

FMS에서의 작업부하균형을 고려한 기계부하결정 Machine Loading by Workload Balancing in Flexible Manufacturing Systems

尹 泳 秀*
李 相 鎔**

Abstract

This paper aims to develop an algorithm to minimize the total production time, sum of group formation times and processing times, under the balanced workload among the machines by grouping parts with machine loading in FMS. The algorithm of this study is composed of four step procedures ;

- (1) Parts grouping by Group Technology(GT)
- (2) Minimizing total processing time in loading problem
- (3) Machine workload balancing, including above(2)
- (4) Group formation time, including above(3)

For parts grouping, Rank Order Clustering(ROC) algorithm developed by King(1980) is used and this algorithm is programmed by using the MACRO functions of QUATTRO Pro, one of the spreadsheet packages.

The structure for loading model is solved by using the Hyper-LINDO.

As a case study, numerical examples are demonstrated to show the effectiveness of the proposed machine loading procedure.

1. 서 론

Loading 문제를 기존의 생산 방식에 적용했을 때와 FMS 설비에 적용했을때의 차이점을

비교해 보면, 前者의 경우 각 기계는 단지 하나의 가공만을 수행할 수 있으며, 결과적으로 각 부품의 가공이 하나의 작업경로를 따르게 된다. 이러한 이유는 주어진 부품을 가공하는 기

*건국대학교 산업공학과

계가 고정되어 있기 때문이다. 반면에 後者의 경우는 여러대의 기계가 같은 가공능력을 가질 수 있으며, 따라서 각 부품의 가공이 하나의 기계에서만 할당되는 것이 아니라 같은 가공능력을 가진 여러대의 기계에 기계/시스템 제약조건(Machine/System Constraints)을 고려하여 할당될 수 있기 때문에 기계의 유연성을 높일 수 있으며 기계/시스템 이용율(Machine/System Utilization)도 높일 수 있다.

이와같이 뛰어난 성능을 가진 FMS설비의 효과적 운용을 위해서는 시스템 자체의 하드웨어(Hardware)적 성능향상 뿐만아니라 소프트웨어(Software)적으로 최적의 운용을 요구하게 된다.

기존의 Loading 문제에 대한 연구는 크게 두 가지로 나누어 진다. 즉 Loading 자체만을 다루고 있는 것과 관련 문제(그룹화 기법, 일정계획)들을 복합적으로 고려한 연구가 주종을 이루고 있다[1]. 특히 최단에는 後者의 경우가 많은 연구자들에 의해 발표되고 있다.

이러한 현상은 생산계획 문제가 어느 한 부분만을 떼어놓고 다루기 보다는 전반적으로 여러 단계를 같이 고려해 주는 것이 더 효율적이기 때문이다.

따라서 본 연구에서도 Loading과 그룹형성(Group Formation)을 동시에 고려해 주고 있으며, 이와 관련된 여러 제약조건을 고려하여 총가공시간을 최소화하는데 그 목적을 두고 있다.

2. 모델의 가정 및 기호 정의

FMS의 Loading 문제에서는 몇가지 일반적인 가정이 부과되어진다.

이러한 가정은 Loading 문제의 일관성을 기할 수 있으며, 효율적인 운용을 위한 전제조건이 된다.

Loading 문제 해결을 위한 일반적인 가정은 다음과 같다.

- (1) 비교적 상위단계에서 가공될 부품의 종류와 수량, 기계대수, 부품의 특징, 공구 가공시간, 그룹형성시간등이 모두 결정된다.
- (2) 가공할 부품이 할당된 기계의 공구는 그 가공작업을 완전히 끝낸다.
- (3) 기계의 작업은 AGV(Automatic Guided Vehicle), 팔레트(Pallet), 저장공간등에 제약을 받지 않는다.
- (4) 가공부품의 납기는 일정하다.

본 연구에서 사용된 기호를 정의하면 다음과 같다.

| | |
|-------------|---|
| i | : 그룹을 나타내는 기호 |
| j | : 부품 " |
| k, y | : 기계 " |
| t | : 공구 " |
| T_{ijkt} | : i 그룹에서 j 부품이 k 기계의 t 공구에서 가공되는 시간 |
| T_{ijkt} | : i 그룹에서 j 부품이 k 기계의 t 공구에 할당되는 작업량 |
| $TL_{k,y}$ | : k, y 기계에 할당된 총 작업 부하량 |
| $TP_{k,y}$ | : k, y 기계의 총 사용 가능시간 |
| $WL_{k,y}$ | : k, y 기계의 총 작업 할당 부하율 |
| $WLG_{i,y}$ | : k, y 기계에서 그룹형성시간을 제외한 총 작업 할당 부하율 |
| C_{kt} | : k 기계의 t 공구에서의 사용 가능 시간 |
| P_{ij} | : i 그룹에서 j 부품의 생산량 |
| $G_{k,y}$ | : k, y 기계에서 발생하는 그룹형성 시간 |

3. Loading모델 설계상의 고려사항

Loading모델의 설계상 고려한 가정은 다음과 같다.

첫째, 공구의 중복할당을 고려했다.

왜냐하면 공구의 중복할당을 고려하지 않으

면 부품이 더 효율이 좋은 공구에 할당되지 않을 경우가 발생하고, 더 많은 공구를 필요로 하기 때문이다.

둘째, Loading에 앞서 그룹형성(Group Formation)을 고려했다.

그룹형성에 사용된 알고리즘은 King[2]이 개발한 ROC(Rank Order Clustering)이다. 왜냐하면 이것은 비교적 효율이 좋고, 계산구조가 간단하기 때문이다. 그러나 ROC알고리즘은 각 행과 열에 2진 가중치(Binary Weight)를 주어서 계산하기 때문에 문제의 규모가 커질 경우 계산과정이 복잡하다. 따라서 이를 극복하기 위하여 Quattro Pro의 Macro 기능을 이용해 프로그래밍화(Programming)하였다.

셋째, 기계당 작업부하 균형화(Machine Workload Balancing)를 고려하였다.

왜냐하면 그룹형성 후 각 가공작업을 기계공구에 할당할 경우 기계간 작업부하 불균형 문제가 발생하기 때문이다. 그러나 현실적으로 100% 완전하게 작업부하를 균형화시킬 수는 없기 때문에 작업부하의 불균형율을 생산가능시간에서 10%이내로 고려하고 있다.

넷째, 납기(Due Date)를 고려하였다. 왜냐하면 실제 기업에서 가장 중요하게 생각하는 생산관련 요인은 바로 납기이기 때문이다.

4. Loading모델의 설계

모델은 3가지로 나누어 진다. 먼저 모델 LM 1>Loading Model 1)은 그룹형성을 고려하고 있으며, LM 2>Loading Model 2)는 LM 1)에서 발생하는 기계간 작업부하를 고려하고 있으며, LM 3>Loading Model 3)은 LM 2)에서 고려한 기계간 작업부하와 그룹형성시 발생하는 시간을 같이 고려해 주고 있다.

<LM 1 : Loading Model 1>

목적함수 : Minimize $Z = \sum_{k=1} \sum_{j=1} \sum_{i=1} \sum_{t=1} T_{ijkt} X_{ijkt}$ ①

제약조건 : $\sum_{k=1} \sum_{i=1} X_{ijkt} = P_{ij}$

(단, $j=1,2,\dots, i=1,2,\dots$).....②

$$\sum_{i=1} \sum_{j=1} T_{ijkt} X_{ijkt} \leq C_{kt}$$

(단, $t=1,2,\dots, k=1,2,\dots$)③

$$\sum_{i=1} \sum_{j=1} \sum_{t=1} T_{ijkt} X_{ijkt} \leq TP_k$$

(단, $k=1,2,\dots$)④

$$X_{ijkt} \geq 0$$
⑤

위 LM 1의 목적함수 ①은 최적 부품할당을 고려한 총가공시간을 최소화하는 것이고, 제약식 ②는 각 가공부품의 생산량을 제약한다. 제약식 ③은 각 공구의 가공 가능시간을 제약하고, 제약식 ④는 각 기계의 총 사용 가능시간을 제약한다. 제약식 ⑤는 非負(Non-zero)조건이다.

<LM 2 : Loading Model 2>

LM 1 모델에 기계간 작업부하 균형화 제약조건을 첨가한다.

이를 첨가한 식은 다음과 같다.

목적함수 : LM1의 ①과 같음

제약조건 : LM1의 ②, ③, ④, ⑤와 같음

$$\frac{TL_k}{TP_k} - \frac{TL_y}{TP_y} \leq 10\% \text{ (단, } ky=1,2,\dots, WL_k, WL_y, k \neq y) \text{⑥}$$

제약식 ⑥은 각 기계의 할당 작업 부하율

$WL_k = \frac{TL_k}{TP_k}$ 로 나타내고 이를 각 기계별로 계산한 후 부하율이 가장 큰 기계에서 부하율이 작은 기계의 순서대로 그 차를 구하고 차가 10%이내가 되도록 하기 위한 것이다.

여기에서 사용되는 각 기계의 할당 작업부하량 TL_k 는 다음식으로 구한다.

$$TL_k = \sum_{i=1} \sum_{j=1} T_{ijkt} X_{ijkt}$$

(단, $t=1,2,\dots, k=1,2,\dots$).....⑦

<LM 3 : Loading Model 3>

이 모델은 최종적인 모델로서 LM 1)에서 고려하지 못한 기계간 작업 부하와 LM2)에서의 그룹형성시간을 동시에 고려한다.

이 모델에서 고려한 그룹형성시간은 LM 2의 결과로 나온 부품-공구 행렬에서 할당된 부품이 속한 그룹의 형성시간을 모두 합한 후, 이를 기계별 총 작업 가능시간에서 감한 나머지 시간으로 LM 2에 적용하여 해를 구한다.

이를 첨가한 식은 다음과 같다.

목적함수 : LM1의 ①과 같음

제약조건 : LM1의 ②, ③, ⑤와 같음

$$\sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n T_{ijk} X_{ijk} \leq TP_k - G_k$$

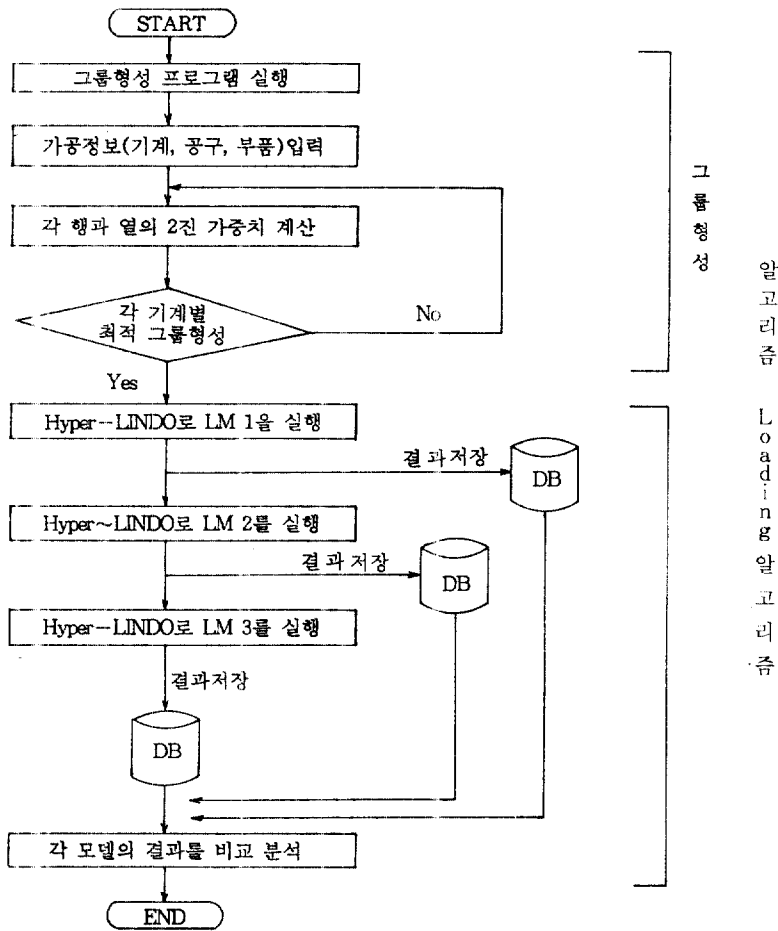
(단, $k=1,2,\dots$)⑧

$$\frac{TL_k}{TP_k - G_k} - \frac{TL_y}{TP_y - G_y} \leq 10\%$$

(단, $k,y=1,2,\dots$, $WLG_k > WLG_y$, $k \neq y$)⑨

여기에서 $WLG_k = \frac{TL_k}{TP_k - G_k}$ 는 k기계에서 그룹형성시간을 제외한 할당 작업 부하율을 나타낸다.

위의 3가지 모델에 의한 알고리즘에 대한 흐름도(Flow Chart)는 (그림 1)과 같다.



[그림1] 계산 절차의 흐름도

5. 적용사례

A회사는 H회사에서 생산되는 자동차용 부품을 생산하고 있다. 주문받은 부품은 14가지이며, 각각에 대한 생산갯수, 공구가공 가능시간, 기계사용 가능시간, 납기등은 (표1)과 같다. 여기에서 공구가공 가능시간은 납기를 고려하고 있으며, 이 시간을 각 기계별로 모두 합한 것이

기계사용 가능시간이다. 이 회사는 이같은 부품을 3대의 FMS기계에서 가공하려 한다. 여기에서 사용된 부품 가공시간의 대부분은 2~45분 사이이며, 이는 Stecke[3,4]가 조사한 Sundstand/Caterpillar社의 DNC라인과 Rovito & Dvorsky [5]가 조사한 Cincinnati Milacron社의 FMS에서 실제 조사된 자료에 근거하고 있다.

[표1] 부품-공구 가공시간 행렬

| 기계 공구 | 1 | | | | | | | 2 | | | | | | | | 3 | | | | | | | 생산 량 | 납 기 |
|----------------------|---------|----|----|----|----|----|----|------|---|----|----|----|----|----|---|------|---|----|----|----|----|---|---------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | |
| 1 | 20 | | 18 | | | | | | | | | | | | | 22 | | | 20 | | 18 | | 40 | 2 주 |
| 2 | | 15 | | | | | 18 | 15 | | 18 | 15 | | | | | | | 18 | | 15 | | | 50 | |
| 3 | 25 | | 22 | | 20 | | | | | | | | | | | 20 | | | | | | | 50 | |
| 4 | 18 | 15 | | | | | 20 | | | 18 | 15 | 15 | | | | | | | | 18 | | | 50 | |
| 5 | 28 | | 20 | | 18 | | | | | | | | | | | 22 | | 18 | | | | | 40 | |
| 6 | | | 30 | | | | | | | | | | | | | 30 | | 25 | | 27 | | | 45 | |
| 7 | | | | 15 | | 17 | | 15 | | | | 20 | 18 | | | 18 | | | | | 15 | | 60 | |
| 8 | | | | 25 | | 22 | | 20 | | | | | 20 | 18 | | 18 | | | | | 18 | | 60 | |
| 9 | | 30 | | | | | | | | 30 | 30 | 28 | | | | | | 28 | | 30 | | | 70 | |
| 10 | | 20 | | | | | 22 | 20 | | 22 | 20 | | | | | | | 20 | | 22 | | | 60 | |
| 11 | | | | 35 | | 30 | | | | | | | 30 | 28 | | 28 | | | | | | | 55 | |
| 12 | 28 | | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | 28 | | | 45 | |
| 13 | | 25 | | | | | | 25 | | 28 | 25 | 27 | | | | | | 28 | | 25 | | | 50 | |
| 14 | | | | 30 | | | | 28 | | | | 30 | 28 | 27 | | 30 | | | | | 28 | | 50 | |
| 공구 가공 가능 시간 | 9 | 0 | 2 | 9 | 7 | 7 | 6 | 6 | 6 | 0 | 0 | 6 | 8 | 8 | 5 | 9 | 8 | 8 | 6 | 0 | 7 | 5 | | |
| 기계사용 가능시간 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| 기계사용 가능시간 | 6000(분) | | | | | | | 5900 | | | | | | | | 5300 | | | | | | | | |

위에서 제시된 부품-공구 행렬에서 먼저 그룹형성을 실시한다. 이것은 계산의 간편성과 공정간 부품이동의 수를 줄일 수 있다는 장점이 있다.

편의상 부품이 할당된 셀(Cell)에는 1, 할당되

지 않는 셀에는 공란으로 표시하고, ROC알고리즘을 이용하여 본 연구에서 개발된 프로그램으로 Loading에 앞서 먼저 그룹형성을 실시한다.

그룹형성을 실시하면 그룹 1은 {5,3,1,6,11}, 그룹 2는 {2,10,4,13,9}, 그룹 3은 {7,8,11,14}의 3

개의 부품그룹이 형성된다. 편의상 그룹형성시
간을 40,60,50분이라고 가정하자.

이를 각 기계-공구의 가공시간으로 다시 분
류하면 (표2)와 같다.

(단, (표1)에서 그룹형성 실시후 변경된 공
구, 부품의 번호는 편의상(표 2)에서는 1,2,3...
순으로 다시 나타내었다.)

[표2] 부품-공구 입력 행렬표

| 기계 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 생산 | 그룹 |
|--------|------|----|----|----|----|----|---|------|----|----|----|----|----|----|------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| 공구 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 갯수 | 형성 | |
| 부 품 | 1 | 20 | 18 | 18 | | | | | | | | | | | | | 22 | 18 | | | | | | 40 | 그룹 |
| | 2 | 22 | 25 | 20 | | | | | | | | | | | | | 20 | | | | | | | 50 | (1) |
| | 3 | 18 | 20 | | | | | | | | | | | | | | 22 | 20 | 18 | | | | | 40 | |
| | 4 | 30 | 28 | | | | | | | | | | | | | | 30 | 25 | 27 | | | | | 45 | 40분 |
| | 5 | 30 | 28 | | | | | | | | | | | | | | | | 28 | | | | | 45 | |
| 1 | | | 15 | 18 | | | | 15 | 18 | 15 | | | | | | | | | 15 | 18 | | | | 50 | 그룹 |
| 2 | | | 20 | 22 | | | | 20 | 22 | 20 | | | | | | | | | 22 | 20 | | | | 60 | (2) |
| 3 | | | 15 | 20 | | | | 15 | 18 | 15 | | | | | | | | | 18 | | | | | 50 | |
| 4 | | | 25 | | | | | 25 | 28 | 25 | 27 | | | | | | | | 25 | 28 | | | | 50 | 60분 |
| 5 | | | 30 | | | | | 30 | 30 | 28 | | | | | | | | | 30 | 28 | | | | 70 | |
| 1 | | | | | 15 | 17 | | | | | 18 | 15 | 20 | | | | | | | | 18 | 15 | | 60 | 그룹 |
| 2 | | | | | 25 | 22 | | | | | 20 | 20 | 18 | | | | | | | | 18 | 18 | | 60 | (3) |
| 3 | | | | | 35 | 30 | | | | | 28 | 30 | | | | | | | | | 28 | | | 55 | |
| 4 | | | | | 30 | | | | | | 28 | 28 | 30 | 27 | | | | | | | 30 | 28 | | 50 | 50분 |
| 공구 | 1 | | | 1 | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | 1 | | | | | | |
| 가공 | 2 | 9 | 7 | 0 | 6 | 9 | 7 | 0 | 0 | 6 | 6 | 8 | 6 | 8 | 5 | | 9 | 6 | 7 | 0 | 8 | 8 | 5 | | |
| 가능 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| 시간 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| 기계사용 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 가능시간 | 6000 | | | | | | | 5900 | | | | | | | 5300 | | | | | | | | | | |

[표2]의 결과에 대하여 다음과 같이 단계별
로 문제를 해결한다.

단계1] [표2]를 모델 LM 1에 대입한 후, 이
것을 Hyper-LINDO로 실행을 하여 그 결과를
나타내면 [표3]과 같다.

[표3] 모델 LM 1의 실행 결과표

| M ₁ | M ₂ | M ₃ |
|----------------|----------------|----------------|
| X1112= 7 | X2221 =13 | X1231=45 |
| X1113=33 | X2223 =30 | X1432=24 |

| | | |
|----------|----------|-----------|
| X1213= 5 | X2321=50 | X1433= 21 |
| X1311=40 | X2522=33 | X1533= 5 |
| X1511=12 | X2524=21 | X2235=10 |
| X1512=28 | X3325=29 | X2434=40 |
| X2114=50 | X3327=24 | X2535=16 |
| X2414=10 | X3426=21 | X3236=44 |
| X3116=60 | X3427= 2 | X3237=16 |
| X3317= 2 | X3428=19 | X3437= 8 |

위의 결과에서 각 기계에 대한 할당 작업 부하량은 각각 $TL_1=4644$ 분, $TL_2=5881$ 분, $TL_3=5299$ 분이며, 할당 작업 부하율은 $WL_1=\frac{TL_1}{TP_1}=\frac{4644}{6000}=77.4\%$, $WL_2=99.7\%$, $WL_3=99.9\%$ 이며, 할당된 총 작업시간은 15824분이다.

단계2] 단계1에서 구한 각 기계의 할당 작업 부하율 중 부하율이 가장 높은 기계인 $M_3(WL_3=99.9\%)$ 기계에서 부하율이 작은 기계 순서대로 그 차를 구하고 차가 10%이내가 되도록 나타낸 식은 다음과 같다.

$$\frac{TL_3}{5300} - \frac{TL_2}{5900} \leq 10\%$$

$$\frac{TL_3}{5300} - \frac{TL_1}{6000} \leq 10\%$$

$$\frac{TL_2}{5900} - \frac{TL_1}{6000} \leq 10\%$$

위의 3식을 LM 1에 첨가하여 해를 구하면 [표4]와 같다.

[표4] 모델 LM 2의 실행 결과표

| M_1 | M_2 | M_3 |
|----------|-----------|----------|
| X1112= 7 | X2223 =30 | X1231=45 |
| X1113=33 | X2321 =50 | X1432=24 |
| X1213= 5 | X2421 =10 | X1433=21 |
| X1311=40 | X2522 =33 | X1533= 1 |
| X1511=16 | X2524 =22 | X2235=17 |
| X1512=28 | X3325 =19 | X2434=40 |
| X2114=50 | X3327 =15 | X2535=15 |
| X2214=13 | X3425 =10 | X3236=32 |
| X3116=60 | X3426 =21 | X3237=28 |
| X3317=16 | X3428 =19 | X3336= 5 |

이경우 각 기계에 할당된 작업 부하량은 각각 $TL_1=5194$, $TL_2=5569$, $TL_3=5075$ 이며, 할당 작업 부하율은 $WL_1=\frac{TL_1}{TP_1}=\frac{5194}{6000}=86.6\%$, $WL_2=94.4\%$, $WL_3=95.75\%$ 이며, 할당된 총 작

업시간은 15838분이다.

단계3] 단계2에서 구한 결과로 부터 각 기계에 할당된 그룹형성시간을 구하면 $M_1=(40+60+50)=150$ 분, $M_2=(60+50)=110$ 분, $M_3=(40+60+50)=150$ 분이다. 이것을 각 기계의 사용가능시간에서 감하면, $M_1=(6000-150)=5850$ 분, $M_2=(5900-110)=5790$ 분, $M_3=(5300-150)=5150$ 분이다.

이상의 그룹형성시간을 고려한 기계사용 가능시간을 모델 LM 2에 대입하여 해를 구하면 [표5]와 같다.

[표5] 모델 LM 3의 실행 결과표

| M_1 | M_2 | M_3 |
|----------|----------|----------|
| X1112= 7 | X2123=40 | X1231=45 |
| X1113=33 | X2321=50 | X1432=24 |
| X1213= 5 | X2421=10 | X1433=21 |
| X1311=40 | X2522=33 | X1533= 2 |
| X1511=15 | X2524=22 | X2235=17 |
| X1512=28 | X3325=26 | X2434=40 |
| X2114=10 | X3327= 6 | X2535=15 |
| X2214=43 | X3425= 2 | X3236=44 |
| X3116=60 | X3426=21 | X3237=16 |
| X3317=23 | X3428=19 | X3437= 8 |

위의 표를 이용하여 각 기계에 할당된 작업 부하량을 계산하면 $TL_1=5374$, $TL_2=5270$, $TL_3=5169$ 이며, 할당 작업 부하율은 $WL_1=90\%$, $WL_2=89\%$, $WL_3=97.89\%$ 이다. 각 기계에 할당된 총 작업시간은 15832분이다.

6. 결과 및 결론

3가지 모델의 결과에 대하여 비교하면 [표6]과 같다.

[표6] 3가지 모델에 대한 비교표

| 기계 | M ₁ | | M ₂ | | M ₃ | | 기계사용가능시간의 합 | CPU time |
|----------|----------------|-------|----------------|-------|----------------|--------|-----------------|----------|
| 기계사용가능시간 | 6000(분) | | 5900 | | 5300 | | Σ=17200(분) | |
| 모델 | | 부하율 | | 부하율 | | 부하율 | | |
| LM1 | 4644 | 77.4% | 5881 | 99.7% | 5299 | 99.90% | Σ=15824분(92%) | 1.00초 |
| LM2 | 5194 | 86.6% | 5569 | 94.4% | 5075 | 95.75% | Σ=15838분(92.1%) | 2.84초 |
| LM3 | 5374 | 90.0% | 5271 | 89.0% | 5187 | 97.89% | Σ=15832분(92%) | 2.44초 |

[표6]에서 LM 1은 기계당 작업 부하율이 현저하게 차이가 난다. 즉 기계 M₁과 M₃의 부하율 차이가 22.5%이다. 이 같은 현상으로 말미암아 M₁에서는 135분(6000-4644)이라는 기계 유휴시간이 생기고, M₃ 기계는 단 1분밖에 유휴시간이 생기지 않게 된다.

이것을 해결하기 위하여 모델 LM 2에서는 기계간 작업부하 불균형율을 10% 이내로 만든다. 비록 LM 1보다는 약간의 기계가공시간을 늘어나지만 기계간 부하 균등화를 고려해 주고 있으므로 LM 1보다 더 좋다.

그러나 LM 2에서는 그룹형성시 발생하는 시

간을 고려해 주지 못하고 있다. 이것은 부품의 그룹형성 뿐만 아니라 기계-공구간의 그룹형성에서도 발생하는 문제이므로 당연히 고려해 주어야 한다.

따라서 모델 LM 3에서는 이것을 해결해 준다.

[표6]에서 볼수 있는 바와 같이 기계간 작업부하 균등화를 고려하고, 그룹형성시간을 고려한 모델 LM 3은 이것을 고려하지 않고 있는 모델 LM1, LM2 보다 더 효율이 좋으며 우수하다고 볼수 있다.

참 고 문 헌

- Chen, L.J. & Chen-Hua Chung,(1991) "Effects of Loading and Routing Decisions on Performance of Flexible Manufacturing Systems," Int.J. Prod. Res. Vol.29, No.11, pp.2209-2225.
- King, J.R.,(1980) "Machine-Component Grouping in Production Flow Analysis: An Approach using A Rank Order Clustering Algorithm," Int.J. Prod. Res. Vol.18, No.2, pp.213-232.
- Stecke, K.E.,(1983) "Formulation and Solution of Nonlinear Integer Production Planning Problems for Flexible Manufacturing Systems," Management Science, March, Vol.29, No.3.
- Stecke, K.E.,(1981) "Production Planning Problems for Flexible Manufacturing Systems," Ph.D. Dissertation, Purdue University, West Lafayette, Indiana.
- Rovito, V.P., & Dvorsky, R.E.,(1984) "Planning Models for Designing FMS," Technical Report, Cincinnati Milacron, Cincinnati, Ohio.