

# 공구 교체 횟수에서 최소로 하는 기계-부품그룹 형성

## - The Machine-Part Group Formation for Minimizing the tool Exchange -

홍 상 우\*  
Hong, Sang Woo

### Abstract

This Paper proposes a mathematical model to solve the cell formation problem with exceptional elements, Exceptional elements are bottleneck machines and exceptional parts that span two or more manufacturing cells. The model suggests whether it is cost-effective to eliminate an EE (by machine duplication or part subcontracting), or whether the intercellular transfer caused by the EE should remain in the cell formation. It provides an optimal solution for resolving the interaction created by EE in the initial cell formation solution. In addition, the model recognizes potentially advantageous mixed strategies ignored by previous approaches.

### 1. 서론

치열한 경쟁환경에서 살아남기 위해 많은 제조업체에서는 보다 빠르게 품질과 효율을 향상시키는 방법을 모색해 왔다. 이중 한 방법으로 CM(cellular manufacturing)이 있다. CM에서는 유사한 공정과정을 갖는 부품군이 있다. 각 부품군에서는 이에 상응하는 기계군이 작업장에 놓여지게 된다.

CM 연구의 초점은 부품군 또는 기계군의 구성을 위한 군 형성과정 개발에 있다. Wemmerlor와 Hyer[12]는 이 분야의 연구를 분류하였다. 이런 군 형성과정의 목적은 독립적인 기계군과 부품군을 규정하는 것이다. 그러나 완전하게 군들이 독립이 되는 이성적인 CM의 예를 찾기는 매우 어렵다 [9, 13].

군 구성해들은 종종 예외적인 요소(EE)들을 내포하고 있다. EE는 두 제조집단간의 상호작용을 야기시킨다. EE는 결과적으로 두 개 이상의 부품군에서 사용되어지는 병목기계가 된다. 바꾸어 말하면 EE는 두 개 이상의 기계군에서 가공되어야 할 부품으로 볼 수도 있다. 이런 EE는 CM환경에서 유형 무형의 비용을 발생시킨다.

EE에 속한 부품은 재 설계 또는 변경할 수 없다면 EE를 제거하기 위하여 두가지 중요한 선택이 제시되어왔다. 하나는 애로기계를 중복배치하는 것이고, 다른 하나는 해당부품을 하청생산하는 것이다.

---

\* 동명 전문대학 공업경영학과

본 연구에서는 CM에서 예외적인 요소를 수리적계획법으로 처리하는 방법을 보인다. 제시하는 방법에서는 EE를 제거하는 것이 유리한지 EE를 그대로 두고 군간의 이동생산이 유리한지를 분석한다.

## 2. 기존연구

많은 기존 연구에서 EE 존재의 가능성을 언급하였고, 이 중 일부연구에서는 EE를 완전히 제거하였으며 일부 연구에서는 EE를 문제에서 임시로 제거하였다가 최종해에서는 EE를 언급하였다.

Burbidge[1] EE를 제거하는 5가지 방법을 제시하였다. Mc Auley[8], King과 Nakornchai[5] 그리고 Seifoddini와 Wolfe[11]은 애로기계를 중복배치하여 EE의 문제를 해결하는 방안을 보였다.

Chan과 Milner[2]는 EE를 제거하기 위해 몇가지 선택조항을 제시하였다. Kumar와 Vannelli[6] 그리고 Kusiak과 Chow[7]는 구해진 균형성 해에 내포된 EE를 평가하는 방법으로 하청비용을 사용하였다.

이상 언급한 모든 연구에서는 균형성 과정의 개발에 중점을 두었다. EE의 처리는 제2차 목적이었다. 다른 연구자 중에는 EE의 제거를 제1차 초점을 언급하기도 하였다. Seifoddini[10]는 EE를 제거시키는 과정을 개발하였다. 이 연구에서는 군간의 상호이동 작업비용과 애로기계의 중복배치의 비용을 비교하였다. 그러나 여기에서는 EE를 제거하기 위한 외주비용을 내포하지 않고 있다.

Kern과 Wel[4]은 EE제거를 위한 애로기계의 중복배치와 외주비용을 비교할 수 있는 과정을 제안하였다. 그러나 이 과정에서는 특정 EE를 제거하기 위하여 기계의 중복배치와 외주를 동시에 고려한 EE제거 전략을 설계하지 못하였다. 본 논문에서는 하나의 EE를 제거하기 위하여 세가지 선택(기계중복, 외주 그리고 군간의 상호이동작업)을 동시에 고려하여 평가할 수 있는 수리계획 모형을 제안하였다.

## 3. 수리계획모형

제안하는 수리계획법에서는 EE를 보다 우선적으로 고려한다. 그래서 수리적 모형은 균형성 문제를 풀기위한 세단계 중에서 세 번째 단계로 여겨질 수 있다. 첫째로, 기존의 연구에서 제안한 어떤 방법으로 초기 균형성 해를 구한다. 다음, 작업방법의 수정이나 부품의 설계변경이 가능한 개수만큼 EE를 제거한다. 이후에 수리계획 모형은 군간 상호이동작업, 부품외주가공 그리고 애로기계의 중복 비용을 최소화한다.

군간 이동작업 비용중 일부는 명확하다. 이 비용은 재료취급에 소요되는 비용이다. 그러나 나머지 비용은 다소 불명확하다. 군간 이동작업이 많아지면 일정계획이 복잡하여 생산성이 저하되며, 작업교체 횟수의 증가로 품질에 영향을 미치게 되는데 이러한 비용의 산정은 명확하지가 않다.

기계의 중복은 새로운 기계의 습득비용으로 매우 명확하다. 그리고 외주비용은 외주 형태[3]에 따라 다르게 산정되어 진다.

균형성은 능력계획과 설비배치라는 두가지의 장기계획에 영향을 주는 전략적 의사결정이다. 그래서 외주생산은 Kamien 과 Li[3]에서 묘사된 "make-or-buy" 방식이 보다 더 적절하다. 본

연구에서도 외주는 생산 또는 구매방식에 따른다.

초기 균형성 해가 구해졌다고 가정하면 다음의 수리계획 모형이 EE를 더욱더 줄이기 위해 응용될 수 있다. 이 모형에서는 보유하고 있는 EE의 비용과 EE를 줄이기 위해 습득해야 하는 기계의 비용 그리고 외주 비용과 비교한다.

제시하는 모형에서 사용하는 기호는 다음과 같다 :

$X_i$  = 외주 가공될 부품  $i$ 의 단위

$Y_{kf}$  = 군  $f$ 에 대해 구입해야 하는 기계  $k$ 의 대수

$Z_{ik}$  = 부품  $i$ 의 제조군 내에서 사용할 수 없는 기계  $k$  때문에 발생하는 작업이동회수

$M_{ik}$  = 부품  $i$ 의 생산에 할당된 기계  $k$ 의 대수

$A_k$  = 기계  $k$ 의 구입비용

$S_i$  = 부품  $i$  한 단위를 외주 가공하는데 증가되는 비용

$D_i$  = 부품  $i$ 에 대한 연간 수요

$C_k$  = 기계  $k$ 의 연간 능력

$D_{ik}$  = 기계  $k$ 로 부품  $i$ 를 생산하는데 소요되는 시간

$I_i$  = 부품  $i$ 를 군 밖으로 움직이는 비용

$G_j$  = 군  $f$ 에서 예외적 부품의 집합

$H_j$  = 군  $f$ 에서 애로기계의 집합

본 연구에서 제시하는 수리계획 모형은 다음과 같다 :

$$\text{Min} \sum [ \sum_{i \in G_f} X_i S_i + \sum_{k \in H_f} Y_{kf} A_k + \sum_{i \in G_f} Z_{ik} I_i ] \quad (1)$$

s.t.

$$Z_{ik} = D_i - X_i - (C_k M_{ik} / P_{ik}), \text{ 모든 EE에 대해} \quad (2)$$

$$\sum_{i \in G_f} M_{ik} \leq Y_{kf}, \text{ 모든 } f, k \text{에 대해} \quad (3)$$

$$X_i, Y_{kf}, Z_{ik} \text{는 모두 정수} \quad (4)$$

목적식(1)은 EE와 관련된 비용을 최소화한다. 식(1)의 세부분중 첫째 부분은 외주비용을 나타내고, 둘째 부분은 선택된 전략에 의해 습득해야 하는 기계의 구입비용이다. 이 식의 마지막 부분은 남아있는 EE의 구간 총 이동비용을 나타낸다.

제약식(2)는 해에 남아있는 부품  $i$ 와 기계  $k$ 사이에 구간 이동 횟수를 계산한다. 제약식(3)은 제약식(2)에서 발견된 EE에 할당될 수 있는 대수가 되도록 군  $f$ 에 대해 구입되는 기계  $k$ 의 대수를 보장한다. 정수 제약식(4)에서 결정변수  $M_{ik}$ 가 빠져 있는 것에 유의해야 한다. 이 변수는 부품  $i$ 의 가공에 할당된 기계  $k$ 의 능력을 나타내기 때문이다. 즉, 주어진 군에서 새로운 기계가 두 개 이상의 부품에 공동으로 사용될 수 있음을 의미한다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 예외적인 요소(EE)를 다루기 위한 수리계획법을 제시하였다. 제시한 수리계획 모형은 초기 균형성 해를 구한 후에 사용되었다. 이 모형은 모든 균형성 문제에 응용할 수

있고 그리고 다음 세가지 비용을 고려한다 : (1) 외주가공 비용 ; (2) 군간 이동비용 ; 그리고 (3) 기계 중복비용. 이상의 세가지 비용을 비교하여 비용이 최소가 되도록 EE를 제거할 수 있는 전략적 의사결정을 지원한다.

### 참 고 문 헌

1. BURBIDGE, J. L., *The Introduction of Group Technology*(New York : Halster Press and John Wiley), 1975.
2. CHAN, H. M., and MILER, D. A., Direct clustering algorithm for group formation in cellular manufacture. *Journal of Manufacturing Systems*, 1, 65-74, 1982.
3. KAMIEN, M. L., and Li, L., Subcontracting, coordination, flexibility, and production smoothing in aggregate planning, *Management Science*, 36, 1352-1363, 1990.
4. KERN, G. M., and WEI, J. C., The cost of eliminating exceptional elements in group technology cell formation, *International Journal of Production Research*, forthcoming, 1990.
5. KING, J. R., and NAKORNCHAI, V., Machine-component group formulation in group technology : review and extension, *International Journal of Production Research*, 25, 1715-1728, 1982.
6. KUMAR, K. R., and VANNELLI, A., Strategic subcontracting for efficient disaggregated manufacturing, *International Journal of Production Research*, 25, 1715-1728, 1987.
7. KUAIK, A., and CHOW, W. S., Efficient solving of the group technology problem, *Journal of Manufacturing Systems*, 6, 117-124, 1987.
8. MCAULEY, J., Machine grouping for efficient production, *The Production Engineer*, 51, 53-57, 1972.
9. PULLEN, R. D., A survey of cellular manufacturing cells, *The Production Engineer*, 56, 451-454, 1976.
10. SEIFODDINI, H., Duplication process in machine cells formation in group technology, *IIE Transactions*, 21, 382-388, 1989.
11. SEIFODDINI, H., and WOLFE, P. M., Application of the similarity coefficient method in group technology, *IIE Transactions*, 18, 271-277, 1986.
12. WEMMERLOV, U., and HYER, N. L., Procedures for the part family/machine group identification problem in cellular manufacturing, *Journal of Operations Management*, 6, 125-147, 1986.
13. WEMMERLOV, U., and HYER, N. L., Cellular Manufacturing in the U.S. Industry : A survey of users, *International Journal of Production Research*, 27, 1511-1530, 1989.