

FMS에서 공구배분법을 고려한 생산계획에 관한 연구

-A Study on the Production Planning by Tool Allocation Methods on FMS-

우병훈*, 하정진**

ABSTRACT

In this research, tool allocation methods are studied in conjunction with loading and routing in FMSs. The objective function is to minimize production time while maximizing machine utilization of the FMS with several constraints.

The proposed method has 2 steps.

The first step is to determine tool allocation type with the proposed tool allocation method.

The second step is to design loading models with routing.

The effectiveness of the proposed FMS operation procedure is shown through numerical examples.

1. 서론

FMS는 생산환경변화에 최대한의 유연성을 부여하는 시스템으로 크게 Design측면과 Operation측면으로 분류하고 있다.

Design측면은 FMS의 최적 설계 및 선택과 경제적 타당성에 중점을 두고 있으며, Operation측면은 Design측면에서 선택된 설비를 최적으로 운영하기 위한 방법을 제시하고 있다. 이 측면에서 FMS의 수행방법을 보면 계층적(Hierarchical)구조하에서 주로 고려하고 있는데 이러한 계층적 구조는 크게 총괄계획(Aggregate Planning), 자원그룹화(Resource Grouping), Loading, Routing, Scheduling의 단계로 나눌 수 있다. 이러한 계층적 구조는 그 각각의 단계에서 최적의 결과가 도출되었다고 할지라도 그 상하위 단계와의 연계성이 부족하면 전체적인 측면에서는 좋은 결과라고 할 수 없다. 따라서 최근에는 이러한 상호간의 연계성에 중점을 두고 해결하려는 연구가 대두되고 있다.

Shanker와 Tzen(1985)은 작업부하 균형화와 지체작업수의 최소화를 목표로 0-1 MIP(Mixed Integer Programming)과 Heuristic Method를 이용하여 Loading과 Dispatching을 연계하였으며, Stecke(1981)는 기계작업부하 균형을 목표로 0-1 Nonlinear MIP알고리즘으로 Loading과 Grouping을 연계시켰다. 또한 Chen과 Chung(1991)은 총 공정할당수의 최대화를 목표로 LP를 이용하여 Loading과 Routing을 연계시켜 고려해 주고 있다.

본 연구에서도 이러한 연계성 측면을 고려하여 Loading, Routing을 Tool allocation methods에 따라 각 단계별로 연결하여 통합적인 생산계획을 제시하고자 한다. 여기에서 Tool allocation methods에 대해 살펴보면, FMS는 MC(Machine Center)를 이용하는 경우가 많은데 MC는 자동공구교환장치(Automatic Tool Changer : ATC)를 갖춘 복합 가공용 수치제어(Numerical Control : NC) 공작기계군으로 되어 있기 때문에 단 한번의 준비(Setup)로 여러 종류의 가공을 행할 수 있다. 이 경우 FMS를 효율적으로 가동시키기 위해서는 MC에서의 가공에 필요한 여러가지 공구를 어떻게 배분할 것인가가 중요한 문제로 대두된다.

* 대구공업전문대학 산업공학과

** 동아대학교 산업공학과

2. FMS 운용 모델의 설계

2.1. 모델의 가정 :

- ① 가공될 부품의 종류와 수량, 기계갯수, 부품의 특징, 공구 가공시간, 공구보유수, 공구들이 공구저장소에 차지하는 Slot수 등이 비교적 상위단계에서 모두 결정되어진다.
- ② 가공할 부품이 할당된 공구는 그 가공작업을 완전하게 끝마치며, 같은 공구가 서로 다른 부품의 가공에 사용 될 수 있다.
- ③ 여기에서 사용된 기계(Machine Center)는 AGV(Automatic Guided Vehicle), 팔레트(Pallet), 저장공간 등에 제약을 받지 않는다.
- ④ 부품이 가공되는 과정은 2단계를 거치는 가공경로(Routing)을 가진다.
- ⑤ 공구가 장착되는 공구 저장소(Tool Magazine)의 능력(Capacity)에는 제약이 있다.
- ⑥ 공정의 가공시간은 가공이 가능한 기계에 종속적이다. 즉 한 공정의 가공시간이 기계에 따라서 다를 수가 있다.

2.2. 기호정의

i : 부품을 나타내는 기호 ($i=1,2,\dots,I$)

j : 경로를 " ($j=1,2,\dots,J$)

m : 기계를 " ($m=1,2,\dots,M$)

t : 공구를 " ($t=1,2,\dots,T$)

X_{ijmt} : i 부품이 j 경로를 거쳐 m 기계의 t 공구에 할당되는 작업량

Y_{ijmt} : i 부품이 j 경로를 거쳐 m 기계의 t 공구에서 가공되는 시간

YT_m : m 기계의 총사용가능시간

YTL_m : m 기계에 할당되는 총 작업부하량

Z_{mt} : m 기계에 속한 t 공구의 사용가능시간

B_j : j 부품의 생산량

WYT_m : m 기계의 작업 할당 부하율

S_t : t 공구의 가용 Slot 수

H_t : t 공구의 보유수

TS_m : m 기계의 공구 저장소 능력

T_{mt} : 1. M 기계에 t 공구가 할당되면

: 0, 그렇지 않으면

2.3. 모델설계

2.3.1. 공구배분모델설계

일반적으로 여러대의 기계를 대상으로 공구배분을 하는 경우에 각 기계마다 장착된 공구 저장소에 가공에 필요한 공구의 전 종류를 중복 할당하는 전 기능형(Full function)만을 사용하고 있었다. 그러나 이 경우는 공구저장소의 능력이 불필요하게 확대되며, 비용적 손실과, 공구 저장소의 능력상의 제약 때문에 이를 현실적으로 적용하기에는 어려움이 많다.

따라서 본 연구에서는 이러한 점을 고려하여 두가지의 다른 형태의 공구배분법을 추가 제시하고자 한다. 먼저 각 기계별로 가공에 필요한 공구를 완전 분할해서 할당시키는 완전기능분산형(Completely separated function)과 기계별로 가공에 많이 사용되는 공구중 일부를 중복시켜 할당하는 부분기능분산형(Partially separated function)으로 공구 배분법을 분리하였다. 각각의 공구배분법의 자세한 내용을 살펴보면 다음과 같다.

(1) 전기능형

가공에 필요한 모든 공구를 각 기계별로 전 종류 중복할당한다. 따라서 공구의 할당은 어느 기계에

서 가공부품을 가공하는가를 결정하는 작업할당에 따라 결정되기 때문에 공구 그 자체의 할당은 고려할 필요가 없다.

(2) 완전기능분산형

가공에 필요한 공구를 완전 분산해서 각 기계에 할당하는 방법으로 이 경우는 각 공구를 어느 기계에 할당하는가에 따라서 자동적으로 각 기계에 가공되는 작업의 가공요소가 결정된다. 따라서 시스템 효율을 최대로 하기 위한 기본방침은 각 기계별 총공구이용시간이 균등화될 수 있도록 작업을 할당하는 것이다.

이 완전기능분산형 공구배분법의 해법을 단계별로 나타내면 다음과 같다.

단계 1> n종류의 공구중에서 공구이용시간이 가장 큰 공구를 첫번째 기계에 할당하고, 그 다음 공구이용시간이 큰 공구를 두번째 기계, 세번째 기계로 순차적으로 할당한다.

단계 2> 각 기계에 할당된 공구 이용시간의 기계별 누계값을 계산하여 작은 쪽의 기계(누계값이 동일한 경우 편의상 기계번호가 빠른 쪽에 먼저 할당)에 아직 미 할당된 공구중에서 공구이용시간이 가장 큰 공구(공구이용시간이 동일한 복수의 공구가 존재하는 경우에는 편의상 공구번호가 작은 공구에 먼저 할당)를 할당한다.

단계 3> 단계 2>의 절차를 전 종류의 공구가 전부 할당될때까지 반복하여 기계간 작업부하 균형을 실시한다.

(3) 부분기능분산형

이 경우는 우선 어느 공구를 중복배정할 것인가를 결정해야 한다.

본 연구에서는 중복공구를 선정하는 기준으로 각 공구의 이용시간을 구한후 이를 그 공구가 사용가능한 시간으로 나눈 공구이용시간비율이 많은 공구를 우선으로 한다. 이렇게 중복공구가 정해지고 난 후 나머지 공구는 완전기능분산형의 3단계를 거쳐 각 기계에 배정한다.

2.3.2. Loading 모델의 설계

본 연구에서는 기존의 Loading 모델연구에서 고려해준 제약식과 Routing을 포함한 모델 LM1>Loading Model 1)과 이 모델에 작업부하균형을 고려한 식을 첨가한 LM2>Loading Model 2)를 제시한다.

LM1>Loading Model 1)

$$\text{Minimize } Z = \sum_{m=1} \sum_{t=1} \sum_{i=1} \sum_{j=1} Y_{ijmt} X_{ijmt} \tag{1}$$

$$\text{S.T } \sum_{m=1} \sum_{i=1} \sum_{j=1} Y_{ijmt} X_{ijmt} \leq YT_m \quad \text{for all } m \tag{2}$$

$$\sum_{m=1} \sum_{t=1} \sum_{i=1} \sum_{j=1} Y_{ijmt} X_{ijmt} \leq \sum_{m=1} YT_m \tag{3}$$

$$\sum_{j=1} \sum_{i=1} Y_{ijmt} X_{ijmt} \leq Z_{mt} \quad \text{for all } t \text{ and } m \tag{4}$$

$$\sum_{m=1} \sum_{t=1} X_{ijmt} = B_{ij} \quad \text{for all } j \text{ and } i \tag{5}$$

$$\sum_{t=1} S_t T_{mt} \leq TS_m \quad \text{for all } m \tag{6}$$

$$\sum_{m=1} T_m \leq H_t \quad \text{for all } t \tag{7}$$

$$X_{ijmt} \geq 0 \tag{8}$$

$$T_{mt} = 1, 0 \tag{9}$$

목적함수 (1)은 최적 가공부품 할당과 Routing을 고려한 총가공시간의 합을 최소화하는 것이고, 제약식 (2)는 각 기계의 사용가능시간을 제약하며, 제약식 (3)은 기계별 사용가능시간의 합인 총사용가능시간의 제약조건이며, 제약식 (4)는 각 기계에 포함된 공구의 사용가능 시간 제약조건이다. 제약조건 (5)는

각 가공부품의 생산량을 나타내며, 제약조건 (6)은 기계별 공구 저장소의 능력 제약으로 각 기계에 저장될 수 있는 공구 수는 공구 저장소의 제한된 용량을 초과 할 수 없다. 제약조건 (7)은 보유하고 있는 공구수의 제약이며, 제약조건(8)은 비음(non-zero)조건이고, 제약조건 (9)는 정수 조건이다.

LM2(Loading Model 2)

$$\text{Minimize } Z = \sum_{m=1} \sum_{t=1} \sum_{i=1} \sum_{j=1} Y_{ijmt} X_{ijmt} \tag{1}$$

$$\text{S.T } \sum_{m=1} \sum_{i=1} \sum_{j=1} Y_{ijmt} X_{ijmt} \leq YT_m \quad \text{for all } m \tag{2}$$

$$\sum_{m=1} \sum_{t=1} \sum_{i=1} \sum_{j=1} Y_{ijmt} X_{ijmt} \leq \sum_{m=1} YT_m \tag{3}$$

$$\sum_{i=1} \sum_{j=1} Y_{ijmt} X_{ijmt} \leq Z_{mt} \quad \text{for all } t \text{ and } m \tag{4}$$

$$\sum_{m=1} \sum_{t=1} X_{ijmt} = B_{ij} \quad \text{for all } j \text{ and } i \tag{5}$$

$$\sum_{t=1} S_t T_{mt} \leq TS_m \quad \text{for all } m \tag{6}$$

$$\sum_{m=1} T_m \leq H_t \quad \text{for all } t \tag{7}$$

$$\frac{YTL_m}{YT_m} - \frac{YTL_n}{YT_m} \leq 10\% \tag{8}$$

$$(\forall, m, n=1,2,\dots,M, m \neq n) \tag{8}$$

$$X_{ijmt} \geq 0 \tag{9}$$

$$T_{mt} = 1, 0 \tag{10}$$

여기에서 목적함수 (1)과 제약조건 (2),(3),(4),(5),(7),(9),(10)은 LM1과 동일하며, 제약조건 (8)에서는 각 기계에 할당된 총 작업부하량 (YTL_m)을

$$YTL_m = \sum_{i=1} \sum_{j=1} Y_{ijmt} X_{ijmt}$$

으로 구하고, 작업할당 부하율(WYT_m)은

$$WYT_m = \frac{YTL_m}{YT_m}$$

으로 나타내며, 이를 각 기계별로 계산한 후 작업할당 부하율이 가장 큰 기계 m에서 그 다음 부하율이 큰 기계 n의 순서로 감한 후 그 차이가 10% 이내가 되도록 한다. 여기에서 10%는 기계간 작업 부하 불균등율을 의미하며, 기계간 작업부하 불균등율 문제는 각 가공작업을 기계공구에 할당할 경우에 발생한다. 이 경우 기계간 작업효율이 현저하게 차이가 나며 계속되는 작업으로 부하가 큰 기계는 부하가 적은 기계에 비해 기계공구의 마모가 심하고 고장율 유발하기 쉽다. 따라서 이 문제는 FMS 운영에 중요한 요인이 되며 본 연구에서도 이를 중요하게 여기고 있다. 하지만 현실적으로 100% 완전하게 작업 부하를 균등화시키지는 못하며 어느정도 불균등율을 허용하고 있다. 따라서 본 연구에서도 작업부하 불균등율을 생산가능시간내에서 10%이내로 고려하고 있다.

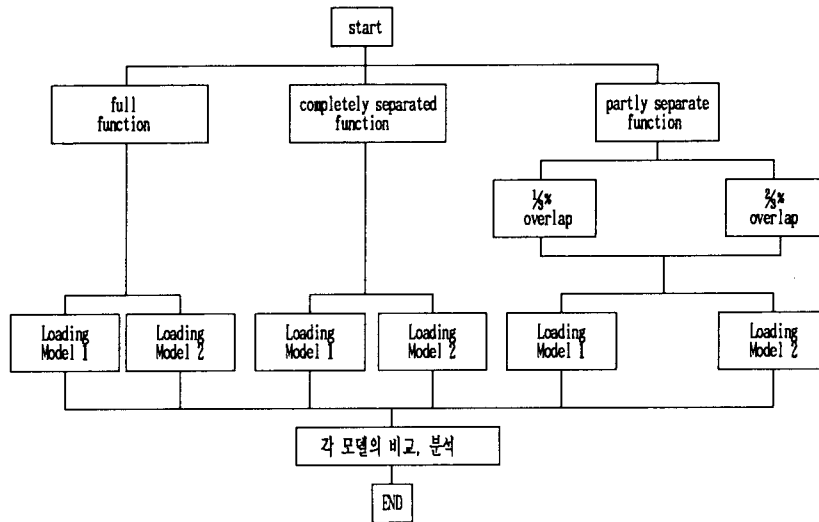
2.4. 제안된 모델의 평가방법 및 순서

제안된 새로운 모델의 평가를 위해 우선 전기능형, 완전기능분산형, 부분기능분산형으로 공구배분을 한 후, 각 형태별로 Routing을 고려한 Loading 해법에 적용하여 Tool allocation methods, Loading,

Routing을 서로 연계시켜 전체 시스템의 효율을 평가분석한 후 각 모형별 결과를 분석하였다.

2.5. 수치예제

각 부품은 공구 저장소(Tool Magazine)의 용량이 10 Slot인 2대의 기계(M1,M2)에서 가공경로(Route) R1과 R2를 거쳐야 하며 3개의 부품을 계획된 기간내에 주문된 생산량을 생산하여야 한다. 여기에서 부품의 번호 1의 경우는 가공경로 R1에서 가공 가능한 공구 어느곳에서든 생산량 25개를 만들 수 있다. 예를들면 <표 1>에서 생산량이 25개인 부품번호 1의 R1에서는 해당 가공시간이 20분인 1번 공구에서 10개를, 해당 가공시간이 15분인 3번 공구에서 10개를, 해당 가공시간이 17분인 5번 공구에서 5개를 분산해서 만들 수 있다. R2의 경우도 마찬가지다. 이에 필요한 기계(M), 공구(T), 부품(P), 생산량, 부품가공시간, 공구사용가능시간,기계이용가능시간은 <표 1>에 나타나 있으며, 공구의 소요 Slot 수와 보유수는 <표 2>에 나타나 있다.



<그림 1> 모형의 해법 순서

2.5.1. 공구배분법의 적용

(1) 전기능형

2.3.1 모델설계에서 제시된 공구배분법으로 전공구를 각 기계(M1, M2)에 중복배정한다. 배정한 결과는 <표 3>과 같다.

<표 1> 부품-기계(공구) 가공시간

P \ T	1	2	3	4	5	6	생산량
1	R1	20	15	17			25
	R2		18	20			
2	R1	22	18		25		40
	R2		20	18			
3	R1	20	18				40
	R2			20	22		
공구이용가능시간	850	1200	600	1000	500	800	
기계이용가능시간	4950						

< 표 2 > 공구의 소요 Slot 수와 보유수

공구 번호	1	2	3	4	5	6
소요 Slot 수	2	1	2	2	1	1
공구 보유수	2	1	2	2	2	2

< 표 3 > 전기능형의 기계(공구)-부품 입력행렬

M		1						2						생산량
P \ T		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
1	R1	20		15		17		20		15		17	25	
	R2		18		20			18		20				
2	R1	22		18		25		22		18		25	40	
	R2		20		18			20		18				
3	R1	20	18					20	18				40	
	R2			20		22				20		22		
공구이용 가능시간		850	1200	600	1000	500	800	850	1200	600	1000	500	800	
기계이용 가능시간		4950						4950						
총 기계 이용가능시간		9900												

(2) 완전기능분산형

먼저 각 공구의 이용시간을 구하기 위하여 <표 1>의 행렬을 2.3.2 Loading 모델의 설계에서 제시된 LM1에 대입하여 LINDO로 실행한 결과표 <표 4>을 이용하여 2.3.1. 모델설계에서 제시된 공구배분법으로 공구를 배분한다. 배정한 결과는 <표 5>와 같다.

< 표 4 > 공구별 이용시간할당표

공구번호	4	3	2	5	6	1
공구이용 가능시간	1000分	600分	1200分	500分	800分	850分
공구이용 시간	1000分	594分	1170分	425分	572分	154分
이용율	100%	99.00%	97.5%	85.00%	71.50%	18.12%

<표 5> 완전기능분산형의 기계(공구)-부품 입력행렬

M		1				2			생산량
P \ T		4	2	6	3	5	1		
1	R1					15	17	20	25
	R2	20	18						
2	R1	25				18	22		40
	R2	18	20						
3	R1	18				20			40
	R2	20	22						
공구이용 가능시간		1000	1200	800	600	500	850		
기계이용 가능시간		3000				1950			
총 기계 이용가능시간		4950							

(3) 부분기능분산형

2.3.1.절의 모델설계에서 제시된 공구배분법으로 공구를 배분한다. 먼저 중복공구의 비율을 1/3%, 2/3%로 증가시켜 그 각각에 대한 공구배분형을 제시하여 시스템의 유연성 측면을 고려하고자 한다. 배정된 결과는 <표 6,7>과 같다.

<표 6> 부분기능분산형의 중복비율 1/3%일때의 입력행렬

M		1				2				생산량
P \ T		4	3	2	6	4	3	5	1	
1	R1	15				15 17 20				25
	R2	20	18			20				
2	R1	18 25				18 22				40
	R2	18	20			18				
3	R1	18				20				40
	R2	20	22			20				
공구이용 가능시간		1000	600	1200	800	1000	600	500	850	
기계이용 가능시간		3600				2950				
총 기계 이용가능시간		6550								

<표 7> 부분기능분산형의 중복비율 50%일때의 입력행렬

M		1					2					생산량
P \ T		4	3	2	5	6	4	3	2	5	1	
1	R1	15 17					15 17 20					25
	R2	20 18					20 18					
2	R1	18 25					18 22					40
	R2	18 20					18 20					
3	R1	18					18 20					40
	R2	20 22					20					
공구이용가능시간		1000	600	1200	500	800	1000	600	1200	500	850	
기계이용가능시간		4100					4150					
총 기계이용가능시간		8250										

2.5.2. 부하모델의 적용

2.3.1.절의 모델설계에서 제시된 공구배분법에 따른 최종 가공부품-기계(공구)행렬표를 이용하여 2.3.2 절의 모델설계에서 제시한 LM1과 LM2에 대입하여 LINDO로 자료를 입력하여 해를 구하면 <표 8>과 같으며, 특히 중복비율 50% 일때 기계(공구)-부품별 할당 결과표는 <표 9>과 같다. 여기에서 부품번호 2는 R1에서 총 40개의 부품을 생산하는데 1번 기계의 3번 공구에서 33개를, 2번 기계 3번 공구에서 7개를 가공한다.

<표 8> 공구배분형별, 모델별 할당표

모 델	전기능형				완전기능분산형			
	LM1		LM2		LM1		LM2	
기 계	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
기계이용가능시간	4950	4950	4950	4950	3000	1950	3000	1950
기계사용시간	2484	1301	2131	1654	2742	1173	2589	1528
부하율(%)	50.18	26.28	43.00	33.41	91.40	60.15	86.60	78.36

부분기능분산형								
모 델	중복비율 1/3%				중복비율 50%			
	LM1		LM2		LM1		LM2	
기 계	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
기계이용가능시간	3600	2950	3600	3950	4100	4150	4100	4150
기계사용시간	2284	1501	2236	1549	2484	1301	2070	1715
부하율(%)	63.44	50.88	62.10	53.00	60.59	31.35	50.49	41.23

<표 9> 중복비율 % 일때 기계(공구)-부품별 할당결과표

M		1					2					생산량
P \ T		4	3	2	5	6	4	3	2	5	1	
1	R1						25					25
	R2	25										
2	R1	33					7					40
	R2	40										
3	R1	17					23					40
	R2						40					
공구이용 가능시간		1000	600	1200	500	800	1000	600	1200	500	850	
기계이용 가능시간		4100					4150					
총 기계 이용가능시간		8250										

이상의 2가지 모델에 대해서 FMS의 특징인 유연성을 비교하기 위해 각 모델에 생산량을 변화시켜 보았을 때의 실행결과표는 <표 10>과 같다.

<표 10> 생산량 변화에 따른 할당표

생 산 량			0	+5	+10	+15	+20	+30
전기능형	LM 1		38.23	43.73	49.34	55.06	60.88	72.57
	LM 2		38.23	43.73	49.34	55.06	60.88	72.57
완전기능분산형	LM 1		79.10	92.21	×	×	×	×
	LM 2		79.10	92.21	×	×	×	×
부분 기능 분산 형	중복비율 1/3%	LM 1	57.79	66.32	75.15	84.09	93.44	×
		LM 2	57.79	66.32	75.15	84.09	93.44	×
	중복비율 2/3%	LM 1	45.88	52.46	59.21	66.07	73.05	87.08
		LM 2	45.88	52.46	59.21	66.07	73.05	87.08

2.6. 각 모델의 결과 분석

공구배분법에 따른 각 모델의 실행결과표를 이용하여 비교, 분석을 해보면 다음과 같다.

첫째, 기계간 작업부하 균형을 고려해 주지 않은 모델(LM1)과 이를 고려해 준 모델(LM2)을 <표 8>에서 살펴보면, LM1의 경우 각 기계마다 사용시간이 현저하게 차이가 난다. 반면 LM2는 기계간 작업부하 불균형을 10%이내로 고려해 주었기 때문에 전체적으로 기계간 작업부하를 평균화시켜 주어 더 안정된 상태의 시스템을 구성할 수 있다.

둘째, 유연성(생산환경변화)이 각 모델이 미치는 영향을 살펴보면, 생산량이 증가할때 완전기능분산형의 모델은 최적해를 도출하지 못하고 있다. 이것은 생산환경변화에 대해 이러한 공구배분형태를

갖춘 FMS의 설비는 상황대처능력이 부족하여 FMS의 가장 큰 특징인 유연성을 상실하고 있다고 볼 수 있다. 반면 전기능형이나 부분기능분산형의 경우는 생산량이 증가하여도 유연성을 발휘하고 있다. 이들 두가지 배분형태를 비교해 보면 특히 생산량이 최대로 증가한 경우(+30)에 전기능형의 배분형태는 LM1, LM2가 모두 72.57%로 비교적 효율이 낮다는 단점이 있고, 부분기능분산형의 중복비율이 1/3%인 경우는 과부하상태로 생산능력을 초과했지만, 중복비율이 1/3%인 경우는 87.08%로 전기능형보다 오히려 효율이 높게 나타났다. 즉 전기능형보다 더 우수한 배치형태이며 생산환경변화에 대처능력이 좋은 것으로 나타났다.

세째, 공구배분형에 따른 비교를 살펴보면, 모든 공구를 중복배정한 전기능형의 경우보다 사용빈도가 높은 공구만을 부분적으로 중복배정한 부분기능분산형의 경우가 더 높은 시스템 효율(제시된 모델에서는 생산량이 30개 증가했을 때 중복비율이 1/3%인 경우는 전기능형보다 14.51% 증가함)을 나타내는 것을 볼 수 있다.

이상의 비교를 살펴보면 모든 기계에 꼭 같은 공구가 배치된 전기능형의 경우와 일정한 비율의 중복공구를 배치한 부분기능분산형이 모든 공구를 완전할당한 완전기능분산형의 경우보다 생산환경 변동에 더 잘 적응하고 있다는 것을 알 수 있었으며, 비록 전기능형이 부분기능분산형보다 공구 운용면에서 용이하다고 하지만, 이로 인한 공구저장소의 용량이 불필요하게 확대되어야 하기 때문에 현실적으로 제한된 공구저장소의 능력을 감안할 때 다소 무리가 따른다. 따라서 공구저장소의 제한된 능력을 고려한 부분기능분산형이 유리하다고 볼 수 있다.

3. 결론

본 연구에서는 공구배분법에 따라서 가공경로(Routing)가 2개인 부하결정모델을 제시했으며, 공구배분법에는 공구의 이용빈도에 따라 부분기능분산형, 가공에 필요한 모든 공구를 완전 분산해서 각 기계에 할당하는 완전 기능 분산형 그리고 가공에 필요한 모든 공구를 각 기계별로 전 종류 중복할당시키는 전기능형으로 공구를 배분하였으며, 부하모델은 Routing을 고려하여 기계간 작업부하 균형을 고려한 모델과 그렇지 않은 모델을 제시하여, 비교, 분석하였다. 본 연구의 특징은 FMS의 계층적 구조하에서의 연계성을 중시하여 Tool Allocation Method과 Loading, Routing을 함께 고려한 모델을 제시했다. 또한 가공부품의 중복할당이 가능하고 부하균형을 고려했다. 그러나 가공경로가 Fixed Route인 경우만을 고려했기 때문에 임의의 기계가 고장이 났을 때 부품의 가공을 못할 수도 있다. 따라서 제한된 공구 저장소의 용량을 초과하지 않은 범위내에서 대체경로(Alternative Route)가 가능한 모델을 개발하는 것이 추후의 과제이다.

參 考 文 獻

1. BHAT, M. V. & HAUPT, A., " An Efficient Clustering Algorithm, " IEEE Trans. Syst., Man and Cyber., 1976, VOL. SMC-6, P.61.
2. CHEN, H. M, & MILNER, D. A., " Direct Clustering Algorithm for Group Formation in Cellular Manufacturing, " Journal of Manufacturing System, 1982, VOL.1, NO.2, PP.65-75.
3. CHEN, I. J. & CHEN-HUA CHUNG, " Effects of Loading and Routing Decisions on Performance of Flexible Manufacturing Systems, " INT.J.PROD.RES., 1991, VOL.29, NO.11, PP.2209-2225.
4. HENRY C. CO & ARAAR, A., " Configuring Cellular Manufacturing Systems, " INT.J.PROD.RES., 1988, VOL.26, NO.9, PP.1511-1522.
5. KING, J. R. & NAKORNCHAI, V., " Machine-Component Group Formation in Group Technology : Review and Extension, " INT.J.PROD.RES., 1982, VOL.20, NO.2, PP.117-133.
6. KUSIAK, A., " Flexible Manufacturing Systems: A Structural Approach, " INT.J.PROD.RES., 1985, VOL.23, NO.6, PP.1057-1073.
7. LUGGEN, W. W., " Flexible Manufacturing Cells and Systems, " Prentice-Hall, 1991, P.11.
8. MCAULY, J., " Machine Grouping for Efficient Production, " The Production Engineer,

February, 1972, PP.53-57.

9. MCCORMICK, W. T. & SCHEWEITZER, P. J. & WHITE, T. W., " Problem Decomposition and Data Reorganization by A Clustering Technique, " *Oper. Res.*, 1972, VOL.20, P.993.
10. Sangjae SONG and K. HITOMI, P. E., " Group Machine Loading by Division of the Parts Family, " 日本機械學會論文集(C編), 1990, Vol.56, No.530, PP.287-292.
11. SARIN, S.C. & CHEN, C.S., " The Machine Loading and Tool Allocation Problem in A Flexible Manufacturing System, " *INT.J.PROD.RES.*, 1987, VOL. 25, NO.7, PP.1081-1094.
12. SHANKER K. & YA-JUEI JEFFREY TZEN, " A Loading and Dispatching Problem in A Random Flexible Manufacturing System, " *INT.J. PROD.RES.*, 1985, VOL.23, NO.3, PP.579-595.
13. STECKE, K. E., " Formulation and Solution of Nonlinear Integer Production Planning Problems for Flexible Manufacturing Systems, " *Management Science*, 1983, March, Vol.29, No.3.
14. STECKE, K. E. & SOLBERG, J. J., " Loading and Control Policies for A Flexible Manufacturing Systems, " *INT. J. PROD. RES.*, 1981, VOL.19, NO.5, PP.481-490.