

## 장치산업에서의 개선된 공정할당방법 개발

김종열

유한킴벌리(주) 안양공장

강창욱

한양대학교 산업공학과

## Development of Improved Process Allocation Method in Process Industry

Jong-Yul Kim

Anyang Mill, Yuhan-Kimberly, Ltd.

Chang-Wook Kang

Dept. of Industrial Engineering, Hanyang University

### Abstract

It is very important to rationally allocate manufacturing processes because customer's needs are being various, and product life cycle in the market is being shortened. The process allocation is needed before making process control plan and is mostly being done by the field experience or intuition of machine operator, process engineer and/or maintenance technician. Therefore, a modified allocation method using the process variation is proposed. This paper presents the result of comparative studies between current method and the proposed one.

### 1. 서론

오늘날 제조업을 중심으로한 시장환경 변화를 보면 고객의 요구사항은 다양해지고, 제품의 수명 주기는 단축되면서 부가가치는 높아지고 있다. 이러한 환경변화에 대응하기 위해 기업은 경쟁적으로 신제품을 출시하고 있으며 이때 신

속하게 신제품의 품질을 안정시키지 못하면 생산과정에서 발생하는 품질불량으로 인해 기업경영에 큰 타격을 입는다.

이러한 상황을 고려할 때 처음부터 품질계획을 체계적으로 수립하여 자원을 합리적으로 관리함이 중요하다. 업종에 따라 다소 차이는 있지만 장치산업의 경우 품질계획을 정보 흐름에

기초하여 ①시장 특성의 분석 → ②제품 또는 서비스 설계 → ③제품 또는 서비스 규격서 작성 → ④ 공정할당(process allocation) → ⑤ 공정관리계획 순으로 분류할 수 있다.

여기서 생산이 다루어야 할 부분은 공정할당과 공정관리계획이며, 공정할당이 합리적으로 되어 있어야 공정관리계획을 잘 수립할 수 있다. 그러나 복잡 다단한 공정들을 합리적으로 할당하기란 상당히 난해한 작업으로서 대개 현장의 경험과 직관력으로 공정을 할당한다. 이러한 할당 과정이 합리적으로 이루어지지 않으면, 자사와 협력회사 사이에 품질책임이 모호해 서로 품질 책임을 미루다 보면 품질개선이 늦어져 상당기간 동안 생산공정에서 낭비나 지연시간이 발생하거나 신제품의 품질 불안정으로 인해 신제품의 시장 출시가 늦어진다.

공정할당에 대한 기존의 연구자료를 참고하기 위해 연구논문, 학술지 등을 조사했으나 이 분야에 대한 자료수집이 미흡하여, 최근 국내 제조업의 공정관리 실태를 알아보려 장치산업에 속하는 기업 100개를 표본추출하여 우편설문조사(mail survey)를 했더니, 46개 기업이 응답하여 회수율은 46%로 나타났으며, 응답한 46개 기업 가운데 공정할당을 하고 있다고 답한 기업은 27개(58.7%)로 조사되었다. 그러나 이들 27개 기업 중에서 기존의 방법에 만족하는 기업은 불과 9개(19.6%) 뿐 이었고, 나머지 18개(39.1%) 기업은 기존의 방법에 대해 개선할 필요가 있다고 했다. 공정할당을 하지 않는 기업과 기존의 방법을 개선해야 한다고 응답한 기업을 고려해볼 때 보다 체계적이고, 합리적인 공정할당 방법의 연구가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 현장경험과 직관력에 의해 공정을 평가하는 기존의 공정할당방식(기존방식)과 통계적 분석 자료를 활용하여 평가하는 공정할당방식(제안방식)을 비교·분석해서 제안방식이 공정할당을 하는데 효과적임을 입증하고, 품질향상을 위한 개선된 공정할당 방법을 개발하고자 한다.

## 2. 공정할당

### 2.1 공정할당에 대한 개요

공정할당은 process allocation이란 단어를 한글로 표현한 것이며 미국 킴벌리 클락사에서 1980년대 중반부터 기술적품질계획(technical quality plan)이라는 프로그램 중 한 요소로서 오늘날까지 사용하고 있다. 이것은 공정관리에 있어 단순한 원인과 결과적 접근을 넘어서 두 가지 이점을 갖고 있다. 첫째, 사원들의 축적된 지식을 조직화하여 이용함으로써 공정을 관리하거나 개선하는데 유용하다. 둘째, 공정 내 어느 한 단계에 의해 영향을 받을 수 있는 품질특성들 간의 상호작용에 역점을 둔다. 경우에 따라서는 다양한 요구사항을 만족시키기 위해 타협할 필요도 있으며 고객의 요구사항은 사람, 기계, 재료 또는 이 세 가지의 조합에 의해 만족된다.

제품 또는 서비스 규격서에 기술되어 있는 품질특성 또는 서비스 요구사항들이 자사 또는 협력회사 내의 어디에선가 실행 되어야 하는데, 공정할당이란 이러한 품질특성 또는 서비스 요구사항들에 대해 전(全) 공정을 통하여 관리 가능한 관리점들(possible control points)을 찾고, 품질특성에 영향을 미치는 정도에 따라 가중치를 부여하며 공정을 체계적으로 분류하는 작업을 말한다. 이러한 과정은 사람들의 의견을 수치화 하는 첫 단계이며 이렇게 함으로써 공정에 대한 일관된 이해를 갖게된다.

관리계획을 설계한다는 것은 관리하지 않음으로서 일어나는 사업상의 리스크와 얼마나 많이 관리해야 하는 것과의 균형을 이루도록 하는 것이다. 사람들은 대개 자신들의 관리범위 내에 있는 일들에 대해서만 반응할 수 있다. 그러나 사람들은 자신들이 직접 영향을 줄 수 없는 특성들까지 점검하도록 요구를 받게되고, 그 결과에 대해 책임도 지게된다. 따라서 공정할당을 통해 작성된 공정관리계획에는 전(全) 공정 중

가장 신속하고 효과적인 관리점을 확인하는 것과 특성들을 누가 언제 관리해야하는지가 포함된다.

가능한 모든 공정조건들 중 어느 것이 품질 특성에 가장 영향을 주는가를 판가름하는 이상적이고도 정확한 예측방법이 요구되고있는데 이에 따른 해결방안으로 전문가들을 모아 의문점

들을 서로 토의하도록 하여 이들의 사고에 대한 합의를 이루어낸다. 여기서 전문가들이란 공정을 설계하고, 기계를 운전하고, 정비하는 사람들을 말한다.

다음 <그림 1>에 소개한 Y사의 품질경영 그리드(grid)를 보면 공정할당의 중요성을 이해할 수 있다.

	고객은 무엇을 원하는가?	회사가 제공할 수 있는 것은 무엇인가?	어디서 니즈가 만족되는가?	어떻게 니즈가 만족되는가?	언제 니즈가 만족되는가?
품질경영 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 연구 및 엔지니어링 프로젝트</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 통계적 평가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 연구 및 엔지니어링</li> <li>· 공장에서 시험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 연구 및 엔지니어링</li> <li>· 공장에서 시험</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 연구 및 엔지니어링</li> <li>· 공장에서 시험</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 제품설계서</li> <li>- 목표치</li> <li>- 변동</li> <li>- 시험방법</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 완제품규격서</li> <li>- 목표치</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 공정할당</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 재료규격서</li> <li>· 공정규격서</li> <li>· 작업지시서</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 공정관리계획</li> </ul>
전략	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 제품설계서</li> <li>- 감각</li> <li>- 기능</li> <li>- 가치</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 완제품규격서</li> <li>- 변동(불량)</li> <li>- 검사/시험</li> </ul>	운전자 / 전문가 견해		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 연구프로젝트</li> </ul>				
관련기능	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 마케팅</li> <li>· R&amp;D</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 사업부</li> <li>· 연구 및 엔지니어링</li> <li>· 공장</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 연구 및 엔지니어링</li> <li>· 공장</li> <li>· 구매</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 연구 및 엔지니어링</li> <li>· 공장</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 연구 및 엔지니어링</li> <li>· 공장</li> <li>· 구매</li> </ul>

< 그림 1 > Y사의 품질경영 그리드

기존방식과 제안방식에 대한 공정할당 방법을 정리하면 다음과 같다.

된 공정부분을 보면 다음과 같다.

단위: %

### 2.2 기존방식에 의한 공정 할당

이 방식은 해당 생산공정에 관련된 전문가(팀원)들의

의견을 모으고, 계량화하여 주요 공정관리점들을 결정하는 것으로서 현장의 경험과 직관력에 의존하는 방식이며 10 단계로 구성되어 있다.

단계 1: 해당 제품 또는 서비스 규격서를 준비한다.

단계 2: 전문가 팀을 구성하여 주 공정을 확인한다.

설계기사, 공정기사, 정비기사, 운전자 등으로 팀을 구성하며, 준비된 제품 또는 서비스 규격서를 보면서 완제품이 나오는 마지막 공정에서부터 역으로 각 공정을 확인 해나간다.

단계 3: 공정의 흐름도에 대해 팀의 합의를 도출한다.

공정의 중간 부분에서 끝나는 지점과 그 다음 시작 부분을 명확히 구분해야 하며, 이때 팀의 동의가 필요하다.

단계 4: 제품 또는 서비스 규격서 에서 관리되어야 할 품질특성 목록을 작성한다.

단계 5: 기술적으로 충분히 논의할 수 있는 리더를 선정한다.

경험이 많은 전문가를 리더로 선정하면 나머지 팀원들이 아무런 의문 제기 없이 막연히 리더의 의사에 따르는 경향이 있으므로 가능한 한 과학적 지식은 많으나 세부공정에 대해 자세히 알지 못하는 사람이 적격이다.

단계 6: 품질특성마다 어느 공정에서 관리되어야 하는지 팀원 자신이 생각하는 공정에 × 표기를 한다.

<예> 미용 화장지의 품질특성 중 치수에 관련

공정	품질특성	설비 공정								재료						
		원단 풀기	종이 접기	당 김	절 단	압 축	카톤 포장	박스 포장	박스 접착	계	원단	카톤	향료	접착제	박스	계
치수	날장길이	×	×	×	×	×					×					
	날장나비	×	×	×		×					×					

단계 7: 각 팀원은 공정 전체를 100%로 하여 추정된 관리점 마다 가중치를 할당한다.

<예> 미용 화장지의 품질특성 중 날장길이에 대해 4명의 팀원이 할당한 것이다.

단위: %

평가자 공정	팀원 1	팀원 2	팀원 3	팀원 4
원단풀기	5	1	3	10
종이접기	0	4	1	3
당 김	3	7	20	2
절 단	5	0	5	8
압 축	1	5	2	1
원 단	86	83	69	76
계	100	100	100	100

단계 8: 단계 7에서 각 팀원이 할당한 수치를 평균한다.

단위: %

평가자 공정	팀원 1	팀원 2	팀원 3	팀원 4	평균
원단풀기	5	1	3	10	5
종이접기	0	4	1	3	2
당 김	3	7	20	2	8
절 단	5	0	5	8	4
압 축	1	5	2	1	2
원 단	86	83	69	76	79
계	100	100	100	100	100

단계 9: 마스터 매트릭스(master matrix)를 준비하여 단계6에서의 ×표기 대신에 할당치의 평균을 기록한다.

단위: %

공정 품질특성		설비공정								재료						
		원단 풀기	중이 접기	당김	절단	압축	카톤 포장	박스 포장	박스 접착	계	원단	카톤	항료	접착제	박스	계
치수	날장길이	5	2	8	4	2				21	79					79
	날장나비	40	3	35		5				83	17					17

위 매트릭스에서 날장길이의 경우 재료인 원단이 중점관리 부분이며, 날장나비의 경우는 설비공정에서 원단풀기 및 당김 공정이 중점관리 부분이다. 이와같이 각 공정부분별로 할당치를 확인함으로써 중점관리 해야할 부분이 어디인지 명확 해진다.

단계 10: 각 품질특성들의 할당이 완료될 때까지 위 단계들을 반복하여 마스터 매트릭스를 완성한다.

### 2.3 제안방식에 의한 공정할당

공정능력측정 프로세스를 기존의 공정할당 방식에 접목한 것으로서, 장치산업의 특성상 공정변동이 대부분 설비의 변동과 재료의 변동으로 이루어져 있으므로 공정변동으로부터 설비에 의한 변동과 재료에 의한 변동을 분리하여 각각의 기여율을 산출한다. 그리고 이 과정에서 산출된 기여율을 정보로 하여 기존방식의 공정할당 단계7에 연계하는 방식이며, 품질특성 중 계량치 항목의 공정할당에 적합하다[1,3,5,8].

#### 2.3.1 공정변동을 구성하는 요소

공정변동에 영향을 미치는 기본요소는 공정을 형성하는 사람(man), 설비(machine), 재료(material), 방법(method)의 4M과 측정(measurement)이다[2, 4].

#### 2.3.2 공정변동측정의 이론 및 프로세스

공정변동측정 단계를 목표의 정의 → 운전조건의 설정 → 공정변동측정의 설계 → 공정변동측정의 실행 → 데이터 수집 → 데이터 분석

→ 보고서 작성 순으로 분류할 수 있다.

- (1) 목표의 정의: 공정변동을 측정하는 것은 어떤 목적에 대한 하나의 수단이며 산출물은 그 측정의 분석으로부터 얻는 정보이다.
- (2) 운전조건의 설정: 공정변동측정은 구체적으로 설정한 운전조건 하에서 공정의 변동성을 평가하는 방법이므로 측정의 목표에 따라 운전조건이 달라진다.
- (3) 공정변동측정의 설계: 공정변동측정의 설계에서는 동일한 기간의 연속된 샘플링 구간과 고정된 샘플크기가 요구된다.

공정변동을 측정하기 위한 설계요소로서는 4가지가 있다.

#### ① 부분군윈도(subgroup window)

공정변동 측정시 부분군윈도를 얼마나 크게 할 것이냐의 결정은 측정의 목표에 따라 달라진다.

#### ② 샘플크기(sample size)

샘플크기가 크면 클수록 공정변화(평균과 표준편차의 변화)를 발견하는데 더 민감하다. 즉 변화가 심한 공정을 관리하기 위해서는 보다 큰 샘플크기가 요구된다[11].

#### ③ 부분군의 수(number of subgroups)

부분군윈도와 더불어 부분군의 수가 공정변동 측정의 길이를 결정한다. 최소한 20개의 부분군은 필요하다.

#### ④ 부분군 간의 시간(time between subgroups)

부분군 간의 시간은 원칙적으로 변화하는 기간으로 해야한다. 그러나 실행상의 어려움 때문에 대개 동일한 기간으로 한다. 단, 샘플링 기간이 공정 내에 한 사이클에 일치되지 않도록 구성한다.

부분군원도를 W, 부분군 간의 시간을 B, 측정의 총 기간을 T, 그리고 부분군의 수를 S라 하면 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$T = WS + (S-1)B \quad B = (T-WS) / (S-1)$$

공정변동측정에서 사용되는 용어 해설은 다음과 같다.

- 가. 부분군원도(subgroup window): 각 샘플링 주기의 기간
- 나. 부분군 간의 시간(time between subgroups): 각각의 샘플링을 하지 않는 주기의 기간
- 다. 부분군(subgroup): 부분군원도 동안에 수집한 샘플의 집합
- 라. 샘플(sample): 제품의 개별단위
- 마. 샘플크기(sample size): 부분군 내에 들어 있는 샘플의 수를 말하며 n으로 표시한다.

(4) 공정변동측정의 실행: 공정변동측정에 참여한 모든 사람들이 공정변동측정의 목표와 전반적인 계획을 명확히 이해하고 각 부분군원도 동안에 n개 샘플을 무작위로 수집한다.

(5) 데이터 수집: 각 샘플은 어느 것이든 부분군원도 동안에 취해진 것이고, 정해진 시험원 및 시험장비에 의해 시험된다.

(6) 데이터 분석: 공정변동측정의 분석과정에서 「시그마」(σ)를 3 가지로 분류한다.

$\sigma_w$  : 군내(within subgroup)의 표준편차로서 부분군 내에서 나타나는 변동의 량이며 가끔 단기간의 변동이라고도 한다.

$\sigma_B$  : 군간(between subgroups)의 표준편차로서 부분군에서 부분군까지 공정 내에서의 추정 변동량을 나타낸다.

$\sigma_T$  : 장기간의 표준편차로서 공정변동측정 동안에 나타난 공정변동의 총량이며  $\sigma_w$ 와  $\sigma_B$ 의 조합이다.

$$\sigma_T = \sqrt{\sigma_w^2 + \sigma_B^2}$$

변동성의 추정은 공정변동측정을 운영하는 방법에 달려있으며  $\sigma_w$ 는 부분군원도의 크기에 따라 변한다. McCormick[9]에 의하면, 부분군원도의 크기 대  $\sigma_T$ 의 한 중요한 관점은 부분군원도의 선택이 부분군 내에 나타난 변동량에 큰 영향을 줄 수 있다는 것이다.

### 2.3.3 공정을 형성하는 요소의 변동측정[5]

공정을 형성하는 요소들은 각각 고유의 산포를 갖고 있으므로 이들을 합성한 공정도 고유의 산포를 갖게된다. 따라서 공정변동은 이들 요소의 변동으로 분해될 수 있다. 공정변동과 이것을 구성하는 요소의 변동과는 상호 밀접한 관계가 있으나 이것들의 공정변동에 대한 기여의 정도는 업종, 생산형태, 생산방식 등에 따라 다르다.

이상에서와 같이 공정은 각 요소의 합성에 의해서 형성되는 것이므로 각 요소마다 분리하고 총별 하여 각각의 기여율을 산출하여 공정할 당에 이용할 수 있다.

따라서 장치산업의 특성을 고려하여 공정의 변동을 형성하는 요소에 대한 측정은 다음과 같다.

(1) 설비의 변동측정: 설비의 변동은 일반적으로 설비변동 또는 기계변동이라 불리고 있다. 이들의 공정에 대한 기여도는 다른 요소에 비해 상대적으로 크다. 그러나 공정의 한 요소로 간주하여 사람, 방법, 재료 등과 같은 요소들의 영향을 최소화 할 수 있도록 측정한다.

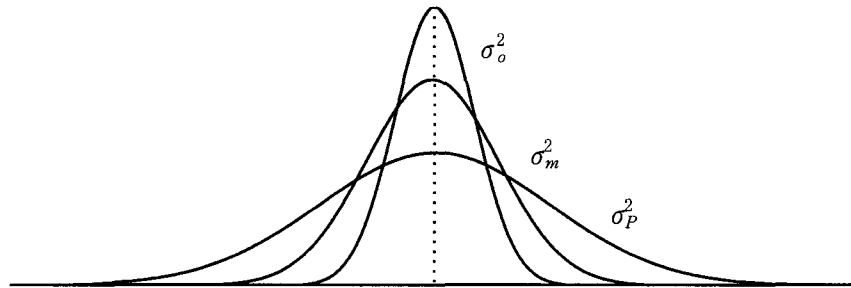
(2) 재료의 변동측정: 재료에 의해서 야기된 변동만을 분리해 내어야 하므로 재료 이외의 공정요소 즉 설비, 사람, 방법 등에 대해서는 변화를 주지 않는다. 따라서 유일하게 재료에 대해서만 로트를 변경하면서 생산한다.

$$\text{공정변동을 } \sigma_p^2 \text{이라 하면 } \sigma_p^2 = \sigma_m^2 + \sigma_o^2$$

여기서  $\sigma_m^2$ : 설비의 변동

$\sigma_o^2$ : 설비 이외의 변동

이들을 정규분포곡선으로 표현하면 <그림 2>와 같다.



< 그림 2 > 공정의 변동

재료 외에는 변화를 주지 않으므로 설비 이외의 변동 = 재료의 변동이라 할 수 있다. 따라서 재료의 변동을  $\sigma_r^2$ 이라 하면,  
 $\sigma_o^2 = \sigma_r^2$      $\sigma_p^2 = \sigma_m^2 + \sigma_r^2$      $\sigma_r^2 = \sigma_p^2 - \sigma_m^2$

### 3. 사례연구

공정할당을 하는데 있어 서로 다른 2가지 방식(기존방식과 제안방식)중 어느 것이 더 효과적인지 비교·분석 하기 위해 적용한 Y사의 연구사례를 정리한다.

#### 3.1 기존방식에 의한 공정할당

신규로 설치하여 가동중인 No.4 생산라인과 이 라인에서 생산되는 신제품인 U제품(위생대)을 선택하고, 품질특성으로는 계량치 항목인 끝봉합 강도로 정했다. 다음 <그림 3>은 U제품

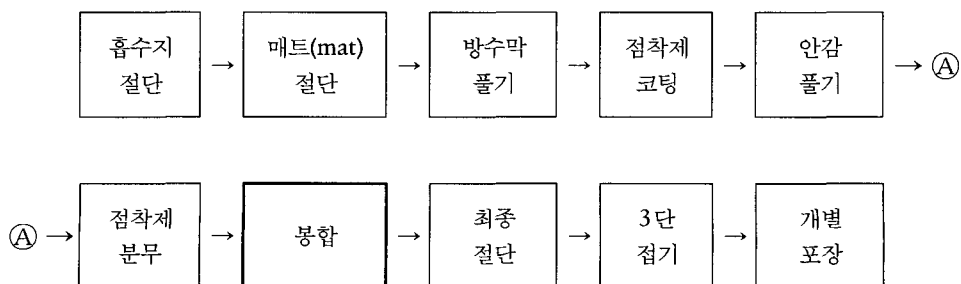
생산라인의 공정흐름을 나타내며 이것은 공정할당에 참여한 전문가들에 의해 합의된 것이다.

그리고 생산라인에 관련된 각 전문가(평가자) 4명의 회합을 통해 20회에 걸쳐 공정할당을 했다.

- (1) 끝봉합강도가 어느 공정부분에서 관리되어야 하는지 각자 생각한 곳을 단계6 매트릭스에 X로 표기하였으며, 그들 중 하나(일련번호: 01)를 예로서 정리하면 다음 <표 1>과 같다.
- (2) 끝봉합강도에 대해 20회 실시한 공정할당을 단계9의 마스터 매트릭스에 정리하면 다음 <표 2>와 같다.

<표 2>에서 보는바와 같이 기존방식에 의한 공정할당의 경우, 설비공정에서는 점착제 코팅과 봉합공정, 재료에서는 안감이 중점관리 부분으로 나타났다.

- (3) <표 2>에서 산출된 설비공정 대 재료의 할당비율을 일련번호별로 정리하면 다음 <표 3>과 같다.



< 그림 3 > U제품 생산라인의 공정 흐름도

< 표 1 > U제품의 끝봉합강도 관련 공정체크

일련번호: 01

단위: %

공정 품질특성	설비공정										재료							
	흡수지절단	매트절단	방수막폴기	점착제코팅	안감폴기	점착제분무	봉합	최종절단	3단접기	개별포장	계	방수막	점착제	안감	흡수지	부직포	티슈	계
끝봉합강도			×	×	×		×					×	×	×				

< 표 2 > U제품의 끝봉합강도에 대한 기존방식의 공정할당

단위: %

공정 일련번호	설비공정										재료							
	흡수지절단	매트절단	방수막폴기	점착제코팅	안감폴기	점착제분무	봉합	최종절단	3단접기	개별포장	계	방수막	점착제	안감	흡수지	부직포	티슈	계
01			5	42	2		22				71	9	9	11				29
02			5	30			15				50			50				50
03			5	30			35				70	10	5	15				30
04				30			20				50	10		40				50
05				20			40				60		20	20				40
06			5	35			25				65	10	5	20				35
07				30			40				70	10		20				30
08			5	50	5		30				90	10						10
09				20			40				60	10	10	20				40
10				30			30				60	20		20				40
11			4	60			15				79	5	8	8				21
12			10	30	10		25				75		5	20				25
13			5	25			40				70	10		20				30
14			5	30	5		20				60	10	10	20				40
15				45			25				70	5		25				30
16			12	30			7				49		8	43				51
17				55			25				80	5	10	5				20
18			5	65	5		5				80	5	5	10				20
19			8	20	7		10				45	5	5	45				55
20			4	40	4		2				50		10	40				50
평균			3.9	35.9	1.9		23.5				65.2	6.7	5.5	22.6				34.8

< 표 3 > 설비공정 대 재료의 할당비율

단위: %

일련번호 구분	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	평균	최대	최소
설비공정	71	50	70	50	60	65	70	90	60	60	79	75	70	60	70	49	80	80	45	50	65.2	90	45
재료	29	50	30	50	40	35	30	10	40	40	21	25	30	40	30	51	20	20	55	50	34.8	55	10



<표 3>에서보면 기존방식으로 공정할당을 20회 실시한 결과, 공정변동에 대한 기여율에서 설비공정이 65.2%, 재료가 34.8%로 나타났으며 설비 공정이나 재료에서 모두 편차가 심해 범위(range)가 45%p에 달한다.

### 3.2 제안방식에 의한 공정할당

기존방식과 동일한 생산라인, 제품 및 품질특성을 대상으로 설비에 의한 변동 및 재료에 의한 변동을 각각 20회 측정하여 설비에 의한 변동과 재료에 의한 변동의 비율을 구하고, 이 비율을 정보로 하여 기존방식의 공정할당 단계7로 연결하여 공정을 할당했으며 그 내용을 정리하면 다음과 같다.

#### 3.2.1 설비변동의 측정

##### (1) 운전조건의 설정

- ① 공정이 설계상태에 있도록 하고, 설비변동의 측정기간 동안에 기계를 조정하지 않는다.
- ② 기계속도는 정규 생산속도로 하고, 변화를 주지 않는다.
- ③ 동일한 로트의 정상 재료를 사용한다.
- ④ 정규 운전자가 운전하도록 한다.
- ⑤ 샘플링을 하는 도중에 공정트러블이 생기면, 샘플 채취를 중단했다가 정상으로 회복된 후에 다시 계속한다.

##### (2) 설계

- ① 부분군원도: 3초    ② 샘플크기: 4개    ③ 부분군의 수: 25개    ④ 부분군 간의 시간: 27초    ⑤ 공정변동측정의 총 시간: 12분 3초
- $$T = WS + (S-1)B = 3 \times 25 + (25 - 1)27 = 12\text{분 } 3\text{초}$$

##### (3) 실행(샘플채취)

부분군원도 동안에 4개의 샘플을 취해야 하므로 27초 마다 한 package(18개입)씩을 취한 후 그 package 속에서 1, 7, 13, 및 18번 제품을 꺼집어 낸다. 25회 반복 하므로서 25 부분군을 형성한다.

##### (4) 끝봉합강도 시험

시험원 및 측정장비의 오차를 최소화 하기 위해 지정된 시험원과 측정장비로서 시험한다

[10].

##### (5) 데이터 정리 및 분석

측정한 끝봉합 강도에 대해  $\bar{X}$ -R 관리도를 작성해서 정규 분포 여부를 확인하고,  $\bar{\bar{X}}$ ,  $\bar{R}$  및  $\hat{\sigma}_m$ 을 계산한다[6, 7].

#### 3.2.2 재료변동의 측정

##### (1) 운전조건의 설정

끝봉합 강도에 영향을 주는 재료 즉 안감과 방수막은 생산일자가 서로 다른 각 3 로트를 인위적으로 혼합하여 사용했으며, 기타 조건은 설비변동의 측정시와 동일하다.

##### (2) 설계

- ① 부분군원도: 3초    ② 샘플크기: 4개,    ③ 부분군의 수: 25개    ④ 부분군 간의 시간: 4분 57초(297초),    ⑤ 공정변동 측정의 총 시간: 120분 3초

$$T = WS + (S-1)B = 3 \times 25 + (25 - 1)297 = 120\text{분 } 3\text{초}$$

##### (3) 실행(샘플채취)

부분군원도 동안에 4개의 샘플을 취해야 하므로 4분 57초 마다 한 package(18개입)씩을 취한후 그 package에서 1, 7, 13, 및 18번 제품을 꺼집어낸다. 25회 반복하여 25 부분군을 준비한다.

##### (4) 끝봉합강도 시험

설비변동의 측정시와 동일하다.

##### (5) 데이터 정리 및 분석

측정한 끝봉합 강도에 대한  $\bar{X}$ -R 관리도를 작성하여 정규분포 여부를 확인하고,  $\bar{\bar{X}}$ ,  $\bar{R}$ , 및  $\hat{\sigma}_p$ 를 계산한다.

단, 여기서 재료변동  $\hat{\sigma}_r^2$ 은 설비변동과 재료변동이 합쳐진 변동  $\hat{\sigma}_p^2$ 에서 설비변동  $\hat{\sigma}_m^2$ 을 뺀 것이다. 즉,  $\hat{\sigma}_r^2 = \hat{\sigma}_p^2 - \hat{\sigma}_m^2$

20회에 걸쳐 실시한 3.2.1 설비변동의 측정과 3.2.2 재료변동의 측정 데이터를 각각 정리하면 <표 4>와 같다.

< 표 4 > 설비의 변동과 재료의 변동 측정 데이터

단위: g

통계치 일련번호	$\bar{X}$	$\bar{R}$	$\hat{\sigma}_p$	$\hat{\sigma}_m$	$\hat{\sigma}_r$
01	410.8	115.1	55.9	44.1	11.8
02	490.3	112.0	54.4	43.2	11.2
03	470.2	142.7	69.3	52.2	17.1
04	595.3	139.3	67.7	54.9	12.8
05	444.2	124.0	60.2	48.9	11.3
06	485.9	128.2	62.3	49.1	13.2
07	516.9	129.8	63.0	52.1	10.9
08	485.3	118.8	57.7	47.6	10.1
09	486.4	109.2	53.0	42.3	10.7
10	440.4	114.7	55.7	36.3	19.4
11	533.1	128.6	62.5	49.1	13.4
12	525.5	134.8	65.5	53.9	11.6
13	499.8	126.8	61.6	49.0	12.6
14	416.2	115.4	56.0	44.4	11.6
15	486.3	117.8	57.2	47.5	9.7
16	515.4	116.4	56.5	45.7	10.8
17	468.1	122.4	59.4	48.1	11.3
18	503.4	115.8	56.2	44.9	11.3
19	491.8	115.7	56.2	45.6	10.6
20	400.5	116.8	56.7	46.7	10.0

3.2.3 설비변동 대 재료변동의 비율

<표 4>의 자료에 따라 설비에 의한 변동과 재료에 의한 변동 간의 비율을 정리하면 <표 5>와 같다. 즉, 설비의 변동 및 재료의 변동을 각각 20회 측정하여 통계 처리한 결과 설비의 변동이 평균 79.6%, 재료변동이 평균 20.4%로 나타났고, 범위는 18%p이다.

3.2.4 제안방식에 의한 공정할당의 마스트 매트릭스 작성

3.1 기존방식에 의한 공정할당에서 했던 동일한 전문가 4명이 <표 5> 설비변동 대 재료변동의 20회 평균 비율을 정보로 하여 기존방식의 공정할당 단계 7로 연결한다.

< 표 5 > 설비변동대 재료변동의 비율

단위: %

공정구분 \ 일련번호	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	평균	최대	최소
	설비	79	79	75	81	81	79	83	82	80	65	79	82	80	79	83	81	81	80	81	82	79.6	83
재료	21	21	25	19	19	21	17	18	20	35	21	18	20	21	17	19	19	20	19	18	20.4	35	17

(1) 각 팀원은 공정 전체를 100%로 하여 추정 한 관리점 마다 가중치를 할당했으며 그 결과 <표 6>과 같다.

< 표 6 > 각 팀원의 공정할당

단위: %

평가자	팀원 1	팀원 2	팀원 3	팀원 4
방수막 풀기	36	22	44	30
점착제 코팅	32	40	28	24
안감 풀기	7	10	5	11
봉합	5	8	3	15
방수막	4	2	7	4
점착제	10	7	9	14
안감	6	11	4	2
계	100	100	100	100

(2) 위 <표 6>에서 할당한 수치를 평균하면 다음 <표 7>과 같다.

< 표 7 > 공정할당치의 평균

단위: %

평가자	팀원 1	팀원 2	팀원 3	팀원 4	평균
방수막 풀기	36	22	44	30	33
점착제 코팅	32	40	28	24	31
안감 풀기	7	10	5	11	8
봉합	5	8	3	15	8
방수막	4	2	7	4	4
점착제	10	7	9	14	10
안감	6	11	4	2	6
계	100	100	100	100	100

(3) 준비된 마스트 매트릭스에 공정할당의 평균치를 기록했으며, 그 내용은 <표 8>과 같다.

< 표 8 > U제품의 끝봉합강도에 대한 제안방식의 공정할당

단위: %

공정	설비공정								재료									
	흡수지절단	매트절단	방수막풀기	점착제코팅	안감풀기	점착제분무	봉합	최종절단	3단접기	개별포장	계	방수막	점착제	안감	흡수지	부직포	티슈	계
품질 특성																		
끝봉합 강도			33	31	8		8				80	4	10	6				20

위 <표 8>에서 보는바와 같이 제안방식에 의한 공정할당의 경우, 설비공정에서는 방수막 풀기와 점착제 코팅, 재료에서는 점착제가 중점 관리 부분으로 나타났다.

### 3.3 효과 비교분석

현장의 경험과 직관력에만 의존하여 공정을 평가하는 기존의 방식과 통계적 분석 자료를 활용하여 평가하는 제안방식을 각각 생산 현장의 공정관리에 1개월씩 적용했으며, 그 효과를 비교·분석한 결과 다음과 같다.

#### 3.3.1 유형 효과

기존의 방식을 적용하여 공정관리를 한 경우, 끝봉합강도 불량률이 0.64% 발생했으나 제안방식 적용 동안에는 0%였으며, 기존방식과 제안방식의 적용기간에 측정한 끝봉합강도 데이터들은 다음 <표 9>와 같다.

<표 9>의 데이터에 의거하여 본 논문에서 제안하는 공정할당 방식을 적용한 경우에 그 효과가 있는지를 모분산비의 검정과 모평균차의 검정을 통하여 확인하였다. 그 결과 유의수준 1%에 대하여 제안한 공정할당 방식의 분산이 작다라고 할 수 있으며, 평균은 더 커졌다고 할 수 있다. 끝봉합강도는 클수록 좋으므로 제안한 공정할당 방식을 적용한 경우 공정능력이 향상됨을 보인다.

<표 9>에서와 같이 기존의 방식 적용기간 중인 8월 4일 11번 샘플과 8월 19일 2번 샘플에서 각각 규격 하한치를 벗어났으며, 표본의 공정능력지수 ( $\hat{C}_{pk} = (\mu - LSL) / 3\sigma$ )를 계산

했더니 기존방식 기간에는 0.48, 제안방식 기간에는 0.84로 나타났다.

3.3.2 무형 효과

현장경험과 직관력에만 의존해서 공정할당을 하여 공정관리계획을 수립하다보니 자사 설비공정 변동에 의한 품질불량을 협력회사 자체 품질 결함 쪽으로 원인을 돌리는 경향이 있어 협력회

사는 늘 불만에 쌓여 있었고 자사에서는 자체 설비공정 관리를 소홀히 다룬바, 품질개선이 늦어졌으나 통계적 분석자료를 활용한 제안방식을 적용했더니 공정할당 데이터에 대한 신뢰성이 향상되고 품질책임을 협력회사로 전가하던 습관이 없어져 자체 설비공정을 적극적으로 관리하게 되었으며 자사 및 협력회사 간에 동반자 관계 정립에도 상당한 도움이 되었다.

< 표 9 > 기존방식과 제안방식간의 끝봉합강도 비교

단위: g

샘플 생산일	기존방식('98년 8월)												제안방식('98년 10월)												
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
01	392	346	387	381	440	430	504	403	507	427	442	382	382	423	393	446	431	435	372	468	394	363	393	408	
02													432	436	422	415	434	410	430	389	496	478	375	401	
03	516	420	394	383	352	571	473	485	389	522	423	563													
04	444	369	338	469	385	429	371	489	400	325	263	332													
05	471	475	360	503	474	305	364	406	472	440	391	449													
06	511	404	387	417	350	313	469	410	422	381	391	309													
07	450	376	417	424	408	354	428	373	504	371	445	413	422	425	511	382	496	537	408	430	497	399	443	456	
08	455	387	377	480	410	390	400	313	434	341	368	319	382	450	379	405	386	435	375	368	465	431	391	356	
09														439	443	420	388	441	377	357	402	398	373	414	370
10	331	486	466	326	332	420	346	422	315	374	322	543	373	439	440	396	389	363	432	383	360	379	397	344	
11	478	400	342	522	513	342	437	447	394	380	414	317	435	383	422	407	371	354	416	438	347	439	473	410	
12	396	388	478	325	385	645	399	434	312	479	372	365	490	416	525	486	401	411	472	493	398	501	379	455	
13	434	347	395	427	334	480	417	314	377	303	534	444					419	390	431	445	387	451	377	409	
14	414	368	418	352	324	401	356	374	484	390	437	305	500	448	367	421	385	415	420	474	394	429	375	415	
15	346	385	350	425	316	307	491	451	333	309	504	411	382	364	401	361	391	355	470	418	410	451	407	460	
16														524	361	508	578	429	479	433	514	422	374	487	381
17	304	367	515	314	459	388	370	494	386	301	443	358	556	442	436	412	537	468	424	356	427	376	429	395	
18	347	383	493	444	534	385	470	399	431	407	323	336	405	428	441	415	422	376	513	520	473	440	482		
19	355	276	311	519	358	408	395	425	349	414	315	386	410	397	443	382	470	372	447	364	400	428	354	415	
20	516	334	410	391	482	340	366	353	446	357	401	362	365	414	461	443	385	438	411	406	413	388	420	391	
21	392	327	414	479	352	347	471	372	351	569	309	419	342	438	370	553	380	426	352	461	486	503	366	393	
22	377	353	346	318	336	400	391	326	418	343	344	390	422	413	367	434	384	431	386	482	343	373	360	510	
23														432	362	407	448								
24	322	316	357	439	309	394	311	381	496	377	369	324	413	351	348	416	397	424	376	382	369	418	435	404	
25	356	338	340	301	311	374	440	328	333	323	359	373	428	360	342	382	411	350	391	446	385	426	346	376	
26	447	330	361	307	400	556	325	438	359	387	314	342	368	528	422	540	486	409	414	389	500	379	441	403	
27	485	319	327	412	327	360	463	313	329	352	335	478	397	436	378	460	469	373	536	456	444	428	491	436	
28	387	340	501	377	359	313	337	402	340	469	328	377	496	437	358	388	371	390	466	397	369	401	364	378	
29	405	399	312	362	383	336	419	317	400	343	357	353	401	378	470	340	438	354	398	380	429	377	429	443	
30														345	424	369	446	388	347	422	394	417	445	370	357
31	319	396	305	303	335	319	450	341	358	371	308	385	407	475	366	363	507	509	410	359	391	436	427	394	
샘플수	312												312												
불량수	2												0												
불량률	0.64%												0%												
비 고	완제품 규격: FPS-620 끝봉합강도 목표-400g      상한-없음      하한-300g																								

#### 4. 결론

시장에서의 제품수명주기가 짧아지면서 신제품개발이 빈번하게 일어나고 있는바, 기업이 시장에서 살아 남으려면 고객을 제때에 만족시켜 이익을 창출해야한다. 이러한 고객의 만족은 자사 또는 협력회사의 어느 공정에서 이루어져야 하는데 이때 생산공정을 잘 관리해야함은 자명한 사실이며, 이 과정에서의 공정할당을 지금까지 현장경험과 직관력에만 의존하다보니 데이터에 대한 신뢰성이 떨어져 공정관리를 통한 품질 개선이 신속하게 이루어지지 않아 낭비나 지연시간이 발생하였다. 그러나 본 비교연구에서 통계적 분석자료를 활용한 제안방식이 기존방식에 비해 상대적으로 공정할당 데이터에 대한 신뢰성이 높아 공정을 관리하는데 유리했고 결국 공정능력향상 및 품질불량을 감소시키는 효과를 가져왔으며 자사와 협력회사간의 동반자 관계를 구축하는데도 상당한 도움이 되었으므로 이 개선된 공정할당방법이 장치산업에 속하는 제조업에 널리 확산·보급되어 신제품의 품질개선, 낭비 및 지연시간 감소에 도움이 되었으면 한다.

#### 참고문헌

- [1] 박병기, 김영균, 강인선(1996), 「품질경영」, 삼우사, pp. 566-568.
- [2] 박성현(1997), 「현대실협계획법」, 민영사, pp. 78-79.
- [3] 이종성(1987), “공정능력정보의 조사와 활용방안에 관한 고찰,” 한양대학교 산업대학원 석사학위논문, pp. 3-4.
- [4] 조재립(1995), 「품질경영」, 청문각, pp. 568-569.
- [5] 황의철(1981), 「최신품질관리」, 박영사, pp. 435-439.
- [6] Amsden, R. T., Butler, H. E., and Amsden, D. M.(1992), *SPC Simplified Practical Steps To Quality*, Quality Resources A Division of The Kraus Organization Limited, pp. 115-123.
- [7] Ishikawa, K.(1985), *Guide to Quality Control*, Asian Productivity Organization, pp. 65-69.
- [8] Juran, J. M.(1979), *Quality Control Handbook*, (3rd Ed), McGraw-Hill Co., pp. 9.6-9.37.
- [9] McComick, K. L.(1996), *Process Capability Studies*, (2nd Ed), Kimberly-Clark Co., pp. 22-25.
- [10] Miller, A.(1985), “Measurement System Capability Analysis,” *Automotive Division Newsletter of the American Society for Quality Control*, p. 6.
- [11] Schilling, E. G.(1990), “Elements of Process Control,” *Quality Engineering*, Vol. 2, No. 2, pp. 121-135.