

# 전자부품 생산 Line에 있어서 Lean 생산방식 적용에 대한 실증적 고찰

이상천<sup>1</sup> · 왕중일<sup>2</sup>

<sup>1</sup>경상대학교 산업시스템공학부 · 생산기술연구소 / <sup>2</sup>(주)대우전자부품

## A Case-Study of Implementing Lean Production System in Manufacturing Electronic Components

Sang Cheon Lee<sup>1</sup> · Jung Il Wang<sup>2</sup>

Lean production system can be defined as customer(product)-oriented production system with small lot size and flow-shop layout based on the JIT(Just-in-time) principles. In this paper, we introduce a case example of implementation of the Lean production system for manufacturing line of electronic component which has both machine processes and manual jobs. We also investigate the issues of implementing the Lean production system with the viewpoints of layout design scheme and JIT management rules. In the layout design, we propose the cell-line which has flow-shop layout with small lot size. In the management rules, the superior cell rule is applied in order to boost the needs of kaisen up. As the results of implementing the Lean production system, production lead time is decreased from 5 days to 1.5 days and also productivity and quality level are surprisingly increased.

### 1. 서론

세계 경쟁, 고객 요구의 다양성, 시장환경의 급변 등의 기업 환경에 대응하기 위하여, 생산시스템은 고객이 요구하는 제품을 최저의 가격으로 고객이 필요한 시점에 공급할 수 있는 능력을 갖추어야 한다. 생산시스템은 시장환경 변화에 따라 Conveyor 방식의 대량 일괄 흐름 생산방식에서 MRP(Material Requirement Planning)에 기초를 둔 공정 중심 생산방식(job-shop) 그리고 최근 JIT에 기초를 둔 Lean 생산방식으로 발전하여 왔다.

Conveyor 방식의 대량 생산 시스템 (Mass Production System)은 소 품종 대량생산체제하에서 규모의 경제(economy of scale)에 따른 제품 제조원가의 절감을 목표로 하여 생산 설비의 가동을 향상, 반복작업에 대한 학습 효과 등을 추구하여 왔다. 그러나 규모의 경제에 의한 제조원가 감소의 효과는 품종의 증가 및 제품 Life Cycle의 단축으로 인하여 중요성이 희석되었다. 오늘날과 같은 고객중심의 변종 변량 시장환경하에서는 규모의 경제(economy of scale)의 효과보다는 범위의 경제(economy of scope)에 따른 제조원가, 품질 및 납기에 대한 문제점을 해결하

는 것이 생산시스템 설계에 있어서 무엇보다 중요한 문제로 대두되고 있다. 범위의 경제란 동일한 생산량을 기준으로 할 때 품종이 늘어나면서 추가로 발생하는 제조원가 상승 및 품질, 납기 등의 문제로 정의할 수 있으며, 제조원가의 입장에서 보면 통계적으로 품종이 2배 증가할 때 제조원가는 약 10-15% 증가한다고 알려져 있다(Womack and Jones, 1996).

최근 변종 변량 시장환경하에서 고객 중심의 생산시스템의 대안으로 Lean 생산방식이 주목받고 있다. Lean 생산방식이란 기존의 도요타 생산시스템(Toyota Production System: TPS)에 기원을 두고 있으며, '제품 중심의 가늘고 기민한 생산방식'으로 정의할 수 있다(Womack and Jones, 1996). 위 정의에서 '제품 중심'이라 함은 제품 중심의 라인 배치(Flow-Shop)의 구현을 통해 제품의 제조 흐름상의 낭비 요소를 제거하는 것을 의미한다. '가늘다'의 의미는 제품 중심의 라인 구성시 Lot 크기를 최소화 시켜 외부 시장환경의 변화에 대응하는(즉, 제품 재고의 최소화) 데 있다. 또 '기민하다'라는 것은 제품 종류 변화시 준비시간의 단축 및 눈으로 보는 관리 실현 등을 통하여 혼류 생산을 가능하게 하여 제품 종류 증가에 따른 범위의 경제의 문제를 해결하자는 의미이다.

최근 국내 제조업체들은 조립 산업을 중심으로 (특히 전자

산업) Lean 생산방식의 개념이 도입하고 있으며, 이들은 국내에서 '셀 생산방식', '나 홀로 생산방식' 등 여러 가지 이름으로 불리며, 그 효과들이 발표되고 있다. 본 연구에서는 기계작업과 조립작업이 혼재된 전자부품 생산라인에서 Lean 생산방식의 적용을 사례를 통해 살펴보고자 한다. 본 연구에 소개되는 사례는 1997년 5월에서 1997년 8월까지 4개월에 걸쳐 (주) D 전자부품 DY 생산라인에 적용된 내용이며, 본 연구에서는 Lean 생산방식에 따른 Layout설계, 관리 운용 방안, 효과 등의 관점에서 Lean 생산방식의 적용 과정을 소개한다.

## 2. Lean 생산방식의 개념

### 2.1 도요타 생산시스템

도요타 생산시스템(Toyota Production System: TPS)은 2차 대전 후 일본에서 자동차 부흥을 위한 오랜(1943-1973) 노력의 결실로서 현장에서 고안되고 개선되어 완성된 생산방식이다. 당시 일본은 부족한 자원과 열악한 설비로서 미국 Ford 자동차의 컨베이어 방식을 이용한 대량 생산방식과 경쟁하게 되었다. 국내 시장 수요가 적은 일본은 대량 생산의 미국 방식이 부적합하였으며, 그때 그때의 수요(Just-In-Time: JIT)에 맞추어 공급할 수 있는 생산방식이 필요하게 되었다. 또 생산 현장의 모든 낭비를 찾아내어서 그 원인을 하나 하나 조사하고, 창의적인 개선책을 고안해 내는 일본 고유의 개선활동과 병행하여 원가를 절감하고 생산성을 향상시켜 이익을 증대하기 위한 새로운 생산방식으로 발전하였다. 도요타 시스템은 제 1차 오일 쇼크(1973-1977)의 불황 속에서 원가 향상과 생산성 향상을 꾀하던 다른 산업에 확산되었고, 새로운 생산방식으로 세계적인 주목을 받게 되었다.

도요타 생산 시스템을 정의하면 '소 로트 생산에 의한 고객의 타이밍을 맞추는 제조방법과 현장의 문제를 현재화(現在化)하여 개선(改善; Kaisen)의 니즈(Needs)를 산출하는 제조방법으로 표준작업에 근거하고, 끊임없는 개선활동에 의해 진화

하는 종합적 생산시스템'이라 할 수 있다. 도요타 생산시스템의 체계를 생산시스템 관점 및 관리, 운영의 관점에서 살펴보면 다음과 같다.

우리 나라에서도 1980년대 중반 이후부터 도요타 시스템의 개념이 도입되어 각 산업에 활용되기 시작하였으며, 이중 개선(Kaisen)의 개념이 전 기업에 걸쳐 적용되어 많은 가시적 효과들이 나타나기 시작하였다. 도요타 시스템을 생산 시스템적인 관점에서 보면 기존의 공정 중심의 시스템과는 달리, 기본적으로 제품 중심의 흐름 생산을 지향한다는 점이다. 따라서 오늘날과 같은 변종 변량 시장환경하에서 도요타 생산시스템은 경쟁력을 갖춘 생산시스템으로 받아들여지고 있고 이에 대한 많은 연구들이 진행 중이다.

도요타 생산시스템에서 생산시스템 설계의 관점에서 JIT를 달성하기 위한 방법론들의 개념을 정리하면 다음과 같다.

#### 1) 평준화 생산

다품종의 제품을 1라인으로 생산하는 경우 생산 로트를 가능한 작게 하여, 특정 시간대에 특정 종류의 물건만 생산하는 것을 피하고, 어느 시간대라도 전 품종을 골고루 생산한다.

#### 2) Tact time을 기준으로 Line balancing

제품 Tact time은 최종 공정에서 완성품이 나오는 시간간격으로 정의된다. 이는 공정 중 병목공정(Bottle-neck)의 능력에 의해 결정되는 시간이 아니라, 제품의 팔리는 양을 기준으로 결정되어야 하며, 이를 기준으로 라인이 편성(작업자수, 설비)되어야 한다. 따라서 생산라인은 제품의 팔리는 양(고객의 요구)에 따라 가변적으로 편성, 운영한다.

#### 3) 흐름 생산

제품을 생산하는 데는 생산의 산포가 적고(평준화) 물건이 하나 하나 막힘 없이(정체없이) 순서대로 만들어지는 것이 최상이며, 이를 위해 생산라인은 제품 중심의 흐름 생산방식으로 설계되어야 하며, 작업자는 라인 내에서 Tact

표 1. 도요타 생산시스템의 개념

구분	생산시스템 설계 관점	관리, 운영의 관점
목표	JIT(Just-In Time): 만드는 타이밍을 맞춘다.	개선(改善): 니즈(Needs)를 찾고 시스템을 진화 시킨다.
방법(수단)	소 로트 생산 · 평준화 생산 · 택트 타임(Tact time)을 기준으로 라인 밸런싱 · 흐름 생산 · 후 공정 인수(Pull System)를 통한 재고의 최소화	눈으로 보는 관리 · 5S에 의한 낭비 발생원 대책 · 표준류의 시각화 (표준작업, 생산관리판 게시) · 사람 중심의 자동화 · Pool-Proof

time을 지켜 다공정을 담당할 수 있어야 한다.

#### 4) 후 공정 인수(Pull System)

‘필요한 물건을 필요한 시기에 만든다’라는 원칙을 지키기 위하여 후 공정을 고객으로 보고 고객이 물건을 인수하면 전 공정은 물건을 보충하는 방식으로 생산 타이밍을 맞춘다. 이는 과잉생산에 따른 재고의 증가 및 결품 등의 문제를 해결하는 생산 타이밍이다.

위의 열거한 생산시스템의 방법론을 통해 도요타 자동차는 그들이 자랑하는 혼류 생산(1개 line에서 다 품종 생산)을 가능하게 하였으며, 위의 개념들을 제품의 Life Cycle 동안의 공급 사슬(Supply-chain)상에 확대 적용한 것을 Lean 생산시스템이라 정의할 수 있다(혹자들은 도요타 생산시스템과 Lean 생산시스템을 동의어로 사용하는 경향도 있다).

## 2.2 Lean 생산시스템

일본의 자동차 생산라인에 적용된 도요타 생산시스템의 성공에 자극되어, 1990년대 이후 미국에서는 Lean 생산시스템이란 이름으로 자동차 산업, 컴퓨터 산업, 항공기 산업 등에 적용되기 시작하였다. Lean 생산시스템이란 개념적으로 각 제품에 대해 고객 중심에서의 가치(Value)를 정의하고 이 가치의 흐름을 최대화시키는 생산방식으로 이해되며, 실제적으로는 ‘제품 중심의 가늘고 민첩한 생산방식’으로 구현된다. 즉, 기존의 대량 생산시스템이 제조자 입장에서의 최적 생산시스템이라 하면, Lean 생산시스템은 고객 중심의 최적 생산시스템이라 할 수 있다.

특히 최근에는 Lean 이라는 개념이 생산시스템 범위를 넘어선 ‘수주에서 판매까지’ 제품의 life cycle 동안의 기업활동에 적용되어 ‘Lean 경영(Lean Management)’의 의미로 확대되어 사용되고 있다. Womack and Jones(1996)는 Lean의 개념을 아래의 다섯 가지 원칙으로 정의하고 있다.

- 1) 제품에 대한 고객중심의 가치(Value)를 명확히 정의한다.
- 2) 제품의 개발에서 판매까지 필요한 활동들을 고객 중심의 가치 흐름(value stream)으로 규명한다(제품에 대해 일련의 활동들 중 최적의 활동 연쇄(activity sequence)를 통해 발생되는 가치를 선택한다).
- 3) 가치를 중단 없이 흐르게 한다(가치와 관련된 활동을 연속적으로 수행한다).
- 4) 고객들이 제조자로부터 가치를 당길 수(pull) 있도록 한다.
- 5) 완벽을 추구한다(가치 창조 활동을 더욱 효과적으로 수행

한다).

위의 다섯 가지 원칙에서 가치를 제품으로 이해하면 Lean 생산방식으로 이해할 수 있으며, 이는 도요타 생산시스템에서의 방법론들과 일치함을 알 수 있다. 근본적으로 Lean 생산방식은 제품 생산에 필요한 설비들의 능력보다는 만들어지는 제품 그 자체에 중점을 두며, 흐름 생산을 지향한다. 또 Lean 생산방식은 자재에서 완제품까지의 모든 생산 과정 중에 가치를 창조하지 않는 4M(Man, Material, Machine, Method)의 낭비를 제거하는 것을 목표로 한다(이는 개선(Kaisen)과 관련된 항목이다). 결론적으로 Lean 생산방식은 가치의 흐름에 초점을 두고, 가치를 가장 효율적이고 최소의 변동으로 흐르게 하도록 모든 생산활동들을 재구성하는 것을 의미한다.

위의 원칙을 달성하기 위해서 Lean 생산방식은 가치(제품) 중심의 생산조직을 필요로 하며, 가치 흐름(Value stream) 내 또는 사이의 원활한 커뮤니케이션을 필요로 한다. 따라서 제품 중심의 layout이 필요하며, 눈으로 보는 관리 기법 등이 요구된다. 또 Lean 생산방식은 고객의 요구(품종의 변화)에 적시에 대응하기 위하여 생산 자원(설비, 인력 등)의 높은 유연성(flexibility)을 요구한다. 따라서 표준화된 제조방법에 대한 다기능화된 인력 및 설비를 필요로 한다.

따라서 Lean 생산방식의 설계는 다음 3가지 활동으로 정의될 수 있다.

- 1) 제품 중심의 layout을 통한 흐름생산의 구현
- 2) 눈으로 보는 관리를 통한 정보의 공유 및 개선 니즈 창출
- 3) 다기능화 인력의 양성 및 설비의 개발

본 연구에서는 설비 작업과 조립 작업이 혼재된 전자부품 제조 라인에 있어서 Lean 생산방식 적용을 위의 세 가지 활동의 관점에서 살펴보고자 한다.

## 3. 적용 사례

### 3.1 현황 및 배경

#### (1) 제품 소개

DY(편향 요크 : Deflection Yoke)는 TV, Monitor 등 영상 기기에 사용되는 부품으로 일반적으로 CRT(Cathode Ray Tubes)의 후면에 부착되어 전자총(Electronic Gun)에서 발사되는 전자빔을 CRT화면의 복직한 지점에 도착시키 원하는 화면이 구성되도록 편향시키는 영상 기기 부품이다. DY는 전자석의 자기장이론인 플레밍의 왼쪽법칙을 응용하여 전자빔을 편향시키는 부품으로 제품의 구성은 크게 수평 편향 코일(H-coil), 수직 편향

표 2. 제품 종류(1997년 3월 기준)

용도	규격(Item)	대표모델(Model)	형태(Type)
TV	14"	ODYM1401	ST(Saddle & Toroidal Type)
	16"	ODYM1608T	ST
	20"	ODYM2002	ST
	21"	ODYL2102	ST
	25"	ODYF2514	ST
	29"	ODYF29011	ST
MONITOR	14"	ODYS1451A	SSM (Saddle & Saddle with Modulation)
	15"	ODYQ1561	SSM

코일(V-coil), 페라이트 코어(Ferrite core), 절연체 및 부속 조립부품으로 구성되어 있다. 현재 D 전자부품에서 생산되고 있는 제품의 종류는 <표 2>와 같다.

위 표에서 형태(Type)는 제품의 기술적 구분으로 수평 편향 코일 및 수직 편향 코일의 제조 방법에 따라 분류되는 기술적 분류 기준이다.

DY는 CRT와 결합되었을 때의 결합특성(Matching characteristics)이 가장 중요한 특성이 되는 수동 부품이다. 따라서 CRT Model에 따라 DY 모델이 결정되며, 제품 경쟁력의 핵심은 개발에서 생산까지의 리드 타임(Lead time) 단축과 제품 특성의 균일성이라 할 수 있다.

위 표에서 열거한 TV용 제품 중 14"-20"제품은 저 부가가치 제품으로 주로 해외 생산, 외주 생산에 의존하고 있으며, 21"-29" 제품은 고부가가치 제품으로 D전자부품에서 직접 생

산하고 있다. 또 Monitor형 제품은 기술적 안정화 단계에 있었으므로, TV용 21"-29" 제품을 연구 대상으로 선정하였다.

(2) 제조 공정 개요

DY 제조 공정은 크게 권선 설비에 의한 수평 코일 권선, 수직 코일 권선, 수작업에 의한 조립 공정, 조정, 검사 공정인 C/G(convergence) 공정, 그리고 최종 완제품 성형 공정인 완성공정 등으로 5가지로 구성되어 있다.

공정별 공정 개요를 구체적으로 살펴보면 다음 <표 3>과 같다. DY 제조 공정을 생산 기술적인 관점에서 보면, DY 제품 특성(품질특성, Model 과다)등으로 인해 전체 공정에 대한 자동화 라인의 구축이 어려우며, 따라서 공정별 자동화 설비의 개발에 치중하고 있다. DY 제품의 품질은 CRT와의 결합특성으로 인해 개발기술보다는 생산기술에 좌우되며 권선 공정 및

표 3. DY 제조 공정 개요

공정명	작업내용	설비/치공구	필요 자재	작업 구분
수평 권선 공정	수평 권선기 및 권형을 사용 수평 코일을 감는다.	수평 권선기 권형	H-Wire	기계작업
수직 권선 공정	수직 권선기를 사용 Core에 수직 코일을 감는다.	수직 권선기	V-Wire Core	기계작업
조립 공정	수평 코일, 수직 코일 및 기타 필요부품을 조립한다.	Dipping기 기타 치공구	Coil Spacer 등 조립 자재	수작업
C/G 공정	조립된 제품을 대상으로 CRT와의 결합특성을 검사, 조정한다.	검사기(YAM)	조정용 Ferrite-Shect	기계작업 + 수작업
완성 공정	조정이 끝난 제품을 대상으로 위치 고정용 Hot-Melt를 도포한다.	완성기	Hot-Melt	수작업

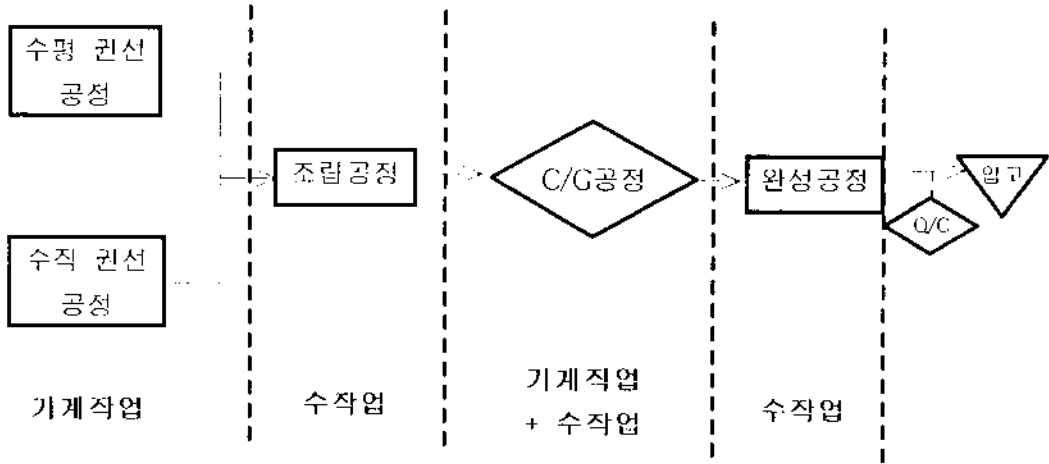


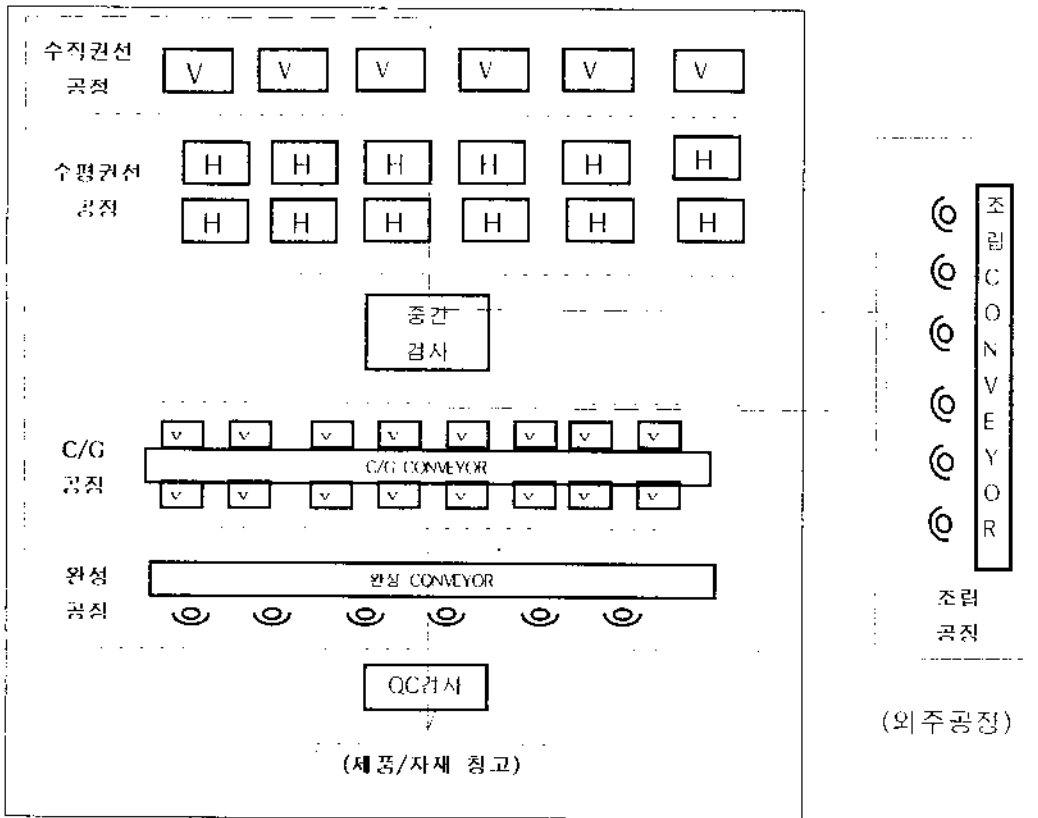
그림 1. DY 제조공정 흐름도.

C/G 공정에 의해 대부분 결정된다. 특히 검사 및 조정 공정은 작업자의 숙련도에 따라 생산량 및 품질의 편차가 매우 크다. 제조 공정에 사용되는 설비는 범용 설비이며, 생산제품 변경(model change)은 권형 교체 등을 통해 이루어진다.

쟁력 향상의 목표를 제품 품질의 안정 및 제조원가의 절감에 두고 공정별 생산기술의 개발 및 공정원가의 절감에 노력하였다. 따라서 당시 DY 제조 공정은 Job-Shop 형태의 대량 생산 라인으로 구축되어 있었다. 특히 조립 공정은 원가 경쟁을 위하여 외주 가공 정책을 사용하였다. 그러나 90년대 중반 이후 DY의 영업 수주 단위가 10,000단위에서 1,000단위로 축소되면서 model 교체 시간 및 생산 Lead time의 단축 등이 DY 사업부가 내

(3) Lean 생산방식 도입 배경

DY 사업부는 다년 간 흑자 운영을 바탕으로 DY 제품의 경



(사내공정)

그림 2. Lean System 도입 전 공정 배치 및 물류 흐름.

부적으로 해결해야 할 중요한 문제로 대두되었다. 참고적으로 당시 생산 Lead time은 Job-shop layout 및 외주 가공 등의 원인으로 인해 5일 수준이었다. 또 조립, 완성 등 수작업 공정은 Conveyor system으로 구축되어 있었다.

사업부 외적으로는 D 전자부품의 최고 경영진이 모든 제조 라인의 Lean 생산방식 도입에 대한 강력한 의지를 가지고 있었으며, 생산시스템 변경(특히 layout 변경)에 대한 사업부들의 거부감을 해소시키기 위하여 D 전자부품에서 가장 경쟁력이 있

는 DY 사업부를 우선 도입 대상으로 선정하였다.

### 3.2 Lean 생산방식 설계

#### (1) 목표 설정 및 방향 모색

생산시스템 변경(특히 layout 변경)은 제조 부서에 강한 거부감을 불러일으키며, 이를 극복하기 위해서는 경영진의 강한 의지 및 구체적 목표의 설정 및 공유가 필수적인 요소이다.

#### STEP 1 : <공정분석>

공정별 Cycle time 및 수작업 표준시간 측정

#### STEP 2 : <기계작업 공정의 구성>

① 최소 Cycle time을 갖는 기계를 기준으로 기계작업 공정의 기계수 계산

$$N_i = \left\lceil \frac{CT_i}{\text{Min } CT_i} \right\rceil$$

where  $N_i$  :  $i$  번째 기계 공정의 기계수

$CT_i$  :  $i$  번째 기계 공정의 Cycle time

$[X]$  :  $X$ 를 넘지 않는 최대 정수

② Cell-line의 Tact time(  $TT$  )의 설계

$$TT = \max \left\{ \frac{CT_i}{N_i} \right\}$$

#### STEP 3 : <수작업 공정의 구성>

① Tact time을 기준으로 수작업 공정의 필요 인원수 계산

$$M_i = \left\lceil \frac{CT_i}{TT} \right\rceil$$

where  $M_i$  :  $i$  번째 수작업 공정의 필요 인원수

② Tact time을 기준으로 수작업 공정 작업 통합 및 재설계

#### STEP 4 : < Cell-line의 layout설계 및 흐름 설계 >

① 자재 및 고정 흐름을 고려한 설비 배치 및 최소 작업역 및 작업대 선계

② 공정간 재공품 흐름을 위한 간이 슈트(chute) 및 재공품 용기 설계

그림 3. Cell-line 구축 절차.

Lean 생산방식 도입의 구체적 목표로 당시 DY사업부의 최대 문제였던 생산 lead-time의 축소를 선정하였다. 목표 lead time은 1일로 선정하였으며, 이를 위해 다음의 사항들을 추진 방향으로 선정하였다.

- ① H권선 공정에서 완성공정까지의 흐름 생산 도입
- ② Lot Size 축소를 위한 최소 line 구성
- ③ 조립 공정 내재화 및 작업 재설계

## (2) Cell-line의 구축

Cell-line 이란 최소 로트를 생산할 수 있는 생산 요소(설비, 인원)를 갖는 규격별 전용 흐름 line으로 정의할 수 있으며, 이의 구축 절차는 다음과 같다. 아래 절차에서 공정 Cycle time은 공정의 시작에서 종료까지의 시간으로 정의하며, Cell-line의 Tact time은 공정 Cycle time중 가장 긴 Cycle time이다.

위 구축 절차는 일반적인 흐름 line(flow-shop) 구축 절차이다.

기계 공정 구성에서 기계의 Cycle time의 편차가 큰 경우, 기계 가동률 및 line 편성률 등이 기존 공정중심 line(job-shop)에 비해 떨어지지만, cell-line의 독자적인 흐름 생산을 구현하기 위하여, 이 부분은 어느 정도 인정하기로 하였다. cell-line 구축 절차 중 실제 현장에서 가장 어려운 부분은 layout 설계 및 흐름 설계이다. 이 과정은 주로 시행착오 및 작업자들의 개선 Idea를 통해 완성하였다.

Cell-line의 구축은 생산 제품의 크기(21",25",29") 별로 진행되었으며, 본 연구에서는 21"를 대상으로 구체적인 내용을 소개한다.

### 1) 기계작업 공정의 구성

기계작업 공정에 대한 최소 흐름 line을 구성하기 위해서는 기계작업 공정 구성 설비 중 최대 능력을 가진 설비를 기준 설비로 선택하고 이에 따라 다른 설비 및 공정을 설계하여야 한다. DY 제조 공정 중 기계작업은 수평 권선, 수직 권선, C/G 공

표 4. 기계 작업 구성(기계 작업): 21" 모델 기준

공정	Tact time(sec)	계산식	공정별 소요 기계수
수직 권선	88.7	기준	수직 권선 : 수평 권선 : C/G
수직 권선	178.5	$178.5/88.7 \approx 2$	- 1:2:2
C/G	180.5	$180.5/88.7 \approx 2$	- 1:2:4(권선:20Hr, C/G:10Hr)

표 5. 조립 공정 작업 분석표

작업번호	단위 작업(작업내용)	간이 설비	표준시간(sec)	Line 효율
1	탈피	탈피기	14.5	배치 작업  -Tact time = 13.02sec  -편성률(LOBE) = $196.12/(13.02*20)$ = 75.31%  -인당 생산성(8Hr기준) = $(480*60)/(13.02*21)$ = 105.3 ea/인
2	bonding		6.58	
3	H-coil 조립(1)		12.18	
4	H-coil 조립(2)		12.18	
5	Permalloy 조립(1)		13.02	
6	Permalloy 조립(2)		13.02	
7	Shield Plate 조립(1)		7.68	
8	Shield Plate 조립(2)		7.68	
9	Taping		8.66	
10	H-선처리		10.66	
11	V-coil 조립		9.3	
12	Core Spring조립		10.36	
13	Connector 연결		7.83	
14	V-선처리		9.95	
15	Cutting		6.35	
16	내압검사	내압검사기	9.76	
17	Cross-arm 삽입		7.93	
18	Dipping	디핑기	10.33	
19	Cross talk 조정	C/T 검사기	11.44	
20	Label 부착		9.25	
21	외관 검사		11.96	
소계			196.12	
Cycle time			210.62	

정이며, 21" 대표 모델을 기준으로 설비의 Tact time을 사용한 기계작업의 최소 흐름 공정 구성은 <표 4>와 같다.

권선 공정은 순수 기계작업 공정으로 주, 야 2교대로 운영되며, C/G공정은 작업의 특성상 주간작업만 운영한다.

2) 수작업 공정의 구성

흐름 생산을 유지하기 위해서는 기계작업 공정에서 구성된 Tact time 기준으로 수작업 공정을 재 설계하여야 한다. 기계작업에서 결정된 tact time은 88.7초이고, 조립 공정은 주간에만 수행하였으므로 조립공정의 Tact time은 44.35초 이하로 설계되어야 한다.

조립공정 중 탈피작업은 탈피기를 이용한 배치점이며 나머지 작업은 Conveyor line으로 운영되었으며, 조립작업에 대한 분석 결과는 <표 5>와 같다.

위의 작업 분석 내용 및 목표 Tact time(44.35초)을 기준으로 조립작업을 재 설계하였다. 특히 Conveyor line에서 발생하는 물건을 들고 놓는 낭비를 제거하기 위하여 간이설비작업이 아닌 작업은 단위작업으로 통합하여 1인 작업이 되도록 설계하였다. 1인 작업 통합의 목적은 라인 배치에 있어서 흐름성을 방해하지 않도록 작업의 구분점을 최소화시키는 데 있다. 또 이는 도요타 생산방식(TPS)에서 추구하는 1개 홀리거 생산방식의 원칙을 지키기 위한 다공정 담당, U-line 과 같은 개념이며, 1인

표 6. 조립/완성 공정 설계

공정	작업 번호	작업 내용	인원	간이설비	표준시간 (sec)	Line효율
조립	1	탈피, bonding, H-coil조립	1	탈피기	39.7	-Tact time = 39.7sec -편성률(LOBE) = 216.6/(39.7*6) = 90.93% -인당 생산성(8Hr기준) = (480*60)/(39.7*6) = 120.9 ea/인
	2	Pemalloy조립, Shiled plate 조립, Taping, H-선처리 V-Coil조립, Core spring 조립 Connector조립, 선처리, Curting, Cross arm조립	4		138.8	
	3	Dipping, 내압검사, Cross-Talk 조정, Label 부착, Neck band 부착, 외관검사	1	디핑기 내압검사기 C/T검사기	38.2	
	Cycle time			6		
완성	1	Hot Melt 도포 및 포장	1	완성기	21.8	

표 7. cell-line의 layout 및 흐름 설계

공정	작업	설비	사람	Cycle time (sec)	Tact time (sec)	작업구분
권선	수직 권선	수직 권선기		88.7	88.7	주야 (20Hr)
	수평 권선	수평 권선기 2		178.5	89.25	
조립	T/P, 탈피	탈피기	1	39.7	39.7	주간 (10Hr)
	조립		4	138.3	34.57	
	C/T, 내압	C/T, 내압검사기, 디핑기	1	38.2	38.2	
C/G	조정, 검사	YAM 4	4	162.4	40.6	
완성	완제품 성형	완성기	1	21.8	21.8	
계			11	667.6		



작업 공정 통합을 위해서는 작업자의 작업영역 확대에 따른 거부감 해소 및 부품공급 물류 개선 등이 필수적인 요소라 할 수 있다. 완성 공정도 조립 공정과 같은 개념으로 공정 통합을 통하여 1인 작업화 하였다.

조립 공정 재 설계 결과를 살펴보면, 공정 cycle time은 길어졌지만, 작업 구분점을 최소화시킴으로서 line 편성률은 증가하였으며, 이에 따라 인당 생산성도 증가하였다. 기존의 conveyor line은 병목작업(bottle-neck작업)의 tact time에 따라 나머지

작업을 설계함으로써 전체 line의 tact time은 줄일 수 있지만, 편성효율의 저하 등의 문제를 야기한다.

3) cell-line의 layout 및 흐름 설계

위에서 분석한 결과에 의한 21" 규격에 대한 cell-line의 구성 및 tact time은 <표 7>과 같다.

셀 line의 layout는 물류 흐름 및 조립작업의 1인 통합에 주안점을 두고 설계하였다. cell-line내 물류의 발생은 자재 공급, 재

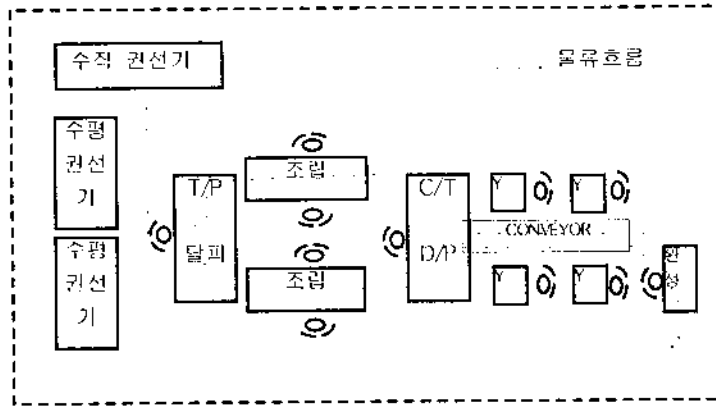


그림 4. Cell line의 layout.

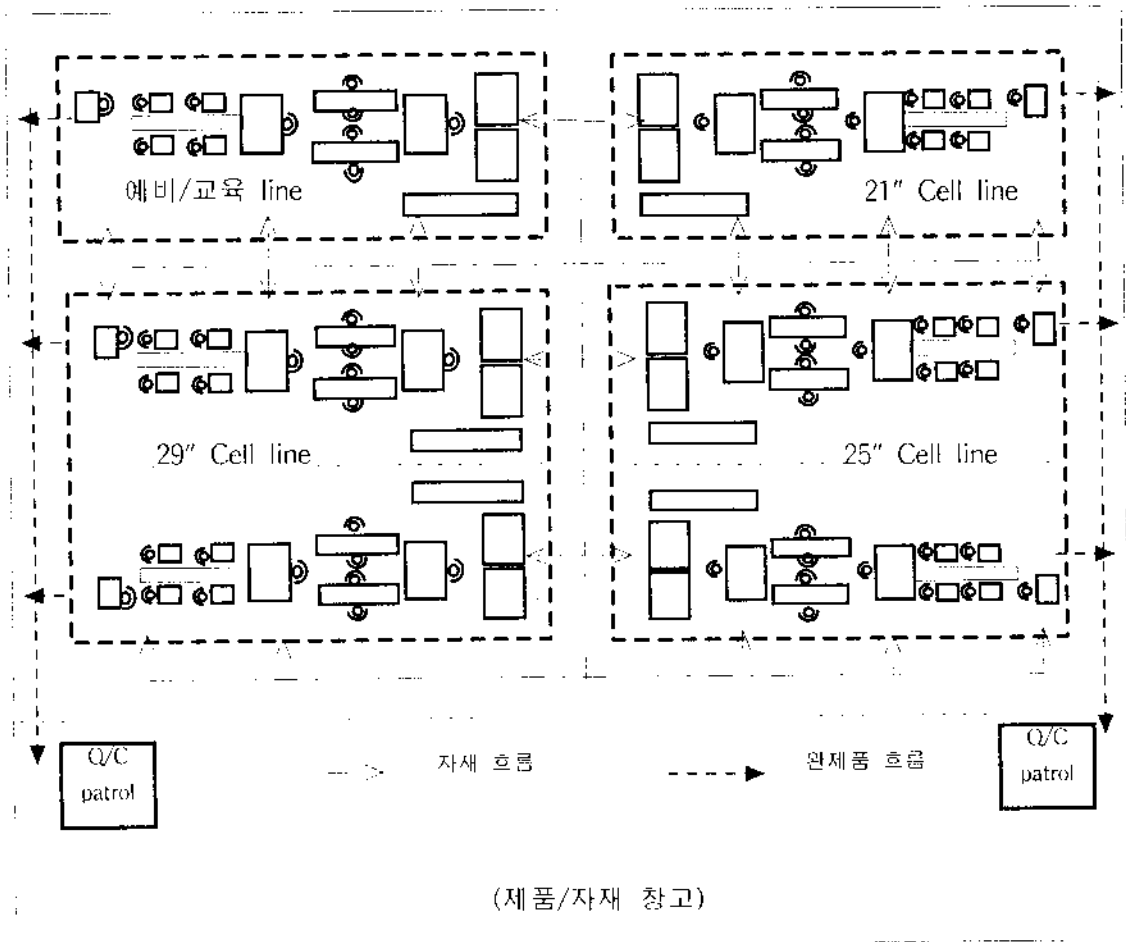


그림 5. 전체 layout.

공품(work-in process)이며, 이의 흐름을 위해 부품공급대, 간이 슈트(chute) 및 conveyor 등을 이용하였다. 조립작업의 1인 통합을 위해 작업용 jig 및 작업대를 동작분석을 통해 재 설계하였다. 물류의 이동거리를 줄이기 위해 설비간격 및 작업대 크기는 가능한 최소 작업역을 기준으로 설계하였다. 또 Cell line의 유연성을 확보하기 위해 권선기를 제외한 모든 작업대 및 간이 설비는 이동식으로 제작하였다.

### (3) 전체 layout 의 설계

전체 layout은 규격별 전용 Cell line을 배치함으로써 설계하였다. 규격별 Cell line의 수는 최근 생산 실적을 토대로 생산품종-생산량 분석(P-Q분석)을 통해 21" 1개 line, 25" 2개 line, 29" 2개 line으로 결정되었다. 전체 layout의 물류 흐름 및 설비 관리 측면에서의 설계 기준은 다음과 같다.

#### [물류 흐름 측면]

- ① 자재 흐름 경로와 완제품 흐름 경로를 분리한다.
- ② 자재 흐름과 완제품 흐름 중 물류량이 많은 자재 흐름을 우선 고려한다.
- ③ 물류 흐름성을 높이기 위하여 흐름의 꺾이는 점을 최소화한다.
- ④ 셀간의 물류 흐름(자재, 재공품)은 배제한다.
- ⑤ 품질검사를 위한 완제품 이동 거리를 최소화한다.

#### [설비 관리 측면]

- ① H 권선 공정은 다대 담당 공정(1인 담당 공정)으로 작업자의 이동 경로를 최소화할 수 있는 방향으로 배치한다.
- ② V 권선 공정은 다대 담당공정(2대/1인)으로 Cell line은 V 권선기를 기준으로 대칭 배치한다.
- ③ CG 공정은 작업 특성상 Yam설비의 방향(동쪽)이 중요하고, 조명제약(다른 공정에 비해 어두워야 함)이 필요한 공정으로 조명 Utility를 고려하여 배치한다.

이상의 원칙을 사용하여 전체 layout은 <그림 4>와 같이 결정되었다.

## 3.3 Lean 생산방식 운영 방안 및 개선 효과

### (1) 운영 방안

Lean 생산방식의 핵심은 로트 크기의 최소화, 흐름 생산, 재고의 최소화 및 개선(改善) 등을 들 수 있다. 위의 원칙을 달성하기 위해 몇 가지 운영 방안을 도입하였다.

#### 1) 흐름 생산 및 후 공정 인수

Cell line내의 흐름 생산을 위해 셀 구성원 중 가장 경험이 많은 인원을 셀 책임자로 임명하였다. 셀 책임자의 역할은 셀 내의 자재 공급, 재고 관리 등의 물류 및 품질에 책임을 진다. 자

재의 공급은 자재별 용기(用器) 설계를 통해 3정의 원칙(정용기, 정용량, 정위치)에 따라 공급하였다. 또 후 공정 인수의 원칙을 지키기 위해 간판의 개념을 도입하였다. 즉 전 공정과 후 공정의 제공 용기를 통일하고 그 수를 제한함으로써 후 공정의 작업문제 발생시 용기의 부족으로 전 공정의 작업을 중단할 수 있도록 운영하였다.

### 2) 재고 최소화

원칙적으로 Cell line내 재공 재고는 인정하지 않았으며, 주야 근무 차이에 대한 생산량 불균형 문제(권선 조립 경계면)에 대한 재공품은 적재 용기수를 제한함으로써 과잉 생산을 방지하였다. 자재 창고는 인정하지 않았으며 필요한 자재는 현장에서 직접 공급하는 것을 원칙으로 하였다. 제품창고는 기존의 완제품의 적재 개념에서 고객 출하 대기품의 개념으로 전환하고, 제품별 적재(배치)에서 고객, 출하일자별 적재(배치)로 layout을 변경하였다. 이를 통해 불용 재고의 현재화(現在化)가 가능해졌으며, 과잉생산에 대한 경각심도 불러 일으킬 수 있었다.

### 3) 개선 니즈 도출

Cell line에 개선 니즈 및 idea 도출을 위해 우수 Cell line제도를 도출하였다. 즉 설비 및 인원 중 가장 좋은 설비 및 능력 및 우수한 인원을 Cell line에 집중 배치하였다. 우수 Cell line은 이 Cell line에서 발생하는 문제점을 집중 해결하여 다른 Cell line에 과급시키는 역할을 담당하였으며, 우수 Cell line에서 발생하는 문제는 생산기술, 개발 부분의 최우선 과제로 선정되어 해결책이 모색되었다. 이는 개선의 니즈를 한 방향으로 집중 시켜 그 효과를 가시화 하는데 그 목적이 있다. 또 눈으로 보는 관리 정착을 위하여 Cell line별 현황판을 설치하여 당일의 생산실적, 품질 추이 및 공정 이상 현황 등을 시간대별로 기록 관리하였다. Cell line별 현황판의 관리 책임자는 제조 책임자 및 관리자가 되며, 이의 운영 목적은 관리자들이 공정 현황 및 제반 문제들을 실시간으로 파악 할 수 있도록 하는 데 있다.

### 4) Cell line별 품질 관리

생산시스템의 설계에 있어서 가장 주의를 기울여야 하는 부분이 작업 방법 및 관리 기법의 변경에 따른 품질 문제이다. 품질 문제의 현장 해결 및 완제품 이동을 줄이기 위하여 QC patrol 제도를 도입하였다. QC patrol이란 QC검사를 고정된 위치에서 수행하는 것이 아니라 각 Cell line의 완성 공정에서 수행하는 이동식 검사체제를 의미한다. 즉 품질 문제는 현장에서 현물(제품)을 보고 즉시 조치를 취하는 3현(現)의 원칙(현장, 현시, 현물)에 따라 해결책이 모색되었으며, 품질 문제는 발생즉시 Cell line으로 feed-back할 수 있는 체제를 갖추었다.

### (2) 개선 효과

Lean 생산방식 도입에 따른 효과를 먼저 제조 lead time 및 lot

표 9. 규격별 lot size 및 제조 lead time(1cell-line기준)

규격	Lot size (pcs)	제조 lead time (min)	제조 lead time (day : 10Hr/day기준)
21"	320	930	1.55
25"	200	903	1.50
29"	200	854	1.42
평균	240	895.7	1.49

표 10. Lean 생산방식 도입에 따른 개선효과

평가지표	도입 전	도입 후	개선율
MHr 당 생산성(pcs/MHr)	9.7	11.2	15% ↑
품질(lot out율(%))	12	2.5	9.5% ↓
lead time(day)	5	1.5	70%(3.5 ↓)

size의 관점에서 살펴보면 <표 9>와 같다.

Lean 생산방식 도입 후 제조 Lead time은 Lot 당 1.5일 정도 수준으로 단축되었으며 무엇보다 Lot 크기를 240개 수준으로 축소할 수 있었다. 이를 통해 고객의 수주 단위 축소에 대응할 수 있어 영업의 주요한 핵심역량이 되었다. 또 생산 계획 측면에서도 셀별 계획 수립으로 정확한 생산량 예측이 가능해졌다.

Lean 생산 방식 도입에 따른 생산 지표상의 개선효과는 <표 10>과 같다(경영혁신, 1998).

위 개선효과 중 특히 품질 부분의 개선효과가 괄목할만 하며 이는 흐름 생산을 통한 공정 편차의 감소에서 기인한다고 볼 수 있다. 품질 개선효과 중 조립 공정 품질 개선이 두드러졌는데 조립 1인 작업 통합에 다른 작업자 품질 책임 의식 강화에서 그 원인을 찾을 수 있다. 즉, 기존의 conveyor 방식의 작업에서는 품질 문제에 대한 원인 제공자가 불분명하였지만, 1인 통합작업으로 인해 책임 소재가 명확해진다. 따라서 작업자는 작업시 불량 발생에 대해 최선을 다하게 되고, 이에 따라 작업 실수로 인한 불량 등이 줄어든다. 1인 작업의 통합은 이후 제품 제조자 실명제로 확대 적용할 수 있을 것이라 여겨진다.

#### 4. 결 론

좋은 생산시스템이란 고객의 요구(시장환경의 변화)에 잘 대응할 수 있는 제품 제조능력을 갖춘 생산시스템을 의미한다. 역사적으로 생산시스템은 시장 및 경영 환경의 변화에 따라 Ford의 대량 생산 체제에 근거한 Conveyor system에서 다품종 소량 생산 체제의 도요타 생산시스템(TPS) 그리고 최근 변종 변량 생산체제의 Lean 생산시스템으로 발전하여 왔다. 이에 따

라 관리 기법도 MRP에서 JIT, Lean으로 발전하여 왔다(Aggarwal, 1985). 생산시스템의 설계란 외형적인 생산방식의 설계(Layout의 설계) 및 관리 기법의 설계를 포함하는 작업이라 정의할 수 있다. 제조현장에서 생산시스템을 바꾼다는 것은 제조 철학 및 생각을 바꾸는 의미로 이의 추진에 있어서 제조 현장의 거부감 등으로 인해 많은 갈등 요소들이 발생한다. 따라서 생산 시스템 변경은 top-down 방식으로 진행되어야 하며 이를 위한 성공적인 요소는 다음과 같이 정의할 수 있다.

- ① 고객의 요구(시장 환경의 변화)에 대한 정확한 이해 및 구체적 목표의 수립
- ② 최고경영진의 확고한 의지 및 책임
- ③ 목표 및 방향에 대한 의식 공유
- ④ 제조 부서 구성원들의 자발적인 참여를 위한 구체적 동기 부여

본 연구에서는 기계/사람작업이 혼재(混在)하는 전자부품의 생산라인에 Lean 생산 방식 도입에 있어서 layout 및 관리기법 측면에서 설계 및 운영 방안들을 살펴보았다. Lean 생산방식이란 특정한 생산시스템을 의미한다기보다는 제품 생산에 있어서 원칙 또는 철학이라 할 수 있다. Lean의 개념은 기본적으로 소로트 생산을 통한 재고의 최소화, 흐름 생산 및 후 공정인수(Pull System)를 통한 만드는 타이밍의 일치 등을 들 수 있다. 본 연구에서는 이의 구현을 위해 기존의 job-shop layout을 통한 배치 생산체계(Batch Production System)에서 flow-shop layout을 통한 흐름 생산으로 생산시스템 변경을 시도하였다. 이 과정에서 소로트 생산을 위해 최소 흐름 line인 Cell line의 개념을 도입하였으며, 후 공정 인수 및 개선을 위한 몇 가지 관리 방안도 도출하였다. 또 최소 흐름 line 구성에 있어서 조립 공정

에 대하여 최근 국내에서 연구되고 있는 1인 통합 작업 방식을 도입하였다. Lean 생산 방식 도입 결과 효과를 살펴보면 우선 초기 목표로 선정했던 로트 크기 축소 및 Lead time의 축소 측면에서는 예상 목표 수준을 달성할 수 있었다. 특히 생산성 및 품질 측면에서는 기대 이상의 개선효과를 나타냈으며, 이는 소라인 운영 및 1인 작업 통합에서 기인한 것이라 할 수 있다. 즉 공동의 목표보다는 개인의 성향을 인정하는 우리의 문화적인 배경에서 그 원인을 찾을 수 있을 것이라 여겨진다.

일본에서 TPS 및 개선(Kaisen)의 성공 요인을 그들의 공동의 문화, 복종의 문화에서 찾을 수 있듯이, 우리나라도 이러한 문화적인 성향을 반영한 독창적인 생산시스템의 개발이 미래의 시장환경에 대응하기 위한 핵심역량이 될 수 있을 것이라 기대된다.

#### 이상권

1985년 서울대학교 산업공학과 학사  
1991년 서울대학교 산업공학과 석사  
1995년 서울대학교 산업공학과 박사  
1991-1998년 (주)대우전자부품 기술연구소  
선임연구원

현재: 경상대학교 산업시스템공학부 전임  
강사

관심 분야: System Reliability, Queueing Theory,  
Communication System, BPR, 생산시스템  
설계

#### 참고문헌

- 경영혁신 DECS-3300 (1998), 대우전자부품 '98 IE 전국 대회 발표자료.  
기업의 새로운 체질 강화를 위한 주실천 개선활동 (1997), 한국 농림협  
회 컨설팅.  
Aggarwal, S. C. (1985), MRP, JIT, OPT, FMS ? Making sense of production  
operations systems, *Special Report*, Harvard Business Review.  
Storch, R. L. and Lim, S. G. (1999), Improving flow to achieve lean manufacturing  
in shipbuilding, *Production Planning and Control*, 10(2), 127-137.  
Levy, D. L. (1997), Lean production in a international supply chain, *Sloan  
Management Review*, 94-192.  
Womack, J. P. and Jones, D. T. (1996), *Lean Thinking*, Simon & Schuster.  
Womack, J. P. and Jones, D. T. (1996), *Beyond Toyota : How to root out waste  
and pursue perfection*, Harvard Business Review.

#### 왕중일

1962년 경기고등학교 졸업  
1966년 서울대학교 화학과 학사  
1995-1997년 (주)대우모터공업 대표이사  
1997-1999년 (주)대우전자부품 대표이사

현재: (주)대우전자부품 전무이사 고문

관심 분야: 기술경영, Business Process Reengi-  
neering, 생산시스템 설계