

# IT융합기반의 연료필터 제조공정 자동화

## Automation of Fuel Filter Manufacturing Process Via IT Convergence

윤 석 창\*, 한 우 현\*\*, 윤 달 환\*\*

Suck-Chang Yun\*, Woo-Hyun Han\*\*, Dal-Hwan Yoon\*\*

### Abstract

In this paper, we have developed the gantry automation system via information technology (IT) to improve the productivity of fuel filter manufacturing process. The monitoring system of manufacturing process plays an important role in analyzing the defective products as well as improving the production yield rate. The experimental results of 3 months with 10000 samples validate that the error rate is decreased from 0.65 % to 0.45 %. Also, the defect of raw material is decreased via monitoring of material tools which can notify the time for replacement and accurate insertion of raw materials to the loader. The productivity is increased by reducing the process time from 94.7 sec to 78.8 sec per raw material through comparing the whole manufacturing courses : from inserting of raw material to outcome of product. The process time is decreased by 20.2 % by automation of inserting and outcome course. Moreover, safety of worker as well as reduction of transfer time are highly related with increase of productivity.

### 요 약

본 연구에서는 연료 필터의 생산성 향상을 위하여 IT기반의 갠츨리 자동화 장치를 개발한다. 불량 제품의 분석, 수율 개선 및 생산성 향상을 위해 자동화 장치와 연동된 IT 기반의 모니터링 시스템 구축을 구축한다. 3개월간 시료 10,000개 생산시의 불량률 비교 측정된 결과 불량률이 0.65%에서 0.45%로 감소하였다. 또한 공구 모니터링을 통하여 공구 교환 시기의 알림과 로더의 정확한 소재의 수입으로 소재의 불량률이 감소하였고, 소재 한 개에 대하여 수입에서 배출까지 공정 시간을 비교한 결과 94.7초에서 78.8초로 감소하여 생산성 증가하였다. 수작업으로 하던 소재의 수입/배출을 자동화로 구축하여 공정시간이 20.2% 감소한다. 또한 작업자 안전과 이송시간 감소는 생산성 향상과 직결된다.

*Key words : gantry automation, IT monitoring, productivity efficiency, error rate, user safety*

\*Dept. of Electronic Engineering, SeMyung University,  
\*\*Shinwoohitec Co., Ltd.

★ Corresponding author, Dept. of Electronic Engineering  
SeMyung University. [yoonch@semyung.ac.kr](mailto:yoonch@semyung.ac.kr) 043-649-1308

※ Acknowledgment

Manuscript received Feb. 1, 2015 ; revised Feb. 21, 2015 ; accepted Mar. 2, 2015

(This paper was supported by the Semyung University research grant of 2014)

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서론

자동차 산업분야에서는 제품 정밀도 및 신뢰성, 제조 현장의 친환경화, 안전 및 지능화(Intelligent)를 위한 공장자동화가 요구되고 있다. 공장 자동화는 에너지 절감, 인간과 기계의 접촉, 안전기반의 환경 친화적인 자동화 시스템을 구축하고 있다. 따라서 수치제어(CNC), 센서, 유압모터 등 자동화 관련 제품 기술의 급격한 향상으로 제조현장은 무인 자동화라는 패러다임으로 급속히 변화하고 있다[1].

자동화 시스템의 종류는 수치제어기(CNC), 갠츨리

(Gantry) 등을 이용한 자동화부터 공정의 운용, 제어 및 관리가 가능하다. 갠트리 타입의 자동화 시스템은 PLC, 서보모터, 클램핑 장치 등으로 구성되어 있고 각각의 부품의 스펙에 따라 성능은 매우 다양하다.

IT 융합형 자동화시스템은 자동차 및 기계 부품가공 공정에서 소재의 공급, 가공, 이송 및 검사 등의 공정라인을 자동화하여 제조공정의 생산성 향상을 위해 IT 기술을 이용하여 생산관리/품질 모니터링이 가능한 맞춤형 생산시스템 패키지로 이루어지고 있다 [2].

IT 융합형 자동화 시스템 기술은 자동차의 연료필터 및 관련 부품의 절삭가공 및 검사 공정라인에 적용하여 24시간 가동할 수 있는 자동화라인을 구축함으로써 작업환경 개선, 작업인력 감소 및 생산성 확보가 가능하다. 이 과정에서 공정 모니터링은 IT기술을 이용하여 구축된 자동화 라인에 실시간 모니터링으로 생산 현황/품질 관리가 가능한 운용시스템 기술이다[3].

그림 1처럼 IT기반의 솔루션 업체를 중심으로 제품 품질관리 및 생산성 관리를 위한 제조공정실시 모니터링 및 공정 운용 솔루션의 도입이 확대되고 있다.

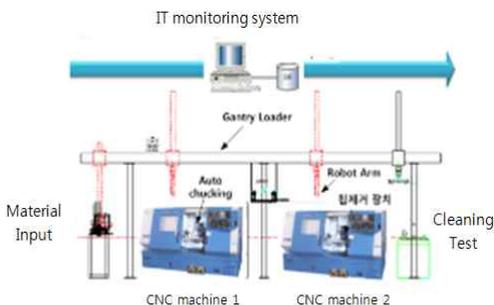


Fig. 1. Manufacturing automation

그림 1. 제조자동화

본 연구에서는 연료 필터 등 자동차 부품의 생산성 향상을 위하여 소재 이송, 자동 loading/unloading, 가공 및 검사 등의 제조 공정을 인력의 투입 없이 신속하게 진행할 수 있는 자동화 장치를 개발한다. 이때 불량제품의 분석, 수율 개선 및 생산성 향상을 위하여 자동화 장치와 연동된 IT 기반의 모니터링 시스템 구축을 구축한다.

## II 제조공정 자동화 구현

### 1. 기존공정분석

연료필터 제조공정은 육안을 통한 연료필터 소재 수입 검사 → 수작업으로 밀링 가공기로 이동 → 밀

링 홀 가공 (소재를 수작업으로 지그(jig)에 적재) → 세척조에서 세척(수작업) → 선반가공기(1번)로 이동 (수작업) → 단면 정삭가공 → 선반가공기(2번) 이동 → 육각부 가공 → 면취가공기로 이동(수작업) → 면취가공(디버링) → 누설시험기(Leak tester)기로 이동 (수작업) 시험 → 검사 파트로 이동(수작업)하고 적재한다. 이들 각 항목별로 제작공정에서 연료필터의 홀간 거리( $58 \pm 0.3 \text{ mm}$ ), 내경( $\phi 78 \pm 0.1$ ) 및 내경 깊이( $63 \pm 0.2 \text{ mm}$ ), 단면절삭 가공 두께( $8 \pm 0.2 \text{ mm}$ ) 등이 만족해야 한다. 또한 육각부 가공에서는 취부면의 육각 끝단거리( $95 \pm 0.5 \text{ mm}$ ), 육각의 깊이(10.0 ~ 10.1) 및 내경( $\phi 4 \pm 0.1$ )이 검토되어야 하고, 누설시험에서는 2.3 Mpa 이상에서 누설이 발생하지 않아야 한다. 이러한 공정에서 소재입고 후 선삭설비까지 일일 설비 비가동시간이 많이 발생하고, 공간활용도가 저하되어 작업장 정리 및 안전사고 문제가 발생하며, 수작업으로 설비 가동 인원이 투입되어 인건비 상승 요인 등이 발생한다.

### 2. 자동화 라인 설계

그림 2는 자동화 라인 설계 및 배선(layout) 도면으로 두 개의 선반 가공기를 갠트리(Gantry)타입으로 연결하여 로딩(loading), 언로딩(unloading) 및 처킹(chucking)이 가능한 자동화 공정을 나타낸다.

자동화 라인은 공정 시간 단축을 위해 두 개의 갠트리로 설계하고, 크게 자동공급 장치, 갠트리 1에서 갠트리 2로 가공품을 전달할 서틀 유닛, 갠트리 2, 가공품 배출 컨베이어로 나눌 수 있으며, 갠트리 2는 가공품의 자동 검사 장치를 포함한다. 이때 갠트리 1과 2의 이송속도는 2.4m/s이며, 최대 스트로크는 각각 8,800 mm와 4,800 mm이다.

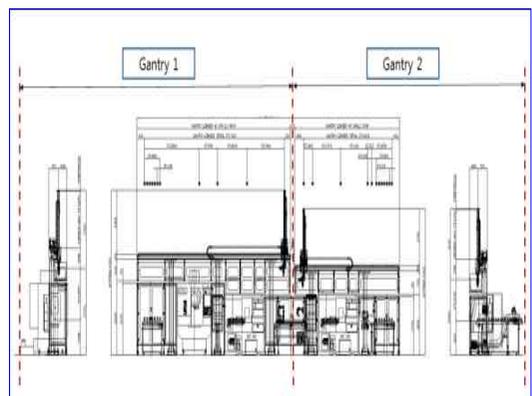


Fig. 2. Automatic manufacturing process layout

그림 2. 자동화 제조공정 배선

가. 내부 Stocker의 Loading 및 Unloading 설계

가공 중에는 가공 조건에 따라 가공품의 위치 및 자세가 변하게 되며, 가공품을 위치시키는 그리퍼(gripper)는 가공품의 자세에 따라 그 모양과 형상, 위치가 변하게 되므로 관절이 회전할 수 있도록 설계한다. 그림 3은 공정에 따른 그리퍼 도면으로, 홀 테스트 및 갠트리 1에서 2로 위치시킬 때 셔틀 유닛 및 컨베이어 이송하도록 설계한다. 그리퍼는 선삭 공정에 가공품을 로딩, 언로딩 할 수 있도록 설계한다.

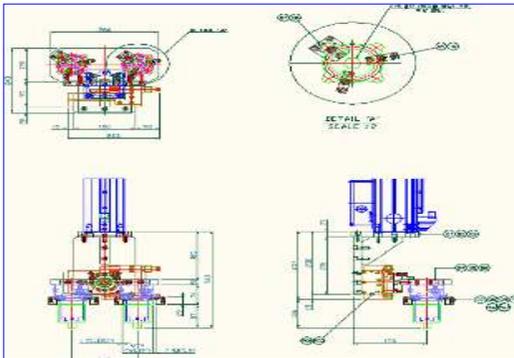


Fig. 3. Gripper design  
그림 3. 그리퍼 설계

나. 로봇 암 및 가공 헤더 장치 설계

그림 4는 로봇암 및 가공헤더는 가공 중에 가공 조건에 따라 가공품의 위치 및 자세가 변하는 가공헤더 장치이다. 그리퍼의 가공 자세에 따라 회전 가능하도록 설계한다.

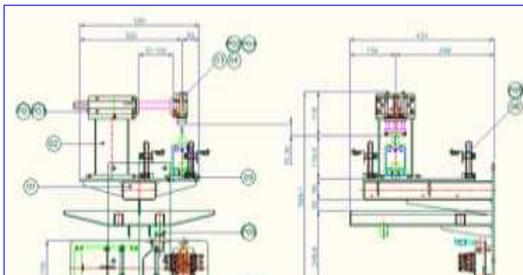


Fig. 4. Header design  
그림 4. 가공헤더

다. 스토커(Stocker)의 바피더(Bar Feeder) 설계

그림 5는 체인피치포켓 타입으로 컨베이어를 이용하여 원소체에 대한 자동 공급이 가능하도록 설계한 바피더이다. 모듈화 된 최적설계 실현과 간편한 조작성 및 안정성 확보를 위해 20개의 피치에 최대 140개

의 원소체를 운반할 수 있도록 설계하며, 컨베이어의 이동속도는 각 피치당 6~7초이다. 모터 선정은 출력축 회전수 N(rpm)에 따라 감속비를 결정하고 전달함수를 통해 토크를 산출한 후 모터의 용량을 결정한다. 따라서 출력 회전수  $N = 60 \text{ rpm}$ , 부하토크(torque) T1, 운전시간 일일 20시간에 감속비  $L = 1/60$ , 전달 토크  $T = T1 * Sf = 25 \text{ kgf-m}$ 이다. 여기서 Sf는 피동기의 하중과 운전시간을 토대로 구한 값이며, 모터출력은 출력 선정도를 이용하여 0.4 kW 모터를 선정한다.

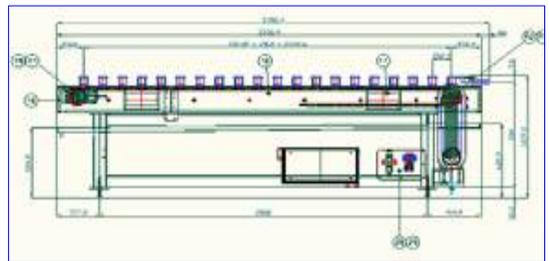


Fig. 5. Bar feeder design  
그림 5. 바피더 설계

라. 장비간 이송동기를 위한 오토로더(Auto loader)

그림 6은 절삭가공 장비간 이송을 위한 오토로더 설계도이다. 공압 및 서보제어 방식으로 경량소재의 로딩 및 언로딩>Loading/Unloading)에 적합하며, 고정밀 다기능을 가진 설계에서 가장 중요한 것은 근접센서와 서보모터의 선정이다.

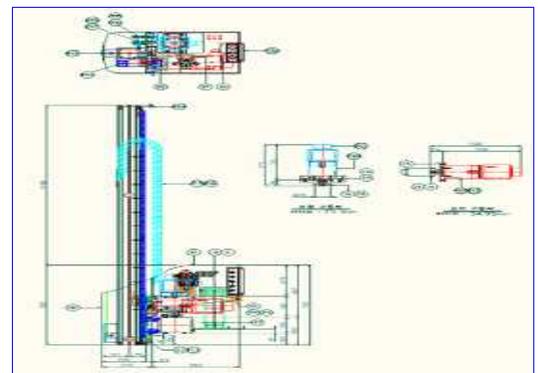


Fig. 6. Autoloader design  
그림 6. 오토로더 설계도

근접센서는 검출거리 8 mm의 원주 커벡터형을 사용하고 전용 IC 채용으로 내부 노이즈 성능을 강화한다. 응답 거리는 검출거리의 10% 이하이고, 응답 주

파수는 350Hz를 사용한다. 또한 보호회로로는 서지 보호회로, 과전류 보호회로를 통해 근접센서의 오작동을 막아 시스템의 안정성을 확보한다. 서보모터는 로보암(로더)에 사용되고 1회전당 분해능은 262,144 p/rev 이다. 이때 반송장치 및 로봇, X-Y 테이블 등 정밀한 반복성을 요구하며, 정격 출력은 1.5 kW이고 정격 회전속도는 2000 rpm를 사용한다.

마. 가공품의 자동 측정 및 검사 장치 설계

그림 7은 자동 측정 및 검사 장치 설계도를 나타낸다. 검출용 센서로 사용한 포토센서는 0~10 m의 검출 거리를 가지고, 응답시간은 1 m/s이며, 각 동작에 따른 사용광원은 660nm의 적색 LED를 사용한다.

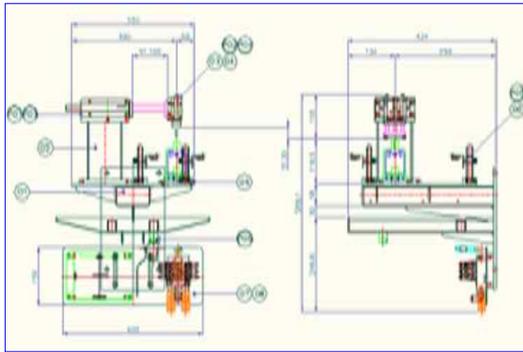


Fig. 7. Automatic measurement and check system  
그림 7. 자동측정 및 검사장치

마. IT 융합 모니터링 및 네트워크

그림 8의 네트워킹 시스템구현은 가공장비와 검사장비를 RS-232C 통신을 통해 설비와 연결한다.

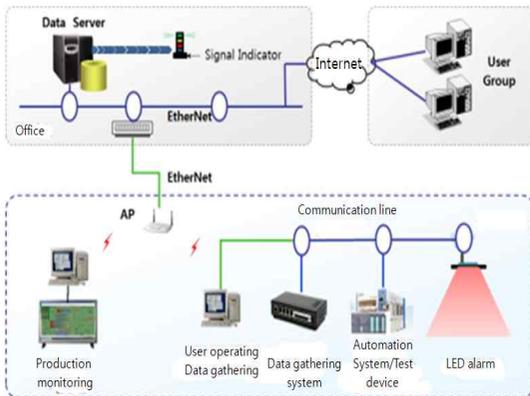


Fig. 8. Networking system based IT  
그림 8. IT기반 네트워킹 장치

데이터 수집 장치를 무선랜 기반의 네트워크 환경에 접속할 수 있도록 구성하여 현장정보를 실시간으로 수집하도록 설계한다. 실시간으로 수집된 데이터는 사무실의 데이터베이스 서버에 저장되어 관리되고, 저장된 데이터는 분석과정을 거쳐 설비 가동률, 생산량, 불량률 등을 모니터링하도록 제공되어 관리 및 자료로 활용한다.

그림 9는 IT 기반 모니터링 장치에 제공할 기능 데이터를 나타낸다. 공정 모니터링 시스템은 3대 관리영역 생산관리, 품질관리, 설비가동관리를 포함한다.

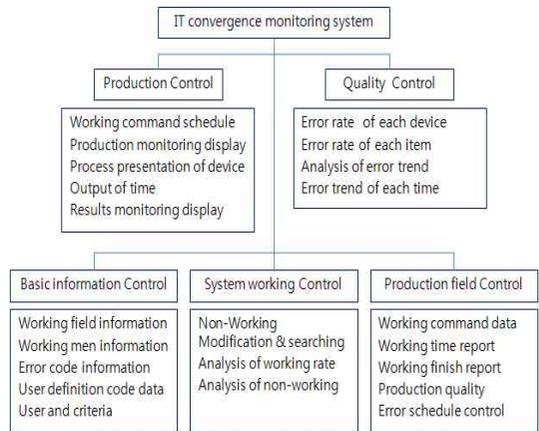


Fig. 9. System function data  
그림 9. 시스템 기능 데이터

3대 기능 구현을 위한 핵심 리소스의 기준정보관리와 현장에서 작업자와의 인터페이스를 위한 생산현장 운영 기능, 생산계획을 등록하고 생산현황을 모니터링하여 목표 대비 실적을 관리하고 보고할 수 있도록 지원하는 생산관리 기능, 자동화 라인 내의 검사 장비를 통해 검출된 불량률을 설비별로 관리하는 품질관리 기능, 품목별로 관리하고 단기, 장기 시간대 별로 불량 추이를 분석하도록 지원한다. 또한 설비가동관리에서는 설비 상태를 모니터링하여 가동과 비가동 시간을 관리하여 설비별 가동률을 분석하고 비가동 원인을 관리할 수 있도록 지원한다.

3. 시스템연동 프로그램 개발

그림 10은 로더 제어 회로도를 나타낸다. 원소체에 대한 로더(Loader) 설계와 포트동작에서 로더 작동시 전 및 공기압 4~6 kg/cm<sup>2</sup>을 확인하고 이상시 램프를 점등하도록 설계 및 제작한다. 각 액츄에이터의 실린더 S/W와 리미트 S/W 이상유무 및 Interlock을 점검하도록 설계하고 각부 센서위치이탈 및 배선단락 등으로 동작 이상시 비정상지하도록 설계, 센서는 근접센서와 포토센서 등을 포함한다.

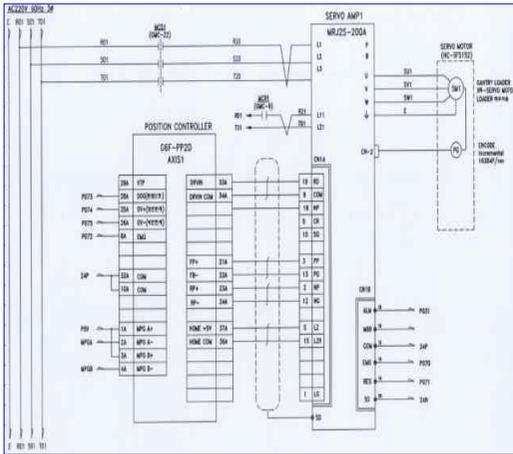


Fig. 10. Loader control circuit diagram  
그림 10. 로더제어 회로도

초음파 세척

그림 11은 검사라인 연동 프로토콜 및 인터페이스 회로를 나타낸다. 검사라인에 구성된 센서로는 측정기 전/후진 센서, 소재 감지 센서, NG홀 측정 센서, 슈트 소재 감지 센서 및 슈트 홀 센서를 사용한다. 이때 소재의 중복 로딩을 방지하기 위하여 소재 감지 센서 구성 및 알람 코드를 등록한다. NG 홀을 측정하여 '적합' 판정이면 소재 포장 라인으로 로딩하고 NG 홀을 측정하여 '부적합' 판정이면 불량 라인으로 자동 배출되도록 제작한다. 이때 불량 수량을 체크하여 모니터링 할 수 있도록 연동한다.

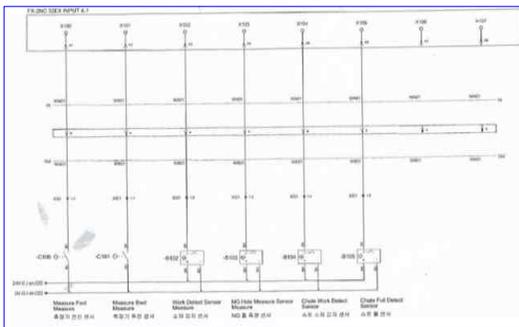


Fig. 11. Check line interconnection circuit  
그림 11. 검사라인 연동 회로도

그림 11에서 G6F-PP2D회로인 위치제어기를 통해 인코더(encoder) 명령에 따라 로더 위치를 제어하며, X-축 서보모터 로더를 좌우 이동하거나 Z-축으로 상하 이동한다. 비상정지 버튼을 누르면, 전체 시스템 진원

이 차단되고, 안전 게이트가 개방될 경우 모든 동작이 정지되며, 알람메세지가 모니터에 나타나 작업자가 바로 확인 할 수 있도록 한다.

레이스 변속은 모든 운전 상태에서 최고의 토크로 구동이 될 수 있고, 6속 레이스 설계에서 1~4단은 가속기어, 5단은 1:1 구동부대 축 회전비에 가깝고, 6단은 오버드라이브 또는 정속에 가깝게 제작한다. 시스템 운전설정에서 속도입력, 선택, 스텝운전 동작등을 선택가능. 대체로 갱추리 속도는 80 ~ 90% 사용하는게 적절하다.

갱추리 동작의 동작들의 세팅은 조그(Jog) 설정을 통해 x, y, z 각 축의 개별속도, 위치 및 원점회귀 등을 입력하여 조절 가능하다.

그림 12는 전체 공정 시스템을 나타낸다. 모니터링 및 생산계획, 작업지시 기능을 구현함으로써 라인에서 발생하는 신호를 바탕으로 생산현황, UPH, 양품, 불량품, 생산실적, 설비비가동, 알람 발생현황 등 공정상의 다양한 모니터링 항목들을 가시화한다.



Fig. 12. Automatic productivity line  
그림 12. 자동화 생산구축 라인

자동화 라인 소재 입고 시 로딩 대기 중인 소재가 없을 경우 센서를 통해 인식하고 공정 모니터링 시스템에 신호를 전송하여 LED 조명이 점등되도록 연계하여 작업자가 소재 입고할 수 있도록 알려 줌으로써 유휴시간 최소화한다.

라인에서 양품이 출고될 때 트레이 용량에 다 될 경우 센서를 통해 인식하고 공정 모니터링 시스템에 신호를 전송하여 LED 조명이 점등되도록 연계하여 비가동 시간 최소화한다. Gantry에 이상이 발생하여 비가동 상태로 전환되면 점점 신호를 모니터링 시스템에서 수집하여 작업자에게 바로 알릴 수 있도록 LED 조명을 작동시킴으로써 Gantry 비가동 대응시간 최소화한다. 공구 모니터링 시스템에서는 인지한 공구 이상 신호를 모니터링 시스템으로 전송하여 LED 조명을 작동시킴으로써 공구 점검 및 교체 등의 후속 조치를 신속하게 취할 수 있도록 작업자에게 알린다.

### III 실험결과

자동화 라인 구축을 위하여 기존 선삭 및 검사공정을 시뮬레이션한 결과 작업시간 380 시간에 생산수량 14,640 중 104개가 불량으로 나타났다. 따라서 최적화 라인구축을 위해 표 1은 두 가지 설계방안으로 시뮬레이션하기 위한 입력정보를 나타낸다.

대안 1은 선삭 공정 (20, 30 공정) 및 검사 (50 공정)에 대한 자동화구축 설정이다. 하루 19시간 작업 기준으로 시뮬레이션할 때 하루 평균 생산량은 기존 732개에서 742.5개로, 24시간 기준 940.7개로 증가하며, 선삭 공정에서 발생하는 세척과 같은 후 공정에서 발생하는 시간 지연과 오프라인에서 수행하던 검사 공정의 낭비 요소 절감이 반영된다.

Table 1. Input information about progress

표 1. 공정에 대한 입력정보

No	Process consumption	men		time(sec)	
		M1	M2	M1	M2
0	material	-	-	-	-
10	4-7D hole	1	0	30	30
20	1th cutting	0	0	80	78
21	Shuttle & Turnover	0	0	10	10
22	cleaning & Air Blow	0	0	10	10
30	2nd cutting	0	0	90	79
50	hole test	0	0	30	30
60	stamp	1	1	20	20
70	caving	2	2	10	10
sum		4	3	280	267

대안 2는 홀 (10 공정), 선삭 (20, 30 공정), 검사 (50 공정)에 대한 자동화라인 구축으로, 하루 19시간 작업 기준으로 시뮬레이션 했을 때 평균 생산량은 대안#1의 742.5개에서 860개로, 24시간 기준시 대안#1의 940.7개에서 1085개로 증가한다. 선삭 공정에서 발생하는 세척과 같은 후 공정에서 발생하는 시간 지연과 오프라인에서 수행하던 검사 공정의 낭비요소 뿐 아니라 홀 가공 공정 이후 선삭 공정으로 이송시간 지연의 절감에 의한 효과로 보인다.

표 2는 시뮬레이션 결과 분석 및 대안 비교를 나타낸다. 전반적인 지표들이 현재 공정보다는 부분 자동화가, 부분 자동화 보다는 전 공정 자동화에서 개선되는 것을 확인할 수 있다. 특히 정량적 목표 항목의 핵심 지표인 시간당 생

산량(Unit per Hour) 45를 달성하기 위해서는 전 공정 자동화 (대안2)가 적합하다. 소요인원은 7명에서 3명으로 줄어 4명의 인력을 생산관리, 설비관리 등 안전하고 환경적으로 나오면서 인력이 더 필요한 업무에 활용할 수 있게 된다.

Table 2. Comparison of simulation results

표 2. 시뮬레이션 결과 비교

	present process	partly autonatio n	fully automat ion
Production(ea)	14640	18814	21700
error(ea)	104	101	68
working time(h)	380	480	480
UPH(ea/h)	38.5	39.2	45.2
time(s)	93.4	91.8	79.6
error rate(%)	0.71	0.54	0.31
men	7	4	3

그림 13 (a) 그리퍼로 서보제어용 전력증폭기에 따라 출력스토커의 정회전 및 역회전을 수행한다. 이때 갠추리의 고정 또는 이송수행, 회전 또는 역회전을 수행한다. (b) 스토커로 소재감지, 배출확인 감지, 도어 안전 및 작업 중을 감지하여 안정성 확보한다. 이때 소재의 이송을 위하여 180° 회전 전진 및 후진 단, 리프터(Lifter) 하강 및 상승, 전진 및 후진이 가능하도록 제작되었다. (c) 자동 측정 및 검사 장치는 수작업으로 하던 제품의 내외경 측정을 포토센서를 이용한 자동화 장치로 제작한다. 자동 측정 및 검사 장치에 사용된 포토센서(BPS3M-TDT)는 flat형으로 검출거리 3m, IP67의 방수구조(IEC규격), 응답속도 1ms 이하이다. 따라서 넓은 영역 검출기능, 빠른 응답속도 및 자기와 진동에 영향을 적게 받는다.



(a) 그리퍼 (b) 스토커 (c) 검사기

Fig. 13. Gripper, stocker and hole checker  
그림 13. 그리퍼, 스토커 및 검사기

그림 14는 일간 혹은 월간 생산계획을 수립하기 위해서 작업계획을 등록하는 기능이다.

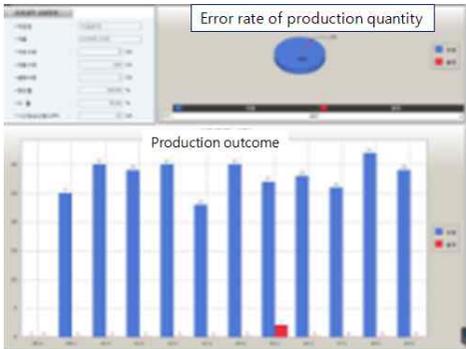


Fig. 14. Monitoring display for total process

그림 14. 전체 공정 모니터링 화면

자동으로 생성되는 작업지시 번호에 품명, 계획수량, 시작시간, 종료시간 등을 입력하고, 입력된 정보는 저장되어 필요한 정보를 조회하여 찾을 수 있다.

그림 15의 모니터링 화면에서 작업장 별로 실적이 업데이트되고 조건에 따라 조회할 수 있는 기능으로, 작업장 별로 작업 실적을 관리하고 특정 작업장에 대해서는 시간대별로 계획대비 실적, 달성률을 분석하여 제공할 수 있도록 한다. 생산품목 별로 실적이 업데이트되고 조건에 따라 조회할 수 있는 기능으로, 생산품목 별로 작업실적을 관리하고 특정 품목에 대해서는 품목코드, 품목명과 시간대별로 계획대비 실적, 달성률을 분석하여 제공할 수 있다.

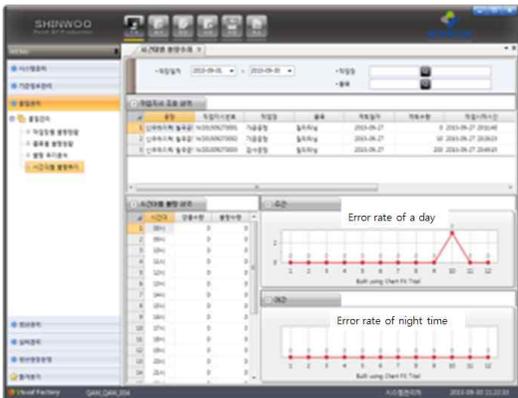


Fig. 15. Analysis monitor of error quantity

그림 15. 불량수량 분석화면

그림 15의 불량추이 및 품질 분석 기능은 특정 기간, 특정 작업장, 특정 품목에 대한 작업지시 별 불량

수량 및 누적 불량수량을 추적할 수 있다. 시간 대별로 양품과 불량품 수량을 관리하고 주간과 야간으로 나누어 시간대 별 불량 발생 건수를 분석하여 제공한다.

Table 3. Comparison of error phenomenon

표 3. 불량현황 비교

Error rate(%)	2013 (before automation)		2014 (after automation)	
	July	0.60	Feb.	0.49
	Aug.	0.67	Mar.	0.38
	Sept.	0.67	Apr.	0.46
Average	0.65		0.45	

자동화 라인을 구축하여 3개월간 시료 10,000개 생산시의 불량률 비교 측정하였다. 표3은 자동화 라인의 구축 전후 불량 현황을 비교한 결과 0.65%에서 0.45%로 감소함을 나타낸다. 또한 공구 모니터링을 통하여 공구 교환 시기의 알림과 로더의 정확한 소재의 수입으로 인하여 소재의 불량이 감소하였다.

그림 16은 불량현황을 모니터로 나타낸 것이다. 아래식은 불량 감소율을 계산한 식이다.

$$\text{불량 감소율} = \frac{(\text{기존공정 불량률} - \text{자동화라인 불량률})}{\text{자동화라인 불량률}} \times 100$$

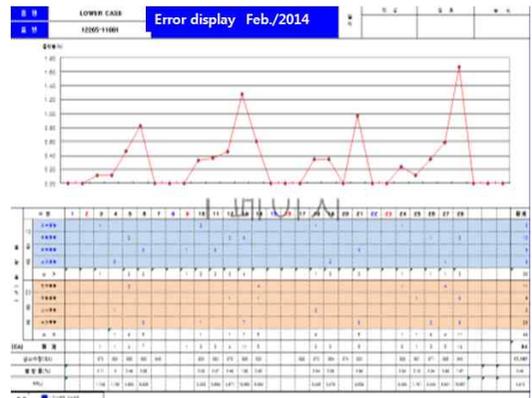


Fig. 16. Phenomenon of bad goods

그림 16. 불량 현황

표 4는 소재 한 개에 대하여 수입에서 배출까지 공정 시간을 비교한 결과 94.7초에서 78.8초로 감소하여 생산성 증가함을 나타낸다. 수작업으로 하던 소재의 수입/배출을 자동화로 구축하여 공정시간이 20.2% 감소한다. 아래 식은 공정시간 감소율을 계산한 관계식이다.

$$\text{공정시간 감소율} = \frac{(\text{기존공정시간} - \text{자동화 공정시간})}{\text{자동화 공정시간}} \times 100$$

Table 4. Comparison of process time

표 4. 공정시간 비교

process time (s)	2013 (before automation)		2014년도 (after automation)	
	July	95.1	Feb.	78.8
	Aug.	94.7	Mar.	79.1
	Sept.	94.4	Apr.	78.7
Average	94.7		78.8	

또한 공구 모니터링은 공구 마모 및 파손 시기를 알림으로써 불량률 감소를 최소화고, 문제 발생시 LED 등의 알람으로 관리자가 빠르게 접근하여 생산 체계를 효과적으로 관리하도록 한다.

표 5는 하루 생산한 평균 수량으로 공급라인 최대 적재수량으로 회당 140개를 입고하고, 회당 공급수량은 100개로 생산효율이 기존보다 증대되었다.

Table 5. Average productivity quantity

표 5. 월평균 생산수량

Production Month	Quantity	Working day	Quantity/day
Feb.	17,107	20	855
Mar.	17,472	21	832
Apr.	18,655	22	847
Average	17,745	21	845

### III 결론

연료 필터의 생산성 향상을 위하여 소재 이송, 자동 loading/unloading, 가공 및 검사 등의 제조 공정을 인력의 투입 없이 신속하게 진행할 수 있는 자동화 장치를 개발하였다. 불량제품의 분석, 수율 개선 및 생산성 향상을 통하여 자동화 장치와 연동된 IT 기반의 모니터링 시스템 구축을 구축한다.

자동화 라인 구축을 통해 3개월간 시료 10,000개 생산시의 불량률 비교 측정하였다. 자동화 구축 전후 불량 현황을 비교한 결과 0.65%에서 0.45%로 감소하였다. 또한 공구 모니터링을 통하여 공구 교환 시기의 알림과 로터의 정확한 소재의 수입으로 인하여 소재의 불량률이 감소하였다.

소재 한 개에 대하여 수입에서 배출까지 공정 시간

을 비교한 결과 94.7초에서 78.8초로 감소하여 생산성 증가하였다. 수작업으로 하던 소재의 수입/배출을 자동화로 구축하여 공정시간이 20.2% 감소한다.

또한 작업자 안전과 이송시간 감소는 생산성 향상과 직결되기 때문에 된다. 공구 모니터링은 공구 마모 및 파손에 의한 교환 시기를 알림으로써 불량률 감소를 최소화하여 제품 품질 향상시키고, 자동화 공정의 문제 발생시 LED등의 알람으로 관리자가 빠르게 접근하여 생산 체계를 효과적으로 관리하였다.

### References

- [1] Yao Wang, and Qin-fan Zhu, "Error control and concealment for video communication: A Review," Proceedings of the IEEE, 86(5), pp.974-997, 1998
- [2] Huifang Sun, Xuemin Chen, Tihao Chiang, Digital Video Transcoding for Transmission and Storage, CRC Press, 2005
- [3] J. S. Yoon, K. H. Park etc, "Smart monitoring systems for automated machining process," Conference of KSPE, pp.1335~1338, 2013
- [4] Yao Wang, Stephan Wegner, "Error resilience video coding techniques, Real-time video communication over unreliable networks," IEEE Signal Processing Magazine, Vol.17, pp.61-82, 2000
- [5] J. S. Yoon, K. H. Park, S. T. Kim, "Implementation Methodology for Industrial Applications of ICT-Based Manufacturing Systems", Asia Pacific Industrial Engineering and Manufacturing System, Vol.1, 2012.

### BIOGRAPHY

#### Yun Suck-Chang (Member)



1975: BS degree in Electronic Engineering, Hanyang University  
 1978 : MS degree in Electronic Engineering SungkyunkwanUniv.  
 1989: PhD degree in Electronc Engineering Sungkyunkwan University

1991.3~ Professor. Dept. of Electronic Engineering Semyung University. Main: Communication and Cryptography

**Han Woo-Hyun** (Member)

1985 : BS degree in Industrial  
Engineer, Inha-Ha University  
2013 : Sinwoohitec Co. Ltd  
President

**Yoon Dal-Hwan** (Member)

1984 : BS degree in Electronic  
Engineering, Hanyang Univ.  
1986 : MS degree in Electronic  
Engineering, Hanyang Univ.  
1994 :PhD degree in Electronic  
Engineering, Hanyang Univ.  
1987. 7 ~ 1994. 6 : Professor in

Electronic Engineering, Korea  
Military Academy. 2005. 7 ~ 2009. 2 : President of  
HIWIN Co. Ltd. 1995. 3 ~ Professor in Electronic  
Engineering, SeMyung University  
Main : Communication and Signal Processing