

TPS에 의한 가전제품의 생산라인 자동화 구축 Study on Automatic Production Line for Home Appliance Goods Based on Toyota Production System

최성대*, 정선환**, 유종규***
Seong-Dae Choi*, Seon-Hwan Cheong**, Chong-Kyu Yoo***

<Abstract>

The Toyota production system (TPS) developed by Toyota corporation is a management principle and production model to improve values added through elimination of waste. Since the oil shock in 1970s, the TPS has drawn the worldwide attentions as a main factor of competitiveness of Japanese manufacturing system and has been studied and implemented in many countries regardless of size and types of industry. For the correspondence to various customer's requirement, it is required to establish on time delivery procedure and to shorten lead time. Therefore it intended to establish TPS which is adopted to 7 losses reduction and JIT(Just in Time). In this paper, the automatic production line for color TV manufacturing by TPS was developed and proved to push up two times of productivity, to reduce the 25 workers at a time, and to widen the flexibility of manufacturing from 14" to 25" TV.

Keywords : TPS(Toyota production system), JIT(Just in time)

1. 서 론

일본의 도요타 자동차 회사의 경영이념을 바탕으로 생산하는 시스템을 TPS(TOYOTA PRODUCTION SYSTEM)라 한다. 이 시스템은 테일러 시스템과 포드회사 생산방식에 이어서 새롭게 탄생한 생산 시스템이다.

TPS는 생산에 필요한 부품을 필요한때에 필요한 양을 생산공장이나 현장에 인도하여 적기(適期)에 생산하는 방식(Just in time production)으로 전개된다. 이는 불필요한 생산요소를 철저히 배제하면서 부가 가치를 높이기 위한 것으로 TPS는 본질적으로 낭비(Waste)의 제거를 목적으로 한다. 낭비제거위해 TPS에서 JIT생

산 방식은 과잉 생산의 낭비, 재고의 낭비, 운반의 낭비, 불량제조의 낭비, 가공의 낭비, 동작의 낭비 및 대기의 낭비를 배제하고 자동화로써 자율적인 품질관리가 전개 되므로 JIT 생산 방식과 자동화는 TPS의 주축을 이룬다.

본 논문에서는 가전제품의 총 조립라인(Final Assembly Line)의 개선을 위해서 TPS의 JIT 생산 방식의 7대 Loss를 제거하여 각각의 공정의 공정자동화를 추진 후 Display(CPT)작업 구간의 자동화, 성능조정공정의 자동화 및 포장공정의 자동화를 추진하여 결국 생산라인 자동화를 구축하여 품질과 생산성을 향상 시키고 전 공장에 과급시켰다. 또한 본 Project를 추진위해 설계실, QC부, 구매부, 생산기술부, 제조부

* 교신저자, 정회원, 금오공과대학교 기계공학부 교수, 工博, E-mail:sdchoi@kumoh.ac.kr

** 정회원, 금오공과대학교 기계공학부 교수, 工博

***정회원, 금오공과대학교 대학원, 박사과정

* Corresponding Author, Professor, Kumoh Inst. of Tech. Dept. of Mech. Eng., Ph. D.

** Professor, Kumoh Inst. of Tech. Dept. of Mech. Eng., Ph. D.

***Graduate Student, Kumoh Inst. of Tech.

의 전부서 핵심인원이 참여하여 Project팀을 구성하여 현상과약, 경쟁사 bench marking, 상세 추진계획, 전체 일정계획 수립 및 회사 증장기 사업 전략에 부합되도록 자동화를 추진했다.

2. TPS 이론적 배경

2.1 TPS의 핵심 및 구조

TPS의 두 핵심은 협의(狹義)의 관점에서는 JIT와 자동화 구축이고, 광의(廣義)의 관점에서는 Hardware는 JIT와 자동화이고 Software는 인간존중과 기업문화이다.

도요타자동차에서는 TPS를 지난 40 여년 동안 유지발전 시켜 2007년도에는 세계 1등 자동차 회사로 성장하게 되었다.

TPS는 H/W에는 낭비제거와 원가 절감을 위해서 JIT와 자동화의 두 축으로 이루어져 있으며 S/W에는 기업문화와 인재육성을 위해 인간존중과 CEO경영철학을 형성하여 성장 및 진화되어 왔다. 또한 생산현장 및 사무현장에서는 7대 낭비 제거위한 지속적인 개선활동이 필요하다.

자동화 추진 순서는 가공을 위한 자동차 기계중 가장 대표적인 것이 수치제어공작기계(NC), 컴퓨터를 이용한 CNC, 미니컴퓨터 시스템과 NC공작기계 연결한 DNC가 있고 자동화 기계의 제어방법으로는 논리 소자로 접점을 갖는 유접점 계전기(Relay)로 구성되는 정해진 순서에 의해 동작되는 Sequence제어와 반도체 및 IC를 사용한 무접점 계전기인 PLC로 구성되어 있다.

본 논문에서는 ① CPT 조립공정에는 PLC 제어와 CPT삽입에는 로봇제어를 이용했으며 포장공정에서는 박스 공급, 인쇄물 공급 및 Packing공급은 Sequence 제어를 이용했다. ② 조립 시스템의 자동화 조립은 반제품 또는 완제품을 만드는 생산 공정으로 정보처리(관리시스템, 지원시스템, 조립시스템)와 생산(공급, 이송, 조립, 검사) 공정으로 구성된다. 그리고 CPT조립공정에서 CPT무게에 의한 작업원의 피로도 감소 위해 로봇에 의한 CPT이송 작업 후 Cabinet에 CPT 삽입하는 공정을 자동화 했으며 칼라TV 완제품을 포장하는 공정에는 칼라TV를 박스에 삽입하는 공정에서는 박스, 인쇄물, Packing 과 Banding 작업을 자동화 하였다. ③계측검사 시스템 자동화는 칼라TV의 빨

강, 초록, 파랑색의 빛의 삼원색을 조합하면 흰색이 되고 이것을 White Balance 라 하는데 수작업으로 빨강, 초록, 파랑색의 전압 조정으로 하던 White Balance 조정을 컴퓨터 인식에 의한 자동 조정공정으로 변경했으며 ④자재취급의 자동화 제품, 부품을 Loading, Unloading, Palletizing 하는 공정으로 칼라TV 완제품을 Pallet 위에 적치하고 Banding 작업 후 로봇으로 이송, 적치하고 지게차로 선적(Stuffing) 하는 공정을 자동화 하였다.¹⁾

2.2 TPS 추진 Map

본 논문에서는 H/W부문인 JIT와 Automation에서 JIT 실천을 위한 Mind Improvement, 7 Loss, Process Improvement, Standardization, Flow Production을 추진하고 Automation 추진을 위한 Process Automation, Line Automation, FMS, Information Automation 및 CIM에 대해서 국한하여 개선된 자동화 생산라인을 구축 연구하였으며 Software 부분의 Human Respect와 CEO Management 의 대해서는 생략 하고자 한다.²⁾

Fig. 1에서 나타낸 것과 같이 JIT추진체제에서 ①의식개혁 (Mind Improvement)은 사람의 의식이 바뀌면 설비와 작업 방법이 바뀐다. JIT 개선은 생산과 사무 현장이 바뀌지 않으면 의미가 없다. 의식개혁은 하부조직원과 경영자가 동시에 변해야 성공된다. Project 추진 팀은 부서별 개선의식이 우수한 인원으로 구성되었으며 사업부장의 경영전략에 맞추어 1년 동안 Project팀으로 인사 발령하여 본 Project추진 위한 전담팀 구성하고 팀장은 향후 제조부서장으로 인사발령을 계획하고 추진하였다. 그리고 ②7대 낭비제거(7 Loss)를 살펴보면

1)과잉생산의 낭비로써 판매되지 않는 물건을 불필요하게 생산하여 적치하는 현상으로 생산능력보다 판매능력이 부족할 때 과잉생산이 발생하는데 생산계획을 월간계획에서 주간, 일간계획으로 일일 생산관리가 필요하다. 생산라인의 Model Change 시간 단축과 공정 자동화로 공정 재고 및 완제품 과잉생산을 방지할 수 있다.

2)재고의 낭비로써 자재, 재공품 및 완제품 재고로서 설계의 부품 공용화 및 NTSC와 PAL방식의 부품 호환성으로 개선이 가능하다.

또한 Conveyor 길이를 50% 단축함으로써 공정 재고를 감소할 수 있고 공정 자동화 및 통합화로 생산인원이 40명에서 50%정도 줄일 수 있다.

3)운반의 낭비로써 자재 운반 Loss 줄이기 위해 Lay out을 이동거리가 최소화되도록 개선하고 작업자 옆에 자재공급을 정용량, 정위치, 정용기로 공급하면 가능하다.

4)불량의 낭비로써 제조공정의 불량부품이 유입되거나 설계실수가 인정시험에서 체크되지 않을 경우 발생하는 것으로 자재, 외주공장 부품이 완제품 조립공정에 유입되지 않도록 JIT 적용하고 불량 발생 경우 라인 중지시켜 문제점 해결 후 생산하는 생산 운영 시스템이 필요하다. 생산라인에서 후공정에 불량품이 흐르지 않도록 Display 조립, W/B조정, 포장공정 자동화가 필요하다.

5)가공의 낭비로써 불필요한 가공 작업으로 취급불량, 부품 표준화가 미흡할 경우 발생하며 CPT 고정 스크류 고정방법을 수작업에서 자동화시키고 W/B조정을 육안에서 컴퓨터 인식방법으로 변경하면 가능하다.

6)동작의 낭비로 불필요한 움직임으로 동작 경제원칙의 신체작업 개선(Conveyor높이를 65cm에서 75cm로 높임), 설비개선(Pallet를 자동으로 In put시킴), 작업환경개선(전등밝기를 300lux)으로 개선이 가능하다. 그리고 마지막으로

7)대기의 낭비로써Conveyor를 Go-stop에서 Slow-go로 바꿔 작업 대기시간을 절약하고 각 공정의 라인 평형율을 90%이상 높이기 위해 CPT 조립공정을 자동화, Model Change시간을 5분 이내로 단축하고 CPT 공정, W/B공정, 포장공정의 3D공정을 집중적으로 자동화하여 칼라 TV 한 대 생산 소요시간을 40초에서 20초로 단축하여 1일 580기준으로 약 1600대 생산 가능토록 개선하였다.

본 연구에서는 #3 총조립 Line을 개선하여 다른 라인에 파급시키고 향후 CPT (Color Picture Tube)조립 라인에서 FPD(Flat Panel Display)인 LCD(Liquid Crystal Display)와 PDP(Plasma Display Panel)로 확대 적용하도록 하였다.

또한, Fig. 1에서 자동화(Automation) 추진은 ①공정자동화(Process Automation) : 총조립(Final Assembly Line) 중에서 3D공정(Dangerous,

Difficult, Dirty)인 CPT조립공정과 포장작업을 자동화 추진했으며, 신뢰성이 중요한 White Balance 공정의 성능조정을 컴퓨터 인식 자동화 추진하였다.

②라인 자동화(Line Automation) : 생산성을 향상시키기 위해서는 하루에 생산량이 1500대 경우 Lot-Size 가 500대이면 3회 Model Change 가 이루어진다.

이 때 Model Change 시간 단축이 아주 중요한 자동화 Key Point인데 자동 Model 교체기 개발로 14인치, 17인치, 21인치, 25인치 칼라 TV가 동시에 같은 생산라인에서 생산 가능토록 칼라TV운반 받침대인 Pallet에 자동 위치 선정 Point 및 센서를 부착하여, Conveyor 이동 중 칼라TV가 인치별로 정위치에 위치 선정되어 공정별로 자동화가 가능토록 하였다.

결국 CPT 조립공정, 성능신뢰성 조정공정, 포장공정을 자동화하고 Model Change 교체기를 개발하여 라인 자동화를 완성하여 생산성 향상, 인원절감 및 Model Change 시간 단축을 달성하였다.

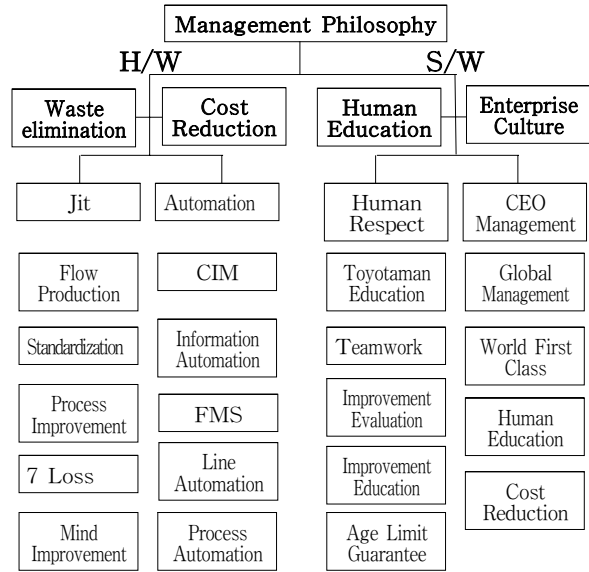


Fig. 1. TPS Management Map.

3. 가전제품의 생산라인 자동화 구축

3.1 자동화의 구축내용

국제 경쟁력을 높이고 다품종 생산을 위해서는 칼라TV 생산 라인을 자동화 구축하는 것이 필요하게 되었다. 따라서 도요타 자동차와 기후차체(車體) 현장 견학 및 실습을 통하여 터득한

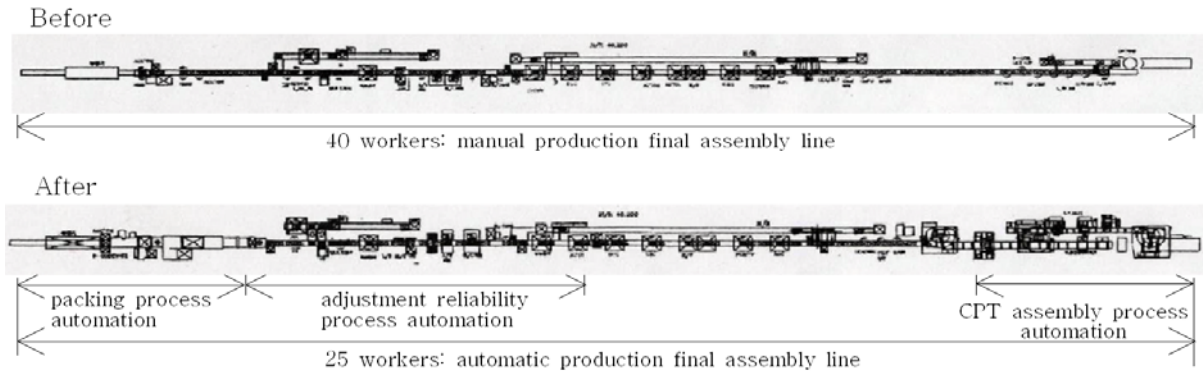


Fig. 2. Automation lines.

JIT 개념과 Pull Automation을 결합시킨 칼라 TV 총 조립 자동화 라인을 계획하였다.

주요 자동화 추진 사항은 Fig. 2와 같이 총 조립 라인을 CPT조립구간, 신뢰성 조정구간, 포장 공정 구간으로 구분하여 추진하고 자동 Model 교체기 개발로 Model Change 시간 Loss를 획기적으로 단축하였다.

직접 인원 40명으로 일평균 800대 생산하던 #3라인(수작업)을 대상으로 브라운관 조립공정, 조정·신뢰성 조정공정 및 포장공정으로 구분하여 Project활동을 추진하여 직접인원 25명으로 일평균 1600대 생산능력의 최적 자동화 시스템을 구축하였다. 자동화 라인의 전후 비교는 Fig. 2와 같다.³⁾

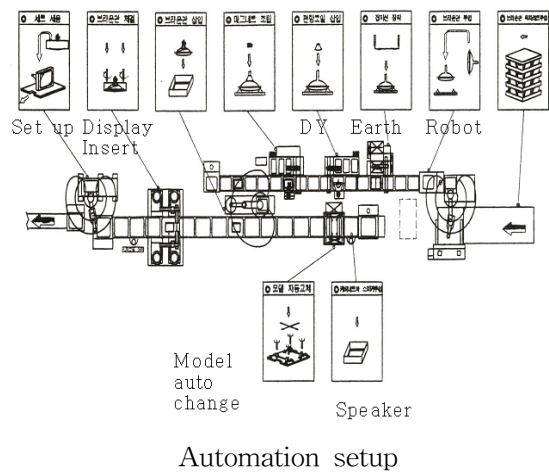
3.2 자동화 공정개선

1)브라운관 조립공정의 자동화(CPT Assembly Process Automation)

CPT운반대(40개 포장)를 수작업으로 운반, 조립하던 작업방법을 Robot 이송, 조립토록 개선하고 Model Automation Change Machine 에 의해서 자동적으로 Pallet 공급이 되도록 개선하였다.

2)조정/신뢰성 보증 공정의 자동화(Adjustment Reliability Process Automation)⁴⁾

칼라TV에서 가장 중요한 Red, Blue, Green의 빛의 3원색을 조합하여 White Balance 조정을 육안으로 판독하는 방법을 개선하여 Computer Memory로 인식하는 자동화 시스템을 구축하여 화면의 질과 신뢰성을 향상시키도록 개선하였다.



- Automation setup
- ① Cabinet and Speaker one body
 - ② Model automatic change machine
 - ③ Pallet improvement(Cabinet, CPT)

Fig. 3. CPT Process Automation.

3)포장공정의 자동화(Packing Process Automation)⁵⁾

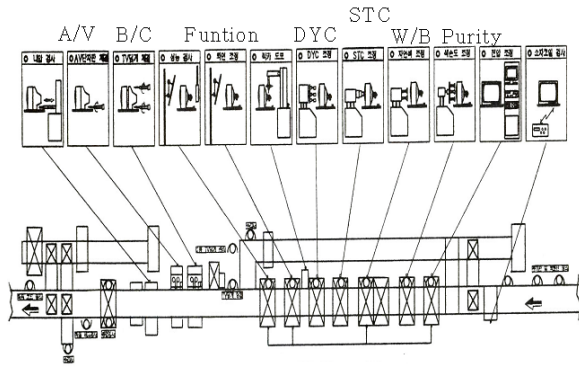
칼라TV를 양팔의 힘을 이용하여 포장 Box 안에 넣어서 포장하던 방법을 Vacuum Lifter를 이용하여 운반, 이송, 포장하고 ID Label과 Bar-code를 부착하는 것을 자동화 시킨 공정이다.

3.2 자동화 시스템 구축의 전후의 비교

생산라인자동화에 의한 인원절감 및 인원대수

1) CPT 조립공정의 자동화⁶⁾

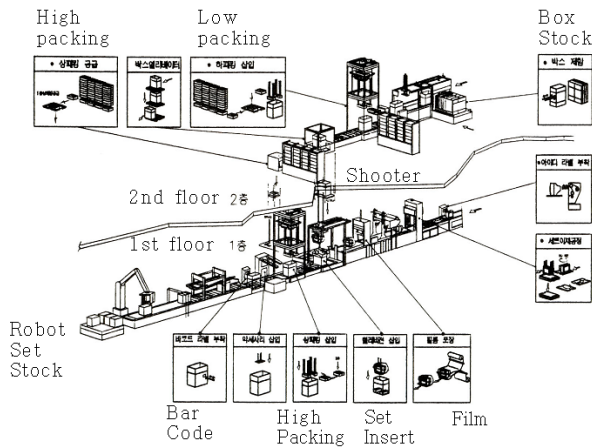
CPT 조립 시스템화, DY 공급 박스 전용기, Earth선 체결기, 자동 Model 교환기 개선으로 조립인원 6명에서 2명으로 조립(4명 감소)하도록 하였다.



Automation setup

- ① STC(Static Convergence)Auto adjustment
- ② DYC(Dynamic Convergence)Auto adjustment
- ③ White Balance Auto adjustment

Fig. 4. Adjustment Reliability Process Automation.



Automation setup

- ① ID Label attach machine
- ② accessory inserting machine
- ③ Bar code label attach machine

Fig. 5. Packing Process Automation.

2) 조정공정의 자동화⁷⁾

W/B 컴퓨터 인식 조정, 락카 자동 주입기, STC, DYC 조정기 개선으로 조립인원 9명에서 7명으로 조립(2명 감소)하도록 하였다.

3) 포장공정의 자동화

1층, 2층 자동 포장기 시스템화, 자동 라벨 부착, 자동 적치 로봇 설치, Set 삽입기 개선으로 조립인원 7명에서 3명으로 조정하여 4명이 감소하였다.

4) B/C 체결 및 Pallet 이송 자동화

B/C 자동 체결기, Pallet 자동 이송, A/V 단자 체결기 개선으로 조립인원 4명에서 1명으로 하여 3명의 감소효과가 나타났다.

5) 검사공정의 자동화

내압검사 및 소자코일 체크 자동화로 조립인원 5명에서 2명으로 조정, 3명이 감소하였다.

6) 수동 작업의 공정

CPT 운반, 기관 삽입, AGC조정, Box공급, Packing 운반, 완제품 정리, C/B운반, Set세움의 수동 작업 공정에서 총 9명이 조정되었다. 따라서 개선 전의 인원 40명에서 개선 후의 인원이 24명으로 생산라인이 구성되어 결국 16명이 감소되고 약 40 % 인원 절감 효과가 발생하였다.

7) 생산 대수 : ST(표준시간)

총 조립 생산 Tact Time이 7대 Loss 개선 및 자동화 시스템 구축으로 40초에서 20초로 단축되어 1일 580분 기준으로 약 1600대 생산 실적을 달성했으며 총 조립 ST 20분 중 8분은 24명 작업원이 분담 조립하고 12분은 자동화로 조립 담당토록 했다.

4. 자동화 효과 및 고찰

4.1 자동화 생산라인의 변경에 따른 인원감소효과

본 연구에서 가전제품의 생산라인의 공정 중에서 가장 많은 인원감소효과가 있는 것은 B/C 체결 및 Pallet 이송공정이다.

감소효율은 약 75 %로 식 (1)과 같이 계산하였다. 전 공정의 인원감소효과는 약 40 %이다. 수동 작업의 공정의 인원은 각 수동공정별 한 명의 인원이 필요하기 때문에 감소효과는 없다.

$$PRR = (1 - (A.P./B.P.)) \times 100 \text{ ----- (1)}$$

PRR : 인원감소효율

A.P. : 자동화 이후의 공정인원

B.P. : 자동화 이전의 공정인원

4.2 자동화 생산라인변경에 따른 생산량

Fig. 6에서 보는 바와 같이 개선 전(4월)의 평균일일 생산대수 717대, 개선 후(10월)의 평균일일 생산 대수는 1115대이고, 최대 생산대수는 1610대였다. 1600대 생산 목표에서 최대생산은 목표치를 달성하였으나 평균생산대수(1600 - 1115 = 485대)결과는 미흡하다. 그러나 생산모델 및 자재 조달 등의 관리측면에서 철저히 관리하면 생산 공정능력 1600대 일일생산 목표 달성은 가능하리라 판단된다. 또한 인원은 40명에서 20명으로 50 % 감축 목표였으나 실적은 25명으로 다소 미달이나, 설계 부품간소화를 외주업체와 협력관계를 개선하면 가능할 것으로 예측된다.

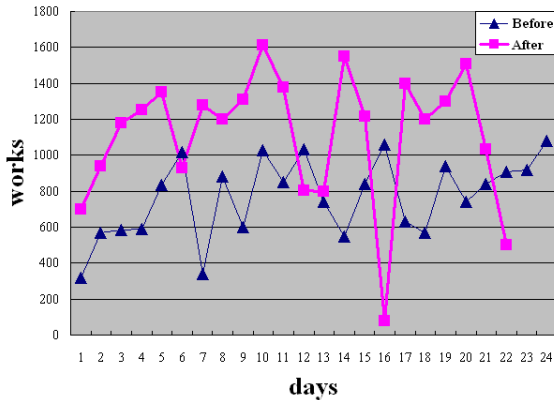


Fig. 6. Production Data.

5. 결 론

칼라TV 생산라인 자동화 구축에서 회사의 관련부서 전문가의 팀워크에 의해서 추진했고 또한 7대 loss 제거를 적용하여 불필요한 loss를 개선한 후 자동화를 추진함으로써 효과를 극대화할 수 있었다. 칼라TV 총조립라인의 자동화 구축 전,후를 비교하면 작업시간(Tact Time)을 40초에서 20초로 단축시키고, 자동화시스템 구축으로 작업인원을 40명에서 25명으로 줄이고

자동 Model Change System 구축으로 모델교체시간을 5분으로 단축시키고 칼라TV를 14인치에서 25인치까지 생산가능한 자동화구축으로 1일 생산대수가 800대 수준에서 1600대 수준으로 향상되어 일본 경쟁회사의 생산성을 능가하는 결과를 얻게 되었다.

기 호

- DY 지하피트의 높이 [m]
- CPT 시간 [s]
- ST 풍속 [%.]
- AGC 길이, 깊이 [m]
- JIT 열전달율 [$W/m^2 \cdot K$]

후 기

본 논문은 금오공과대학교와 구미전자정보기술원에서 지원한 연구과제의 결과이며, 관계자에게 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- 1) Lee, Bong-Jin : FA System Engineering, Munwoondang, (1996)
- 2) Hirano, Hiroyuki : JIT Production Innovation, KPC, (1990)
- 3) LG Electronic Co. Production Innovation: C-TV Division, (2005)
- 4) Ono, Daiichi : Toyota Production System, Miraesa, (2006)
- 5) Jeffrey, Liker : The Toyota Way, Gasan books, (2007)
- 6) Lee, Soon-Hyo : Intigration Production Information System, Chungmungak, (2001)
- 7) Guak, Su-II : Modern Production and Operations Management, Bakyounghsa, (2002)

(2009년 2월 13일 접수, 2008년 5월 22일 채택)