

다단계 제조공정의 개선을 위한 알고리즘  
- 기업환경개선을 위한 활용을 중심으로 -  
Algorithm for Improvement Alternatives of the  
Multi-stage Manufacturing Process  
- For the Application of Enterprise Environment  
Enhance -

조 남 호\*  
Cho, Nam-Ho

Abstract

The purpose of a business's existence is to make profit. The objective of business can be attained through the most profitable activities such as the improvement of productivity, quality and the reduction of the manufacturing cost.

In order to produce the goods with above said goal, it can be achieved by inducing and improving the manufacturing process. In this viewpoint, We'd like to develop an algorithm for improving productivity, quality and cutting the manufacturing cost under the limitation of the resources.

This paper showed a practical method which gradually improves three factors [productivity, quality and cost-down] by calculating the effective value of single and multi process mutually.

1. 서론

기업경영에 있어서 가장 큰 목적은 사회복지차원에서 종업원들에게는 적절한 급여를 지급하여 생활보장뿐만 아니라 장래 보다 나은 미래(생활)를 영위할 수 있도록 대우하고, 회사에 출자자에게는 영업활동의 신장을 통하여 기업이윤을 극대화함으로써 충분한 배당을 실시하며, 고객인 소비자에게는 보다 좋은 상품을 저렴한 가격으로 적기에 공급함으로써 사회에 봉사하는 데 있다.

또 기업이윤의 극대화는 사회에 대한 환원차원에서 공공의 복리증진에 기여할 뿐만 아니라 기업의 확대재생산을 위한 투자원으로서 설비의 신증설 및 개채를 위한 자금원으로서도 중요하다.

그런데 최근 우리나라는 국내 및 국외사정의 급속한 변화로 많은 어려움을 겪고 있음은 주지

1) 이 연구는 건국대학교(1994)의 지원에 의하여 이루어졌음

\* 건국대학교 공과대학 산업공학과

하는 사실이다. 특히 제조업의 경쟁력이 상대적으로 뒤지고 있어서 이를 극복하려면 납기의 확보와 함께 능률향상을 통하여 생산성을 향상시키고, 생산제품의 중핵을 이루는 제조원가를 절감시키며, 문제를 안고 있는 제품품질의 안정화를 기조로 하여 품질수준의 유지, 더 나아가서는 품질향상만이 뒤떨어진 국제경쟁력을 끌어올릴 수 있는 방법론이 될 것이다.

이러한 관점에서 제품의 생산활동의 핵심을 이루는 제조공정을 개선하여 경쟁력있는 상품을 제조하는 기업으로 영속시키는 데 필요한 것은 일반적으로 다단계 제조공정을 이루고 있는 생산라인을 대상으로 하여 개선책을 강구하여 생산성향상, 품질향상 및 원가절감을 도모하지 않으면 안될 것이다.

이와같이 제조공정의 개선을 도모하려는 연구는 공정의 최적화 또는 안정화의 문제로서 신뢰성문제에서는 중복결합에 따르는 방법과 OR에서 다루는 배낭(Knapsack)문제로서 정수계획법, 동적계획법 등이 있으며, 기타 방법으로 연구되고 있다.

중복설계에 따른 방법은 Black, G와 Proschan, F.[9], Banergee, S.K.와 Razamani, K.[8] 등이 있고, 정수 및 동적계획법에 따른 방법으로는 Hadley, G.[4], Bellman, R.[5] 등이 있으며, 기타의 방법으로 기하학적 계획법 등의 여러가지 기법으로 문제를 해결하려고 시도하고 있는 데 특기할 것은 신고시게오(新郷重夫)<sup>2)</sup>의 “불량=0”에의 도전”을 위한 원류검사와 포카요게(PO KAYOKE)시스템 등이 있다.

이러한 방법들은 주로 최적화를 위한 것으로 중복설계나 가중치를 주어 공정개선을 도모하고 있는 데 기존의 방법은 부품의 중복 또는 가중치를 주어 개선하려고 하므로 이에 소요되는 비용과 효과는 동일한 상황을 전제로 하고 있다.

이에 대하여 본 연구에서는 한정된 자원하에서 비용과 효과가 다른 대안에 의하여 다단계 제조공정의 개선을 통하여 품질향상, 생산성향상 등의 실용성있는 알고리즘의 활용면에 중점을 두고 있다.

이와같은 시각에서 다음과 같이 3 가지 각도로 공정개선을 도모할 수 있는 방안을 PC를 이용한 알고리즘을 통하여 시도하려는 것이며, 현실적으로 필요불가결한 과제라고 생각한다.

첫째. 품질의 유지 및 향상방안으로 품질특성의 유지 및 향상, 부적합원인 및 부적합률의 감소, 부적합 원류의 제거 등이다.

둘째. 생산성의 향상책으로 생산량의 증대, 공수의 절감, 공정의 균형화(Line Balancing) 등이다.

셋째. 원가의 절감방안으로 자재의 절약, 신재료의 대체, 스크랩(Scrap)의 절감, 재고비용의 절감 등이다.

제조기업으로서 자원(자금, 예산 등)의 제한을 받을 수 밖에 없으므로 이와같이 제한자원범위내에서 가장 효과적인 제조방법 또는 생산라인을 유지할 수 있는 개선방안의 알고리즘을 이용하여 실용성있는 개선대안을 제시하려는 것이다.

본 연구는 조[6]에 의하여 “다단계 제조공정의 품질개선을 위한 종속대안선택 근사해법”으로 이론적인 근간은 기히 연구된 바 있는 것의 후속연구로서 현장에서 용이하게 활용할 수 있도록 상기한 3 가지 방향에서 개선대안을 도출하는 데 필요한 방법으로 실용성을 중심으로 다수 보급되어 있는 PC를 이용하여 간단히 개선대안을 수립할 수 있도록 함으로써 품질개선 뿐만 아니라 생산성향상, 원가절감 등을 위한 실용적인 방안을 제시하는 데 연구의 목적을 둔다. 따라서 활용을 위한 계속 연구이기도 하다.

## 2. 현상과 대상의 검토

우리가 당면하고 있는 현실은 고금리, 고임금, 고물가에 대달러화에 대한 원고현상에다 근로자의 저사기성(低仕氣性)에 직면하고 있으며, 국외로는 경제블럭화, 신자유무역체제(UR라운드,

WTO체제 등), 국내시장 개방압력 등으로 이이지 공산품을 제조하는 공업분야에서는 특히 양질의 저렴한 제품을 적기에 공급할 수 있는 생산시스템을 구축, 유지하여 나가지 않으면 안되는 현실이다[7].

더구나 근래에 있어서 국내외적으로 극심한 상품의 판매경쟁에서는 품질, 가격만이 아니라 상품의 디자인, 제품의 신뢰성(내구성, 안전성, 안정성, 라이프 사이클 코스팅등), 무공해성은 말할 것도 없고, 제품책임(Product Liability)까지도 문제시하고 있다[1].

따라서 이러한 상황은 제품에 대한 품질, 가격, 납기에 신뢰성, 무공해성 등을 포함하여 PL까지도 감안한 제조활동이 필요하게 되었는데 전기한 바와 같은 경제상황에다 제품에 대한 소비자의 요구를 충족시키기 위하여는 제품의 기획, 설계, 시제품(試製品)의 제작 및 검사(어느 면에서는 검토)를 거쳐 시작, 양산단계로 이어지게 되는 데 이 연구에서는 시작(試作)이후 양산단계에서 제품생산의 중추를 이루는 제조라인을 대상으로 하여 설계된 품질, 원가, 납기, 신뢰성, 안전성, 무공해성, PL 등을 확보할 수 있는 생산라인의 유지 및 개선차원에서 다단계 제조공정을 주대상으로 하는 공정개선을 현재 상당히 보급되어 있는 PC를 이용하여 간단히 개선대안을 도출할 수 있는 알고리즘의 현실적인 활용에 중점을 둔 공정개선 알고리즘을 제시하려는 것이다.

따라서 본 연구에서는 실용면에 중점을 두고, 제한된 자원(자금, 예산 등) 범위내에서 PC를 이용한 공정개선을 목적으로 다음과 같은 관점에서 개선대상을 검토하는 데 유효한 방안으로 제시하려는 것이다.

- (1) 설계품질의 유지 및 개선.
- (2) 목표생산성의 유지 및 향상.
- (3) 수익성있는 원가의 유지 및 절감.
- (4) 제조공법, 또는 생산라인의 도입검토 및 개선.
- (5) 설비개체 및 설비신·중설의 검토 및 개선.
- (6) 기타 현상공정 및 생산라인의 개선 등.

이러한 상황은 제한되어 있는 예산이나 자금을 투입하여 제조공정을 형성하고 있는 생산라인을 대상으로 개선하여 목표로 하고 있는 품질, 원가, 납기(생산성), 제품의 정밀도 등을 확보하거나 향상시키려고 할 때 사전에 검토하여 어느 정도 확실성을 가지고 개선대안을 선택하여 추진(실시)하는 경우에 필요한 것으로 다음과 같은 사례에 적합하다고 판단된다.

더구나 현재 PC가 상당히 보급되어 있는 상황하에서는 PC를 이용하여 개선안을 검토할 수 있다고 하는 점은 활용면에서 간편하면서도 유리하다고 생각한다.

- 품질면에서는 품질의 유지 및 향상, 부적합품의 감소, 목표적합률의 달성, 제품신뢰성의 유지 및 개선책의 탐색
- 원가면에서는 목표원가의 달성 및 절감, 수익성의 달성 및 향상, 단위당 생산원가의 달성 및 절감.
- 납기(생산성)면에서는 생산능률의 확보 및 향상, 라인바란성 및 향상, 기계(자동)생산으로의 전환검토 및 추진(실시), 내·외작(內·外作)구분의 검토 및 실시.
- 정밀도면에서는 제품정밀도의 확보 및 향상, 신설설비의 대체검토 및 추진, 제조공법 및 생산설비의 설치검토 및 추진, 자동검사기의 채택검토 및 추진.
- 자재면에서는 원·부자재의 대체검토 및 실시, 스크랩률의 검토 및 실시.
- 기타 효율의 향상이나 비용의 절감을 대상으로 하는 개선안의 검토 등.

이상과 같은 개선대상은 기업의 체질개선을 가져와 대내·외적으로 경쟁력을 강화할 수 있어 국

제정쟁력과 판매량신장을 도모할 수 있게 될 것이다.

그런데 개선하려는 생산라인을 고찰하면 각 공정이 단일설비나 단일기계로 이루어져있는 공정도 있으나 공정의 특성이라든가 라인바란싱 등을 감안하여 2대 또는 그 이상의 복수의 설비나 기계로 한 공정이 구성되어 있을 때도 있고, 전공정 또는 후공정과 연계되거나 전 및 후공정이 연결되어 있을 경우도 있다.

그러므로 개선하려는 대상으로 어떤 공정이 선정될 때 대상으로서는 단일공정만이 아니라 배에 따라서는 전공정이나 후공정 또는 전후공정을 동시에 개선하지 않으면 안되는 경우도 있다. 따라서 개선대상으로 선택되는 공정은 단독 또는 복수를 대상으로 하여야 하기도 한다[6].

본 연구에서는 이상의 모든 경우를 대상으로 하여 제한자원(예산, 자금 등)으로 개선하는 공정은 투입자원에 대한 개선효과가 큰 것부터 차례로 개선하여 나가기 위하여 유효치(Value of Effectiveness) 또는 유효율(Rate of Effectiveness)을 계산하여 전체공정에 대한 개선효과가 큰 것부터 개선하는 것으로 선택하여 나가는 과정을 이용하는 것이 첫째 특징이고, PC를 이용한 알고리즘으로 근사해를 찾아감으로써 최적해는 아니지만 컴퓨터프로그램에 의한 계산과정은 경제적이며, 또 용이한 것이 특색이라고 할 수 있다[6].

### 3. PC를 이용한 알고리즘

본 연구에서는 한 단계에서의 의사결정(개선)은 매개변수를 변환시키므로 단계별로 변화된 매개변수를 바탕으로 최적의 개선대안을 수립하는 방법이기 때문에 각 단계별로 최적해를 시도하기 위하여 동적계획법(Dynamic Programming)을 수리모델에 응용하고 있어서 근간은 비선형정수계획모형(Non-linear Integer Programming Model)에 DP를 이용한 근사해방식이다.

왜냐하면 비선형정수계획법으로는 전체공정수가 작을 경우에는 대입법으로 해결가능하나 전체공정수가 많을 경우에는 해결이 불가능하기 때문이다.

이와같은 구도하에서 다음과 같이 용어의 정의 및 알고리즘을 구상한다.

#### 3.1 가정 및 용어설명

사례를 중심으로 다단계 제조공정의 개선을 위한 논리를 전개하기 위하여 다음과 같이 가정 및 용어에 대하여 정의한다.

##### 3.1.1 가정

- 1) 초기공정시스템은 M대의 단일직렬공정으로 한다.
- 2) 단위공정불량률은 부가적으로 개선가능한 것으로 한다.
- 3) 전체공정의 개선대안중에는 선행개선대안이 존재할 수 있다.
- 4) 단위공정의 개선대안은 상호 독립적이다.

##### 3.1.2 용어정의

$PS(0)$  : 전체공정양호율

$QS(0)$  : 전체공정불량률

$P_i^*(0)$  : 공정  $i$ 의 양호율

$Q_i^*(0)$  : 공정  $i$ 의 불량률

$C_T$  : 전체투입가능자원(비용)

$C_i$  : 공정  $i$ 에 투입자원의 합

- $M$  : 전체공정수
- $m_i$  : 공정  $i$ 의 개선대안 수
- $d_{ij}$  : 공정  $i$ 의  $j$ 번째 대안
- $C_{ij}$  : 공정  $i$ 의  $j$ 번째 개선대안자원
- $r_{ij}$  : 공정  $i$ 를  $j$ 번째 대안으로 개선시 불량감소율
- $P_i^*(n)$  : 공정  $i$ 의 개선후 양호율
- $Q_i^*(n)$  : 공정  $i$ 의 개선후 불량률
- $E_{ij}$  :  $d_{ij}$ 의 자원에 의한 불량률감소비교계수
- $PS_n(n)$  : 단계  $n$ 에서의 전체공정양호율
- $P_i(C_{n-1})$  : 단계  $(n-1)$ 에서 자원  $C_{n-1}$ 을 투입하여 개선한 공정  $i$ 의 양호율
- $P_{ij}(C_n)$  : 단계  $(n)$ 에서 자원  $C_n$ 을 투입하여 개선한 대안공정  $ij$ 의 양호율
- $C_n$  : 단계  $(n)$ 에서 고려중인 대안공정  $i, j$ 에 투입되는 각각의 자원
- $C_{n-1}$  : 단계  $(n-1)$ 에서 개선한 공정  $i$ 에 투입되는 자원
- $f_n(S, C_n)$  : 단계  $(n)$ 에서 현재의 제한자원  $S$ 중에서  $C_n$ 을 투입하여 얻은 전체공정양호율
- $f_n^*(S)$  : 단계  $n$ 에서 시스템의 현상태가  $S$ 일 때 최적정책을 사용한 경우의 전체공정양호율
- $F_{ij}$  : 공정  $i$ 를  $d_{ij}$ 대안으로 개선시 공정선택계수
- $F_{ij}(d_{i_1j}, d_{i_2j}, \dots)$  :  $d_{i_1j}, d_{i_2j}, \dots$  등의 선행개선대안을 갖는 대안의 공정선택계수

3.2 수리적 전개

공정개선은 전체공정양호율  $PS$ 로서 각 부분공정양호율  $P_i$ 의 곱으로 표시되며, 전체공정불량률  $QS$ 는 식 (2)와 같다.

$$PS(n) = \prod_{i=1}^M P_i(n) \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$QS(n) = 1 - PS(n) = 1 - \prod_{i=1}^M P_i(n) \quad \dots \dots \dots (2)$$

개선대안  $d_{ij}$ 를 채택하였을 때 개선된 부분공정불량률  $Q_i^*(n+1)$ 과 부분공정양호율  $P_i^*(n+1)$ 과 개선전  $Q_i(n), P_i(n)$ 의 관계는 다음과 같다.

$$Q_i^*(n+1) = Q_i(n)(1 - r_{ij})^{X_{ij}} \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$P_i^*(n+1) = 1 - Q_i(n)(1 - r_{ij})^{X_{ij}} \quad \dots \dots \dots (4)$$

일반적으로  $X_{ij}$ 를 개선할 경우 그 개선하지 않은 경우를 변수로 정리하면 다음과 같다.

$$P_i(n+1) = 1 - Q_i(n)(1 - r_{ij})^{X_{ij}}, \quad (\text{단, } X_{ij} = 1 \text{이면 선택, } X_{ij} = 0 \text{이면 미선택})$$

따라서 식 (6)과 같은 자원제약조건하에서 전체공정불량률  $QS$ 를 최소화하려는 공정개선대안들의 결정문제이다.

그러므로 단계별로 최적화하여 가는 방향은 투입된 자원에 대하여 개선효과가 큰 개선대안을 선택해 나가면서 전체공정양호율  $PS$ 를 극대화하는 것이다.

$$\text{Max. } PS(X) = \prod_{i=1}^M P_i \left\{ (1 - (1 - P_i) \prod_{j=1}^{m_i} (1 - r_{ij})^{X_{ij}}) \right\} \cdots (5)$$

단  $i = 1, 2, \dots, M$   
 $j = 1, 2, \dots, m_i$

$$\text{s.t. } \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{m_i} C_{ij} X_{ij} \leq C_T \cdots \cdots \cdots (6)$$

여기서  $X_{ij} = 1$  또는  $0$ ,  $X_i \geq X_{ij}, \forall ij$  단,  $d_{ij} = d_{ij}$ 의 선행대안  
 식 (6)을 동적계획법의 순환방정식으로 나타내면  
 $\sum_{k \in G_i} C_k \leq S$  ( $S$ 는 반복  $k$ 에서 현시스템의 상태로서 각 단계별로 남아있는 제한자원임)

가 되고, 이러한 조건하에서 개선대안의 유효치  $F_{ij}$ 는 다음과 같다.

$$F_{ij} = \frac{P_i^*(n-1) + Q_i^*(n-1) r_{ij}}{C_{ij} P_i^*(n-1)} \cdots \cdots \cdots (7)$$

또 집단대안인 경우에는 식 (8)과 같다.

$$F_{Gij}(n) = \prod_{k \in Gij} \frac{P_{ij}(n)}{\sum_{k \in Gij} C_{ij} P_i^*(n-1)} \cdots \cdots \cdots (8)$$

여기서 대상으로 하는 대안은 다음과 같은 특성을 가진다. 즉, 대안은 단독으로 선택되는 것과 선행대안을 가져 2 또는 3 공정이 동시에 함께 선택되는 것(집단대안)으로 나누어 지는데,

- 첫째 : 집단대안이 동시에 함께 선택되는 경우
- 둘째 : 선행대안중 1개가 단독으로 먼저 선택된 다음에 다음 단계의 대안선택을 하는 반복과정에서 집단대안이 선택되는 경우(이 경우 단독으로 먼저 선택된 대안에 대하여는 추가로 투입되는 것은 없다).
- 셋째 : 3개 이상의 집단대안이 대안선택과정에서 단독으로 1개씩 선행대안부터 차례로 선택되는 경우(이 경우는 단독선택과 같다).

이상에서 개선대안은 단독 또는 집단으로 선택되어 나가는 과정에서 그때까지 남아있는 자원 범위내의 대안인가를 확인하여 선택하게 되며, 개선대안을 선택하는 하나의 반복이 끝난 다음에는 잔여자원한도를 초과하는 대안은 배제한다.

**3.3 PC를 이용한 알고리즘**

다단계 제조공정을 대상으로 기존공정의 불량률을 감소시키기 위하여 공정별로 한정된 개선대안을 고려하기로 하며, 어떤 개선대안은 선행대안이 있고, 투입할 수 있는 자원(자금, 예산 등)에도 제한이 따르며, 또 각 개선대안은 원(元)공정에 대한 개선효율과 개선에 소요되는 비용은 각각 다른 것을 전제로 한다.

그리고  $C_{ij}$ ,  $r_{ij}$  및  $F_{ij}$ 로 계산되는 공정개선대안 등의 확정단계는 다음 절차에 따라 결정된다.

(단계 1)  $F_{ij}$  값을 계산한다.

(단계 2)  $F_{(i)}$  중 가장 큰 값을 갖는  $P_{ij}(C_n)$ 을 선택한다.

(단계 3) 자원조건  $C_n \leq S$  인가?

i) Yes면  $f_n^*(S) = \text{Max.}(F_{(i)}) \times F_{n-1}^*(S - C_n)$  을 계산한다.

ii) No면  $F_{(i)}$  중 다음으로 큰 값을 갖는  $P_{ij}(C_n)$ 을 선택하여 (단계 3)으로 간다.

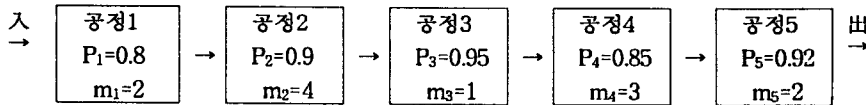
(단계 4)  $\text{Min.}(C_n) > S$ 이면 정지(STOP)한다.

이상과 같이 계산할 때 공정개선 의 증지는 모든 대안이 개선 또는 고려대상에서 제외키로 확정되었을 때 발생하며, 이 때가 전체공정불량률을 최소화시키는 개선정책이 된다.

4. 사례연구

본 연구를 위하여 구성한 모형(Model)의 구조와 그 계산과정을 간단한 예를 들어 시스템에서 고려하여야 할 특성을 포함하여 집약적으로 보이기로 하는 데 시스템의 규모가 일정한 크기까지는 동일한 방법으로 처리가능하다.

예제는 <그림 4-1> 및 <표 4-1>과 같이 구성되어 있다[6],[3].

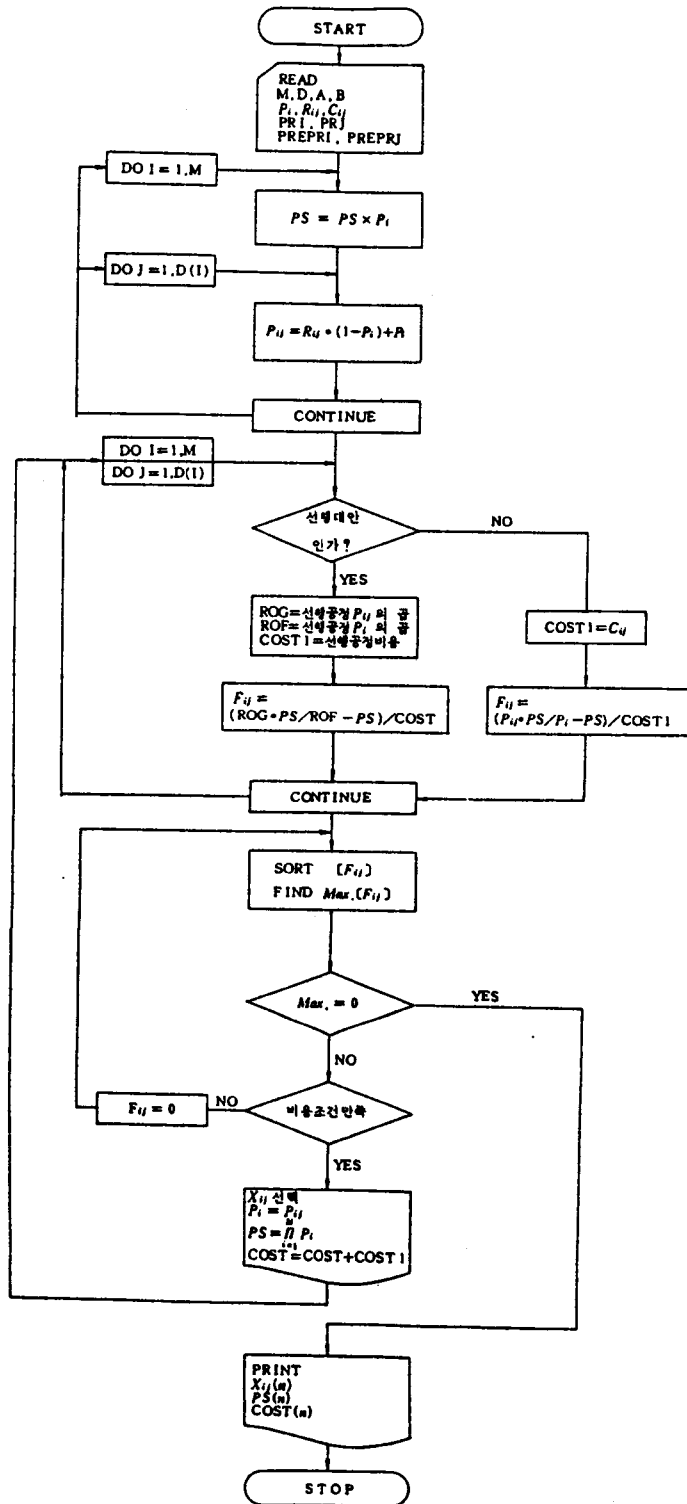


<그림 4-1>제조공정의 구조

< 표 4-1>공정의 개선대안 및 선행대안

항목 \ 공정	1		2		3		4		5		비 고	
$r_{ij}$	25	32	17	23	20	12	28	42	32	12		12
$C_{ij}$	12	50	22	32	16	9	37	50	10	39	19	31
$P_i$	0.8		0.9		0.95		0.85		0.92			

이 사례에 대한 DP연산과정을 흐름도표(Flow Chart)로 나타내면 <그림 4-2>와 같고, 컴퓨터로 프로그래밍하여 계산한 결과를 다음에서 보이기로 한다.



<그림 4-2> 연산흐름도



<연산과정>

(단계 1)  $\langle f_0^*(100) = 0.535 = \prod_{i=1}^M P_i \rangle \quad \langle C_T = 100 \rangle$

$$f_0^*(100) = \text{Max.}\{F(ij) \times f_0^*(100)\}$$

$$C_n \leq 100$$

<i>i</i>	1	2	3	4	5	비 고
$P_i$	0.8	0.9	0.95	0.85	0.92	$PS = 0.535$
$\text{Max. } F(ij)$	$F(1.1)$ = 0.279	$F(2.4)$ = 0.079	$F(3.1)$ = 0.021	$F(4.2)$ = 0.150	$F(5.2)$ = 0.035	$\text{Max. } F(ij)$ = $F(1.1)$

대안(1.1)선택,  $S = C_0 - C_{11} = C_T - C_{11} = 100 - 12 = 88$

(단계 2)  $f_2^*(88) = \text{Max.}\{F(ij) \times f_1^*(88 - C_n)\}$

$$C_n \leq 88$$

<i>i</i>	1	2	3	4	5	비 고
$P_i$	0.85	0.9	0.95	0.85	0.92	0.568
$\text{Max. } F(ij)$	$F(1.2)$ = 0.064	$F(2.4)$ = 0.084	$F(3.1)$ = 0.023	$F(4.2)$ = 0.138	$F(5.2)$ = 0.037	$F(4.2)$

대안(4.2)선택 [선행대안 : (1.1), (2.2)]  $\text{Cost} = C(4.2) + C(2.2) = 42$

[ ∵ C(1.1)은 단계 1에서 지불 ]

$$S = 88 - (C_{42} + C_{22}) = 88 - 42 = 46$$

(단계 3)  $f_3^*(46) = \text{Max.}\{F(ij) \times f_2^*(46 - C_n)\}$

$$C_n \leq 46$$

<i>i</i>	1	2	3	4	5	비 고
$P_i$	0.85	0.923	0.95	0.913	0.92	0.616
$\text{Max. } F(ij)$	$F(1.2)$ = 0.069	$F(2.4)$ = 0.068	$F(3.1)$ = 0.025	$F(4.1)$ = 0.059	$F(5.1)$ = 0.034	$F(1.2)$

대안(1.2)의 Cost는 50이므로  $50 > S$  (비용초과), 다음 순위의  $F(ij)$ 는

$$F(2.4) \Rightarrow \text{Cost} = 9 \text{로 대안(2.4)선택, } S = 46 - 9 = 37$$

(단계 4)  $f_4^*(37) = \text{Max.}\{F(ij) \times f_3^*(37 - C_n)\}$

$$C_n \leq 37$$

<i>i</i>	1	2	3	4	5	비 고
$P_i$	0.85	0.923	0.95	0.913	0.92	0.622
$\text{Max. } F(ij)$		$F(2.3)$ = 0.057	$F(3.1)$ = 0.025	$F(4.1)$ = 0.059	$F(5.1)$ = 0.034	$F(2.3)$

대안(2.3)선택, Cost = 16, S = 37 - 16 = 21  
 (단계 5)  $f_5^*(21) = \text{Max.}\{F(ij) \times f_4^*(21 - C_n)\}$   
 $C_n \leq 21$

<i>i</i>	1	2	3	4	5	비 고
<i>P<sub>i</sub></i>	0.85	0.923	0.95	0.913	0.92	0.631
<i>Max. F(ij)</i>		<i>F</i> (2.1) = 0.028	<i>F</i> (3.1) = 0.025	<i>F</i> (4.1) = 0.060	<i>F</i> (5.1) = 0.034	<i>F</i> (4.1)

대안(4.1)의 Cost는 50이므로 50 > S (비용초과), 다음 순위의 *F*(*ij*)는 *F*(5.1) => Cost =19로 대안(5.1)선택, S = 21 - 19 = 2

(단계 6)  $f_6^*(2) = \text{Max.}\{F(ij) \times f_5^*(2 - C_n)\}$   
 $C_n \geq 2$

(단계 6)에서 모든 대안의 *C<sub>n</sub>*이 S를 초과하므로 정지(STOP)한다.  
 (단계 5)까지의 전체공정양호율 (PS)은 초기치 0.535로부터 0.638로 향상되었다.  
 지금까지의 계산결과를 정리하면 <표 4-2>와 같다.

<표 4-2> 계산결과

개선의 단계	개선전	단계1	단계2	단계3	단계4	단계5	비 고
전체공정불량률 (PS)	0.535	0.568	0.616	0.622	0.631	0.638	0.2215(22.15%) 전체공정불량감소율
선택된 대안		x(1.1)	x(4.2) (2.2)	x(2.4)	x(2.3)	x(5.1)	

<표 4-2>에서 알 수 있는 바와 같이 100이라는 자원(예산, 금액 등)제약하에서 개선전의 공정에 대한 최적공정개선정책은 d<sub>11</sub>, d<sub>22</sub>, d<sub>23</sub>, d<sub>24</sub>, d<sub>42</sub> 및 d<sub>51</sub>의 개선대안을 선택하는 것이며, 이때 전체공정불량감소율 ΔQS는 다음과 같다.

$\Delta QS = 46.5 - 36.2 = 10.3(\%)$

그리고 개선전의 전체공정불량률 (QS)에 대한 감소효과를 알아보면 다음과 같이 22.15%가 된다.

개선전 전체공정불량률에 대한 감소효과 =  $\frac{\Delta QS}{QS} = \frac{10.3}{46.5} \times 100 = 22.15(\%)$

**5 결론**

본 연구에서는 단단계 제조공정을 대상으로 하여 공정을 개선함으로써 생산성의 향상, 품질의 향상 및 원가의 절감을 도모하는 데 주안점을 두었다.

특히 대내·외적으로 경제여건이 급변하고 있는 우리 기업의 상황으로서는 기업재질의 강화만이 대외경쟁력을 향상시켜 국내수요는 물론 수출경쟁력도 끌어올릴 수 있는 방편이 된다. 이러한 관점에서 PC를 이용하여서도 다음과 같은 경우의 공정개선을 도모할 수 있는 장점이 있다.

- 1) 품질특성의 유지 및 향상, 부적합원인 및 부적합률의 감소, 부적합원류의 제거 등의 품질 개선
- 2) 생산량의 증대, 공수의 절감, 공정의 균형화 등의 생산성 향상
- 3) 자재의 절약, 신재료의 대체, 스크랩절감 등의 원가절감

그러므로 본 연구는 개선대안에 투입되는 비용이나 개선대안을 채택함으로써 얻어지는 효과는 각각 상이한 것을 대상으로 하였고, 투입되는 비용에 대한 개선효과를 나타내는 유효율을 정하며, 이 유효율이 큰 것부터 차례로 개선대안을 채택하여 자원범위내에서 축차로 개선대안을 선택하는 방안이다.

끝으로 본 연구는 최적해법으로 해결하는 방법과 앞으로 이 방법론이 기업체의 실례를 이용한 연구가 보다 실질적인 것으로 연구되기를 기대하여 둔다.

## 참 고 문 헌

- [1] 황의철, 「품질경영 - TQC활용에 의한 -」, 박영사, 1992.
- [2] 新郷重夫, 「源流検査とポカヨケシステム :ゼロQC方式への展開, 日本能率協會」, 1985.
- [3] Salvendy, G., 「Handbook of Industrial Engineering」, Wiley-Interscience, 1982.
- [4] Hadley, G., 「Nonlinear and Dynamic Programming」, Reading, Mass., Addison-Wesley, 1964.
- [5] Bellman, R., 「Modern Analytic and Computational Methods in Science and Mathematics」, N.Y., Elsevier Publishing Co., 1968.
- [6] 조남호, "다단계 제조공정의 품질개선을 위한 종속대안선택 근사해법", 한양대학교 대학원, 1988.
- [7] 대외경제정책연구원, "WTO출범과 신교역질서 -분야별 내용과 시사점-", PP. 11 - 53, 1994.
- [8] Banerjee, S.K. and Rajamani, K., "Optimization of System Reliability Using a Parametric Approach," *IEEE Trans. Reliability*, Vol. R-22, April, PP.35-39, 1973.
- [9] Black, G. and Proschan, F., "On Optimal Redundancy," *Operations Research*, Vol. 7, No.5, PP.581-588, 1959