

석사학위논문

중소기업 조립공정의 스마트화 방법론

2021년

한성대학교 지식서비스&컨설팅대학원

스마트융합컨설팅학과

스마트융합컨설팅전공

이 남 은

석 사 학 위 논 문
지도교수 홍정완

중소기업 조립공정의 스마트화 방법론

Smart assembly methodology of Small business

2020년 12월 일

한성대학교 지식서비스&컨설팅대학원

스마트융합컨설팅학과

스마트융합기술컨설팅전공

이 남 은

석사학위논문
지도교수 홍정완

중소기업 조립공정의 스마트화 방법론

Smart assembly methodology of Small business

위 논문을 컨설팅학 석사학위 논문으로 제출함

2020년 12월 일

한성대학교 지식서비스&컨설팅대학원

스마트융합컨설팅학과

스마트융합기술컨설팅전공

이 남 은

이남은의 컨설팅학 석사학위 논문을 인준함

2020년 12월 일

심사위원장 _____(인)

심사위원 _____(인)

심사위원 _____(인)

국 문 초 록

중소기업 조립공정의 스마트화 방법론

한성대학교 지식서비스&컨설팅대학원

스 마 트 융 합 컨 설 팅 학 과

스 마 트 융 합 기 술 컨 설 팅 전 공

이 남 은

중소기업 조립 산업은 스마트폰, PC 등 전자 제품의 조립 및 자동차 제조, 반도체, 항공 등을 포함하는 이산형 공정들로 구성되어 있다. 국가적으로도 새로운 경제 성장을 위해 전체 기업 수의 99.7%를 차지하는 중소기업의 노동 생산성 향상이 절실히 요구되고 있다. 그러나 노령화, 높은 학력화에 따른 임금 오름, 물가 오름 등 경영 환경의 악재로 인해 인건비 절감을 통한 제조코스트 차원의 경쟁력 확보에 한계가 드러나고 있다. 또한 중소기업의 제조 경쟁력을 강화하기 위한 가공공정, 프레스, 사출 공장의 스마트팩토리의 도입은 대부분 잘 되어 있으나, 조립공정의 공장은 대부분 열악한 환경이다. 스마트팩토리를 구축한 시스템이 효과적으로 가동되지 못했던 것은 주로 스마트팩토리에 대한 이해가 부족하고, 명확한 비전과 목표가 없으며, 사전 기술 검토가 충분하지 않은 상태에서 ‘가격이 저렴하다’고 급하게 추진한 결과라고 판단된다.

그동안 스마트팩토리를 구축한 몇몇 중소기업을 컨설팅한 결과, 조립관련 자동화 설비를 정상적으로 구축하고 가동하는 사례가 드물었다. 이에 따라 본 연구에서는 중소기업들이 실패한 원인과 문제점을 분석하고, 스마트팩토리 구

축에 성공한 중소기업의 특징을 도출하였다. 또한 기존 연구와 달리 조립공정의 스마트화를 보다 쉽게 할 수 있도록 제품에 대한 설계를 개선하였다. 공정 개선에 대해서는 작업공정의 분석을 통한 병목공정, 취약공정 등의 개선에 바탕을 두고 사례 중심의 ‘조립공정의 스마트화 방법론’을 개발하였다.

이 스마트화 방법론의 개괄적인 프로세스는 Phase 3개 이고, Step 10개 이고, 이하 Step별 액션플랜으로 구성 되어 있다.

본 연구에서는 고가의 스마트팩토리를 구축하는 데 있어서 실패를 방지하고, 한 번에 스마트팩토리가 구축되어 결국 중소기업에 더 좋은 성과를 거두는 방법론을 제시하고자 한다.

【주제어】 중소기업, 스마트팩토리, 조립공정, 스마트화, 실패 원인, 제품 설계 개선, 공정 개선

목 차

I. 서 론	1
1.1 연구 배경	1
1.2 연구 목적 및 범위	4
1.3 기존 연구 자료	6
II. 조립공정의 스마트화 방법론	8
2.1 조립공정의 스마트화 방법론 전개순서 도표	8
2.2 스마트화 방법론의 필요성	9
III. 단계별 세부추진 내용	12
3.1 Phase1 개념 설계(전략의 입안부터 사업 전략의 수립까지)	12
3.1.1 Step1 니즈의 파악과 목표 설정	12
3.1.1.1 조립공정의 스마트화 사전 검토	12
3.1.1.2 조립공정의 스마트화 적절성 검토	14
3.1.1.3 조립공정의 스마트화 구축의 목적과 효과 파악	14
3.1.2 Step2 제품 및 생산 분석	15
3.1.2.1 제품 분석	15
3.1.2.2 생산 분석	16
3.1.3 Step3 스마트화의 계획 수립	17
3.1.3.1 스마트화의 계획 및 재산성 분석	17
3.1.3.2 조립공정의 스마트화 구축 계획 수립	18
3.1.3.3 조립공정의 스마트화 기본 콘셉트 설계	19
3.2 Phase2 기본 계획 설계(제품 구조 분석에서 업체 선정까지)	20
3.2.1 Step1 제품 구조 분석 및 제품 설계의 개선	20
3.2.2 Step2 스마트화 아이디어 구상 및 공정 분석	24
3.2.2.1 조립공정의 스마트화 아이디어 도출	25
3.2.2.2 공정 분석	26
3.2.3 Step3 스마트화 레이아웃 확정	27
3.2.4 Step4 시스템 구상 및 사양 설계	28
3.2.5 Step5 외주견적 의뢰 및 업체 선정	29

3.2.5.1 업체 결정 및 견적 의뢰	29
3.2.5.2 견적 검토 및 시스템 품의	29
3.2.5.3 발주	29
3.3 Phase3 상세 설계 및 제작 설치(상세 설계에서 설치, 실시 운용까지)	30
3.3.1 Step1 상세 설계 및 제작	30
3.3.2 Step2 설치 및 시운전	33
3.3.2.1 스마트화 시스템의 설치, 시운전	33
3.3.2.2 스마트화 시스템의 운전 및 유지 개선	33
IV. 결론	35
4.1 연구 결과	35
4.2 시사점	35
4.3 연구의 한계 및 향후 과제	36
참 고 문 헌	37
1. 국내 문헌	37
2. 국외 문헌	38
부 록	39
부록 1. 스마트화 시스템 투자의 타당성(채산성) 검토 방법 사례	39
부록 2. K社의 조립공정 스마트화 추진 결과	41
ABSTRACT	42

표 목 차

[표 2-1] 정성적 효과	10
[표 2-2] 스마트공장의 수준 단계별 형태	11
[표 3-1] 스마트화 사전 검토	13
[표 A-1] 설비 투자 효과 분석	39
[표 A-2] 투자 효과 분석의 재산성 평가	40
[표 A-3] 재산성 평가	40
[표 A-4] 개선 후 투자 효과	41

그 립 목 차

[그림 1-1] 마스크 조립 시스템 3D 도면	2
[그림 1-2] 선도유지용 분말 사면의 자동 작업과 수동 작업	3
[그림 1-3] 스마트팩토리 도입 후 실패 원인	4
[그림 2-1] 조립공정의 스마트화 프로세스	8
[그림 3-1] 시계추의 진자운동 원리	17
[그림 3-2] K社의 제품 구조 분석 사례	20
[그림 3-3] 스마트화를 위한 제품 설계 개선 사례-1	21
[그림 3-4] 스마트화를 위한 제품 설계 개선 사례-2	22
[그림 3-5] 스마트화를 위한 제품 설계 개선 사례-3	22
[그림 3-6] 스마트화를 위한 제품 설계 개선 사례-4	23
[그림 3-7] 스마트화를 위한 제품 설계 개선 사례-5	23
[그림 3-8] K社의 체결공정 작업 공정 분석 사례	27
[그림 3-9] 영업용 오븐 6축 용접로봇 설치 레이아웃 검토	28
[그림 3-10] 인장 코일 스프링 조립 장치의 사례	31
[그림 3-11] 이형 부품 조립 체결 장치의 사례	32
[그림 3-12] 스마트화 의 정상 가동시 추이 그래프	34
[그림 A-1] 조립 시스템의 이미지	39

I. 서론

1.1 연구 배경

최근 많은 국가에서 스마트팩토리를 추진하고 있다. 선진국들은 스마트팩토리로 제조 경쟁력을 높이고 있고, 국내 중소기업도 지금 스마트화하지 않으면 미래의 경쟁에서 도태될 수밖에 없다.

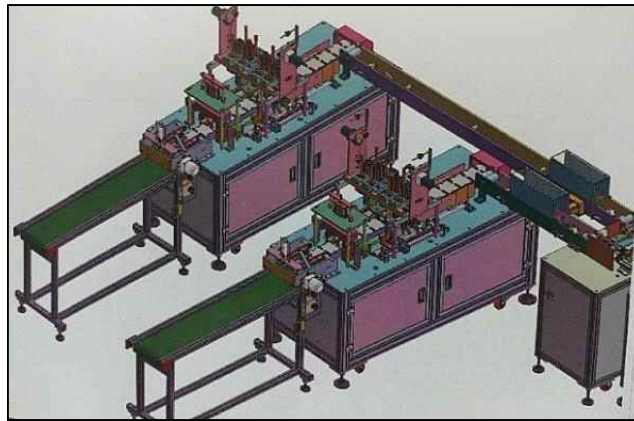
무한경쟁에서 살아남고 이기기 위한 방법이 ‘스마트팩토리’인데, 무작정 남을 따라해서도 절대로 안 되고, 적은 투자금액으로 추진해서도 안 된다. 본 연구자가 다년간 중소 제조기업에서 제조 혁신과 관련된 기술 컨설팅을 실시한 결과, 구축한 조립시스템이 일부 회사에서 정상적으로 가동되지 않는 것을 발견하였다. 이 중 한 회사인 화성시 소재 D社 공장에 대해 지난 2019년 7월 예비 진단을 실시하였으나, 결과는 구축 실패였다.

D社는 기존에 생산하던 2구 전원 콘센트에 대해 풀 자동화된 스마트 조립시스템 도입을 추진하기 위해 국내업체와 중국업체에 견적을 의뢰하였다. 그 결과 투자비용의 1/2 이하로 제시한 중국업체를 선정하였고 2018년 8월에 시스템이 입고되었다. 그러나 아직도 조립 시스템을 가동하지 못해 고객업체들에 대한 납기일을 준수하지 못하였고, 그 결과 고객업체들과 거래가 중단되었다. 이 시스템이 가동되지 못했던 것은 스마트팩토리에 대한 이해가 부족하고, 명확한 비전과 목표가 부재하며, 기본 사양에도 스펙인(Spec.In; Tact Time 1개당 3초인데 6초 소요)이 안 되는 등 사전에 충분한 기술 검토도 없이 가격이 저렴하다는 이유로 급하게 추진한 결과로 볼 수 있다. 이 중 한 사례에서 개선 없이 그대로 카피한 중국제 마스크 조립 시스템 3D 도면은 [그림 1-1]과 같다.

본 연구에서는 위 사례와 같이 비싼 가격으로 스마트팩토리 구축 시 나타날 수 있는 실패를 방지하기 위해 한 번에 스마트팩토리를 구축하는 방법론을 제시하고자 한다. 중소기업의 제조공정은 가공, 조립, 운반, 포장, 물류, 용접, 도장 등 산업 전 분야에 걸쳐 있다. 본 연구에서는 이 공정 중에서 대부분이 수작업으로 이루어지는 조립공정의 스마트팩토리 구축에 초점을 두

었다. 구체적으로, 스마트팩토리 구축에 실패한 중소기업의 문제점과 원인을 분석하고, 성공한 중소기업의 특징을 잘 분석하며, 기존 연구에서 제시하지 않았던 제품 설계와 공정 개선 사례를 중심으로 조립공정의 스마트화 추진 방법론을 설명하고자 한다.

제조 현장은 대부분의 공정이 여러 형태로 자동화되고 있다. 이 중 원자재 처리·가공공정은 거의 자동화되었으며, 아직 자동화가 되지 않은 공정 역시 투자비만 있으면 언제든지 자동화가 가능하다. 그러나 조립 또는 이송공정은 상황이 다르다. 여전히 사람, 작업자의 역할이 필요하다.¹⁾



[그림 1-1] 마스크 조립 시스템 3D 도면

또한 제조업체들은 크게 2가지 접한 과제를 한번에 해결해야 한다. 이는 다양한 제품을 얼마나 빨리 생산할 수 있는지와 생산 시스템 내의 사람과 관련한 문제이다. 어떻게 보면 이 2가지 과제는 서로 반대점이 있을 수도 있다. 제조 산업을 예로 들면, 반복적 많은 양의 생산 시 자동화 도입은 생산량을 높여 줄 수 있지만, 빈번한 제품 변경이 필요한 경우 유연한 대응이 어려울 수 있다. 또한 다품종소량 제품 및 혼류 생산이 빈번한 생산 시스템에서는 사람이 설비보다 더 유연하게 대체할 수 있지만, 작업자 잘못 등으로 생산성이 나빠질 가능성이 있다. 즉 이러한 경우 전체 효율화를 제고할 필요가 있다.

성공적인 스마트팩토리를 구축하는 데 있어 핵심은 이 2가지 과제를 어떻

1) 중기이코노미. (2020.9.21). 한석희 박사의 기고글.

게 알맞게 결합하여 적합화된 성과를 가져올 수 있느냐이다. 두 마리 토끼를 잡기 위해 결국 설비는 사람이 가진 지능, 자율적 의사 결정, 유연성을 닮아야 하고, 사람은 반대로 설비가 가진 정확성, 일관성, 스피드 등을 따라가야 한다. 아무리 자동화율이 높은 공장일지라도 아직까지는 작업자, 운영자를 시스템에서 100% 배제하기 어렵다. 공장을 이전하는(Shoring) 문제도 결국 작업자(엄격히 말하면 인건비 문제이지만) 때문이다. 사실 상황에 따라서는 Full 자동화된 시스템보다 사람이 섞여서 함께 운영되는 시스템이 더 어렵다. 이 중 하나의 사례는 [그림 1-2]와 같이 선도유지용 분말 사면의 기계에 의한 자동 작업과 사람에 의한 수동 작업이다.

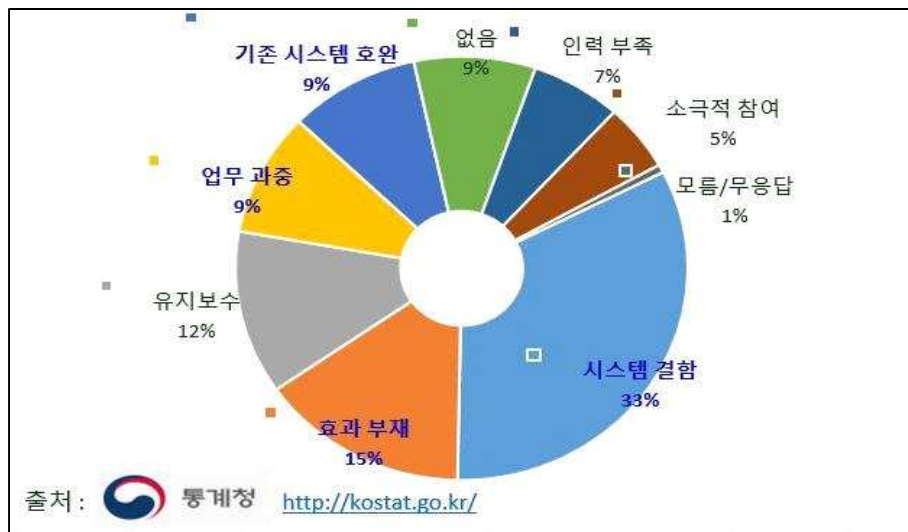
스마트팩토리 도입 과정에서 면밀한 ROI 분석 및 진단 없이 급하게 여러 정보화 기술을 적용하고 사물인터넷 플랫폼을 도입하는 것은 많은 한계에 부딪히게 되고, 말 그대로 과불급(過不及)의 결과를 초래할 수 있다. 그리고 산업별, 업체별, 규모별, 자동화 수준별 특성을 감안한 제조 혁신이 추진되어야 하며, 이를 통해 대상 시스템의 회사 경쟁력을 높일 수 있는 가장 알맞는 방안을 설계한 후 점진적으로 도입하는 것이 필요하다.



[그림 1-2] 선도유지용 분말 사면의 자동 작업과 수동 작업

1.2 연구 목적 및 범위

수많은 중소기업에서 스마트팩토리의 도입에 많은 비용과 인력을 투입하고 있다. 말 그대로 스마트팩토리의 시대이다. 하지만 이미 구축한 중소기업에서 얼마나 많은 시행착오를 겪었는지, 도입 후 어떤 문제에 직면했는지는 그 어떤 중소기업도 잘 알려주지 않는다. 게다가 정부기관 산하의 스마트 제조혁신추진 단에서도 장미빛 청사진만 알려줄 뿐이다. 회사 경영진이 과감하게 투자하여 도입한 스마트팩토리 시스템이 1~2년이 채 못 되어 빛좋은 개살구로 전략하고 천대 취급을 받고 있다는 사실을 말해주는 곳은 없다.



[그림 1-3] 스마트팩토리 도입 후 실패 원인

본 연구자가 여러 차례 중소기업 제조공장을 방문하여 진단한 결과에 따르면 스마트팩토리의 도입이 실패하는 원인은 첫째, 준비없는 시작, 둘째, 내부 역량 부족, 셋째, 도입 전략의 부재이다. 이를 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

- ① 준비없는 시작은 충분한 이해와 비전, 목표 없이 막연한 시작, 생산 형태에 적합지 않은 획일적인 시스템 도입, 프로세스 혁신이 전제되지 않는 단순 투자, 자동화나 기타 다른 목적으로 성급하게 추

진하는 경우이다.

- ② 내부 역량 부족은 시스템 설계 및 프로세스 혁신 능력 부족, 특정 부서의 부문 편일적 요구에 집착, 전략적 리더십 부재와 기술 인력의 부족이다. 도입 전략의 부재는 스마트팩토리의 구축 목표와 비전 및 로드맵, 단계적 변혁 이미지와 구체적인 실행 방법, 인력 구조의 변화를 감안한 조직 운영 전략 등이 존재하지 않는 것이다.
- ③ 스마트팩토리의 구축 시작부터 양산까지 성공적으로 참여하여 조립공정의 전반적인 생산성을 증대시키며, 제품 설계의 개선을 통해 원가를 절감하는 방법론을 정리하여 타 중소기업에서 구축 시 시행착오를 줄이고 더 좋은 성과를 거두게 하는 것이 연구 목적이다.

스마트팩토리 보급 확산 사업은 2022년까지 스마트팩토리 3만개 회사를 지원하는 것을 목표로 정부가 추진하는 국책사업이다. 본 연구에서는 전체 제조 공정 중 조립공정을 연구 범위로 국한하며, 상기 프로젝트 추진 시 조립공정의 스마트화 방법론을 제시한다. 이 스마트화 방법론은 시행착오 없이 성공적으로 한 번에 추진되도록 성공 사례를 중심으로 한 것이다.

중소기업의 제조공정을 보면 가공, 조립, 운반, 포장, 물류, 용접, 도장 등 산업 전 분야에 걸쳐 있지만, 이 공정 중에서 제조 현장은 여러 형태로 대부분의 공정이 스마트화되고 있다. 특히 원자재 처리·가공공정은 거의 스마트화되었다. 따라서 대부분 수작업 위주인 조립공정의 스마트화 방법론에 대하여 구체적으로 알아보려고 한다. 여기서 스마트화의 의미는 자동화와 다르게 노동력을 기계(자본)로 대체하는 것이 아니라 데이터를 관계로 한 제조 시스템의 유기적 변형을 말한다.

스마트화는 사물이 사람과 같이 스스로 판정하고 행동하는 것을 말하는 것으로 ‘지능화’, ‘자율화’와 같은 의미인데, 수집된 데이터를 분석하여 스스로 판정하기 때문에 스마트팩토리라고 부른다. 참고로 공장 자동화는 IT나 로봇을 이용해서 무인화로 정해진 조건의 일을 자동화시켜 단위 공정별로 최적이지만, 제조공정이 서로 유기적이지는 않다.

1.3 기존 연구 자료

박병순(2016)은 반도체 패키지 기판의 분류와 제작공정을 요약하여 스마트 공장의 필요성을 설명했고, PCB 제조업체의 스마트공장 구현을 통한 생산성 및 품질 향상의 사례를 분석하였다. 최민성(2018)은 항공기 제조 산업의 Job Shop 생산 방식에서의 문제점을 도출하고 도출된 문제점을 기준으로 스마트공장을 도입한 기업의 사례를 연구하여 Job Shop 생산의 항공기 제조 산업에서의 스마트공장 도입 로드맵을 작성하였다.

또한 채인기(2018)는 유압부품 관련한 다품종 소량을 생산하는 중소기업에서 스마트공장을 구축하기 위한 방법론을 제시했으며, 손미애·김원·강성재(2007)는 유통단계뿐만 아니라 제품의 이력 관리 및 품질 관리에 RFID의 적용 가능성을 타진하기 위해 제조 및 포장공정에 활용하는 방안을 제안하였다. 한편 오세남·박원철·류문찬·이민구(2018)는 “다품종 소량 생산 체제 제조업의 구축과 리쇼어링(Re-shoring)의 안정화를 위해 스마트공장의 정의, 국제적 동향, 국내 제조사 (주)IDIS의 구축 사례를 소개하였다.

상기 연구들의 문제점은 다음과 같다. 중소기업에 해당하는 패키징용 PCB 구축 방법론은 상세한 제조공정을 설명한 것이며, 소품종 소량 생산, Job Shop 생산 방식의 항공기는 특수 업종에 대한 설명이다. 또한 유압 부품의 제조공정을 설명하고 생산공정에서의 데이터 정보, MES를 기준으로 설명하였다. 그리고 바코드를 부착하는 것을 RFID로 변경했을 때 공정 개선 효과를 산출하였으며, 대체 시 단순 비용 절감의 효과만을 얻은 내용이다. 또한 상기 연구에서 다룬 내용들은 제조공정 중의 일부분에 해당하므로 참고는 되지만, 범용적인 조립공정의 스마트화 방법론에는 적합하지 않다.

나형배(2018)는 중소기업 스마트팩토리 구축을 위한 공정/ 설비 부분 방법론에 대한 연구를 하였고, 소병업(2017)은 센서와 가상 공정설계를 활용한 스마트팩토리 구축에 관한 연구를 하였다. 그리고 조치훈(2020)은 중소기업 스마트공장 도입을 위한 사전 진단체계 고도화 연구를 하였다. 또한 신완선·조지훈(2019)은 진단한 결과를 분석하여 향후 스마트공장 정책의 추진과 관련된 정책적 시사점과 스마트공장 도입으로 기대되는 성과를 고도화하기 위한 실무적

시사점을 제시하였고, 박종식·강경식(2017)은 4차 산업 혁명을 위한 스마트팩토리는 제조업에 ICT를 접목함으로써 제품 설계-BOM-생산-조달-물류-서비스에 이르는 모든 생산 활동을 통합 관리하는 솔루션을 제시하였다.

그러나 현실적인 형편을 생각할 때, 현재 가지고 있는 인적·물적 자원 활용, 지속적인 업무 효율성, 혁신 등의 변화를 축적하여 고도화된 스마트팩토리를 구축하는 방향 및 구축하기 위한 내용에 대한 설명이며, 중소기업 스마트팩토리 도입을 위한 사전 진단 체계 고도화 관련 연구이고, 스마트팩토리 수준 진단 방법론의 범위를 벗어나 준비도라는 새로운 관념을 중심으로 여러 산업 분야에 새로운 기술 및 업무 방식을 도입하는 과정을 연구한 사례를 제시하였다는 점에서 한계가 있다. 그리고 우리나라 경우 스마트팩토리의 기반이 되는 정보기술 및 기존 생산기술의 융합을 통해서 기존의 전통산업들의 고부가가치화와 스마트팩토리 관련 새로운 산업 창출이 필요하다고 설명한 구축 전략이다.

이와 같은 연구들은 단편적이고 포괄적인 내용이기 때문에 구축 시 참고는 되지만, 조립공정의 스마트화 방법론에는 적합하지가 않다.

Ⅱ. 조립공정의 스마트화 방법론

2.1 조립공정의 스마트화 방법론 전개순서 도표

조립공정의 스마트화를 위해서는 각 공정의 스마트화뿐만 아니라 생산 방식이나 생산 관리 시스템의 혁신을 이루어야 한다. 조립공정의 스마트화 프로세스는 [그림 2-1]과 같다.



[그림 2-1] 조립공정의 스마트화 프로세스

2.2 스마트화 방법론의 필요성

중소기업의 경우 스마트팩토리를 통한 제품 및 서비스 혁신보다 생산 혁신에 집중하는 것이 더 효과적이다.²⁾ 자원이 부족한 중소기업의 경우 적절한 기술을 활용해 적은 비용으로 빠르게 고도화하고 이를 활용한 경쟁력 향상 경험의 축적할 필요가 있다.³⁾ 스마트팩토리의 연결성과 지능화를 위한 지원 정책의 수립이 스마트팩토리 고도화의 핵심인 만큼, 생산성에 중대한 영향을 미치는 세부적인 요인을 확인하고, 디지털화하고, 데이터를 생산, 수집, 분석, 컨설팅을 제공하는 활동들이 중소기업 스마트팩토리의 고도화에 필수적이다.⁴⁾ 또한 각 활동에 대한 체계적인 지원정책이 수립되어야 한다. 업종별로는 스마트팩토리의 구축 효과가 상대적으로 높은 1차 금속, 금속 가공, 기계 및 장비, 자동차, 전자 부품 등 조립 산업의 스마트화를 우선 추진할 필요가 있는 만큼 적극적인 투자가 필요하다.⁵⁾ 다년간의 중소제조기업 제조 혁신 컨설팅을 수행한 결과, 가공보다는 열악한 조립공정의 스마트화로 생산 혁신을 이끌어낼 필요가 있음을 체감하였다. 따라서 실패와 성공 사례에서 얻는 교훈과 지혜를 통하여 시행착오를 줄이기 위한 조립공정의 스마트화 방법론을 제시하고자 한다.

조립공정의 스마트화 성공 사례인 산업용 자동제어기기 제조업체 K社, ‘스크루 체결 스마트화 시스템’의 스마트화 구축에서 추진한 목적은 다음과 같다.

- ① 생산성 향상으로 리드 타임 감소
- ② 스크루 체결 스마트화를 통한 품질의 균일화
- ③ 작업자의 정신적 육체적 피로도 감소
- ④ 생인화 달성
- ⑤ 제조 경쟁력 강화

2)스마트공장 고도화 정책초점은 생산혁신,티스토리(2019.1.11.)이남은

3)스마트공장 고도화 정책초점은 생산혁신,티스토리(2019.1.11.)이남은

4)스마트공장 고도화 정책초점은 생산혁신,티스토리(2019.1.11.)이남은

5)스마트공장 고도화 정책초점은 생산혁신,티스토리(2019.1.11.)이남은

추진 후의 정량적 투자 효과로서 총 스크루 체결 시간이 10.8초(24.4%) 단축될 것으로 예상하였고, 예상투자금액 75.5백만 원에 투자 회수 기간은 1.62년을 예상하였다. 개선 전(수작업) 총 체결 시간은 44.2초, 개선 후(목표)에는 33.4초로 10.8초 단축이 예상되며, 연간 총 생산 수량은 43,056개이다. 예상 투자 금액은 75,450,100원이며, 총 예상 투자 효과(생산량 기준)는 총 생산량 증가 수량 43,056개, 평균 판매 가격 6,350원/개, 매출 총이익률 17%로 46,478,952원/년이다.⁶⁾

정성적 효과는 [표 2-1]과 같다.

[표 2-1] 정성적 효과

번호	항목	컨설팅 전	컨설팅 후
1	작업자 체부감소	에어드라이버의 진동으로 어깨 결림, 손목인대 부담	서보드라이버 및 자동 체결로 어깨 및 손목 부담 없음
		작업자가 왼손으로 제품을 잡고 우측 손으로 에어드라이버로 체결하기 때문에 작업의 어려움	제품 가이드 및 위치결정 치구를 사용하여 자동 체결하므로 작업 용이함
2	작업환경개선	에어드라이버로 스크루 체결하므로 소음이 심함	서보드라이버를 사용하므로 소음이 아주 적음
		에어로 구동하기 때문에 외부 공기의 먼지가 나와 환경이 나쁨	에어를 사용하지 않고 전기를 사용하므로 외부 공기의 유입이 없음
3	품질안정	왼손으로 제품을 잡고 오른손으로 스크루 체결 시 위치가 틀어져서 체결이 안 됨	스크루 체결 로봇 시스템을 사용함으로써 체결 불량 감소
		에어드라이버로 체결 시 체결토크 관리가 되지 않아 빠가 현상 발생함	스크루 체결 로봇 시스템의 토크 관리로 체결 품질이 안정됨

스마트팩토리가 구축되지 않은 김포 소재 미용 고데기 전문 제조회사인 B社에 기술 컨설팅을 실시하는 과정에서 L사장으로부터 “자사에도 스마트팩토리의 구축을 하고 싶은데 어떻게 진행하면 좋겠냐”고 질문을 받았다. 그래서

6) 출처:중진공 제조혁신 컨설팅 케이스오트 완료보고서 2016.11.23.

“공장 진단한 결과는 내부 불량률은 0.7%, 외부 불량률(협력회사)은 평균 20% 이상 나오고 수작업용 치공구도 없이 생산하고 있었다. 우선 자체 내부 불량률도 줄여야 하지만 협력회사의 부품입고 불량률을 줄이지 않으면 스마트팩토리 구축해도 효과가 없다”라고 조언하였다. 즉 온도 조정 및 측정, 글로브 손잡이 부착, 그리스 도포, 스프링 장착, 스크루 체결, 글로브 체결, 내압 테스트, 에이징, 라벨 부착, 배꼽 부착, 세정 작업, 박스 제함 작업, 포장 작업 등 전 공정의 개선 활동을 통해 생산성은 향상시키고 불량률을 감소시키는 것이 급선무였다.

상기 B社에 대한 개선 방안은 다음과 같다. 먼저 회사 전체의 ‘기본 관리’나 ‘기본 기술’의 수준이 부족한 제조 공장에 무조건 추진하게 되면, 생산에 막대한 손실을 입히고, ROI를 맞출 수 없어 존폐의 위기에 몰린다.⁷⁾ 그러므로 H/W나 S/W의 솔루션을 받아들일 수준을 만들기 위해서는 먼저 기본이 부족한 공장에 ‘공장 합리화 활동’을 수행하는 것이 필수적인 전제 조건이다. 국내 스마트공장 중 81.2%가 미적용의 기초 수준 단계이므로, 미적용, 기초 수준에 있는 중소기업회사는 선결 과제로서 공정 합리화를 실시한 후에 중간 수준 1, 2단계를 추진해야 한다. 그러므로 우선 ‘공정 합리화’부터 추진하는 것이 정답이다.

[표 2-4]와 같이 상기 B 社의 스마트공정 수준 단계별 형태를 보면 미적용 단계이면서 기본 관리, 기술 기술이 제대로 갖추어지지 않았다.

[표 2-2] 스마트공장의 수준 단계별 형태⁸⁾

구분	미적용	기 초	중간 1	중간 2	고도화
공장 운영	수작업	생산 이력 불량 관리	실시간 생산 정보 수집 관리	실시간 공장 자동 제어	설비 시스템의 자율 생산
역량 수준	수작업	바코드, 전자 태그 활용	센서 등을 활용한 설비 관리	IT기반 실시간 통합 제어	IoT·CPS 기반 맞춤형 유연 생산
기업 수준	대다수 중소기업		선도중소· 중견기업	대기업	해외선도기업 (지멘스, 테슬라 등)

7) 스마트공장 확산 제조업 살릴까?, 티스토리(2019.7.10.) 이남은

8) 중소기업연수원 교육프로그램 내용 중 발췌

Ⅲ. 단계별 세부추진 내용

조립공정의 스마트화를 구체적으로 추진하기 전에 Top의 니즈를 파악하고 생산 시스템의 전략 등을 분석하며, 회사의 대내외적 환경 분석, 제품 분석, 생산 분석을 통하여 스마트화 생산 시스템의 혁신 개념 및 추진 계획을 수립한다. 스마트화 방법론의 혁신 개념 및 추진 계획을 수립함에 있어서 가장 중요한 것은 그 목적과 목표이다. 제조 공장에서 해결해야 할 과제도 단적으로 인력 감축뿐만 아니고 품질 향상, 작업 안전 등을 생산 시스템의 설계에 고려해야 한다.

3.1 Phase1 개념 설계(전략의 입안부터 사업 전략의 수립까지)

3.1.1 Step1 니즈의 파악과 목표 설정

3.1.1.1 조립공정의 스마트화 사전 검토

스마트화는 자동화와 달리 노동력을 기계(자본)로 대체하는 것을 의미하지 않으며, 정보를 매개로 한 생산 시스템의 유기적 변형을 말하는 것이다. 부문 간 접촉성의 강화, 정보 중심의 분석 및 의사 결정, 고객 중심 경영 전략에 따른 유연성 향상 등 스마트화의 목표를 달성하는 과정에서 관리 및 기술 인력에 대한 수요가 증가할 것으로 예상된다. 조립공정의 스마트화와 관련된 사전 검토를 위해서는 [표 3-1]과 같은 항목들을 참고하여 추진 팀원 전체가 참여해야 한다.

[표 3-1] 스마트화 사전 검토

번호	사전 검토 항목	사전 검토 내용	비고
1	조립공정 스마트화에 관한 자료를 충분히 수집하라.	- 조립공정 스마트화 추진에 대한 성공 사례 논문 등 - 필요 분야 조립 스마트화 설비 등에 대한 자료 - 자동화 설비의 제어 방식 등에 관한 데이터 자료(컴퓨터, 프로그램, 순차 제어) 수집 - 검출 등에 대한 감지 자료 수집	
2	제조공정을 정확히 파악하고 문제점을 찾아라.	- 어느 공정이 어려운가?(병목공정이 있는가 등에 대한 분석) - 애로가 있는 공정이 무엇인지 파악하라. - 무겁고 쉽게 피로하고 위험한가? - 생산 시스템 혁신의 목표 등 문제의식을 가지고 연구 검토해야 한다. - 조립공정 스마트화 계획 검토회를 가져라.	
3	어떤 방법으로 해결할 것인가를 구상하라.	- 구체적인 해결 방안을 구상하라. - 공정을 줄일 수 없는가. - 채산성이 있는가, 코스트 분석하라. - 기술적으로 해결 할 수 있는가 등 문제의식을 가져라.	
4	어떻게 하면 조립공정 스마트화가 되겠는가?	- 조립공정 스마트화 추진 사례 등 타 실적을 활용할 것인가? - 현재 생산설비를 재활용할 수는 있겠는가? - 현 제품을 개조하여 또는 조합하여 만들 수 있는가? - 어느 공정을 어떠한 방법으로 결합할 것인가?	
5	조립공정의 대상을 선정, 연구 검토하라.	- 설비사양을 명확히 검토하라. - 어떤 방법으로 하면 채산성이 있고 싸고 빠르게 제작이 될 것인가? - 설비가 능률적이고 효과적인가? - 설비제작이 효과적이고 쉬운가? 등	
6	스마트화 설계, 제작 검토하라.	- 설계와 제작시의 문제는 있는가? - Knowhow는 없는가? - 사양이 정확하고 새로운 아이디어인가?	
7	다른 용도와 응용 방법이 없는가?	- 분임조활동 등을 적극적으로 활용하라. - 이용 확대를 생각하라.	
8	설계전 리뷰 검토하라.	- 제품의 원가를 더욱 감소 시킬 수 없는가? - 보다 좋은 아이디어는 없는가? - 정밀도를 올리고 불량을 감소 시킬 수 없는가? 하나의 아이디어로 흡족하지 말라.	

3.1.1.2 조립공정의 스마트화 적절성 검토

스마트화를 어떻게 구축할 것인가는 생산 제품, 생산수량 또는 스마트화 수준에 따라 검토 방식이 다르므로 상세한 방법을 기술하기에 어려움이 있다. 또한 스마트화를 실현하기 위해서는 꽤 높은 투자비용이 요구되므로 무엇보다 먼저 제품의 수요 예상과 미래 동향, 중장기 계획 등을 수립할 필요가 있다.

스마트팩토리는 기업의 여력이나 상황에 따라 점진적으로 구현 가능하기 때문에, 기업의 사정에 맞게 점차적으로 공장의 스마트화를 추진해야 한다.

공장의 정보 기술 활용 수준 및 역량을 고려하여 앞의 [표 2-2]와 같이 스마트공정의 수준 단계별 형태에 의거 ‘기초·중간1·중간2·고도화’의 4단계 수준으로 크게 구분할 수 있다.

3.1.1.3 조립공정의 스마트화 구축의 목적과 효과 파악

현재 회사 현황을 파악 후 수준에 맞는 목표와 개선점을 발굴한 뒤, 명확하고 구체적인 도입 목적을 설정한다. 개선하고자 하는 목적 없이 구축하게 되면 결과가 만족스럽지 못할 수 있다. 구축 목적에 부합하는 조건은 아래와 같다.

- ① 투자비용이 적을 것
- ② 투자효과가 클 것
- ③ 투자효과에 특징이 있을 것
- ④ 사용하기 용이할 것
- ⑤ 기술적 향상을 도모할 수 있을 것
- ⑥ 스마트시스템이 Maintenance가 쉬울 것

정량적인 효과로는 인원 절감, 품질 안정, 품질 향상, 생산성 향상, 숙련 작업자 불필요, 설치 스페이스 감소, 작업자가 불가능한 작업 가능, 부적합

작업 가능 등이다. 반면 정성적인 효과로는 제조 기업의 신뢰성, 기술력 향상, 직원의 자부심 향상, 제품 설계의 개선 활동의 활성화, 표준화 작업 가능, 작업자의 안정성, 인간성의 향상 등이다. 여기서 조립공정 스마트화의 기본 원칙은 높은 생산성이 되어야 한다. 수작업보다 고속으로 저렴하게 부품(제품)을 조립할 수 있어야 한다.

그리고 조립 대상 모델의 변경에 따른 유연성, 대응성, 적응성, 호환성이 확보되어야 한다. 특히 다품종이면서 소량 생산인 경우 더욱 그렇다. 자동 조립에서 요구되는 난해한 작업공정(2개 이상 동시 작업 수행)에 충분히 대응할 수 있는 성능의 고도화가 이루어져야 한다.

3.1.2 Step2 제품 및 생산 분석

3.1.2.1 제품 분석

‘자동으로 조립할 수 있는 부품(제품)을 어떻게 스마트화되도록 만들 것인가’, 즉 스마트화를 쉽게 하기 위해 제품을 분석하는 것은 유효한 방법이다. 제품 설계면을 개선하거나 제품 구조 그 자체를 재검토함으로써 합리적이고 경제적인 스마트화 시스템을 구축할 수 있다. 왜냐하면 제품 설계는 다음의 관점에서 분석이 중요하기 때문이다. 이는 Value Engineering적 검토, Variety Reduction적 검토(제품 종류의 표준화), 스마트화에 적합한 부품 형상 검토이다.

제품 분석은 대상 제품의 모델 종류 및 제품의 특성을 파악함에 따라 스마트화 대상 제품을 선정하고 스마트화를 추진하는 과정에서 제품의 수량, 특성을 토대로 수립하는 계획의 기초가 된다. 특히 스마트화에서는 5~10년 앞을 고려한 설계가 필요하다. 제품의 다양화 경향, 제품 믹스, 내·외적 구분, 구상 등의 배려가 스마트화 계획에 있어서도 중요하다.

스마트화 대상 제품의 선정은

① 도입 목표를 명확히 한다.

매출 증가, 이익 증대, 품질 향상, 생산성 향상, 인력 수급, 안전 대책, 작업 환경 개선, 경영 전략 등

② 도입 조건을 명확히 한다.

범용성을 갖추어야 한다. 대상 제품이 변경되어도 쓸 수 있는 잔여 가치가 있어야 한다.

③ 도입 검토를 철저히 한다.

회사의 중장기 비전 사업 계획에 따른 제품 개발 계획, 시장의 트렌드, 제조 기술 동향, 대상 제품의 스마트화 적합성, 스마트 기술의 동향 등

3.1.2.2 생산 분석

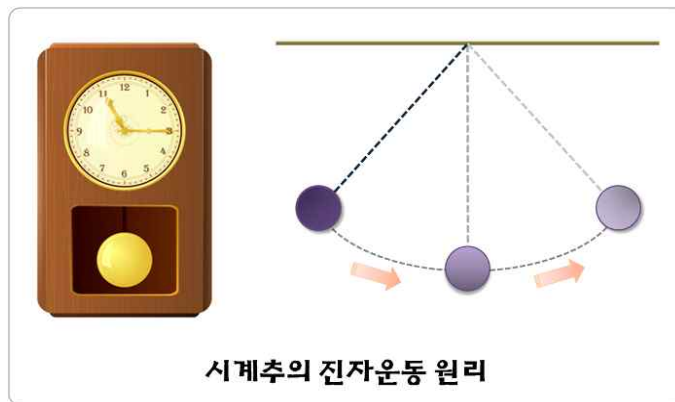
스마트화 계획을 책정함에 있어 생산 구조의 상세 분석으로 갑자기 들어가는 것이 아니고, 매크로적인 견해부터 생산의 구조를 이해하는 것이 바람직하다. 특히 생산 전체의 흐름이나 메인 라인에 대한 전 가공 라인, 서브라인, 외주 공장과의 연결 등 큰 공정 계열의 구성 상황을 분석하고 생산의 특성과 문제점을 파악해야 한다.

현재의 생산 시스템을 조사 분석하고 문제를 충분히 확인한 곳에서 스마트화를 어떻게 구축할 것인가를 검토하는 것이 바람직하다. 이때 검토 방법에는 공정 분석, 제품 종류 분석, 운반 분석, 흐름 분석, 작업 분석, 라인 밸런싱 분석 등을 포함해야 한다. 현재 생산 시스템의 부실을 그대로 둔 상태에서 스마트화를 추진할 경우 구축한 스마트화 시스템은 잘 가동되지 않고 기대했던 효과도 얻을 수 없다. 따라서 현재의 생산 시스템에서 문제가 되고 있는 점을 기술적으로 충분히 해결하고 스마트화를 꾀하는 것이 성공의 비결이다.

3.1.3 Step3 스마트화의 계획 수립

3.1.3.1 스마트화의 계획 및 채산성 분석

계획 수립 단계나 설계에서 발생한 작은 에러가 제작 과정이나 제조 현장에서는 커다란 혼란을 야기한다. 마찬가지로 스마트화 시스템의 개념 설계에서 발생한 작은 에러가 제작 과정이나 제조 현장에서는 커다란 혼란을 야기시킨다. 옛날 벽시계 ‘[그림 3-1] 시계추의 진자운동 원리’와 같이 개념 설계가 좋으면 제조 현장에서도 크게 흔들리지 않는다. 시행착오가 줄어들면 결국 전체 셋업 리드타임이 단축된다. 스마트화 시스템은 생산 기술의 총 결산이다.



[그림 3-1] 시계추의 진자운동 원리

스마트화 시스템을 추진하지 못하는 유형은 대체로 다음과 같다.

- ① 제품의 수명이 짧다.
- ② 다품종 소량 생산이라서 대응이 어렵다.
- ③ 우리 회사는 먼저 제품 설계를 개선한 후에 해야 한다.
- ④ 우리 회사는 협력업체 또는 외주 처리하기 때문이다.
- ⑤ 공장 스페이스가 협소하여 외주 처리할 수밖에 없다.
- ⑥ 제품이 변경되었을 경우에는 사용할 수가 없다.
- ⑦ 스마트화를 추진하여도 오퍼레이터(작업자)가 없으며 유지 보수가 불가능하다.

⑧ 경영자가 이해를 하지 못한다.

스마트화 시스템 투자에 대한 채산성 분석의 진정한 이유는 타당성(채산성)이다. 여기서 타당성 분석은 ‘이 제품을 스마트 시스템화하려면 40백만원 정도면 채산성이 있다’라고 대답할 수 있는 것이므로 ‘타당성 분석=예산투자 한도액의 결정’이라 할 수 있다.⁹⁾

3.1.3.2 조립공정의 스마트화 구축 계획 수립

- 1) 추진의 목적을 정확히 분석하고 어떤 작업의 공정개선인가, 생산성의 향상인가, 안전성의 확보인가, 작업 조건의 혁신인가, CEO의 요청 사항은 무엇인가 등을 검토하여야 한다.
- 2) 현장 분석은 시간을 아끼지 말고 상세히 하되 해당 공정을 눈으로 확인하는 것 보다는 스스로 직접 작업해보는 것이 훨씬 좋다.
(앞뒤 공정 해당 공정의 작업 및 동작 파악, 치구류, 환경, 레이아웃 등)
- 3) 현장 및 작업자의 애로사항을 충분히 참고하되 그들이 우리보다 그 작업을 더 면밀히 알고 있다는 자세로 임해야 한다.
- 4) 해당 제품을 사전에 준비한다.
- 5) 스마트화를 하지 않고서도 되는가를 먼저 생각하라. 현상 그대로도 혁신할 수 있는 경우가 흔히 있다.
- 6) 설계사양을 확대하여 해석하지 말라. 현실에 알맞는 사양을 점차적으로 늘려 가는 방법이 좋다. 그리고 사양을 정확하게 하라.
- 7) 해당 작업에 관련되는 법률규정, 조례 등을 충분히 조사하라(위험물, 폭발물).
- 8) 해당 제품의 품질을 파악하라.
- 9) 제품 설계와 연계를 밀접히 하라.

9) 조립 시스템의 이미지, 설비 투자 효과 분석, 투자 효과 분석 채산성 평가, 채산성 평가는 부록에 제시하였다.

3.1.3.3 조립공정의 스마트화 기본 개념 설계

1) 조립공정의 스마트화 사전 개념 설계

개념 설계 능력은 논문이나 책으로는 배울 수 없는 경험을 통해 모아진 무형의 지식과 Knowhow가 서포트 되어야 하는 것이다. 즉 스스로 오랜 기간 동안 시행착오를 겪고 도전과 실패를 반복하면서 모아지지 않고서는 얻을 수 없는 창조적 능력이다. 개념 설계는 ‘개념 설계’라고도 하며, 스마트화 시스템 설계의 80% 이상을 차지할 정도로 매우 중요하다. 이 개념 설계 방법은 여러 개의 개념 아이디어가 나올 때까지 머리로 설계하고 아이디어별 스케치하는 것이다. 이후 독특한지, 차별화되는지, 연관성이 있는지, 고객 지향적인지, 조건에 맞는지 등을 리뷰하라.

2) 개념 설계 원칙은 다음과 같다.

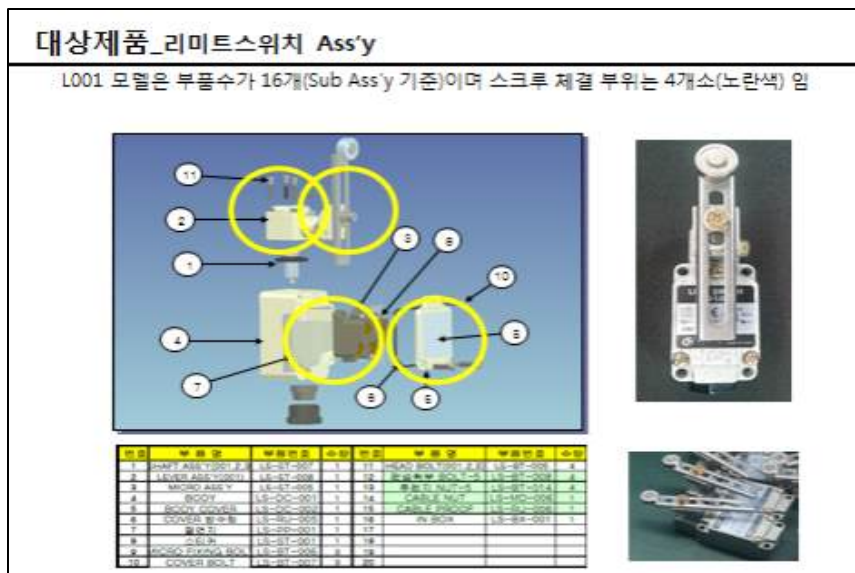
- ① 정보는 모든 기회를 통하여 수집해야 한다(신문, 잡지, 서적 등).
- ② 스마트화 이외의 기술에 대해서도 지식을 습득한다.
- ③ 제품 지식의 품질 수준에 대하여 숙지한다.
- ④ 조립공정 스마트화하기 쉬운 제품 설계의 개선을 적극적으로 제안한다.
- ⑤ 조립공정 스마트화를 추진하지 않고서도 보다더 좋은 아이디어가 없는가를 검토한다(일체화, 유니트화, 변경).
- ⑥ 무리한 계획은 반드시 실패한다.
- ⑦ 스마트시스템 구성의 기본은 늘 마음에 두고 검토한다.
- ⑧ 이론만을 과시하면 차질이 생기고 실험에 의해서 확인하고, 유사한 것과 비교해야 한다.
- ⑨ 문제점을 예단하고 헤쳐나갈 방향을 감안한 설계를 한다.
- ⑩ 관계 부문과 커뮤니케이션을 대충 하지 말아야 한다.

3.2 Phase2 기본 계획 설계(제품 구조 분석에서 업체 선정까지)

중소기업의 스마트팩토리를 위한 조립공정의 스마트화에 있어서 유연성을 갖는 생산 시스템을 추진하기 위해서는 생산 전략을 효과적으로 수립해야 한다.

3.2.1 Step1 제품 구조 분석 및 제품 설계 개선

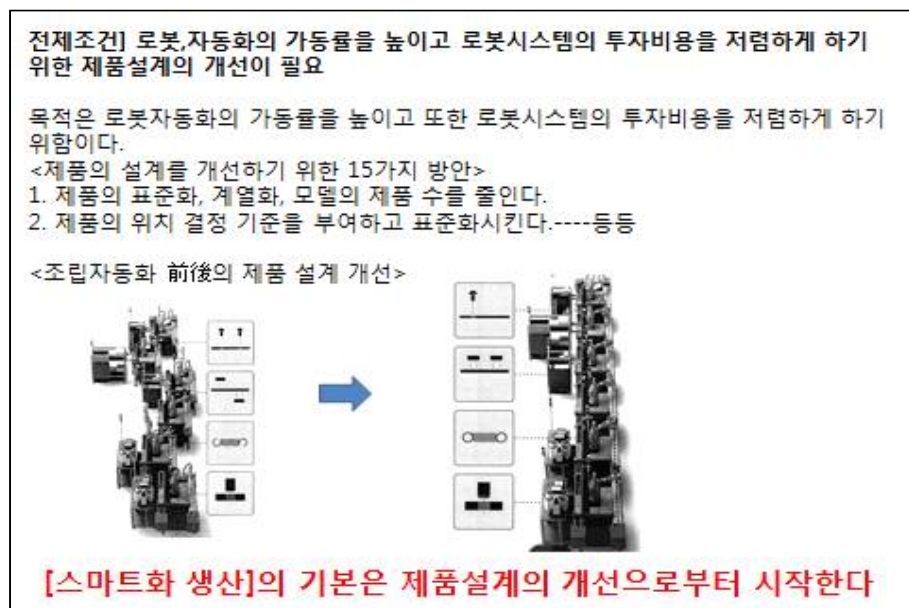
어떤 제품에 대한 스마트화를 시작하기 전에 제일 먼저 제품의 특성을 분석하는 것이다. 즉 제품의 근본적인 목적과 핵심 기능이 무엇인지를 파악하는 것이다. 기존 제품을 그대로 둔 채 스마트화 도입이나 공정 개선 등에 의한 인원 감축을 실시하더라도 비용을 대폭 절감하는 것은 어려운 일이다. 경험상으로도 대폭적인 비용 절감을 달성하는 사례는 스마트화에 적합하도록 제품 설계를 대담하게 개선하는 경우가 많다. 이때 스마트화를 쉽게 추진하기 위해 제품 구조를 분석하고 검토하는 것이 얼마나 중요한지는 의심할 여지가 없다. 즉 제품 구성 요소를 분석하고 시스템, 서브시스템, 부품을 구조적으로 전개한다. [그림 3-2]은 K社の 제품 구조 분석 사례를 제시한 것이다.



[그림 3-2] K社の 제품 구조 분석 사례

스마트화를 위한 제품 설계의 개선은 생산을 용이하게 해주는 제품 설계의 혁신부터 시작한다. 이는 제품 아이템 수, 제품 종류 수를 줄이면서도 제품 구색은 유지하고 스마트화하기 쉽게 만드는 중요한 일이다. 현재 Variety Reduction Program을 한단계 레벨업시켜 고객 요구를 만족시키는 모듈러 디자인 기법이 주장되고 있다. 실제 스마트화를 위한 제품 설계의 개선 사례는 종래 기능 중심의 제품 설계를 스마트화에 용이하도록 설계를 개선해야 한다. [그림 3-3], [그림 3-4], [그림 3-5], [그림 3-6], [그림 3-7]은 스마트화를 위한 제품 설계 개선 사례를 제시한 것이다.

각 사례에는 자동 정렬, 이송을 용이하게 하기 위한 개선, 분리를 용이하게 하기 위한 개선, 공급 조립을 용이하게 하기 위한 개선, 조립공정의 간략화를 위한 개선 등이 있다. 그리고 조립 대상 제품의 각 부품별 조립성, 부품의 조건, 조립 구조에 중점을 두어 각 항목들의 평가 점수를 구하고, 이를 더한 총점 수를 총 부품 수로 나누어 해당 제품의 평가 점수를 구하는 제품 자동 조립성 평가 방법도 있다.



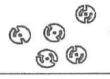
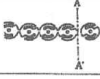
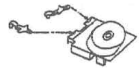
[그림 3-3] 스마트화를 위한 제품 설계 개선 사례-1

자동화를 위한 '제품 설계 개선' 사례

Mission : 종래의 기능중심의 제품설계를 자동화에 적합하도록, 자동화하기 쉽게 설계 개선을 한다

사례1 자동정렬, 이송을 용이하게 하기 위한 개선

(개선) 1. 자동정렬/이송공정을 없애는 방법

분류	수작업	자동화	비고
1			소정의 위치로 이송한 후 단면A-A'를 절단, 분리한다.
2			코일 보빈을 4방향으로 이동하여 터미널을 압입한 후 단면A-A'를 절단, 분리한다.

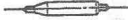
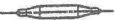
(개선) 2. 부품자세가 자동정렬되도록 하는 방법 (자유도 0)

분류	수작업	자동화	비고
1			작은 구멍을 기준으로 정렬하는 것은 어려우므로 한쪽면에 직선부를 설치한다.

[그림 3-4] 스마트화를 위한 제품 설계 개선 사례-2

자동화를 위한 '제품 설계 개선' 사례

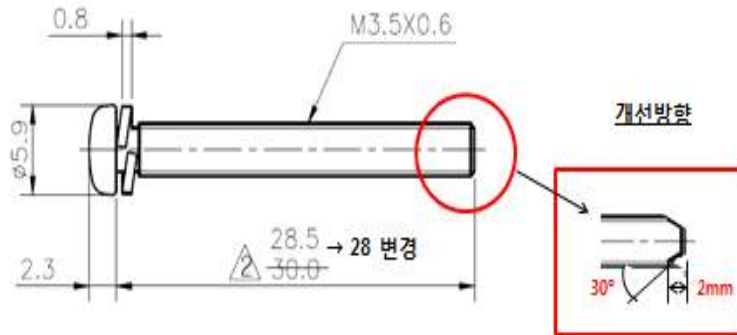
(개선) 3. 부품자세가 자동정렬되도록 대칭성으로 만드는 방법 (대칭성 : 자유도가 적게 된다)

분류	수작업	자동화	비고
1			핀, 축등을 대칭으로 하던 정렬, 이송이 용이하다.
2			볼드등에서 나사의 길이가 다른 것은 정렬, 이송이 어려우므로 대칭으로 변경하면 용이하다.
3			박판의 한면에 인쇄, 각인을 하는 경우양면 인쇄 또는 각인을 하던 정렬 이송이 용이하다.

[그림 3-5] 스마트화를 위한 제품 설계 개선 사례-3

대상제품_Screw 분석

스크루 끝단이 사각으로 되어 있어 스크루가 체결 위치 찾기가 용이하지 않아 채기 현상으로 체결 멈춤 현상 발생 할 수 있음 → 끝단을 테이퍼 2mm/30° 를 줌



[그림 3-6] 스마트화를 위한 제품 설계 개선 사례-4

대상제품_Screw 사이즈

호칭경(스크루의 체결 사이즈)를 1가지로 통일 필요 (공용화, 표준화 필요), 체결 Head 가 모델 체인지 용이하게 구조 되어야 함

리미트스위치 모델별 스크루 사이즈

구 분	KG-L001	KG-L002	KG-L003	KG-L004	KG-L005	KG-L006	KG-L007
내장 Micro	M3X11	M3X11	M3X11	M3X11	M3X11	M3X11	M3X11
Head	M3.5X28	M3.5X28	M3.5X28	M3.5X13	M3.5X13	M3.5X13	X
Cover	M4X13	M4X13	M4X13	M4X13	M4X13	M4X13	M4X13

[그림 3-7] 스마트화를 위한 제품 설계 개선 사례-5

스마트화 제품 설계는 스마트화를 통해 경영 이념, 경영 목표를 실현하는 것으로, 보다 좋은 제품을 보다 싸고 보다 빠르고 보다 안전하게 합리적으로 만들면서 부가가치와 생산성을 추구하고 고객에게 신뢰성을 제공하는 것이다.

‘스마트화 생산’의 기본은 제품 설계의 개선으로부터 시작한다.¹⁰⁾ 따라서 수작업으로 생산한 제품이 자동 조립으로 가능한지를 상세하게 검토해야 한다. 이때 검토 항목에 조립 부품의 조립 방향, 형상, 조립 생산성 등으로 어려움이 있다면 제품 설계를 먼저 개선해야 한다.¹¹⁾ 실제로 제품 설계를 통하여 부품 1개를 절감하면 직접적으로 스마트화의 1 스테이션(Station) 또는 1대의 자동화 설비를 절감할 수 있는 경우도 있다.¹²⁾ 비단 비용적인 절감뿐만 아니라 부품 제작을 위한 금형, 치공구 비용, 품질 관리 비용, 부품 조달 비용 등의 제조원가 절감과 운반비용 등이 절감되어 근본적인 원가 절감을 이룰 수도 있다.¹³⁾

스마트화 시스템의 가동률을 저하시키는 요인을 살펴보면, 설비 자체의 잔고장, 관리 실수로 인한 부품 결품, 부품의 품질 편차 및 불량 등이다. 스마트화에 성공한 회사는 부품의 품질을 향상시킨 회사이다. 즉 회사 전체의 기술력을 나타내는 파라미터이다.

3.2.2 Step2 스마트화 아이디어 구상 및 공정 분석

지금의 스마트화 아이디어 구상 및 공정을 분석하는 방법이 유일한 해결책인지를 늘 고민해야 한다. 격변하는 시대에 살아남기 위해서는 고정 관념에 벗어나 새로운 아이디어로 승부해야 하며, 제조 공정도 때로는 별레같은 눈으로 분석해야 한다.

10) 까다로운 것이 고객이 아닌가? 네이버블로그(2020.1.6) 이남은

11) 까다로운 것이 고객이 아닌가? 네이버블로그(2020.1.6) 이남은

12) 수작업으로 생산하여 온 제품이 자동으로 제조가- 네이버블로그(2020.7.20) 이남은

13) 수작업으로 생산하여 온 제품이 자동으로 제조가- 네이버블로그(2020.7.20) 이남은

3.2.2.1 조립공정의 스마트화 아이디어 도출

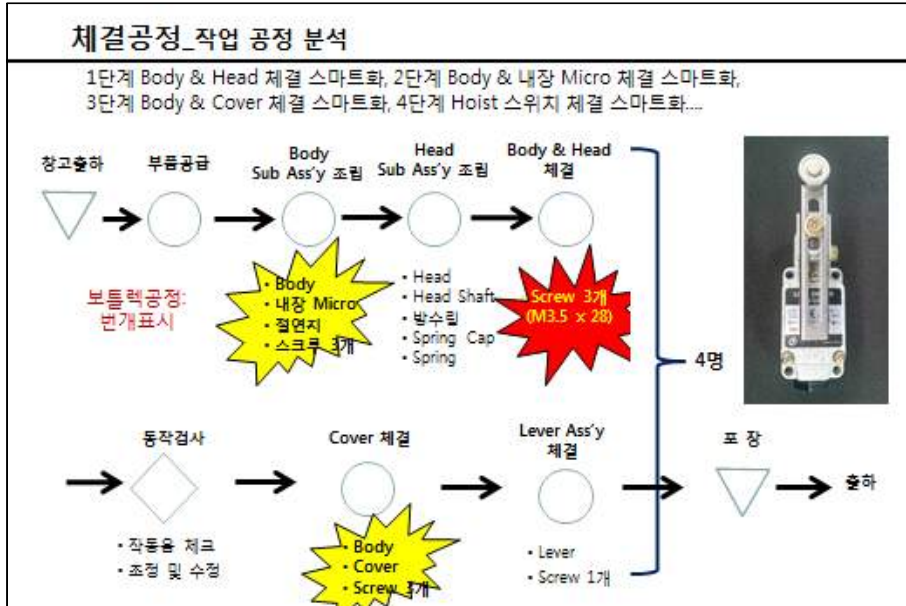
- 1) 아이디어 구상에는 충분한 시간을 들여라.
- 2) 아이디어 구상이 정리되었으면 만화도, 스케치를 만드는 습관을 붙여라.
- 3) 불안한 메카니즘에 있어서는 사전 실험으로 확인하라. 제작한 다음에는 늦다.
- 4) 다른 공장이나 다른 기업에 참고될 만한 것은 없는가를 탐색한다. 실제로 가동하고 있는 스마트 시스템은 실험보다도 확실하다.
- 5) 시중품, 표준품을 충분히 이용하라.
- 6) 카탈로그를 문자 그대로 믿지 말라. 제조업체의 실험 데이터 또는 실험하고 있는 데이터를 사용하라.
- 7) 부품의 수명 또는 수리 방법을 검토하면서 설계하라.
- 8) 운반 설치를 고려해 설계하라. 또 분해하여 입고할 경우는 재조립 방법도 검토하라.
- 9) 제작 중에 발생하는 문제는 근원적으로 해소시켜야 한다. 나중에 연기했다가는 언젠가 문제가 발생하기 마련이고 보다 많은 개선이 필요로 한다.
- 10) 정상 상태뿐만 아니라 이상 상태, 오조작 등에 대한 배려를 소홀히 하지 말아야 하고, 일부러 오동작을 시켜보고 문제가 없는지를 확인해야 한다.
- 11) 원가절감 의식을 늘 마음에 두고 설계하라. 과잉 품질은 손실이다.
- 12) 제작, 조립 순서를 검토하면서 설계하라. 가공이 까다롭거나 조립이 어렵게 되게 설계도면을 그리는 것은 엔지니어로서 가장 창피한 일이다.
- 13) 조립도는 일부로 생략하지 말라.
- 14) 제작엔지니어가 잘 만들려는 욕구가 솟아나도록 설계도면을 그려라. 그들은 설계도면의 전문가가 아니다.

- 15) 무엇이든 보고 난후에 시작하자. 듣고 난후에 시작하자. 숙지한 다음 하면된다는 정신으로 꾸준히 노력하자.
- 16) 정상 가동 후에도 항상 가동 현황, 작동 모습, 작업자의 의견, 느낌 등을 듣고 보고 메모하는 습관을 갖을 것. 이들은 다음 설계시에 지혜, 경험이 되어 기술의 레벨업과 축적이 된다.
- 17) 콘셉트 설계 설명회를 실시하라.
- 18) 무엇보다도 가장 중요한 것은 안전이므로 기구적 부분, 제어적 부분의 안전을 체크해야 한다. 한 가지 아이디어 도출 방안은 실무적으로 추진해서 효과를 본 것으로 생산 현장에서 현장 작업자 대신 직접 작업하는 것이다. 오감을 이용하여 불편한 사항이 무엇인지를 직접 느끼고, 작업을 하면서 이에 대한 해결방안을 생각한다. 생각해 낸 아이디어를 구체화하고, 스케치한다.

3.2.2.2 공정 분석

공정 분석은 복잡한 공정의 현상을 확실히 파악하여 공정 순서별, 생산 설비별, 방법 개선의 실마리를 얻는 것을 목적으로 한다. 이 공정 분석에는 조립 공정 분석과 부품 공정 분석이 있다. 이 과정에서는 제품이 어떠한 프로세스로 처리되는지를 발생 순서에 따라 가공, 이동, 측정, 정체, 저장의 5가지로 분류하고, 각 공정의 조건(가공 상태, 리드 타임, 운반거리 등)과 함께 분석해야 한다. 공정 분석은 꼭 제조현장에서 시행되어야 하며, 작업 대상 제품이 최초의 공정부터 순서대로 조립되는 경로를 따라 분석 용지에 빠짐 없이 도시, 기록해야 한다.

공정 분석의 특징은 각각 공정의 합리화를 분석하여 제조 활동을 총체적으로 혁신하려는 데 있다. 즉 제조공정 또는 작업 내용에 대하여 공정 순서에 따라 소정의 여러 가지 문자를 활용하여 각 공정의 조건을 분석, 검토하고 개선 방안을 모색하는 것이 궁극적인 목적이다. [그림 3-8]은 K社의 체결공정 작업 공정 분석 사례를 제시한 것이다.

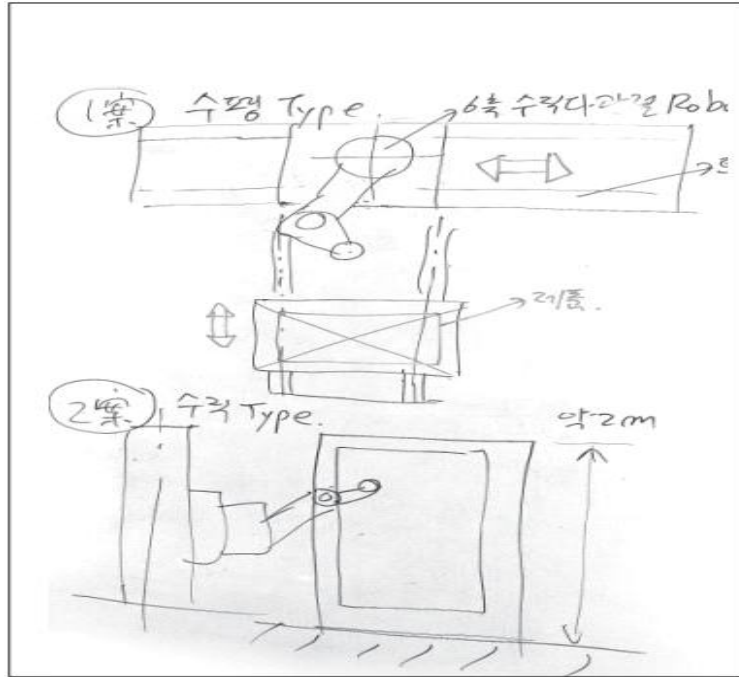


[그림 3-8] K社의 체결공정 작업 공정 분석 사례

3.2.3 Step3 스마트화 레이아웃 확정

스마트화 생산 라인은 앞서 셀 생산에 의한 작업 형태의 변경과 포장 자동화 공정 및 공정 내 제품 이송의 스마트화를 통하여 생산성 향상, 리드타임 최적화, 생산 및 포장공정의 인원 감축 등으로 제조 경쟁력을 강화시켜야 한다. 이를 위해서 제조 혁신을 통해 셀 생산 방식으로 설계하고, 조립 작업 분석을 통해 낭비 요소를 제거하고, 작업을 재설계 및 재분배하며, 조립 기준 정보를 정비하고, 조립공정 운영 프로세스를 개선해야 한다.

다음 [그림 3-9]은 상업용 오븐 제조업체인 D社의 수직다관절 용접로봇 설치 레이아웃을 검토한 것이다. 상업용 오븐 생산공정은 대부분 알곤용접의 비중이 매우 크고 숙련자 인력 공급이 어렵다. 이에 작업하기가 난해한 3D공정을 알곤용접 로봇 자동화를 통해 품질을 안정시키고 생산성을 향상시켜 제조 경쟁력을 제고하고자 하는 것이다. 즉 이전에 기술 컨설팅을 실시할 때 아이디어를 도출하여 설치할 레이아웃을 검토한 스케치이다.



[그림 3-9] 영업용 오븐 6축 용접로봇 설치 레이아웃검토

3.2.4 Step4 시스템 구상 및 사양 설계

상세 설계를 하기 전에 스마트화 대상을 선정하고, 선정된 대상의 제품과 생산 시스템을 구체적으로 분석하여 스마트화의 복잡화를 피하며, 관리운용을 용이하게 해야 한다. 이때 장래의 기술 발전 추이에 일치하는 구조여야 하므로 제품의 간소화, 시스템의 유연화, 일관화를 고려한 스마트화 시스템을 구상하고 설계해야 한다. 이 구상 설계는 어떤 제품을 어떻게 만들지를 생각하는 작업으로 제품의 가치를 결정하는 중요한 프로세스이다. 이 단계에서는 개념을 설계한 것이 승인되면 각종 유니트를 시스템으로 엮는다.

스마트화 시스템의 사양을 결정해 제작사양서를 만들어야 한다. 이 제작사양서 내용에는 스마트화 시스템의 개요, 적용 제품, Tact Time, 생산 수량, 작업자 수, 시스템 크기, 사용 동력, 사용 유체, 시스템 구성, 각 공정별 주요 내용, 제작 범위, 스마트화 시스템 개념도 등이 있다. 또한 오해가 없

도록 숫자로 표시하고, 알고 있는 부분과 모르는 부분을 명확히 작성하며, 이해하지 못한 부분은 협의록으로 작성한다.

3.2.5 Step5 외주견적 의뢰 및 업체 선정

업체 선정 시 가장 주의할 점은 요구 품질을 만족하는 가공 기술, 조립 기술 등을 보유하고 있는지, 또한 생산 설비 등도 보유하고 있는지를 직접 방문해서 점검하는 것이다.

3.2.5.1 업체 결정 및 견적 의뢰

업체가 요구하는 시스템을 납품하는 회사는 사전에 정한 자격 취득조건을 갖추어야 한다. 시스템 납품 업체의 선정은 정해진 심사 기준에 의해 승인되어 등록 절차를 밟아야 한다. 구매 부서에서는 적합한 회사를 선정 후 견적을 의뢰한다. 이때 선정 기준은 신뢰성이 있는 업체, 기술력이 있는 업체, 비밀 보장이 가능한 업체, 경영 재무 상태가 건실한 업체, 납품 실적이 있는 업체 등이다.

3.2.5.2 견적 검토 및 시스템 품의

구매 집행 부서는 견적서를 의뢰한 회사로부터 견적서를 받아 해당 구입 품의서에 비용의 지불 방법, 견적서 및 견적비교표 등을 첨부하여 시스템에 대한 품의를 해야 한다.

3.2.5.3 발주

시스템 품의서와 계약서에 의거하여 구매 집행부서는 발주서를 납입회사에 교부해야 한다. 발주서에 사용하는 품칭, 규격, 대수, 단가, 납기, 비용 지불 조건, 납품 장소는 꼭 승인된 품의서 또는 계약서에 따라야 한다.

3.3 Phase3 상세설계 및 제작 설치(상세 설계에서 설치, 실시 운용까지)

상세 설계는 발주 사양, 상세 레이아웃을 작성하고 필요에 따라 제작 사양, 제작도면 및 운용 사양을 완성해야 한다.

3.3.1 Step1 상세 설계 및 제작

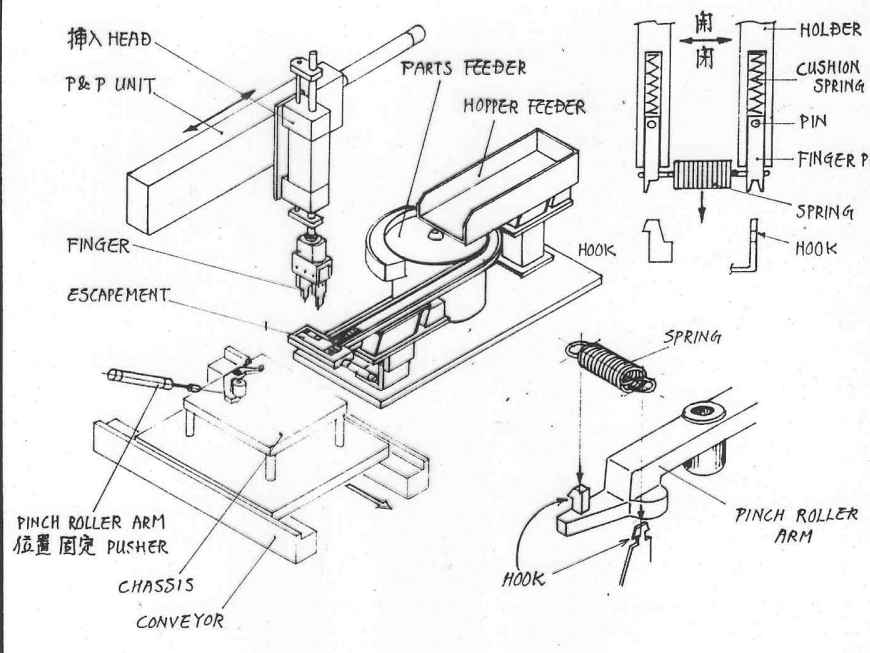
스마트화 시스템의 상세 설계는 제작 사양, 상세 레이아웃을 작성, 상세 조립도 작성하고 필요에 따라 제작 사양, 제작도면 및 운용 사양을 완성해야 한다.

상세 설계는 목표로 하는 것을 상세히 만들어 내는 설계 작업으로, 제품의 품질과 성능을 실현하기 위한 설계 작업이다.

상세 설계 및 제작

- ① 대상 제품을 분석하여 조립공정의 순서를 확정한다.
- ② 정렬 기구를 검토한다 : 부품의 완전 자동 공급이 가능하면, 90%는 성공이다.
- ③ 조립 치공구 및 조립 메커니즘을 검토한다.
- ④ 전체 배치 구성도를 작성한다.
- ⑤ 표준품과 시판용 유니트를 활용한다.
- ⑥ 상세 설계가 완료되면, 납기 순서대로 가공 및 조립하여 완성한다.
- ⑦ 완성된 스마트화 시스템의 테스트 및 생산한 제품의 품질을 측정한다.

실제 조립공정의 스마트화 사례는 [그림 3-10] 인장 코일 스프링 조립 장치의 사례, [그림 3-11] 이형 부품 조립 체결 장치의 사례에 제시하였다.

裝置名	引張 COIL SPRING 組立 裝置	投資額	34.7 百万円	N O.	5.5.2 (6)
対象物	PINCH ROLLER SPRING	重量	1.1g		
					
概要	SPRING CUSHION 機能を 갖는 FINGER에 의해 引張 COIL SPRING을 PICK-UP, 被張시킨 状態 에서 相对 WORK의 HOOK에 挿入하는 装置로서, 挿入時 FINGER PIN HOLDER에 의해 SPRING의 HOOK 部分を WORK의 HOOK에 밀어 넣는 構造이다.				
特徴	○ 形状이 不安全한 引張 COIL SPRING의 整列 及 供給方式 研究로서 供給 問題 解決. ○ 相对 WORK의 HOOK 形状에 相關하는 FINGER 機構에 의하여 確實한 組立. ○ PINCH ROLLER ARM의 一定한 位置 維持를 위하여 姿勢 固定 PUSHER 活用.				
裝置仕様	M/C CYCLE TIME P & P STROKE PARTS FEEDER 容量 (φ 230)	3.2 秒 250 mm 4000 個	効 果	省力 効果 S T 短縮	1 名 0.10 分
適用技術分野	○ 初張力 없는 引張 COIL SPRING 組立. (初張力있는 경우는 HOOK姿勢 矯正機構 必要) ○ 眼鏡 形状의 部品 組立에 応用 可能.		問題 解決	○ SPRING의 初張力에 의한 2個의 HOOK의 相对 角度 問題 (20° 以下 管理 必要). ○ P/F의 整列問題(確率) 現在 ERROR 0.5%. ○ 現在 새로운 構造의 整列, 供給 方式 實驗中. (供給 ERROR 0.5% → 0.1% 以下 目標)	

[그림 3-10] 인장 코일 스프링 조립 장치의 사례

裝置名	異形 部品 組立, 締結 裝置	投資額	13.3 百万円	N O.	5.5.2 (5)
対象物	BRACKET, SIDE 外 2種	重 量	15 g		
概要	CHASSIS 到着 → 部品 吸着 HEAD 下降, 部品 安着 → P & P UNIT 後退 → SCREW HEAD 下降, 部品 吸着 HEAD 下降 (SCREW 締結中 다음 部品 吸着) → P & P UNIT 前進, CHASSIS PASS 의 FLOW 로 構成되는 異形 部品組立, 締結 裝置.				
特徴	o T/T 短縮을 위하여 部品の PICK UP과 SCREW 締結을 同時에 하는 構造로서 裝置의 高速化, 単純化. o SCREW 締結 HEAD 와 部品 吸着 HEAD (真空 吸着 HEAD) 同期 移動.				
裝置仕様	M/C CYCLE TIME 4.8 秒 P & P UNIT STROKE 150 mm SCREW 締結 HEAD STROKE 125 mm PARTS FEEDER 容量 (ø 640) 2000 個	効果	省力 効果 2 名 S T 短縮 0.12 分		
適用技術分野	o 部品 投入後 自由 状態에서 姿勢 維持 可能な 部品에 適用.	問題	o 部品 供給 裝置와 CHASSIS 間の 最短距離 研究(P/F 의 ESCAPE 部分 OVER HANG 式). o ESCAPEMENT 의 精密 位置 決定.		
		解決	o PRESS 物로서 騒音 発生이 심하므로 防音 COVER 設置.		

[그림 3-11] 이형 부품 조립 체결 장치의 사례

3.3.2 Step2 설치 및 시운전

3.3.2.1 스마트화 시스템의 설치, 시운전

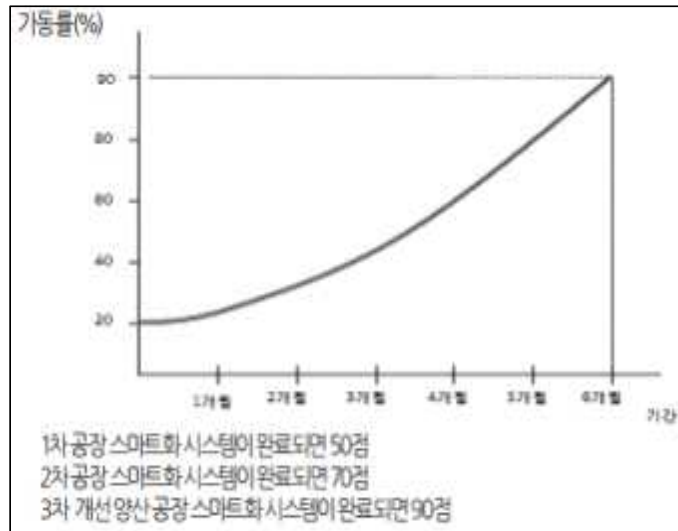
스마트화 시스템의 조정 조립이 완료되면 중간 입회 검사를 실시한다. 이때 제작회사 측에서는 취급 설명서, 교육 훈련, 서비스 체계, 반입 설치 준비를, 사용자측에서는 환경 정비, 작업자 교육, 생산 관리 정비, 품질 보증 확인 후 최종 검수 및 도입 설치를 실시한다.

3.3.2.2 스마트화 시스템의 운전 및 유지 개선

스마트화 시스템의 가동률을 높은 수준으로 유지하기 위해서는 스마트화 시스템의 고장으로 인하여 사용할 수 없는 경우를 최소화한다. 또한 스마트화 시스템이 동작하고는 있지만, 부품이 결품되었거나 생산량이 줄어드는 경우를 최소화한다. 그리고 스마트화 시스템의 예방 보전(일상 점검, 정기 점검)을 충실히 시행한다.

스마트화 시스템을 추진하는 프로세스에서 한 번에 완벽한 스마트화 시스템을 추진하는 것은 매우 어렵다. 실제로 스마트화 시스템을 1차 라인에 설치하여 가동했을 때 통상 50점 수준에 그치는 실정이며, 2차(70점), 3차 등 개선을 통해야 90점을 넘기는 것이 보편적이다. 또한 정상 가동(가동율) 되려면 일반적으로 6개월 이상 소요된다(일본의 스마트화 시스템을 추진하는 프로세스와 동일함). 따라서 상기 조립공정의 스마트화 구축방법론에 따라 순차적으로 추진해야 한다. 이를 통해 스마트화 시스템으로 제품을 양산할 때 겪는 시행착오가 감소하는데, 이는 즉 개선의 빈도 횟수 및 시간의 감소, 비용 절감 등을 의미한다.

결과적으로 상기 스크루 체결 스마트화 시스템은 2016년 12월 18일에 생산 라인에 셋업하여 2017년 1월 10일에 가동률 80% 이상으로 상승하였다. 이는 [그림 3-12] 스마트화 시스템의 정상 가동시 추이 그래프에 제시하였다.



[그림 3-12] 스마트화의 정상 가동시 추이 그래프

IV. 결론

4.1 연구 결과

스크루 체결 스마트화 시스템을 구축한 K社의 조립공정 스마트화는 스마트 팩토리의 체계적인 로드맵, 즉 상기 단계별 세부 추진 내용에 따라 점진적으로 추진한 것으로, 그 결과는 성공적이다. 기존 기능 중심의 제품 설계를 스마트화 하기 쉽게 설계를 개선하였고, 작업공정 분석을 통한 병목공정 개선, 취약공정 개선 등으로 스크루 체결 스마트 시스템을 2대에서 1대로 감소시켜 설비 투자 비용을 약 45백만 원 절감시켰다. 특히 조립공정의 스마트화 방법론으로 설비 대수를 줄여 투자비용을 절감한 것은 물론 설치 공간도 줄어들어 제조 원가도 절감되었다. 이와 같이 스마트팩토리 구축의 시작부터 양산까지 스마트화 방법론에 따라 시행착오 없이 양산을 성공적으로 실시한 배경에는 실패한 사례들에서 얻은 교훈 등이 큰 비중을 차지하고 있다.

추진 후의 K社는 스마트팩토리의 수준 단계 상에서 기초와 중간 1단계 사이 수준이라고 할 수 있다. 그러나 이는 조립공정의 스마트화를 시작으로 생산 전체 제조공정까지 확산할 수 있는 기초 연구가 되었다고 할 수 있다. K社 조립공정 스마트화 추진의 상세한 결과는 “부록 2, [표 A-4] 개선 후 투자 효과”에 제시하였다.

4.2 시사점

국내 제조기업이 기존 공정의 스마트화를 추진하기 위해서는 제한된 예산과 인력을 투입해야 하므로, 단기적이고 지엽적인 관점보다는 거시적인 관점에서 신중하게 접근할 필요가 있다. 그래서 스마트팩토리의 추진의 단계적인 로드맵과 비전을 사전에 검토해야 한다. 그리고 제조기업에서는 “스마트팩토리의 추진을 위해 제한된 인력, 예산, 시간 등의 자원을 어떻게 활용할 것인가”에 대해 중·장기 경영 혁신 전략을 수립하여 의사 결정할 필

요가 있다.

스마트팩토리의 전체 범위는 생산업체 내 수직적 통합과 수평적 통합으로, 자원(인원, 예산, 시간 등)이 무한하다면 전체 스마트화 도달을 위한 장기적인 전략을 수립하여 추진할 수 있다. 그렇지만 생산업체는 한정된 자원을 효과적으로 투입하여 짧은 기간에 성과를 내야만 하는 것이 현실이므로 스마트팩토리는 신중하게 접근할 필요가 있는 문제이다. 또한 제조기업과 유사한 형태의 모델, 스마트팩토리 우수업체배우기를 통한 ROI(Return On Investment, 투자수익률) 검증 과정이 꼭 필요하며, 스마트팩토리 관련 솔루션의 기술성, 설비 보수, 확대성 등에 대해서도 정확한 판단이 요구된다.

제조기업의 스마트화 시스템 구축은 반드시 해당 기업의 투자 결정권자인 CEO가 진두지휘하여 톱다운으로 추진해야 성공할 가능성이 높다.

최종적으로 조립공정의 스마트화 관련 최적안을 기본으로 한 예상 투자 금액, 예상 투자 효과, 투자 회수 기간 등이 가장 중요하므로 면밀히 검토하여 의사 결정해야 한다. 만약 투자 회수 기간 등이 길어지면 원점으로 돌아가 다시 구축 방법론의 순서대로 재검토해야 한다.

4.3 연구의 한계 및 향후 과제

현 시점에서 모든 공장을 운용하는데 있어서 IT로 컨트롤하는 것은 아직 기술적으로 한계가 있다. 현실적인 생산 시스템의 정비가 없는 스마트화는 제 기능을 제대로 못 한다. 이 스마트화가 유효하게 제 기능을 하게 하려면, 제조공장의 높은 수준의 운영 능력이 있어야만 한다. 예를 들어 설비 고장, 불량, 결품 등이 발생한다면 생산은 안정되지 못한다.

앞에서 언급된 문제를 예측하면서, 스케줄링 변경의 일부 적용은 가능하겠지만, 공장 전체의 변경은 현 시점에서는 어렵다. 이런 의미에서 향후 높은 수준의 공장기반 운용능력이 필요하다.

참 고 문 헌

1. 국내 문헌

- 박병순. (2016). 『선진 PCB 제조업체의 스마트공장 구축사례 분석을 통한 중소기업의 스마트공장 구축 방법에 관한 연구』. 금호공과대학교 석사논문.
- 최민성. (2018). 『Job Shop 생산방식에서의 Smart Factory 적용방안 연구 : 항공기 제조 산업을 중심으로』. 경상대학교 석사논문.
- 채인기. (2018). 『다품종 소량 생산을 하는 다공정의 유압부품 제조기업에서의 스마트공장 구축 방법론』. 서울대학교 석사논문.
- 손미애, 김원, 강성재. (2007). 『RFID를 이용한 공정개선 방향-중소기업의 포장공정 사례 중심』. 성균관대학교 석사논문.
- 오세남, 박원철, 류문찬, 이민구. (2018). 『다품종 소량 생산 체제의 스마트 공장 구축 사례 : (주) IDIS를 중심으로』. 고려대학교 충남대학교 석사논문.
- 나형배. (2018). 『중소기업 스마트팩토리 구축을 위한 공정/설비 부문 방법론에 대한 연구』. 공주대학교 석사논문.
- 소병업. (2017). 『센서와 가상공정설계를 활용한 스마트팩토리 구축에 관한 연구』. 호서대학교 석사논문.
- 조치훈. (2020). 『중소기업 스마트공장 도입을 위한 사전진단 체계 고도화 연구』. 성균관대학교 석사논문.
- 신완선, 조지훈. (2019). 『중소기업을 위한 스마트공장 도입 준비도 진단 체계 개발 및 적용 사례연구』. 성균관대학교 석사논문.
- 박종식, 강경식. (2017). 『스마트팩토리 구축전략과 중소·중견 제조기업의 적용 방안』. 명지대학교 석사논문.
- LG그룹. (1988). 『공장 자동화 매뉴얼』, (1-7). 서울: LG그룹
- LG그룹. (1988). 『공장 자동화(FA) I 개념설계/기본설계』, (1-24). 서울: LG그룹
- LG그룹. (1988). 『공장 자동화(FA) II 상세설계/운용관리』, (1-8). 서울: LG그룹

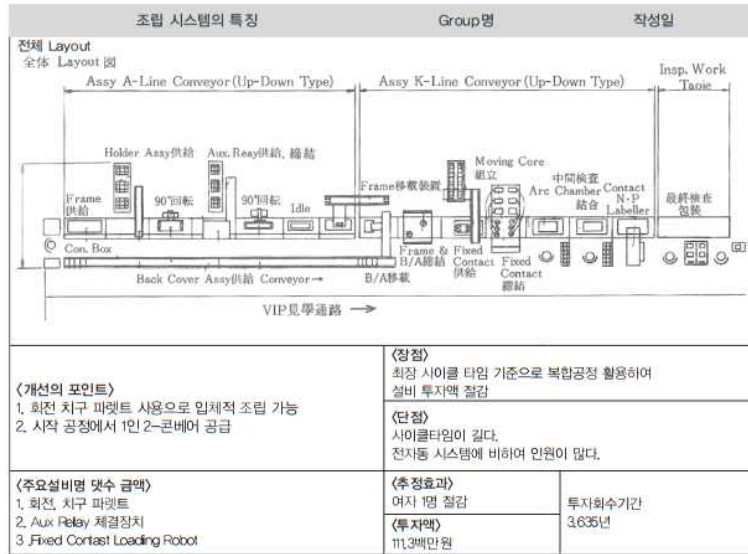
안성훈. (2019). 『중소·중견기업을 위한 한국형 적정 스마트팩토리 모델
비전 및 사례』. 서울:서울대학교
한일산업기술협력재단. (2018). 『모노즈쿠리 현장개선키트 성과사례집 I』,
(1-425). 서울:(재)한일산업기술협력재단.
한일산업기술협력재단. (2018). 『모노즈쿠리 현장개선키트 성과사례집 II』,
(1-553). 서울:(재)한일산업기술협력재단.
스마트공장추진단. (2018). 『스마트공장 구축 및 추진실무과정』, (1-195).
서울: 스마트공장추진단.
이남은. (2020). 『중소기업의 스마트팩토리를 위한 조립공정의 스마트화』.
서울: 이남은.
LG전자. (1988). 『조립성 평가법』, (1-7). 서울:LG전자
이남은. (2019). 『중소제조업의 스마트팩토리, 로봇자동화로 역량강화하러
면』. 서울: 이남은.

2. 국외 문헌

精機學會. (1984). 『自動組立の基礎と応用』, (1-7). 일본:精機學會.
日刊工業新聞社. (1993). 『工場を自動化する30ステップ』, (1-33).
일본:日刊工業新聞社.
商工綜合研究所. (平成26年). 『競争力の強化にも伝える中小製造業』, (1-3).
일본:商工綜合研究所.
(株)産業技術. (平成2年), 『FA 組立自動化設計資料』, (1-24).
일본:商工綜合研究所.
일본능률협회. (쇼와56년). 『코스트다운을 위한 자동화省力化對策』,
(1-112). 일본:일본능률협회.

부록 1. 스마트화 시스템 투자의 타당성(채산성) 검토 방법 사례

본 사례는 LS 산전의 차단기 조립공정의 스마트화(조립, 검사, 포장) 구축을 위해 검토했던 내용으로, 그중 하나가 아래 [그림 A-1] 조립 시스템의 이미지이며, 조립 시스템에 대한 [표 A-1] 설비 투자 효과 분석과 [표 A-2] 투자 효과 분석 채산성 평가, [표 A-3] 채산성 평가이다.



[그림 A-1] 조립 시스템의 이미지

[표 A-1] 설비 투자 효과 분석

단위 : 만원

NO	설비명	투 자 액			비 고
		단 위	수 량	금 액	
1	A-line Conveyor	1,000	1	1,000	
2	A-line Jig Pallet	50	20	1,000	
3	B-line Conveyor	1,000		1,000	
4	B-line Pallet	10		200	
5	B/A 공급 Conveyor	300	20	300	
6	Holder Ass'y 공급장비	300	1	300	
7	Jig 90° C 회전장비	20	1	1,000	
8	Aux. Relay 공급장비	1,000	1	1,000	
9	Aux. Relay 체결장치	800	1	1,000	
10	Frame 이진장치	300	1	300	
11	Back Cover Ass'y 이진장치	300	1	300	
12	Frame/B/A 체결장치	800	1	800	
13	Fixed Contact 공급 Robot	2,000	1	2,000	
14	Fixed Contact 체결장치	2,000	1	2,000	
15	Contact N/P Labeller	50	1	50	
T O T A L				11,130	

[표 A-2] 투자 효과 분석의 채산성 평가

- 1) 제품명 : CH-10, 15 2) 투자목적 : 스마트화 투자
 3) 투자금액 : 111,300천원
 4) 산출근거 : 여1인(4,000만원/년), 원가절감(132원/대)
 5) 투자 효과 분석

구분 \ 년도	00년	00년	00년	00년	00년	합계
수익(1)	43,600	43,600	43,600	43,600	43,600	218,000
감가상각(5)	11,130	11,130	11,130	11,130	11,130	55,650
운전경비(7)	0	0	0	0	0	0
비용(5)+(7)	11,130	11,130	11,130	11,130	11,130	55,650
세전 이익(3)	32,470	32,470	32,470	32,470	32,470	162,350
세후 이익(4)	19,482	19,482	19,482	19,482	19,482	97,410
Cash Inflow(6)	30,162	30,162	30,162	30,162	30,162	150,810
Net Cash Inflow	26,853	23,555	20,662	18,125	15,899	105,094

평가지수 : $NPV = CI/(1+i)^n = 21,666$

회수기간 = 투자액/C.I=3,365년

[표 A-3] 채산성 평가

Line명 CH-10, 15	채산성 평가 Sheet		Group명 제1조(Auto Man)	작성일	
1. 전제조건 1) 최대허용투자액 : 150백만원 2) 이자율 : 14% 3) 설비상각년수 : 10년 4) 인건비 : 4백만원/년 · 인 5) 연간 생산대수 : 0.3백만대/년 6) 대당원가절감액 : 132원					
2. 투자 예상액			3. 추정 효과 금액		
NO	항 목	금 액	NO	항 목	금 액
	〈자동화 설비비〉 1) 조립 로봇 2) 파츠 피더 3) 홀더 공급용 PP 유닛트 4) 2Head Feed Mat 5) 프레임 이체장치 6) 베이스 머신(Base M/C) 7) 직교좌표 로봇 8) 라벨러(Labeler)	111.3백만원	1	〈생인〉 1인×4백만원	4백만원
			2	〈원가 절감〉 132원×0.3백만 대/년	39.6백만원
	합 계	111.3백만원		합 계	43.6백만원
4. 채산성 계산 1) 단순투자이익율 = 추정효과금액/투자액×100 = 43,600/111,300 = 39.2% 2) 회수기간 = 3.635년 3) 신 원가 = 12,785원-132원 = 12,653원					

부록 2. K社의 조립공정 스마트화 추진 결과

K社가 스크루 체결 스마트화 시스템을 구축한 조립공정 스마트화는 스마트 팩토리의 체계적인 로드맵에 따라 점진적으로 추진한 결과이다. 이는 스마트팩토리 수준 단계에서 보면 기초와 중간 1단계 사이 수준이라고 할 수 있으나, 이는 조립공정을 시작으로 생산 전체의 제조공정으로 확산할 수 있는 기초 연구가 되었다고 할 수 있다. K社가 조립공정 스마트화를 추진한 결과 개선 후의 투자 효과를 보면, Head, Cover & 내장 마이크로 스크루 체결 시간은 2017년 1월 당시 개선 전 40.3초에서 개선 후 30초로 25.6% 향상되었고, 총 제조 Cycle Time은 개선 전 175.4초에서 개선 후 165.1초로 5.9% 향상되었다. 또한 일 1인당 생산량은 개선 전 164개에서 개선 후 174개로 6.1% 향상되었으며, 더불어 인원 감소 효과는 0.061인이다. Head & Cover 스크루 체결 시간은 2017년 1월 당시 개선 전 28초에서 개선 후 21초로 25% 향상되었고, 총 제조 Cycle Time은 개선 전 175.4초에서 개선 후 168.4초로 4% 향상되었다. 일 1인당 생산량은 개선 전 164개에서 개선 후 171개로 4.3% 향상되었으며, 더불어 인원 감소 효과는 0.043인이다.

[표 A-4] 개선 후 투자 효과

1)계량 지표

분야(KPI)	단위	컨설팅 전	목표	개선율	비고
제조C/T	초	44.2	37.6	15%	
납기준수율	%	95	97	2%	
1인당생산량/일	개	162	186	15%	
스크루체결 불량율	%	15	5	67%	
3정5S개선 사례	건	0	10	100%	

2)비계량 지표

-작업자 육체적 부담 감소,작업환경개선,품질안정

스크루의 부품을 스마트화하기 용이하도록 제품을 개선하고 표준화하였으며, 공정 개선으로 인해 스크루 체결 스마트 시스템을 2대에서 1대로 감소시켜 설비 투자 비용을 약 45백만 원 절감시켰다. 스마트팩토리 구축 시작부터 양산까지 구축 방법론에 따라 시행 착오없이 양산을 성공적으로 실시했다.

ABSTRACT

Smart assembly methodology of Small business

Lee, Nam-Eun

Major in Smart Convergence Consulting

Dept. of Smart Convergence Consulting

The Graduate School

Hansung University

The SME assembly industry is composed of discrete processes including assembly of electronic products such as smartphones and PCs, automobile manufacturing, semiconductors, and aviation.

Nationally, there is an urgent need to improve the labor productivity of SMEs, which account for 99.7% of the total number of enterprises, for new economic growth. However, due to adverse factors in the business environment, such as rising wages and rising inflation due to aging, higher education, and higher inflation, there are limitations in securing competitiveness in the manufacturing cost dimension through labor cost reduction. In addition, the introduction of smart factories in processing, press, and injection factories to strengthen the manufacturing competitiveness of SMEs is well done, but most factories in the assembly process are in poor environments.

The reason that the system that built the smart factory did not operate effectively is mainly the result of urgent promotion of the price is

cheap' with insufficient understanding of smart factory, no clear vision and goal, and insufficient prior technical review. do.

As a result of consulting several small and medium-sized enterprises that have built a smart factory, there have been few cases of normally building and operating assembly-related automation facilities. Accordingly, in this study, the causes and problems of failures of SMEs were analyzed, and the characteristics of SMEs that succeeded in constructing a smart factory were derived. In addition, unlike previous studies, the design of the product was improved to make the assembly process smarter more easily. For process improvement, a case-oriented 'Smartization Methodology of Assembly Process' was developed based on improvement of bottleneck processes and weak processes through analysis of work processes.

The general process of this smartization methodology consists of 3 phases, 10 steps, and action plans for each step below.

This study aims to present a methodology that prevents failures in constructing an expensive smart factory, and that a smart factory is built at once and eventually achieves better results for SMEs.

【Main control】 Small and medium business, smart factory, assembly process, smartization, cause of failure, product design improvement, process improvement