ISSN 1229-1889(Print)
ISSN 2287-9005(Online)
J Korean Soc Qual Manag Vol. 46, No.1:011-026, March 2018
http://dx.doi.org/10.7469/JKSQM.2018.46.1.011

다품종 소량 생산 체제의 스마트 공장 구축 사례: (주) IDIS를 중심으로

오세남* · 박원철* · 류문찬** · 이민구***†

*㈜아이디스 생산본부
**고려대학교 경상대학 경영학부
***충남대학교 정보통계학과

A Case Study of the Construction of Smart Factory in a Small Quantity Batch Production System: Focused on IDIS Company

Oh, sea-nam* · Park, won-chul* · Riew, Moon Charn** · Lee, Min Koo***†

*Division of Production Center, IDIS Co., Ltd
**Department of Business Administration, Korea University @ Sejong
***Department of Information and Statistics, Chungnam National University

ABSTRACT

Purpose: This study is to help the construction of smart factories of other manufacturing enterprises through IDIS 's case of smart factory construction.

Methods: We introduce the four phases of implementing smart factory building by IDIS company, which produces a small quantity of multi-odd units.

Results: Through the smart factory construction, the cost of product is reduced due to the improvement of total productivity such as office work, production work, and energy saving, and sales are enhanced by customized production, quality / delivery reliability improvement.

Conclusion: We present the actual examples needed to build the manufacturer's smart factory.

Key Words: IDIS Company, Smart Factory, Small Quantity Batch Production System

● Received 30 October 2017, 1st revised 27 November, accepted 28 November 2017
† Corresponding Author(sixsigma@cnu.ac.kr)
ⓒ 2018, The Korean Society for Quality Management
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. 서 론

인류의 1차 산업혁명은 18세기에 증기기관과 방적기의 발명에 의해 진행되었으며, 19세기에는 전기동력을 개발하여 자동화에 의한 대량생산체계를 구축하여 2차 산업혁명을 일으켰다. 3차 산업혁명은 IT 정보기술과 산업의 접목으로 이루어졌다. 최근에는 사이버 물리시스템(cyber-physical system)과 사물인터넷(internet of things)의 기술을 융합하여 새로운 가치를 창출해내는 4차 산업혁명에 직면하고 있다. 4차 산업혁명의 핵심은 “모든 것이 연결되고 보다 지능적인 사회”를 구축하는 데에 있다. 빅 데이터, 인공지능 로봇, 사물인터넷, 3D 프린팅, 무인자동차, 나노바이오기술 등이 융합하여 새로운 것을 창조하는 파괴적 기술(disruptive technology)이 중심이 되며 그 속도와 파급력은 빠르고 광범위하다. 따라서 세계는 4차 산업혁명의 시대를 맞아 성장을 위한 국가 간 경쟁이 치열해지고, 인류의 미래와 삶을 근본적으로 재구축하는 대전환기를 맞이하고 있다.

독일은 제조업의 주도권을 이어가기 위해 ‘Industry 4.0'을 발표하고 정보통신기술과 제조업의 융합, 국가간 표준화를 통한 스마트공장 등을 추진하고 있다. 미국은 첨단제조파트너십(advanced manufacturing partnership)과 첨단제조업 위한 국가 전략 수립하고 첨단 제조 혁신을 통해 국가 경쟁력 강화 및 일자리 창출 및 경제 활성화를 유도하고 있다. 일본은 일본재흥전략과 산업 경쟁력 강화법을 수립하여 비교우위산업 발굴, 신시장 창출, 인재육성 및 확보체계 개혁, 지역혁신을 추진하고 있다. 중국은 혁신형 고부가 산업으로의 재편을 위해 ‘제조업 2025’를 발표하고 30년 후에 제조업 선도국가 지위 확립을 위한 목표를 수립하였다. 인도는 21세기 첨단 국가로의 변신을 위해 ‘디지털 인도’ 와 ‘제조 인도’를 발표하고 인도의 디지털화를 통해 강화된 지식경제 사회로 변신을 시도하고 있다. 한편 우리나라는 제조업 패러다임 변화에 발맞춰 새로운 진화 전략 ‘제조업 3.0’을 발표하고 IT 융합, 스마트 생산방식 확산, 제조업 소프트 파워 강화 등을 추진하고 있다 [1, 3].

과거 다수의 세계적 선진 제조 강국들은 저출산, 고령화, 저임금 기피 등의 사회·경제적 문제를 해결하기 위해 브릭스 국가, 베트남 등 인건비가 저렴한 국가로 생산기지를 옮기는 Off-shoring 정책을 선택하였고, 자연스레 제조 선진국의 시장 경제 시스템은 제조업에서 서비스업으로 전환되었다. 즉, 제조 강국의 세대교체가 진행 되었다. 하지만, 2008년 국제 금융위기 이후 경제적으로 빠르게 회복하는 제조 강국과 달리 서비스업으로 전환한 나라의 회복속도는 현저히 느려 서비스업 중심의 시장경제 전환에 대한 의문이 제기되었다. 게다가 이전한 나라의 인건비 상승, 해외 운송비, 지적재산권 침해, 공정혁신 부진 등 Off-shoring 에 대한 문제가 발생 되었다. 이로 인해 제조업의 중요성이 재조명 되면서 내부 제조업의 자생 방안이 무엇인지 고민하게 되었으며, 이에 맞춰 국가적 지원 정책이 발휘되었다. 즉, 제조업의 르네상스 시대가 도래 하였다. 제3차 산업혁명시대에 직면한 사회적, 기술적, 경제적, 생태 환경적, 정치적 한계로 발생되는 양·질의 일자리 부족, 고령화, 저출산, 짧아진 제품 수명, 시장과열에 따른 비용절감 압박, 친환경 공장, 자원/에너지 절약 및 Off-shoring 문제 등을 해결하고 Re-shoring의 안정화를 위한 대안으로 2006년에 독일 중심의 스마트 공장이 대두되었다. 스마트 공장이 구축되면 정보 자동화 기술을 통한, 실시간 공정 데이터 수집(빅데이터) 및 저장(클라우드)되고, 공장운영 지능화기술을 통해 빅 데이터 분석 및 부가 가치 데이터를 창출할 수 있다. 이러한 부가 가치 데이터의 창출은 설계, 공정 및 품질의 개선과 최적화 업무의 실행을 실현시킨다. 그동안 품질 개선을 위한 많은 연구들이 진행되어 왔으나[4, 6], 스마트 공장이 구축되면 새로운 도구들을 활용한 품질개선 활동이 이루어질 것으로 기대된다.

대다수의 제조업이 스마트 공장 구축의 대세적인 흐름을 따르기 위해 가장 먼저 떠올리는 것은 자동화이다. 그러나 자동화로 요구되는 인적, 물적 자원과 자신의 회사 현실을 비교하면서 구축 방법에 대한 회의를 느끼는 경우가 많을 것이다. ㈜IDIS는 통합 보안 솔루션(CCTV용 카메라, 레코더 등의 H/W 와 운영 S/W를 개발 및 제조 생산

)을 제공하는 국내 대표, 세계적 기업이다. (주)IDIS는 세계적 기업과의 경쟁에서 우위를 갖추기 위한 전략으로 소품종 대량의 가격 경쟁력 보다 Q(quality), C(Cost), D(Delivery)를 만족 시키면서 고객 맞춤형 제품을 제공하는 고부가가치 전략을 내새움으로써 스마트 공장을 구축하기 시작했다. 업계에서 제조형태가 같더라도 그 제조 문화가 달라 타사의 구축사례를 그대로 적용하지 않고, 자체적으로 스마트 공장의 정의를 재해석하여 회사 사정에 적합한 시스템을 구현하였다. 따라서 본 논문에서는 제4차 산업혁명 시대의 제조업 형태로써 예측되고 있는 개인형 기업 즉, 다품종 소량 생산 체제 제조업의 구축과 Re-shoring 의 안정화를 위해 스마트 공장의 정의, 국제적 동향, 국내 제조사 ㈜IDIS의 구축 사례를 소개하여 스마트 공장을 구축하고자하는 다른 기업들에게 도움을 주고자한다. 본 논문의 내용은 기업에서 실제로 수행한 프로젝트를 정리한 것으로 다소 표현이 거칠거나 수행된 내용에 대한 설명이 미흡할지 모르나 가능한 한 수행된 내용을 그대로 정리하고 전달하는데 주안점을 두었다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 본 논문 2장에서는 스마트 공장의 개념과 국내/외 동향을, 3장에서는 다품종 소량 생산 체제 제조사인 ㈜IDIS의 독자적인 회사 시스템에 적합한 형태의 스마트 공장 구축 방향과 사례를 소개하고, 4장에서는 본 논문의 주제를 요약하고 향후 전망을 기술한다.

2. 스마트 공장의 소개

2.1 스마트 공장의 정의

Off-shoring 의 문제와 제조업의 중요성이 재조명되면서 주요국에서는 제조업의 르네상스 사업을 핵심 사업으로 산업부흥전략을 수립하고 있다. 본 논문에서 고려되는 주요국의 산업부흥전략에 따른 핵심 사업은 Figure 1과 같이 요약할 수 있다 [7]. 스마트 공장은 제3차 산업 혁명시대 제조업이 직면한 한계를 극복하기 위한 대안으로 2006년 독일 전기・통신・기계 공업회, 기업, 대학, 연구소의 기술계획으로써 처음 출현하여, 2011년 발표된 독일 산업부흥 전략의 핵심 사업인 Industries 4.0의 근간이 되었다.

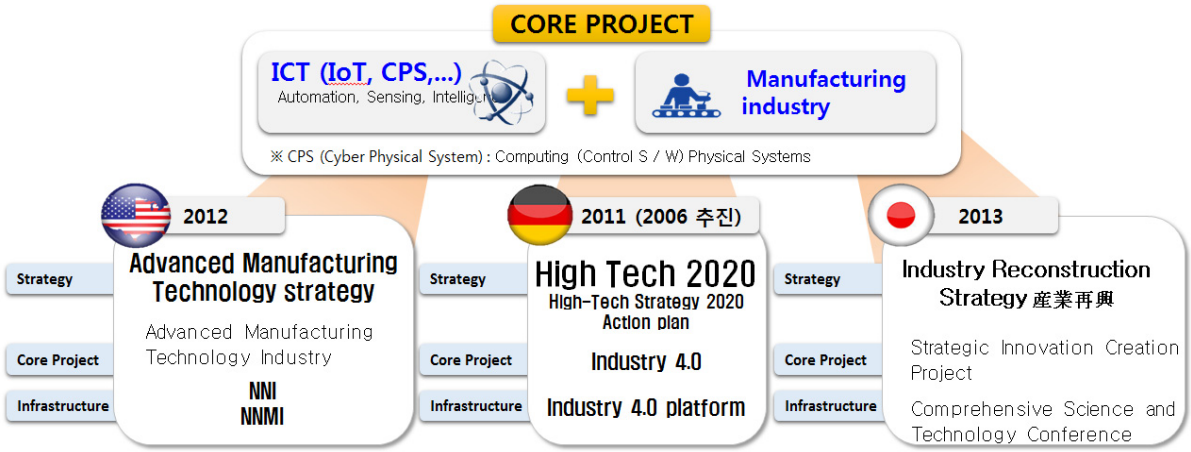

Figure 1. Industry revitalization strategy and core business of major countries

기술 발전에 따라 산업 혁명이 이루어지면서 제조업의 형태도 변화되어 왔다. 제1차 산업혁명 시대는 증기기관과 기계식 설비 도입으로 가내 수공업의 제조 형태에서 기계식 공장으로 변화 하였고, 제2차 산업혁명 시대는 전기와 컨베이어 라인 설비 도입으로 대량생산체제가 구축되었다. 오프라인에서의 혁명인 제1, 2차 산업혁명과 달리 제 3차 산업혁명시대에는 온라인 혁명으로 인터넷의 등장과 디지털화 기술, 로봇 설비 도입으로 제조 생산 체계는 부분 자동화 되었다. 스마트 공장은 오프라인과 온라인이 융합되는 혁명인 제4차 산업혁명 시대에 디지털화/아날로그화 융합 기술과 A.I.를 통해 구축되는 고객 맞춤형 유연 생산체계를 갖춘 초 연결 제조 공장으로 정의 되고 있다 [8].

2.2 스마트 공장의 요소기술 및 기대효과

스마트 공장 구축을 위한 요소기술로는 크게 3가지로 분류 된다. 첫 번째, 정보 자동화 기술은 인적 자원이 소요되는 업무에 대해 오류 제로의 실수방지 방식으로 자동화 및 디지털 데이터화 하는 것이며, 관련 기술로는 RFID, SENSOR, IoT, 지능형 메모리와 같은 인식매체 기술, 빅 데이터를 수용하는 클라우드 기술, 3D 프린터, 로봇 등이 있다. 두 번째, 공장운영 지능화 기술은 수집 된 빅 데이터의 자동 분석 수행/부가가치 데이터 창출 등을 통해 업무 프로세스를 현실적/효율적/유기적으로 자체 최적화 운영 시키는 것이며, 관련 기술로는 인공지능 기술, ERP(Enterprise Resources Planning), MES(Manufacturing Execution System), PLM(Production Lifecycle Management)과 같은 설계/제조 정보통신기술 솔루션, 소프트웨어 기술, 시뮬레이팅, 네트워킹 기술 등이 있다. 세 번째, 비즈니스 연결화 기술은 회사와 외부(고객, 공급사)간의 의사소통 사항에 대해 실시간 내부 반영 및 외부 적용 시키는 것이며, 관련 기술로는 콘텐츠, 게임화와 같은 서비스 디자인 기술, 증강 가상현실 기술, 정보보호 기술, 어플리케이션간 연계를 위한 플랫폼 기술 등이 있다. 자동화 기술, 공장운영 지능화 기술, 비즈니스 연결화 기술이 적용된 스마트 공장 구축의 표본은 Figure 2와 같다.

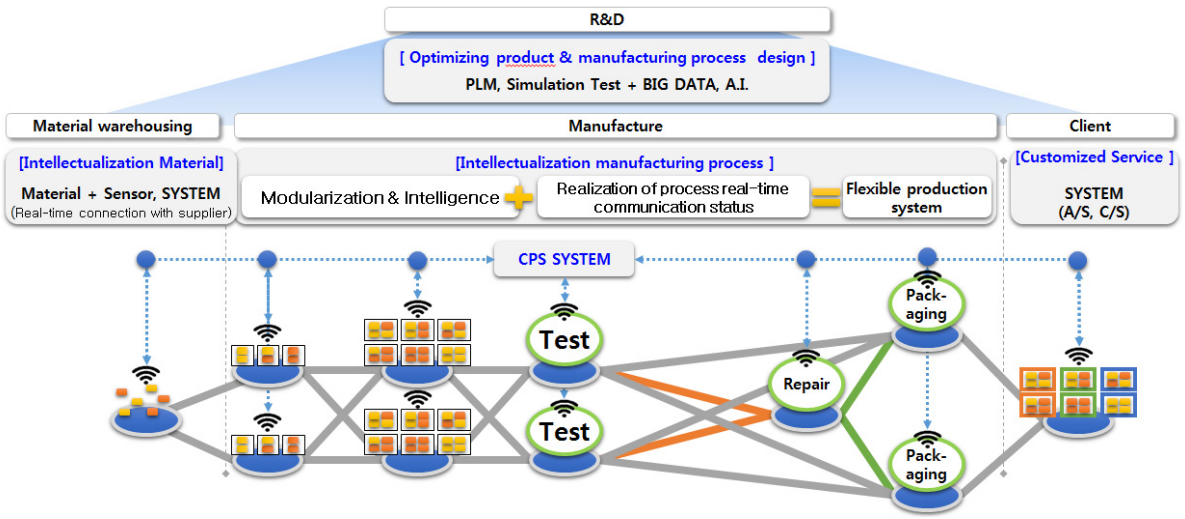

Figure 2. Construction sample of smart factory

구매자는 접근이 용이한 경로 (IoB, smart phone, WEB site 등)를 통해 사용 목적과 기호에 맞는 맞춤형 제품을 주문할 수 있고, 주문 제품의 생산 진척도와 출하시기를 실시간으로 확인 할 수 있다. 공장의 모든 흐름은 정보통신 기술 시스템이 제어 하여 최적의 효율로 생산되며, 주문 수정, 취소 등과 같은 다양한 변화에 즉각적으로 대처 한다.

스마트 공장 구축을 통해 사무업무, 생산 작업등 종합 생산성 향상과 사용 에너지 절감으로 제품의 원가는 절감되고, 주문 맞춤형 생산, 품질/납기 신뢰도 향상으로 수익률 개선과 매출신장이 기대된다.

2.3 스마트 공장의 동향

지난 산업혁명을 통해 알 수 있듯이 기술 발달과 가치 비용(기술 구축비용 대비 구축 효과) 상승은 새로운 산업혁명을 출현 시키고, 제조업은 새로운 형태로 변화 되었다. 즉, 제조업의 스마트화는 필연적이며, 정부와 산・학・연의 상생 전략과 추진이 요구 된다.

주요 국가들은 스마트 공장 구축을 위해 세부 전략을 수립하고 기반을 마련하고 있다. 국제 공통적으로 스마트 공장 기반 구축의 핵심은 구심점 역할을 하는 정부 리더 기관이며, 그 역할을 크게 세 가지로 구분한다. 첫 번째, 핵심 요소기술의 로드맵 구축 및 개발이다. 7대 제조 산업 (자동차, 모바일, 로봇, 보안, 바이오, 환경, USN (Ubiquitous Sensor Network)) 분야 별 필요한 핵심 요소기술을 도출하고 기술 개발의 우선순위를 선정하여 선택과 집중 지원 하는 것이다. 두 번째, 기술 표준화 및 개발 추진력/효율 향상 주도이다. 산・학・연의 구심점 역할이 되어 산업계의 협력을 유도하고, 개별 기술들을 종합/표준화하여 상호소통방식을 통일화 시키는 것이다. 세 번째, END to END 적용 체계 구축이다. 공정과 공급망 전체의 지능화를 위한 대・중・소기업 간 협업체계 구축과 기업 지원 사업을 수행하는 것이다. 중소기업 및 공급 업체의 적극적인 참여 없이 완전한 스마트 공장의 구축은 불가하다. Figure 3은 국내 스마트 공장 구축과 관련된 민관합동 스마트 공장 추진단의 주요역할과 주요사업을 정리한 것이다. [3].

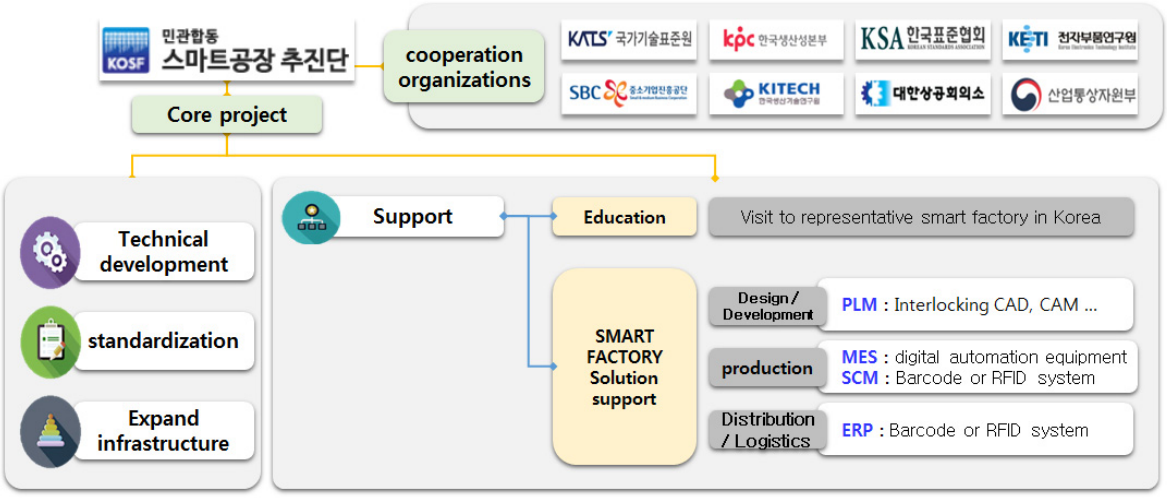

Figure 3. Smart factory promotion team

스마트 공장 구축 대표 사례로 국내의 LS 산전 청주 공장, 디지털화 생산설비를 제조하는 지멘스의 암베르크 공장, 부엌 가구 제조사인 노빌리아, 아디다스의 스마트 공장이 있다.

글로벌 브랜드인 아디다스는 중국, 베트남 등 아시아에 생산 공장을 갖고 있으며, 약 100만명의 노동자를 고용하여 매년 약 3억 100만 켤레를 생산하고 있다. 하지만 높은 운송비용과 노동자 인건비 상승으로 이익률이 나빠지고 있다. 독일 본사 인근도시인 안스바흐(Ansbach)에 구축 된 아디다스 Speed factory는 160명의 스텝과 6대의 지능화 로봇이 연간 50만 켤레의 생산을 예측한다. 이는 단순 산술적으로 계산했을 때 현재의 총 생산량을 기존 노동력의 1% 수준인 약 1만 명으로 생산 가능하다. 생산 절차는 소재 선택부터 운동화 제작까지 전 공정을 지능화 로봇이

진행 하고, 생산직원은 소재를 로봇이 인식하는 공간에 배치하는 역할 만 수행 한다. 지능화 로봇과 CPS 시스템 도입으로 제조현장에서의 생산성 30% 증대 효과는 물론 소비자 개인에게 최적화 된 제품을 최단 시간에 공급가능하다. 신발끈, 깔창, 색상 등 소비자가 원하는 제품을 5시간 안에 생산 할 수 있다. 현재 생산기지 대부분이 아시아에 위치하여 운송시간의 제약이 있으나, Speed factory를 주 소비 지역에 구축하여 공급망을 단순화 시키면 빠른 생산과 운송을 소비자에게 제공 할 수 있다. 이는 물류비용과 재고 보관비용을 줄여 유연생산체계를 구축하는데 기여한다. Speed factory를 시작으로 제조업 노동집약 산업이 개발도상국에서 다시 선진국으로 유턴 시키는 역할은 물론 생산기지의 위치 설정 기준을 인건비가 아닌 마켓쉐어가 되는 다품종 대량 생산 제조업의 패러다임 전환에 견인차 역할을 할 것으로 전망 된다.

3. IDIS의 스마트 공장

3.1 스마트 공장의 구축 기반 및 방향

먼저 사례의 대상이 되는 기업을 소개하며 다음과 같다. ㈜IDIS는 CCTV 제조업을 하는 회사로, 생산기지는 국내 대전시 소재하며, CCTV용 네트워크 카메라, DVR(Digital Video Recorder), NVR(Network Video Recorder)등을 제조 생산하고 있다. 한 생산라인 당 하루 평균 10회 이상 기종이 교체되며, 50대 미만의 로트가 전체 로트의 60% 이상 차지하는 다품종소량생산체제로 운영되고 있다. 생산되는 제품의 H/W와 S/W는 자체 기술력으로 설계되며, 구성 기구물과 자재는 외부 공급사로부터 가공된 형태 또는 상품으로 공급받아 제조 생산기지에서 완제품 조립 및 포장 한다.

스마트 공장 구축과 관련하여, ㈜IDIS의 제조현장은 제2장에서 소개한 스마트 공장의 일반적인 개념과 일치한 제조 현장이다. 스마트 공장 구축은 공정 분석에 적합한 인공지능 시스템, 제조 설비 시스템 구축 등 충분한 자원이 투자되지 않을 경우 기술적, 현실적, 자원적 한계로 적용하기 어렵다. 따라서 단계별 맞춤형 또는 모듈별 스마트 공장 구축 전략이 요구 된다. 즉, 기존에 보유한 인적/물적 자원을 활용, 독자적이고, 회사 사정에 적합한 맞춤형 스마트 공장 구축이 필요하다는 것이다.

스마트 공장 구축의 핵심 기반은 인적 자원과 물적 자원으로 구분할 수 있다. ㈜IDIS의 경우 첫째 인적자원은 조직 구성 개인의 역량 강화와 전문 TFT(Task Force Team)에 기인한다. 조직 개인의 역량 강화를 위해 끊임없는 최신교육, 업무 전문화, 회사와 개인의 목표 일치화 및 개선 습관화 환경을 제공한다. 이를 바탕으로 정보 인프라 확장, 품질 개선 및 다품종 소량 생산 체제 최적화, 생산성 향상을 목표로 하는 상시 3대 TFT를 조직하고 운영하여 개선 감각을 유지 시킨다. 3대 TFT는 팀 별 필요 전문가로 구성 되어 스마트 공장의 기본 개념을 이해하고 ㈜IDIS에 적합한 모듈을 개발, 적용, 시행까지 프로젝트를 수행한다.

둘째 ㈜IDIS의 대표적인 물적 자원은 내부 IT 조직을 통해 얻어지는 정보통신기술 솔루션이다. 기업의 생산방식은 각양각색이기 때문에 외부의 보편화 된 정보통신기술 솔루션은 각각의 회사 사정에 완벽히 맞춰지지 않는다. 또한, 업무 개선이나 효율화로 시시각각 변화되는 생산운영방식에 따라 정보통신기술 솔루션을 확장 또는 수정하는데 있어 개발자와 실무자간의 의사소통 장애로 그 한계가 있으며 제품 변경, 환경 변화에 따라 정보통신기술 시스템이 같이 변동되어야 하는 경우가 발생한다. ㈜IDIS의 경우 정보통신기술 솔루션을 자체 제작 및 변경 가능한 기술력을 보유하고 있어 개발과정의 단축으로 시간, 비용 절약되며 완벽 맞춤형, 무한 확장성 정보통신기술 솔루션을 공정에 적용 할 수 있다.

이와 같은 ㈜IDIS의 장점을 충분히 반영할 수 있도록 ㈜IDIS의 경우 독자적인 스마트 공장 구축 방향을 추진하기 위해 4단계 융합 모델 [5]을 다음과 같이 정의하고, 각 단계별 업무 효율화 및 개선 등의 변화를 축적 IDIS형 스마트 공장을 구축하고 있다.

■ 1단계 데이터 수집/저장 : 정보 자동화 기술을 활용 빅 데이터 수집 웹 기반 저장
■ 2단계 데이터 분석 : 공장운영 지능화 기술을 통한 빅 데이터 분석 및 부가 가치 데이터 창출
■ 3단계 최적화 실행 : 설계/공정/품질 개선 및 최적화 업무의 실행
■ 4단계 표준화 : 최적화 실행 데이터 수집/저장/분석 및 최적화 완성 절차의 표준화

3.2 스마트 공장 구축 절차

본 절에서 소개하는 IDIS형 스마트 공장의 구축은 앞 절에서 언급한 바와 같이 4단계 융합모델의 단계 순으로 진행하였다 [2].

3.2.1 1단계 데이터 수집/저장 : 정보 자동화 기술을 활용 빅 데이터 수집 웹기반 저장

데이터 수집/저장 단계는 자재 입고 실적 데이터, 생산 실적 데이터, 검사 실적 데이터, 생산 작업 현황 데이터, 제품출하 실적 데이터 및 웹 기반 데이터 수집/저장 순으로 진행된다.

1) 자재 입고 실적 데이터 수집/저장 : 입고되는 자재의 포장(박스, PE BAG 등) 외관에 자재명, 수량 등의 자재정보가 담긴 바코드가 라벨링 되어 있고, 공급사에서 입고하는 품목의 정보가 담긴 입고증을 입고 시 제출한다. ㈜IDIS 자재관리 담당자는 해당 바코드를 PDA로 인식하여 실적을 디지털 데이터화 한다. 자재 입고 실적 데이터는 자재입고 처리 및 수입검사 의뢰 자동화, 재고 관리 효율화, 무발주 시스템 구축 등에 활용 되며, 데이터화 방식은 Figure 4와 같다.

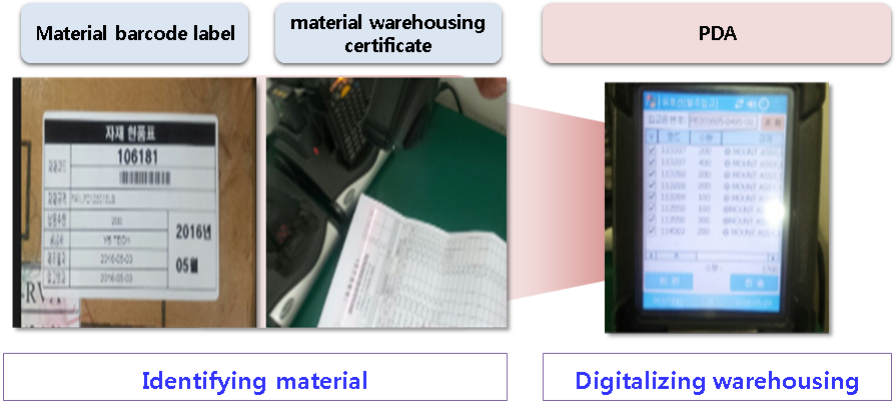

Figure 4. Data collection for material receipt

2) 생산 실적 데이터 수집/저장 : 제품 구성 자재 중 중요 자재에는 시리얼넘버가 바코드형태로 라벨에 인쇄되어 부착되어 있다. 생산 각 공정, 작업자 별 해당 바코드를 스캐너로 인식하여 실적을 디지털 데이터화 한다. 생산 실적 데이터는 실시간 생산 실적 현황 관리, 생산 라인 편성 효율 관리, 제품 추적성 관리, 기종교체 업무 효율화 등에 활용 되며, 데이터화 방식은 Figure 5와 같다. 특히 중요 자재의 경우 제조 일자 기준으로 AS 처리 시 유효 기간을 설정하는데 매우 유용하게 사용된다.

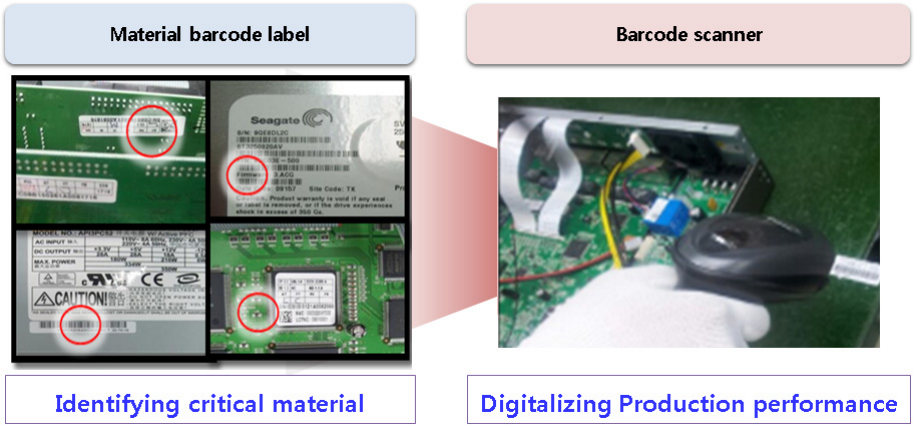

Figure 5. Collecting production data

3) 제품 검사 실적 데이터 수집/저장 : ㈜IDIS 제품의 기능 검사는 각각의 제품 S/W내 삽입되어 있는 검사 어플리케이션을 통해 내부 전자 신호를 감지하여 이상 유/무를 판정하는 형태로 자동 검사한다. 즉, 검사자는 검사 지그의 연결, 검사 어플리케이션의 실행 및 검사 시작으로 양/불량을 구분하며, 그 밖의 간단한 관능검사의 업무만 요구 된다. 모든 검사 실시 여부, 검사항목, 결과 실적이 디지털 데이터화되어 서버에 저장된다. 제품 검사 실적 데이터는 실시간 검사 이력 관리, 검사 오류 방지 등에 활용 되며, 데이터화 방식은 Figure 6과 같다.

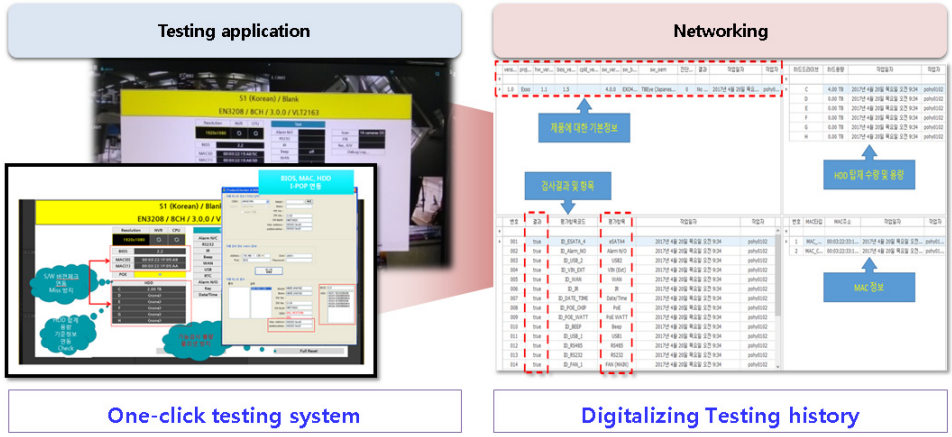

Figure 6. Collecting product inspection data

4) 생산 작업 현황 데이터 수집/저장 : ㈜IDIS 보안 솔루션을 생산 공정에 적용한 것으로, 공정 별 설치된 CCTV 카메라를 통해 작업 현황을 촬영하고, 생산 실적 데이터 수집과 연계되어 스캔 된 바코드 정보가 삽입된 영상이 저장(디지털 데이터화) 된다. 생산 작업 현황 데이터는 공정 품질 개선, 재작업 효율화, 증빙 자료 제출용 등에 활용 된다. 특히 출하된 제품이 고객으로부터 클레임이나 검사 이상 유무등 문의가 발생할 경우 증거자료로 활용된다. 차후 영상분석, A.I. 기술 적용을 통해 실시간 작업 오류 방지 등의 업무로 활용될 계획이다.

5) 제품출하 실적 데이터 수집 : ㈜IDIS 제품박스 라벨에 인쇄된 제품정보가 담긴 QR 코드 또는 바코드를 PDA로 인식하여 출하 실적을 디지털 데이터화 한다. 제품출하 실적 데이터는 제품의 선입선출 관리, 제품 재고 관리, 오 출하 방지 등에 활용 된다.

6) 웹 기반 데이터 수집/저장 : ㈜IDIS와 외부(고객, 공급사)간, ㈜IDIS 내부 조직 간의 서류적 업무에 대해 웹 시스템을 통한 디지털 데이터화 및 웹 서버 기록 저장하는 것으로, 크게 세 가지 유형으로 구분 된다. 첫 번째, ㈜IDIS와 고객 간에 이뤄지는 수주 접수, 기술문의 대응 등 VOC(Voice Of Customer) 접수 및 대응 업무, 두 번째, ㈜IDIS와 공급사간에 이뤄지는 공급자재의 문서적(품질, 환경) 승인 업무, 세 번째, ㈜IDIS 내부 조직 간에 이뤄지는 사양결정, 설계변경 등 업무협조/결재/문서 공유 업무로 구분되며, 각각의 전문 인터넷 포털 사이트를 통해 디지털 데이터화하여 운영 되고, 모든 기록은 웹 서버에 저장된다. 이 자료들은 품질 검사 등에 활용되며, 서류적 업무 유형 별 디지털 데이터화 및 기록 저장은 Figure 7과 같이 요약 할 수 있다.

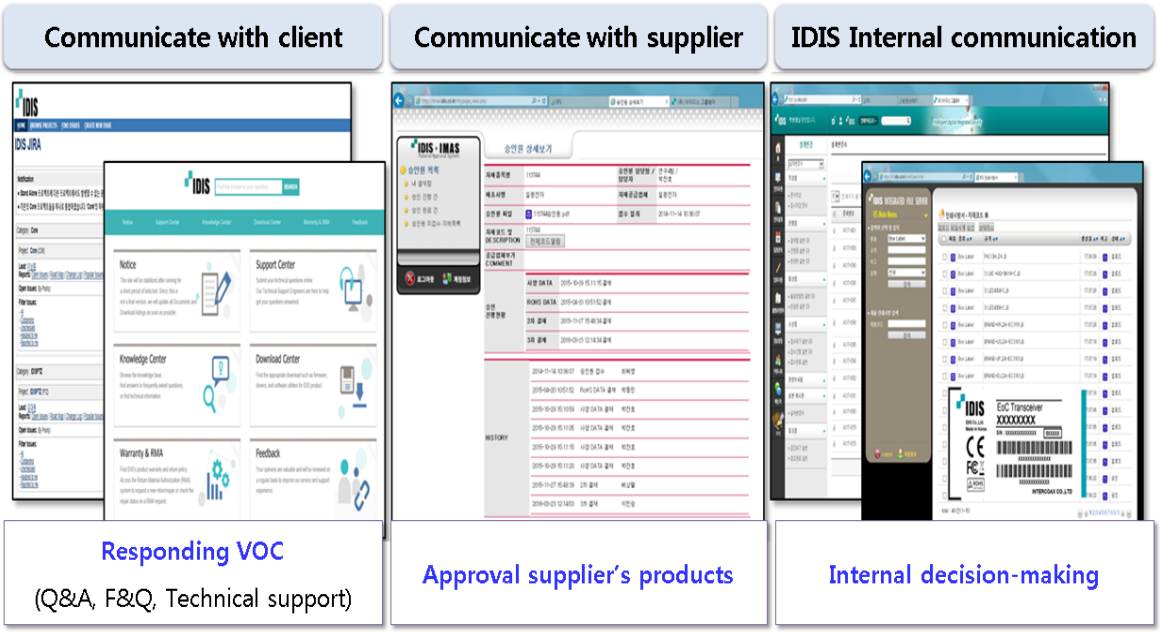

Figure 7. Digitizing and recording records by document type

3.2.2 2단계 데이터 분석 : 공장운영 지능화 기술을 통한 분석 및 부가 가치 DATA 창출

데이터 분석 단계는 전사적 자원관리 시스템 (ERP), 제조 실행 시스템 (MES) 및 공급망 관리 시스템 (SCM) 순으로 진행하였다.

1) 전사적 자원관리 시스템 (ERP) : 인적자원과 물적 자원을 디지털 데이터화하고 업무에 맞게 분석 로직을 프로그래밍 하여 업무 효율화 시키는 정보통신기술 솔루션으로 회계업무를 비롯한 생산의 자원 관리 및 모든 업무 분야에서 활용된다. 자재코드 부여, 공급처, 제조사, 자재 명, 구매 관리자, 자재 담당자 등 자재정보 구성과 BOM (Bill Of Material), 제품명, 가격 등 제품정보 구성으로 생산 오더의 등록, 생산 계획 수립, 자재구매 및 관리업무 등에 활용하여 업무처리의 정확도 및 효율을 향상시킨다. 모든 정보는 다른 정보통신기술 솔루션과 연동되어 활용되기 때문에 자원의 디지털 데이터화의 기준 수립 및 정확한 정보 등록이 요구 된다. 또한, 자원의 디지털 데이터화는 IDIS형 스마트 공장 4단계 융합모델 사례를 구축하기 위해 선행 되어야 할 필수사항이다.

2) 제조 실행 시스템 (MES) : 생산/공정 관리, 자재구매관리, 품질관리 등의 업무에 효율화를 위해 ERP와 1단계 데이터 수집/저장 된 빅 데이터를 기반으로 분석되는 각종 로직을 프로그래밍하고, 실행이 용이하도록 구축한 정보

통신기술 솔루션 이다. 반복적이고 장시간 소요되는 업무를 프로그래밍 하여 분석 오류를 없애고 업무 효율화 시킨다. 다른 정보통신기술 솔루션과 실시간으로 연동 되어 프로그램 실행 시 실시간 현황이 반영된 결과를 도출하도록 개발하는 것이 핵심이다. 실시간 수집되는 빅 데이터를 기반으로 실시간 운영 및 관리에 도움을 주는 ㈜IDIS MES 솔루션 구축 현황 및 활용 사례의 요약은 Figure 8과 Figure 9와 같다. Figure 8의 MES 솔루션은 공급사에도 설치되어 품질 개선 대책서 접수, 위탁발주 시스템 등 공급망 관리(SCM)에도 활용 된다. Figure 9의 MES 솔루션은 연산속도가 빠르고 인터페이스가 시각화 되어 주로 생산 현장에서 활용 되며, 생산 기종 전환 시 실수 방지 방식으로 별도의 전환 작업 없이 정보화면이 자동 갱신되어 오 생산을 방지 한다.

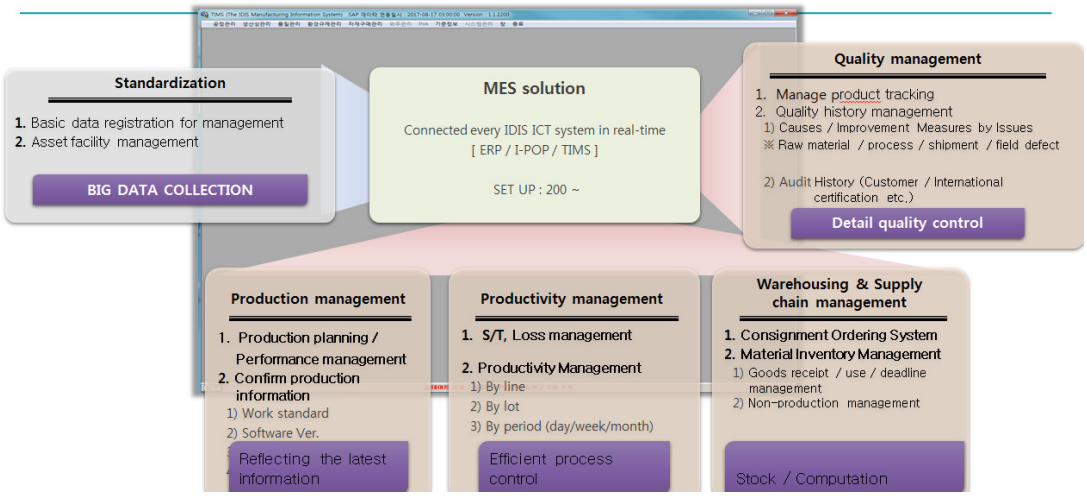

Figure 8. IDIS MES solution for managers

3) 공급망 관리 시스템 (SCM) : 의사소통 결정, 품질 관리, 자재 구매 관리 등 공급망 관리 효율화를 위해 공급사의 MES 솔루션과 내부 정보통신기술 솔루션과의 연계/분석되는 각종 로직을 프로그래밍하고, 실행 용이하도록 구축한 정보통신기술 솔루션이다. 스마트 공장 구축의 핵심은 공급망 전체의 지능화이다. 하지만, 상대적으로 인적/물적 자원이 부족한 공급사를 대상으로 공정의 스마트화를 강요 할 수 없기 때문에 반드시 업체 간 상생 전략이 필요하다. ㈜IDIS 기술력으로 개발된 공급사용 MES 솔루션 구축 현황 및 활용 사례의 요약은 Figure 10과 같다.

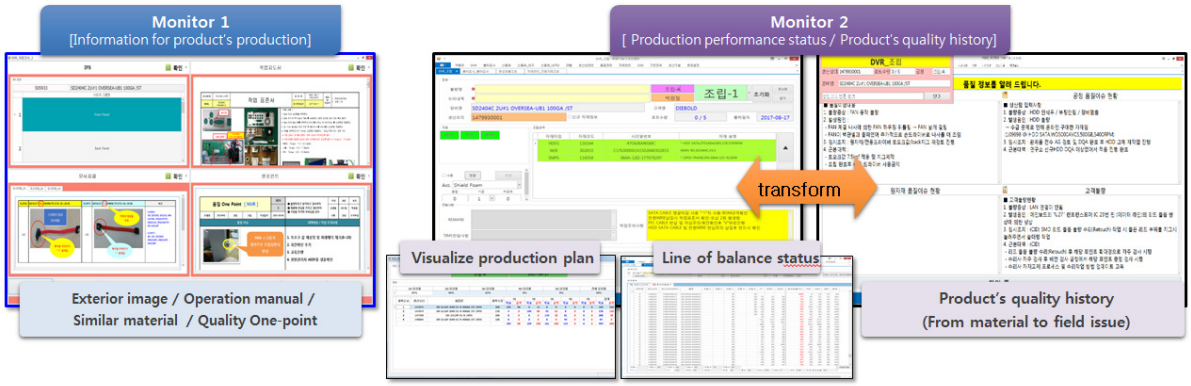

Figure 9. IDIS MES solution for managers, workers and inspectors

Figure 10. IDIS MES solution for suppliers

3.2.3 3단계 최적화 실행 : 설계/공정/품질 개선 및 최적화 업무의 실행

최적화 실행 단계는 생산/공정 관리, 품질관리 및 자재 구매 및 관리 최적화 순으로 진행하였다.

1) 생산/공정 관리 최적화 업무 실행 : 생산/공정 관리 최적화를 위한 과제로 크게 생산라인편성효율 관리 효율화, 생산 오류 방지, 품질 실패 비용(유실) 절감 세 가지로 분류 된다.

첫 번째, 연속 생산 형태의 제조 공정을 합리적이고 효율적으로 운영하기 위해 라인 구성 공정 간의 균형을 최적화하는 생산라인편성효율관리(LOB ; Line Of Balance)이다. 제품 개발 단계에서 공정 별 현실적인 작업 표준시간 산출을 통한 LOB 도출과 양산 단계에서 LOB를 주기적으로 체크하여 병목현상 등 문제 공정을 찾아 지속 개선 최적화하는 것이 핵심이다. ㈜IDIS는 낭비제거 솔루션인 OTRS(Operating Time Research Software)를 활용하여, 제품 개발 단계에서 파일럿생산을 할 때 생산과정을 녹화/동작 분석하여 작업표준시간 및 최적 LOB를 도출 한다. 양산 단계에서는 MES를 통해 생산 공정 작업자 별 작업표준시간과 실제 소요되는 생산 실적 처리 시간을 실시간 비교 분석하여 LOB를 체크하고, 이상 발생 시 알림을 주어 즉시 원인파악 및 개선 조치 시켜 실시간 LOB를 최적화 한다. 수집되는 LOB 데이터는 서버에 저장되어 MES를 통해 기간 별, 공정 별 LOB 경향 확인 및 분석하며, 분석데이터는 경영목표수립 등에 활용 된다. 생산라인편성효율 관리 사례는 Figure 11과 같다.

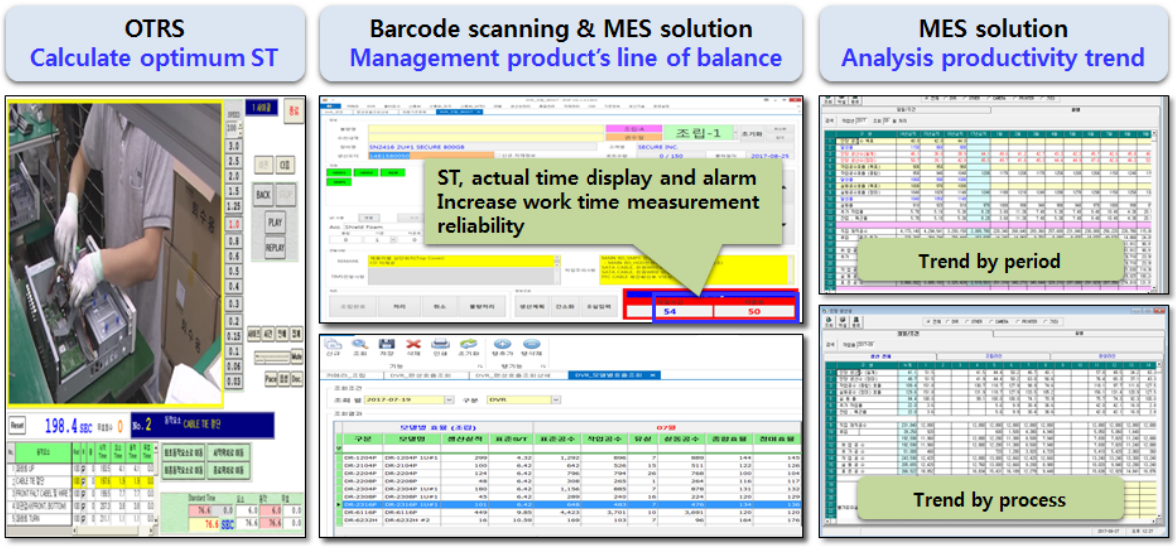

Figure 11. Example of efficiency in organizing production line

두 번째, 고객의 요청, 품질 개선 및 원가절감 등의 다양한 변화를 즉각적으로 생산 공정에 적용하여 생산 오류를 방지 하는 것이다. 최신의 정보가 실시간으로 생산 작업자에게 이해하기 쉽게 공유 되고, 생산 작업자의 실수가 발생되지 않도록 생산 시스템을 실수방지화 하는 것이 핵심이다. ㈜IDIS는 디지털화되어 저장된 빅 데이터에서 제품의 생산과 관련된 최신의 정보를 실시간으로 생산 작업자 별로 구축되어있는 모니터에 전사하여 공유한다. 해당 정보는 별도의 실행 작업 없이 생산 작업자가 생산 로트의 첫 제품의 현품라벨을 바코드 스캔 할 때 자동으로 표시되며, 기종 교체 시 자동 갱신 된다. 제품 내부 그리고 액세서리로 구성되는 작은 부품의 누락 방지를 위해 MES와 저울, 센서를 활용 표준무게 대비 실측무게의 비교 또는 센서인식과 실적처리 횟수감지 하여 생산오류 방지한다. 오류 발생 시 MES 오류 팝업 창, 시각적, 청각적 알림을 주고, 다음 공정으로의 진행을 차단한다.

세 번째, 생산 오류에 따라 발생되는 생산 유실을 최소화시키기 위한 품질 실패 비용 절감 방안 수립이다. 불량 발생 시 불량 제품의 추적 및 조치시간을 단축시키는 것이 핵심이다. ㈜IDIS는 품질이상 발생 시 생산 공정에 구축된 ㈜IDIS 보안 솔루션을 통해 해당 로트의 생산 과정 녹화영상을 분석하여 불량 제품을 추적하고 문제의 제품만 재작업 한다.

2) 품질관리 최적화 업무 실행 : 품질관리 최적화를 위한 과제로 크게 제품 추적성 관리 효율화, 품질이력 관리 효율화 및 공유 현실화, 품질 검사 신뢰도 향상 세 가지로 분류 된다.

첫 번째, 품질이상 발생 시 빠른 개선을 통한 품질 신뢰도 향상을 위해 품질이상 발생 원인을 파악하는 제품 추적성 관리업무의 효율화이다. 제품 추적성 관리 효율화는 로트별 생산/품질 이력 정보의 추적시간을 단축시키는 것이 핵심이다. ㈜IDIS는 품질이상 발생 시 MES를 활용하여 해당 제품과 관련된 시리얼넘버 (생산오더, 제품코드, 자재코드 등) 조회를 통해 해당 제품의 각 생산 공정 별 작업자 및 작업시간, 공정/출하검사 품질 이슈 사항 별 조치 및 개선 사항 등 생산/품질 이력 정보를 추적하고, 공정에 구축 된 ㈜IDIS 보안 솔루션을 활용하여 생산 과정 녹화영상을 분석, 생산 공정 정보를 추적한다. 모든 정보는 실시간으로 수집/저장 및 확인 가능하여 추적 또한 실시간으로 진행이 가능하다. 제품 추적성 관리 효율화 사례는 Figure 12와 같다.

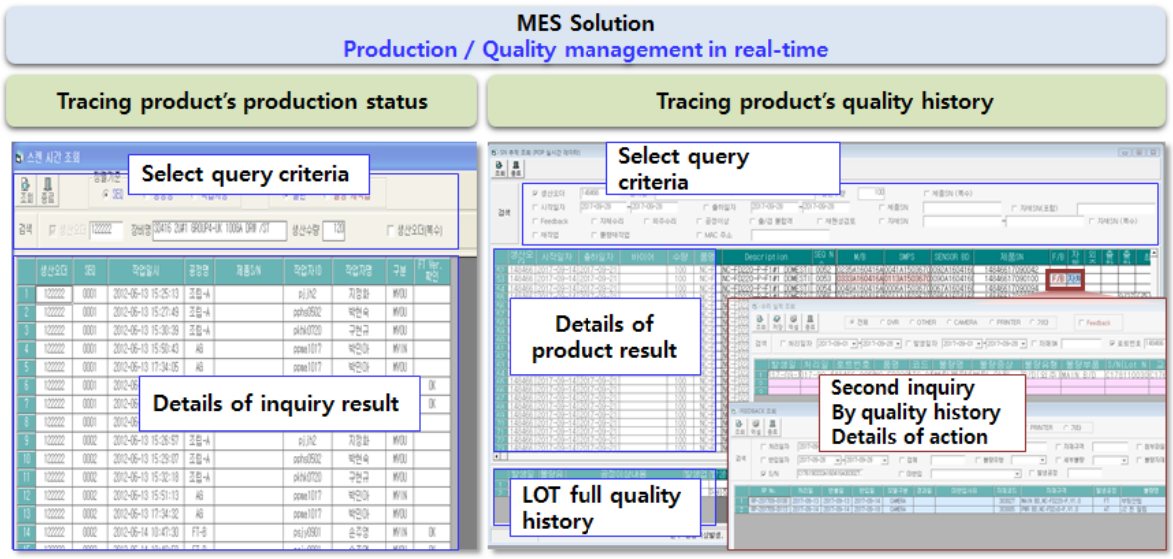

Figure 12. Example of product traceability management efficiency

두 번째, 재불량 방지, 품질 노하우 축적을 통한 품질 고도화를 위해 시기 별(자재 입고, 생산, 출하) 발생되는 품질 이력의 관리 및 공유하는 업무의 효율화 및 현실화이다. 품질 이슈 발생 시 개선 요청 부서와 귀책 부서 또는 공급사 간의 의사소통은 실시간으로 이루어져 기록 저장되고, 제품과 관련된 모든 품질 이력이 생산 업무 관련된 모든 담당자들에게 알기 쉽게 노출시키는 것이 핵심이다. ㈜IDIS는 MES를 통해 시기 별 발생되는 품질이슈사항을 등록하여 귀책 부서 또는 공급사에게 알린다. 귀책 부서 또는 공급사는 개선 대책서를 MES에 입력하여 공유한다. 모든 의사소통의 결과 기록은 실시간으로 저장되어 생산/검사 현장에서 작업 모니터를 통해 확인 가능하다. 생산 작업자는 품질 이력을 확인하지 않을 경우 생산 실적을 처리할 수 없으며, 품질 검사원은 검사 대상의 자재 또는 제품 조회 시 전체 품질 이력을 확인 할 수 있다.

세 번째, 고객이 요구하는 품질수준을 만족시키기 위한 샘플링 품질검사 업무의 신뢰도 향상이다. 고객의 요구사항이 반영된 검사 기준의 수립과 로트를 대변하는 최적의 샘플링 결정이 핵심이다. ㈜IDIS는 MES를 활용 앞 서 소개된 실시간 저장 및 공유 되는 최신의 제품/자재 사양 즉, 고객 요구사항을 기준으로 검사 현장에서 태블릿 PC, 데스크탑을 통해 확인 및 검사 진행되며, 제품/자재와 관련된 전체 품질 이슈 이력 분석으로 선택적 집중검사가 가능하다.

3) 자재 구매 및 관리 최적화 업무 실행 : 자재 구매 및 관리 최적화를 위한 과제로, 크게 자재 미출 관리 효율화, 부동/불용 재고 관리 효율화, 공급망 관리 효율화 세 가지로 분류한다.

첫 번째, 갈수록 심화되는 단 납기 문제의 유연생산체제 구축 및 납기 품질 향상을 위한 자재 미출 관리 업무의 효율화 이다. 영업 오더 접수에 따라 생산 계획 반영 시 재고 부족 등으로 발생되는 문제 자재의 산출과 해당 자재의 입고 현황을 지속적으로 모니터링 하는 것이 핵심이다. ㈜IDIS는 ERP와 MES를 활용 영업 오더 별 문제 자재를 도출하고, 생산 계획에 따른 미출 자재의 실시간 입고 현황을 현장에 위치한 모니터로 중계하여 실시간으로 모니터링 한다. 해당 사례를 구축하기 위해 전산과 실물 재고의 일치화 작업이 반드시 선행 되어야 한다.

두 번째, 다품종 소량 생산과 제품의 수명이 짧아짐에 따라 자재의 수명 또한 단축되면서 발생되는 부동/불용 자재의 재고관리 업무 효율화 이다. 모델의 단종 계획 반영 시 해당 모델과 관련된 전용 자재를 파악하여 관련 공급사로 실시간 공유하는 것이 핵심이다. ㈜IDIS는 MES를 활용 모델의 단종 시점이 결정되면 실시간으로 단종 자재의

종류와 예측 필요 수량이 결정되어 공급사에 공유 된다. 모델 단종 등 다양한 상황으로 발생되는 부동/불용 자재는 MES를 통해 실시간 현황파악 되어 재고 절감 분석에 활용 된다.

세 번째, 재고 폐기 금액의 저감, 품질/납기 신뢰도 향상을 위한 공급망 관리 효율화 이다. 공급 자재와 관련된 모든 정보를 상호 실시간 공유 및 의사 결정하는 것이 핵심이다. ㈜IDIS는 공급사와 MES로 연결되어 자재의 단종 시기와 과부족 수량을 실시간으로 공유하고, 공급사에서는 해당 자재의 생산/품질 정보를 실시간으로 공유한다. 공유 정보를 통해 공급사에서는 자재의 생산 및 재고관리를 계획적으로 하여 자재 폐기금액 등 유실을 최소화하고, ㈜IDIS는 공급되는 자재의 생산 진척도와 공정 품질이력을 확인하여 납기 품질 향상 및 선택 집중 품질 관리한다.

3.2.4 4단계 표준화 : 최적화 실행 데이터 수집/저장/분석 및 최적화 완성 절차의 표준화

표준화 단계는 설계 변경 내용 표준화, 자재 통합 및 표준화 그리고 Out-sourcing JIT 순으로 진행하였다.

1) 설계 변경 내용 표준화 : 고객의 요청, 품질의 개선, 원가 절감 등의 사유로 제품의 설계 변경이 발생된다. 설계 변경 내용은 전사적으로 많이 활용되지만, 부서별 문화차이 등에 의해 사용하는 용어가 서로 달라 의사소통 장애로 업무 오류 사례가 발생 된다. ㈜IDIS는 제품의 구분 용어를 표준화하고, 설계 변경 입력을 수기입력이 아닌 선택 형 자동 입력 방식으로 하여 의사소통의 장애 또는 오 입력으로 발생되는 업무 오류를 제거 한다. MES를 활용 생산/품질검사 공정에서 제품 별 설계 변경이력 확인 가능하다. 생산/품질관리 최적화를 위한 설계 변경 사항을 생산 공정에 자동 반영하는 것으로 확대 적용할 계획이다.

2) 자재 통합 및 표준화 : 다품종 소량 생산은 관리 대상 자재의 증가 및 MOQ(Minimum Order Quantity) 구매 방식에 따른 자재 과잉 구매로 인한 재고 관리 비용 상승 위험과 소량 구매에 따른 자재 구매 단가 상승의 위험을 갖고 있다. 이런 위험을 해결하기 위해 제품 개발 단계에서 표준화 된 자재 리스트를 활용 하여 설계하는 것이 중요 하다. ㈜IDIS는 ERP, MES 및 WEB 서버의 빅 데이터 등을 활용 관리대상 자재를 지속적으로 모니터링 하여 자재를 기능별, 외관별, 제조사별로 통합화 한다. 자재의 구매 방법 별 단가 비교 검토 및 자재 활용 방안의 다각화 등을 통해 사용 자재 종수를 최소화 및 표준화 한다. 일부의 제품 디자인 변경으로 큰 효과가 기대될 경우 고객과 의사소통을 통해 협의 점을 도출하여 최적화 하는 것도 필요 하다.

3) Out-sourcing JIT : 다품종 소량 생산의 자재 관리 비용 상승 위험을 해결 하는 방법은 다양하지만, 그 중 최적의 방법은 싼 가격에 좋은 품질의 자재를 필요한 만큼만 즉시 공급 받는 것이다. ㈜IDIS는 제품에 구성되는 매뉴얼과 같은 인쇄물에 대해 외부 인쇄 전문 업체와 전략적 제휴를 맺어 생산 기지 내 JIT 시스템을 구축하였다. ㈜IDIS는 설비를, 인쇄 전문 업체는 기술력(전문 인력)을 제공하고 있으며, 생산계획에 맞춰 원하는 품질의 인쇄물을 필요 수량만큼 공급받아 생산하고, 인쇄 내용 변경 등 다양한 변화에 유연하게 대처 한다.

3.3 스마트 공장 최종 구축 모델

㈜IDIS 스마트팩토리 구축 4단계 모델의 최종 구축 형태는 빅 데이터를 활용한 공정 모듈화와 공정 설비 지능화이다. MES를 통해 생산계획과 생산편성효율을 반영한 최적 생산 경로를 알려주며, 설비 문제, 공정 불량과 같은 공정 이슈 발생에 따른 변화에 실시간 재분석하여 생산흐름의 피해를 최소화 한다. 생산에 투입되는 자재는 QR, 바코드 등으로 개별 인식 가능하고 센싱, IoT가 탑제 된 지능화 생산설비를 통해 적재적소로 운반 한다. 현실적인 이유로 조립 생산의 로봇 적용을 필수로 염두하고 있지 않기 때문에 전 공정에 영상분석 설비를 도입하여 발생 가능한 휴먼 에러를 방지 한다. ㈜아이디스 최종 스마트 공장 구축 모델은 Figure 13과 같다.

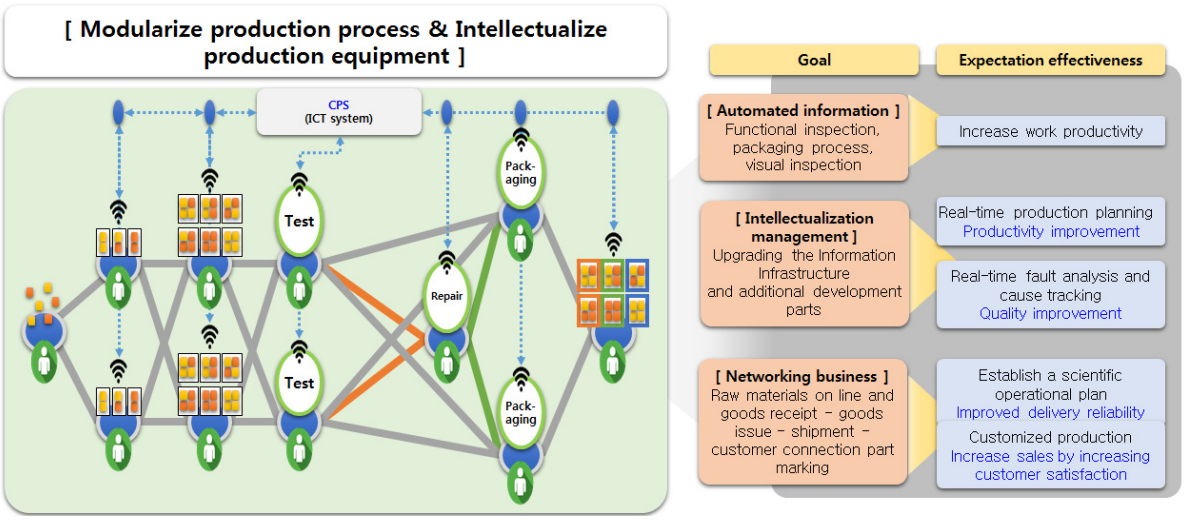

Figure 13. IDIS FINAL SMART FACTORY CONSTRUCTION MODEL

본 장에서 소개한 ㈜IDIS 스마트 공장의 4단계 융합 모델 수립에 따른 정보 자동화, 공장 운영 지능화, 비즈니스 연결화 구축을 통해 현재까지 다음과 같은 효과를 얻었다. 고객/공정 불량률 감소 등 제품의 품질 향상, 재고 관리 비용 약 60% 절감 및 생산효율 약 30% 향상에 따른 원가절감 효과를 얻었으며, 또한 고객으로부터 생산운영 및 VOC 대응 역량을 제품의 고부가가치로 인정받아 마케팅 효과 및 매출신장에 기여 하고 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 다품종 소량 생산체제의 스마트 공장 구축 방향을 제시하기 위해 스마트 공장의 개념과 ㈜IDIS의 구축사례를 소개하였다. 전체적인 시스템 구축은 각 공정별로 모듈화 하여 정보화, 지능화, 연결화를 추진하고 있으며 근간에는 독자적인 정보통신기술 시스템이 존재하고 있다. 현재 각 모듈을 통합/연결하는 플랫폼 구축이 과제로 남아 있으며, 그 해결책을 찾고 있다. 현재의 제조현장을 스마트화 하는데 대다수의 기업은 동의 하지만 기술적, 현실적, 자원적 그리고 그 밖의 이유의 한계로 단번에 전환하는 것은 불가능하다고 할 수 있다. 현실적인 상황을 고려할 때, 현재 보유한 인적/물적 자원을 활용, 끊임없는 업무 효율화, 개선 등의 변화를 축적하여 고도화된 스마트 공장을 구축하는 방향이 좋을 것으로 사료된다. 스마트 공장 구축을 위해 외부적으로는, 국내 정부 리더기관을 통해 추진되는 보급 확산, 기술개발, 표준화 등의 사업을 지속적으로 모니터링하고, 내부/외부로부터 진단을 받아 적시에 필요로 하는 기술이 적용 될 수 있도록 지원 방법의 모색 및 협업체계를 구축하는 것이 중요하다. 내부적으로는, 조직 개인의 업무 전문화, 개선 습관화 등의 역량 개발과 변화에 즉시 대응 가능한 조직 그리고 보편화로 내부 최적화의 한계가 있는 핵심 기술에 대한 개발 조직을 구축하는 것이 중요하겠다. ㈜IDIS의 스마트 공장 4단계 융합 모델과 같이 모든 생산공정의 기본 흐름을 단계 별로 구분, 각 단계 별 구축 사례로 축적/정립하여 목표를 가시화하는 것이 좋을 것으로 사료 된다.

본 논문에서는 ㈜IDIS의 스마트 공장 구축 방향과 사례를 소개하였으나, 이 밖에 다양한 생산 현장에서 다양한 방법으로 스마트 공장 구축을 준비하는 기업들에 대해 소개하고 그 중 어떤 방법이 가장 좋은지를 검토하는 것도 의미 있는 연구가 될 것이다. 또한 본 논문에서 소개 된 ㈜IDIS는 조직적인 개선 문화가 정착되어 있고, 내부 IT 조직의 활용으로 핵심기술인 정보통신기술 솔루션에 대한 이해도가 높아 전체적으로 높은 수준에서의 스마트 공장 구축

방향이 소개되었으나, 인적/물적 자원이 거의 없거나, 개인형 기업의 스마트 공장 구축 방향을 제시하는 것도 유익한 연구가 될 것이다.

REFERENCES

Cho, Y. J. 2017. “Strategy for Korea’s Smart Factory in the era of the 4th Industrial Revolution.” Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers 35(6):40-48.

Division of Production Center, IDIS Company, "www.idis.co.kr"

Korea Smart Factory Foundation, "http://www.smart-factory.kr/Service/Main/appl/Main.asp“

Kwon, H. M., Hong, S. H., Lee, M. K., and Lim, S. U. 2016. “Literature Review on the Statistical Quality Control in Journal of the KSQM for 50 Years.” Journal of the Korean Society for Quality Control 44(1):1-16.

Lee, M. W. 2016. "The Road to the Fourth Industrial Revolution."

Lim, Y. B., Kim, S. I., Ree, S. B., and Jang D. H. 2016. “Literature Review on the Statistical Method in Journal of the KSQM for 50 Years.” Journal of the Korean Society for Quality Control 44(2):246-264.

National Information Society Agency. 2014. "Industry 4.0 and Manufacturing Creation Economic Strategy." IT & Future Strategy, No 2.

Production Technology Center, LS Industrial Systems Company. 2015. "A Case Study of the Construction of Smart Factory in LS Industrial Systems."