이 발표되었다.

비교적 최근에 이르러 이러한 운동기술을 공작기계의 개념도 설계, 자동공정설계와 공작기계의 새로운 분류법에의 활용을 목적으로 일본 東京工業大學의 伊東교수 및 齊藤 등에 의하여 이루어졌다. 이는 근본적으로는 Vragov 나 Salje 의 연구에 기반을 둔 것이나, 그림 2에서 보는 바와 같이 「힘의 흐름」의 개념을 운동기술에 도입하는 등 몇가지의 개선을 이룩하였다. 또한 운동기술 중의 / (사선) 표시는 공작물과 공구축의 기능을 분할, 구조의 특성을 명확히 하였으

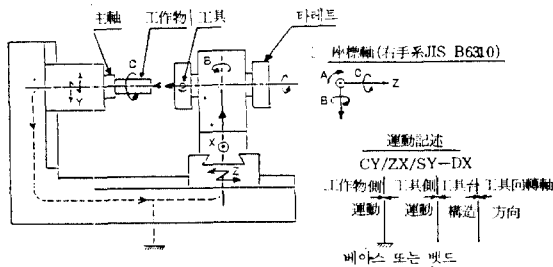


그림 2 선반형 머시닝 센터의 운동기술 예<sup>(4)</sup>

며 그의 터닝 센터나 머시닝 센터에서의 중요한 기능의 하나인 공구대의 구조특성등 부가적인 정보를 나타내도록 하였다.

또한 神戸대학의 岩田교수와 杉村에 의하여 공구의 움직임과 공작물의 움직임을 보다 더 분리하여 기술하는 운동기술법이 제안되었다. 이는 공구의 형상과 관련시켜 공구의 움직임에 따른 「형상창성」 기능을 명확히 하고자 함에 그의 도가 있으며 이는 자동공정설계를 위하여 보다 유효하게 활용될 수 있게 하기 위함이다.<sup>(5)</sup>

2.2. 構造記述

공작기계의 구조기술은 東京工業大學의 伊東교수와 新野에 의하여 제안된 것 뿐이다. 그 기

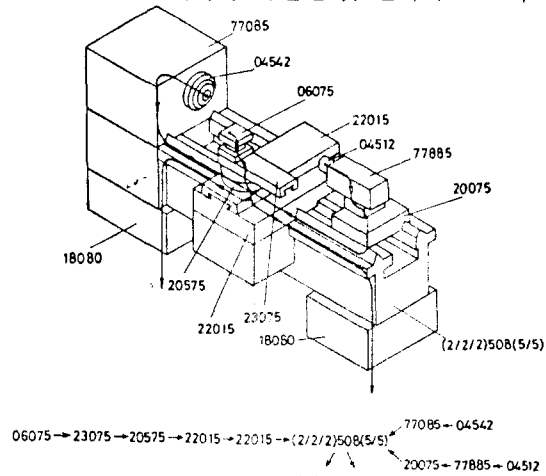


그림 3 선반의 구조기술 예

# 展 望

본적 발상은 「구조내의 힘의 흐름」과 「GT 코오드」를 이용하는 것이다<sup>(6)</sup>. 즉 한대의 공작기계를 구성하는 구조모듈을 10進 5桁의 GT 코오드로 표현하여 이것을 공작기계 구조내에서의 힘의 흐름에 따라 배열하는 구조패턴으로 공작기계를 기술하는 것이다.

그림 3은 선반의 구조기술의 예를 보인 것이다.

이러한 구조기술이 내포하는 정보로는

- 구조모듈의 기본적 형상과 기능
- 구조모듈 사이의 힘의 전달면과 같은 인접

관계

○ 구조전체 구성의 3차원적인 위치와 구조모듈의 수

○ 힘의 전달경로의 시점과 종점

을 들 수 있으며, 이와같은 정보는 공작기계 상호간의 유사성의 판정과 공작기계 개념도의 설계과정 특히 모듈라 방식에 의한 구조설계에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

상기와 같은 공작기계의 기술법은 현재 실용적인 면에까지 응용되고 있지는 않으나, 그 기초적인 연구는 공작기계의 분류와<sup>(7)</sup> FMS에서

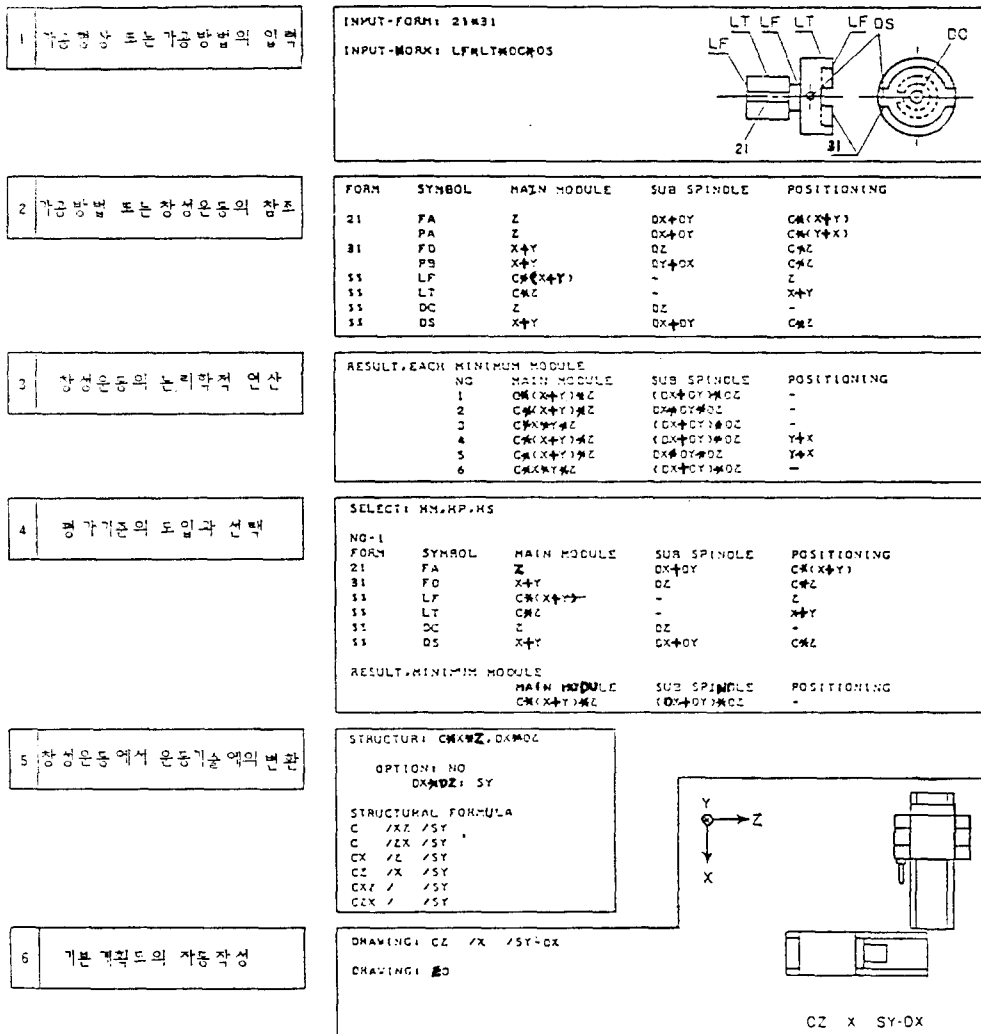


그림 4 ALODS의 개요

의 가공기능분석등 여러가지 부문에서 이루어지고 있다.

### 3. 工作機械 構造形態의 設計方法論

공작기계의 구조형태설계란 「어떠한 형태의 공작기계를 구성할 것인가」라는 것이다. 즉 고객이 필요로 하는 가공요구조건에 가장 적합한 공작기계의 구조형태가 어떤 것이 되어야 할 것인가를 결정하는 것이다.

이러한 方法論에 대한 기초연구로서는 齊藤<sup>(4)</sup>, Saljé<sup>(8),(9)</sup>, Vragov 등의 운동기술을 이용한 기본계획도의 작성방법의 제안과 부품의 형상창성 과정을 모델화하여 해석적 방법에 의해 공작기계의 구조를 창성하고자 한 岩田등의 연구가 있다. 또한 FMS에서 중요시되고 있는 융통성, 다양성을 실현하는 하나의 수단으로서 모듈라(Modular) 구성 공작기계의 설계방법론의 확립을 지향코자한 伊東등의 연구를 들 수 있다.

이하 이와같은 설계방법론에 대한 연구를 몇 가지 살펴보고자 한다.

#### 3.1. 운동기술을 이용한 구조형태설계

앞서 지적한 바와 같이 운동기술에 대한 연구를 수행한 Vragov, Saljé, 齊藤 등은 모두 이들 공작기계의 기본계획도를 설계하기 위한 방법에 응용하였다.

그림 4는 齊藤 등에 의하여 개발된 자동설계 시스템 ALODS(Automatic Lay-Out Drawing System)의 개요를 보인 것이다.

加工形狀과 공작기계에서의 創成運動을 情報化하여, 加工形狀의 입력에서 이를 가공하기에 필요한 운동기능을 논리적으로 연산, 최종적으로 필요한 공작기계의 구조형태를 자동적으로 출력하고자 하는 것이다.

제 1 단계 : 사용자가 가공하고자 하는 공작물의 가공형상 또는 가공방법을 각각 번호 또는 기호로 입력한다.

제 2 단계 : 입력된 정보에 따라, 데이터 베이스에 기억되어 있는 가공형상 화일이나 가공방

법 화일을 참조 각각의 논리학적 기술을 유도해낸다.

제 3 단계 : 각각의 창성운동을 조합하여, 기능이 중복되지 않는 창성운동을 논리연산으로 구한다.

제 4 단계 : 평가기준을 도입, 위의 단계에서 얻어진 다수의 결과에서 하나를 선택한다.

제 5 단계 : 이상의 과정에서 평가결정된 창성운동을 공작기계의 운동기술로 변환한다.

제 6 단계 : 운동기술에 대응한 기본계획도를 자동적으로 출력한다.

#### 3.2. 형상 창성 과정의 분석에 의한 解析的 方法<sup>(5),(10)</sup>

이 방법은 神戶대학의 岩田교수를 중심으로 연구되고 있는 것으로 공작기계의 形狀創成過程을 모델화, 이 모델을 기본으로 평면이나 원통면, 원추면과 같은 형상을 창성할 수 있는 공작기계의 운동기능과 공구절삭날 형상의 조합을 분석함으로써, 필요한 공작기계의 운동기능을 구성하는 수법으로 공작기계의 구조형태를 설계하려는 것이다.

그림 5는 이러한 수법의 전체적 흐름을 나타낸 것이다.

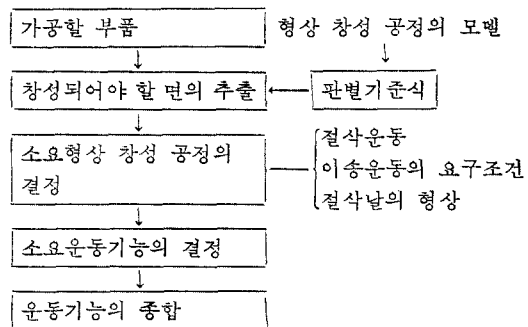


그림 5 공작기계의 운동기능의 결정수준

제 1 단계에서 대상제품의 정보를 토대로 가공에 의해 창성되어야 할 면(창성면)을 추출한다. 제 2 단계에서 각 창성면을 생성하는데 필요한 절삭운동, 이송운동 및 공구절삭날의 형상을 구한다. 제 3 단계에서는 얻어진 절삭운동과 이송운

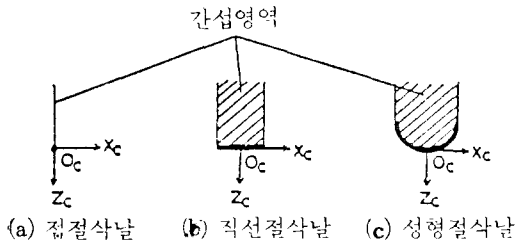


그림 6 공구절삭날 형상의 기술모델

동을 실현하는데 필요한 기본운동 기능과 그 중첩관계를 구한다. 최후로 각 창성면마다 얻어진 운동기능을 통합 전체의 대상제품을 생성할 수 있는 공작기계의 운동기능을 구하여 이러한 운동기능을 갖춘 공작기계의 구조형태를 설계하게 되는 것이다.

위와 같은 분석과 공정처리를 위하여 우선 공구 절삭날 형상을 그림 6과 같이 모델화 하였으며, 이러한 공구절삭날형상을 갖는 공구가 직선 또는 회전 이송과 절삭 운동축의 이동패턴에 따라 창성되는 갖가지 창성면을 데이터화 하여, 대상제품의 창성면으로 부터 필요한 공작기계의 운동기능을 추출토록 하는 것이다.

그림 7은 직선절삭날의 회전절삭 운동에 의하여 얻어지는 단위 창성면의 예를 보인 것이다.

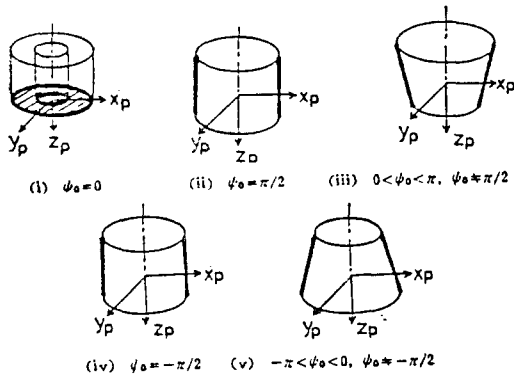


그림 7 회전절삭 운동에 의한 단위 創成面

### 3.3. 모듈라 설계방식에 의한 공작기계의 구조 창성<sup>(11)</sup>

모듈라(Modular) 구성 방식에 의한 공작기계

구조모듈	1	2'	3'	4'
	5'	6'		
ATC모듈	7	8	9	10
	11	12	13	
공구	14			
	15	16		
	17			

그림 8 머시닝 센터의 구조 모듈 예

의 구성이란 표준화된 유닛트, 즉 구조 모듈을 선택적으로 조합함에 따라 다종 다양한 고객의 요구에 적합한 공작기계의 구조형태를 구성하고자 하는 것이다.

실제에 있어서는 한대의 공작기계가 여러가지 레벨의 구성요소로 계층적으로 구성된 것으로 보아, 단계적으로 상위의 레벨을 하위 레벨의 모듈의 결합으로 창성해 나가게 된다.

그림 8은 머시닝 센터를 대상으로 한 최하위

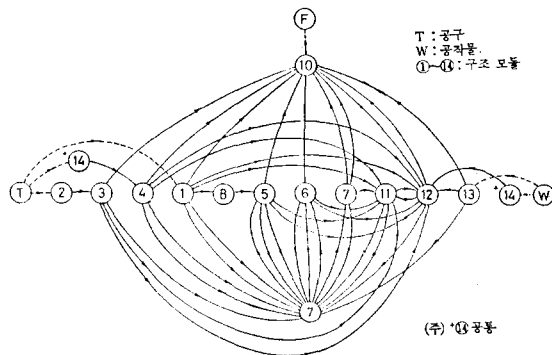


그림 9 구조 모듈의 결합패턴 예

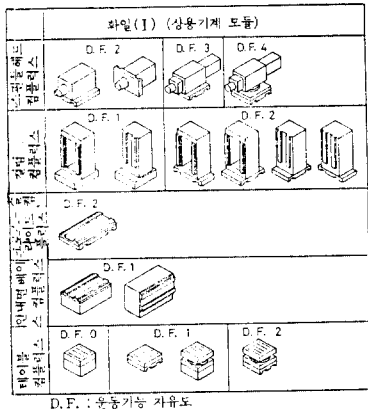


그림 10 모듈 복합체의 구성 예

레벨의 구조 모듈의 예를 보인 것이다. 최종적으로 창성될 구조형태는 이러한 모듈群的 설정에 크게 의존되므로 이의 설정은 매우 중요하다.

이러한 구조 모듈군 상호간에는 그 구조적 특징 및 동작기계 구조상의 특징에 따른 결합의 적부 또는 가능성이 존재하게 된다. 이러한 결합의 가능성 이른바 결합패턴을 작성해 두면 그 중 설계 목적에 적합한 패스의 부분을 추출, 보다 상위레벨의 구조모듈을 구성함이 가능하다. 그림 9는 이러한 결합패턴의 예를 유향그래프의 방법으로 표시한 것이며, 이를 그래프이론의 인접행렬식으로 데이터화 이로부터 결합 가능한 모듈을 찾아 나감으로써 구성 가능한 상위레벨의 구조모듈을 창성한다. 그림 10은 이러한 상위 모듈(여기서는 모듈복합체라 칭함)의 구성 예이며 이러한 모듈복합체의 결합패턴을 작성

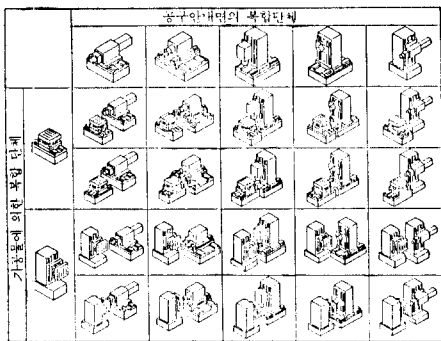


그림 11 머시닝 센터의 구조 창성 예

이에 따라 보다 상위 레벨인 유닛트 콤플렉스를 구성하며, 이러한 유닛트 콤플렉스의 결합으로 머시닝 센터의 구조형태가 얻어지게 된다.

그림 11은 범용 머시닝 센터를 중심으로 본 시스템을 구성하였을 경우 최종적으로 얻어진 구조형태의 일부를 보인 것이다.

이상에서는 주로 모듈라 구성방식에 의한 구조형태의 창성과정을 중심으로 논하였으며 기본계획도를 얻기 위하여는 여기에 가공해야 할 부품의 형상, 치수등의 입력정보에서 필요한 설계정보를 추출하는 공정과, 창성된 구조형태의 가운데에서 적절한 구조를 선택, 평가하는 공정등이 추가되어야 할 것이다.

#### 4. 맺음 말

지금까지 공작기계의 설계기술의 현상으로써, 공작기계의 기술법과 이를 이용한 공작기계 구조형태의 CAD시스템의 몇가지 연구상황에 대하여 소개하였다.

공작기계 설계의 CAD화는 아직 효과적인 실용화가 이루어지지 않는 분야의 하나라 하겠으나, FMS의 진전에 따른 형태의 다양화와 사용자 중심의 설계사상의 증대에 따라 필요성이 높아질 것으로 예측된다. 현재까지 이러한 분야의 연구는 그 예도 적으며, 해결해야 될 문제도 많이 남아 있으며, 장래에 있어서 공작기계의 설계 기술의 변천과 더불어 가능성이 많이 내포된 분야라 생각된다. 이 글이 금후 이 분야의 연구가 이루어지기에 적은 도움이 되기를 희망하는 바이다.

#### 참 고 문 헌

- (1) 伊東 諠編; 最近の工作機械技術(1980) 5, マシニスト出版
- (2) Y. Ito; Description of Machine Tool and its Applications. Bull. JSPE, Vol. 18, No. 2 p.178, 1984

(203페이지에 계속)