J. Soc. Korea Ind. Syst. Eng Vol. 42, No. 3 : 80-88, September 2019
https://doi.org/10.11627/jkise.2019.42.3.080
ISSN : 2005-0461(print)
ISSN : 2287-7975(online)

Construction on Lot Tracking System for Failure Cost Reduction of a Small and Medium Precision Parts Processing Company

Young-Soo Ha · Soo-Yong Park · Dong-Hyung Lee†

Dept. of Smart Production and Management Engineering, Hanbat National University

중소정밀부품가공기업의 실패비용 감소를 위한 로트추적시스템 구축

하영수 · 박수용 · 이동형†

한밭대학교 스마트생산경영공학과

Recently, automobile manufacturing companies, which are major customers of them, are requiring IATF 16949 (ISO/TS 16949) certification as a mandatory requirement to secure product quality. In particular, IATF 16949 : 2016, revised in October 2016, was reinforced product traceability requirements for production information management by lot in the production process. Therefore, small and medium-sized precision parts processing companies in the automobile industry are very difficult to survive due to quality and price competition for customers satisfaction.

MES (Manufacturing Execution System) is required to solve this problem. However, small and medium sized precision parts processing enterprises are reluctant to introduce the MES which is not suitable for the manufacturing environment of them such as high cost and low utilization. Even if the system is introduced, it is difficult to operate and maintain the system because the lack of computer manpower.

In this paper, we propose a method for building a lot tracking system for small and medium precision parts processing companies by reviewing relevant literature and analyzing cases. In addition, by managing the production history for each lot of the final product in the system, we will grasp the effect of reducing the quality failure cost obtained by minimizing the range of defect selection.

Keywords : Small and Medium Precision Parts Processing Company, Lot Tracking System, IATF 16949, Failure Cost

1. 서 론

국내 중소정밀부품가공기업은 주 거래처인 자동차제조기업들이 제품품질 확보를 위해 IATF 16949(ISO/TS 16949) 인증취득을 필수사항으로 요구하는 등 치열한 가격 및 품질경쟁으로 생존하기가 매우 힘든 업종이다. 게다가 2016년 10월 개정된 IATF 16949 : 2016에서는 제품추적성 요구사항이 강화되어 생산 공정의 로트별 생산정보관리 문제가 중요한 과제로 대두되고 있다.

이 문제 해결을 위해서는 MES(Manufacturing Execution System) 도입이 필요하다[3]. 그러나 열악한 중소정밀부품가공 기업에서는 시스템구축 비용부담이 크고 중소

Received 9 August 2019; Finally Revised 7 September 2019; Accepted 17 September 2019
† Corresponding Author : leedh@hanbat.ac.kr

기업의 제조업체 환경에 맞지 않아 활용도가 떨어지는 MES 도입을 꺼리고 있다. 혹 도입한 경우라도 전산전문 인력부족과 사용자의 시스템 이해도 부족 등으로 시스템 운영 및 유지가 어려운 실정이다.

따라서 대기업에 비해 금전적, 시간적 여유가 많지 않은 중소기업의 경우 처음부터 많은 기능을 가진 고비용의 MES 구축보다는 현재 업무와 직접적으로 연관된 단순한 기능을 가진 시스템을 고려할 필요가 있다. 즉, 작업자 또는 관리자들이 데이터를 쉽게 입력하고 실적내용에 대한 모니터링과 이력조회가 가능한 시스템이 오히려 더 적합할 수 있다.

이에 본 연구에서는 관련문헌 연구와 로트추적시스템 구축사례 분석을 통해 중소정밀부품가공기업들이 비용부담 없이 로트추적시스템 구축하는 방안을 제시하고자 한다. 또한 최종 제품의 로트별 생산이력을 시스템으로 관리함으로써 불량선별의 범위를 최소화하여 얻어지는 품질실패비용 감소효과를 파악하고자 한다.

본 논문의 구성은 제 1장에서는 연구의 목적과 함께 연구방법에 대해 서술한다. 제 2장에서는 실패비용, IATF 16949 : 2016, 로트추적시스템 등의 이론적 개념과 기존 연구를 고찰한다. 제 3장에서는 S사의 로트추적시스템 구축과정과 그 기대효과를 분석한다. 제 4장에서는 연구결과에 대한 요약과 향후 과제에 대해 기술하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 실패비용

실패비용(failure cost)은 품질비용의 일부분을 구성하고 있다. 품질비용이란 100% 완전하지는 못한 품질의 생산에 기인한 모든 비용을 말한다. 품질비용은 통제비용과 실패비용으로 구분된다.

통제비용은 예방비용과 평가비용으로, 그리고 실패비용은 내부 실패비용과 외부 실패비용으로 세분할 수 있다. 실패비용(failure cost)이란 완성된 제품의 품질이 일정한 품질수준에 미달함으로써 발생하는 비용을 말한다. 실패비용은 생산 공정 중, 즉 생산시스템 내부에서 발생할 수도 있고 제품이 고객에게 인도된 다음, 즉 외부에서 발생할 수도 있다. 전자를 내부 실패비용이라고 하고 후자를 외부 실패비용이라고 한다.

내부 실패비용은 완성된 제품이 고객에게 인도되기 전에 품질요건을 충족시키지 못해 발생하는 비용이다. 이에는 폐기물, 재작업, 등급저하, 재검사, 비가동시간, 실패분석 등에 관련된 비용이 포함된다. 외부 실패비용은 제품이 고객에게 인도된 후 품질결함으로 만족스럽게 기능하지 못할 때 발생하는 비용이다. 이에는 품질보증, 반품, 클레임, 소비자 불평처리, 가격할인 등에 관한 비용이 포함된다[5].

2.2 IATF 16949 : 2016

자동차 산업은 가격 경쟁 뿐만 아니라 고객에게 안전과 최상의 품질을 제공하기 위한 품질경쟁이 가장 치열한 산업 중의 하나이다.

국제자동차전담기구인 IATF와 ISO/TC 176은 기존의 개별적이던 자동차기업의 품질경영시스템 표준을 통합하여 전 세계적으로 자동차산업 공급사슬 내 모든 기업의 품질시스템에 적용할 수 있는 ISO/TS 16949 표준을 제정하였다.

IATF 16949(ISO/TS 16949) 인증은 고객의 특정 요구사항을 충족하는 시스템을 수립하고 지속적으로 개선하여 기업의 경쟁력을 확보하기 위한 필수적인 인증이다.

자동차 제조기업들은 제품의 품질을 확보하기 위하여 부품 공급기업들에게 IATF 16949(ISO/TS 16949) 인증을 취득할 것을 요구하고 있다.

자동차산업의 공급기업 및 협력기업은 ISO/TS 16949 인증 취득을 통해 지속적인 개선, 결함 예방 및 산포를 줄이고 낭비를 감소하기 위한 품질경영시스템을 갖추고 있음을 증명할 수 있다.

2016년 10월에는 개정판인 IATF 16949 : 2016이 출범하였다. ISO/TS 16949는 ISO 9001의 요구사항을 베이스로 채용하고 그것에 자동차업계 공통의 요구사항을 부가하였다. 규격본문에 있는 “고객고유의 요구사항에 따를 것”이란 표현은 고객고유의 요구사항에 대한 적합성도 심사한다는 의미이다. 이로서 ISO/TS 16949는 제2자 심사의 색채가 강하다고 할 수 있다. 좀 더 구체적으로 말하면 심사등록을 받으려는 조직은 고객 및 고유 요구사항을 명확히 해야만 한다는 것이다[13].

ISO/TS 16949 규격과 관련 주요문서는 인증이나 계약목적으로 사용되는 기술규격과 IATF 승인획득을 위한 규칙, 기술규격을 시행하는데 필요한 사례, 적용, 실행에 대한 지침 그리고 고객지정 요구사항에 대한 기술문서와 부속 참고매뉴얼(Core Tool)로 구성되어 있다. 추가적으로 요구사항에 대한 공인된 해석(SIs)과 자주 묻는 질문사항(FAQs)이 정기적으로 발행되고 있다[14].

개정된 IATF 16949:2016의 주요 변경요구사항으로는 조직상황을 경영시스템에 반영하고 ‘리스크 관리’와 최고경영자 리더십 강조를 들 수 있다. 또한 안전과 관련된 부품 및 프로세스에 대한 요구사항 강조와 공급자 관리와 개발 요구사항의 명확화, 제품추적성 요구사항 강화, 내장 소프트웨어가 포함된 제품에 대한 요구사항(ASPICE :

Automotive SPICE) 추가, NTF(no trouble found)와의 연계성 및 자동차 산업지침의 사용을 포함하는 보증관리 프로세스 추가, 기업책임 요구사항 추가 등을 들 수 있다.

인증취득의 효과로는 국제적으로 공통적인 품질시스템 요구사항을 적용함으로써 제품 및 프로세스 품질의 일관성 유지, 산포감소, 효율성 및 고객만족도 제고, 중복인증 방지를 통한 시간 및 비용 절감을 들 수 있다.

2.3 로트추적시스템

로트란 어떤 목적을 가지고 모아놓은 제품, 반제품, 또는 원자재의 하나의 큰 덩어리를 의미하며 제조로트는 1회 제조수량(구입 및 가공 로트로 구분)을 말한다. 로트수는 제조횟수를 말하며 경제적 로트수는 직접노무비와 기타경비의 합이 최소가 되는 로트수를 뜻한다. 로트수가 클수록 작업시간이 줄어들어 직접노무비는 줄어드는 반면 재고량의 증가로 인해 금리, 보관비 등이 증가된다. 로트크기는 예정생산목표량/로트수, 또는 예정생산횟수/로트수로 구해지며 경제적 로트의 크기는 준비비와 재고유지비 또는 고정비와 변동비 또는 준비시간과 실제시간의 합이 최소가 되는 로트의 크기를 말한다. 로트의 크기가 크면 클수록 준비시간, 준비비, 고정비가 줄어드는 반면 실제시간, 재고유지비, 변동비는 증가된다[4].

추적성(traceability)은 영어로 trace와 ability(능력)를 합성한 말로 추적이 가능한 능력을 의미한다. 추적은 유통 등과 같은 제품 공급망 내에서의 추적성과 생산이력 등과 같은 내부 추적성으로 분류된다. 모어(Moe)는 생산추적성을 공급사슬단계의 수에 따라 공급사슬 추적성과 내부 추적성으로 구분하였다[1]. 추적성 확보는 생산, 처리, 가공, 유통, 판매 등에 따라 다양하게 존재하며 일반적으로 품질문제 발생 시 피해범위의 신속파악을 위해 필요하다.

로트 추적시스템의 추적(tracking)은 식품, 제약, 음료 등의 제조업에서 고객의 안전과 관련하여 제품으로 인한 고객의 피해나 클레임에 대처하기 위한 기능을 말한다[15]. 현재는 품질보증의 확대, 국제 무역, 고객보호, PL법 시행에 따른 하나의 대책으로 모든 산업의 필수적인 요소가 되고 있다. 따라서 추적성 관리를 위한 로트추적시스템은 제조실행시스템(MES) 범위의 한 부분으로 생산제품 추적 및 이력 관리에 해당한다고 할 수 있다.

2.4 기존연구 고찰

2.4.1 로트추적시스템 관련 연구동향

국내 로트추적시스템은 정보화시스템 솔루션기업을 중심으로 연구와 개발이 진행 중이며 제조 산업 전체분야로 시스템구축이 확산되고 있으나 중소 제조기업의 구축사례 연구는 아직 미흡한 상태이다. 그동안의 로트추적시스템 관련한 연구를 살펴보면 다음과 같다.

Rohrer[9]는 반도체 제조업체에서 고객과 합의된 납기일과 제품 수량을 충족시킬 수 있도록 자동화 된 글로벌 로트 추적 시스템을 구축하였다. 이 시스템은 사이클 시간을 단축하여 수율 증가를 가속화하고 로트 믹싱 및 오처리를 줄여 목표납기일 달성을 지원한다.

유정호[15]는 추적성 관리 시스템의 효과적 도입 및 운용을 위해 표준 제조 업무를 선정하고 추적성 관리의 기능적 범위를 정하였다. 그 범위에서 필수적으로 요구되는 추적성 관리대상 데이터를 선정, 시스템의 도입모델을 제시하고 로트 관리가 제대로 이루어지고 있지 않은 제조업체에 적용하였다. 자재창고, 생산현장, 제품창고로 이어지는 생산프로세스 전체에 대해 로트관리 대상을 선정하고 이의 효과적으로 관리를 위한 기능설계 및 구현을 통해 얻어지는 기대효과를 분석하였다.

박성영[8]은 국내 중소조선기자재 기업에서 출하된 제품의 불량원인규명이 어려운 문제점을 해결하기 위해 효율적인 자재추적관리시스템을 설계, 구축하였다. 즉, 원자재 입고에서부터 완제품의 출하까지 모든 공정에서 발생되는 자재정보들을 웹 기반 하에서 실시간 통합관리 및 역추적을 통해 각 부서 간 원활한 의사소통 및 동시작업이 가능한 생산현장 실시간 관리방안을 제시하였다.

이상영[6]은 철강업종의 생산원가를 절감하는 도구로 RFID 시스템을 적용해 RFID 기반의 추적관리시스템을 제안하였고 자재입출고 시에는 100%, 현장에서는 99%의 인식률을 확보하여 RFID 기반의 추적관리시스템이 기존의 시스템 보다 생산성 향상효과가 크다고 하였다.

조경진[1]은 생산에서 측정되지 않는 활동으로 인한 관리의 사각지대에서 발생하는 비효율과 비용증가 현상을 방지하기 위해 자재추적성 기반으로 수율집계 모델과 Hidden Factory 가시화를 위한 불량재생 프로세스 모델을 제시하고 구체적인 활용사례를 연구하였다.

김현수, 정해준[2]은 콜드체인관리가 요구되는 학교급식재료 유통과정에서의 온도, 습도 등의 환경조건 관리뿐만 아니라 식재료의 품질변화 관리 방안으로 유통이력 및 추적관리와 제품의 안전성과 신뢰성을 보증할 수 있는 RFID/USN 기반의 e-pedigree 시스템을 제안하였다. 즉, 공급사슬의 이력추적과 더불어 특정 온도 및 습도를 관리함으로써 제품의 품질문제를 효율적으로 예방할 수 있는 모델을 제시하였다.

백민호, 고성석[7]은 식품의 안전성을 확보하기 위해 RFID 기술을 이용하여 식품에 대한 생산이력시스템을 구현하여 생산자, 가공업자, 유통업자 등 모든 참여자가

함께 안정한 농산물을 생산하고 정직한 이력정보를 공유, 소비자가 안심하게 구입할 수 있는 올바른 유통체계 구현을 연구하였다.

심상석[12]은 가스밸브 산업의 기술 생산성과 품질 제고를 통한 경쟁력 확보를 위하여 제조공정의 추적성 향상에 초점을 맞춘 스마트 팩토리 구축사례를 연구하였다.

2.4.2 기존 연구와의 차별성

로트추적에 대한 문헌들을 조사하면서 시스템 구축에 대한 연구는 많았다. 그러나 구축하려는 기업의 업종이 다르고 기존 구축된 정보화시스템이 달라 기존 사례들을 그대로 적용하기가 어려웠다.

이에 본 연구에서는 로트추적시스템을 구축하려는 기업의 특성과 환경에 맞도록 범위를 축소하거나 기존시스템을 사용하면서 특정화된 기능을 추가해 기존 시스템과 연계 유지할 수 있는 커스터마이징된 시스템 구축을 목적으로 하였다. 따라서 본 연구결과는 중소기업이 시스템을 구축할 때 고비용 부담을 최소화하고 기업의 특성에 적합한 환경구축을 통해 시스템의 지속적인 유지 운영을 가능케 한다는 점에서 의의를 가진다.

3. S사 로트추적시스템 구축 및 기대효과

3.1 S사의 현황 및 문제점

3.1.1 S사의 기업현황

S사는 2001년 1월에 법인설립 하였으며 본사는 현재 대전시 유성구에, 공장은 충북 청주시에 위치하고 있다. 25명의 종업원이 자동차 및 전자식 계량기 관련 초정밀 샤프트와 기계부품, 전기기기 복합조립품을 생산하고 있으며 연매출은 60억 원이다.

3.1.2 S사의 문제점

그동안 S사에서 나타난 주요 문제점은 다음과 같다[11].

(1) 발생된 불량으로 인한 실패비용 과다 발생

급변하는 기업환경 속에서 가격경쟁과 품질경쟁으로 매일매일 치열한 생존경쟁을 치르고 있는 S사는 이러한 생존경쟁에서 살아남기 위해 무엇보다도 생산성 향상을 통한 원가절감과 품질향상을 통한 비용절감을 추진하고 있다. 그럼에도 불량의 발생은 피할 수 없는 상황으로 불량발생 시 불량으로 인한 손실비용을 최소화해야하나 부정확한 로트생산이력정보로 인해 신속한 격리조치와 로트 추적을 하지 못해 선별범위를 키우고 이에 따른 선별비용이 과다 발생하고 있다.

(2) 로트 생산이력정보 관리 미흡

불량 선별범위를 결정하기 위해서는 로트생산이력정보의 기록관리가 필수적이나 관리가 잘 이루어지지 않고 있다. 그 주요한 원인을 살펴보면 다음과 같다.

① 생산실적기록의 오류발생

현장작업자의 작업일지 기록 소요시간으로 인한 생산차질 및 기록과정에서의 누락 및 오기록, 전산입력 과정에서의 2차 누락 및 오입력 등으로 생산이력정보의 신뢰성이 매우 낮아 실질적인 생산이력 판단자료로서 활용이 어렵다.

② PC활용 및 전문 데이터관리능력 부족

작업자 평균연령이 50대 이상으로 PC활용도가 크게 낮고 또한 사무용 프로그램인 엑셀이나 텍스트파일로 작성된 생산이력인 설비명과 생산수량, 공정별 작업수량의 데이터를 관리함에 있어 정보처리능력의 한계를 보이고 있다.

③ 기존 유선장비 활용곤란

현장에서 발생한 생산정보(공정명, 작업일자, 생산수량 등)를 실시간으로 서버로 전송하기 위해서는 Data발생장소에서 즉시 입력을 해야 하나 Data가 발생한 장소에 컴퓨터가 없는 경우 컴퓨터가 설치된 장소까지 이동해 입력 작업을 하다 보니 입력 작업이 바로 이루어지지 못해 Data의 누락 및 입력순서 차질현상이 발생하고 있다.

④ 모니터링 시스템 부재

로트추적을 실시간으로 바로 파악할 수 있는 시스템이 있어야 신속한 격리조치와 선별범위를 규정하여 신뢰성을 확보할 수 있는데 작업일지에 기록된 자료를 통해 로트를 추적하는 방식으로는 기록된 Data를 분석하는데 많은 시간이 소요된다. 즉, 로트추적을 정보화시스템으로 바로 확인할 수 있는 시스템을 가지고 있지 않다.

(3) 문제해결을 위한 비용과다 소요

규모가 작은 중소기업이 MES(제조실행시스템)을 패키지로 구입하는 것은 구매 및 적용 비용이 과다할 뿐만 아니라 업종별 특성의 미반영과 기 사용 정보화시스템과의 연계성 부족 등으로 사용하기 어려운 측면을 가지고 있다.

3.2 S사의 로트추적시스템 구축

로트추적시스템이 구축되면 로트별 생산이력을 지속적으로 유지 및 관리하여 불량발생 시 선별범위를 확정하고 신속하게 격리 및 검출하여 불량발생으로 인한 선별비용을 최소화하고 선별된 불량의 신뢰성 확보, 품질비용 감소, 기업 이미지 제고를 통해 기업경쟁력을 확보할 수 있다.

3.2.1 사전조사

S사의 공정특성을 이해하고 기존에 운영하고 있는 정보화시스템을 분석한다.

(1) 생산현장 특성 파악

① 다양한 생산제품

CNC자동선반에서 생산하는 제품이 다양하다. 여러 CNC 자동선반에서 동일제품을 생산하는 경우, 하나의 CNC자동선반에서 여러 종류의 제품을 생산하는 경우 등 제조패턴이 다양하게 나타난다.

② 현장작업자의 고령화

현장작업자의 평균연령이 높아 PC와 같은 IT기기 사용능력이 많이 떨어지고 있다. 현재 장비의 디스플레이에서 표시되는 데이터를 작업자가 수작업으로 기록하고 관리자가 취합하는 과정을 수행하고 있다. 작업자가 작업 중에 생산시간 및 생산수량을 기록하다보니 많은 누락과 작성오류가 발생되고 있다.

③ 데이터 입력에 부적합한 작업장 환경

가공현장에 많은 오일 미스트(oil mist)가 비산되어 종이에 CNC자동선반의 가동시간 및 생산수량을 기록하거나 PC키보드에 의한 데이터입력도 데이터입력을 위해 작업용 장갑의 탈착용이 동반되어 데이터의 신뢰성이 크게 떨어지고 있다.

(2) 생산 공정 분석

① 생산제품의 작업흐름

생산 공정은 <Figure 1>과 같이 원재료 입고 → 선회공정 → 탈지세척공정 → 수입검사공정 → 포장공정 → 출하로 이루어져있다.

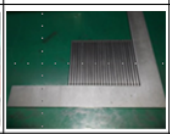
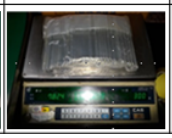
② 설비배치 현황

사례기업 S사의 설비배치 현황을 보면 <Figure 2>와 같다. 절삭가공공정을 위해 CNC자동선반 17대와 CNC 선반 3대를 보유하고 있으며 제품을 절삭가공하고 나서 절삭가공과정에서 절삭성을 향상시키고 피삭재의 과열을 방지하기 위해 뿌려졌던 절삭유를 탈지 및 세척하기 위해 초음파 세척기를 보유하고 있다.

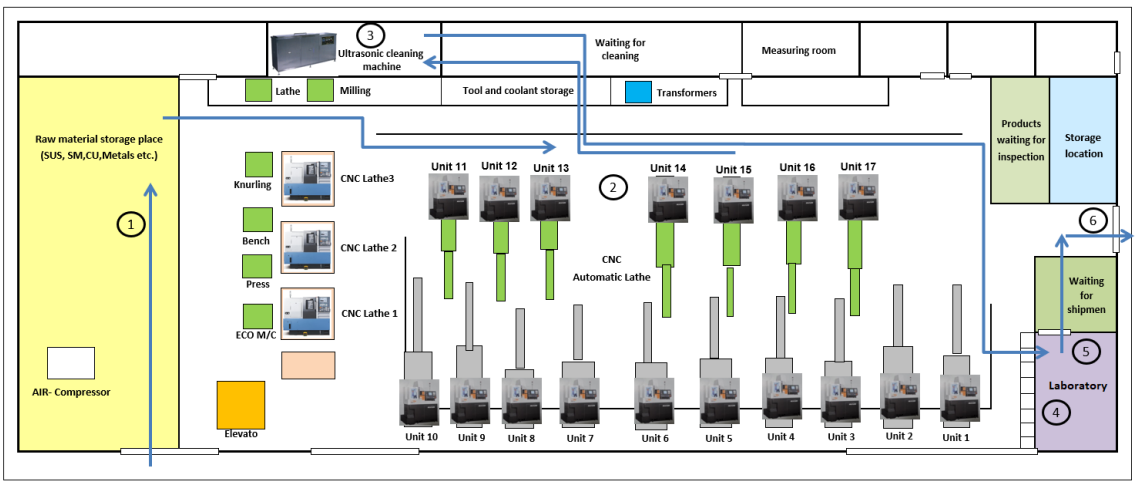
(3) 기존 정보화시스템 분석

① ERP시스템 운영현황

S사는 2008년 시스템관리, 기초정보관리, 판매정보관리, 생산정보관리, 품질정보관리, 생산계획관리, 구매정보관리, 거래정보관리, 전표정보관리 등의 기능이 가능한 자재재고량관리 및 전표관리수준의 ERP시스템(SEMI-GM2)을 구축하여 자원관리와 경영 상태를 통합관리하고 있다.

Process Name	1. Wearing raw materials	2. Turning operations process	3. Degreasing washing process	5. Inspection process	6. Packaging process	7. Ship finished product
Symbol	▽	○	○	□	○	○
Process photos						

<Figure 1> Production Flow Chart



<Figure 2> Company S's Machine Layout

② POP시스템 구축현황

CNC자동선반에 구축한 POP시스템은 공장의 생산 과정에서 시시각각 발생하는 작업정보를 정보원(기계, 설비, 작업자, 작업 대상물)으로부터 실시간 정보처리 하여 현장관리자에게 제공하는 시스템이다. 현장의 작업관리자는 입수된 정보를 바탕으로 현장의 작업 진행상황을 파악할 수가 있다.

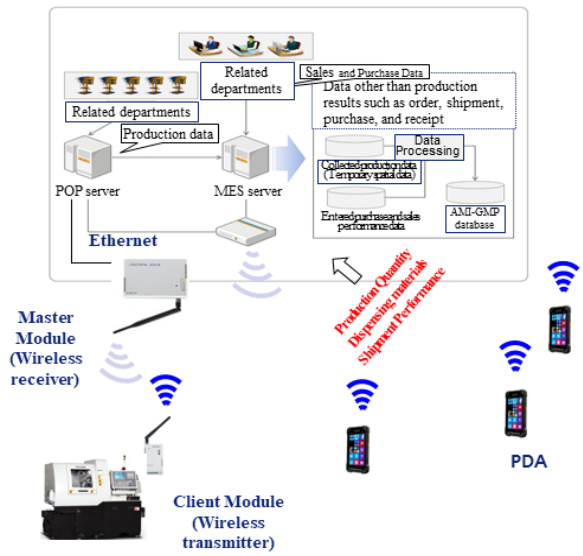
③ 기존 정보화시스템의 문제점

POP시스템과 ERP시스템을 도입하여 운영하고 있지만 두 시스템이 연동되지 못하고 독립적으로 운영되고 있다. POP시스템에서 수집된 데이터를 취합하여 공정관리, 생산관리, 수불관리 등 실무자가 필요로 하는 정보로 가공해야 하는 번거로움과 별도의 시간소비가 발생한다.

3.2.2 S사의 로트추적시스템 구현

(1) 시스템 구성

로트추적시스템을 구축하기 위한 전체시스템 구성도는 <Figure 3>과 같다.



<Figure 3> Composition of the Whole System

수주, 구매, 입고, 생산지시 등의 정보는 업무담당자의 PC에서 등록해 메인서버로 데이터가 전송되고 생산현장에 구축된 POP시스템에서는 CNC자동선반에 설치된 무선송신기에서 생산수량 정보가 전송되고 전송된 생산수량 정보를 무선수신기에서 수신해 POP게더링 서버로 보내지며 이후 다시 메인서버에 수집된다. 공정별 생산수량과 자재불출, 출하실적은 작업장별 PDA에서 물품표와 공정이동표 등의 바코드정보를 스캔하고 입력을 통해 무선으로 메인서버에 전송되며 이렇게 메인서버에 수집된 정보는 데이터베이스를 통합해 운영하게 된다. 여러 사람이 동시에 본 시스템을 접속해 활용할 수 있으며 서버의 구성은 다음과 같다.

(1) SEVER : POWER Edge T420
(2) DBMS : SQL Sever 2008 R2
(3) Client : Microsoft Window 7, 10, Vista, XP
(4) PDA(PM80) : Android
(5) Network : 10/100/1000MBps Network Card
(6) Security measures : Microsoft Window Firewall

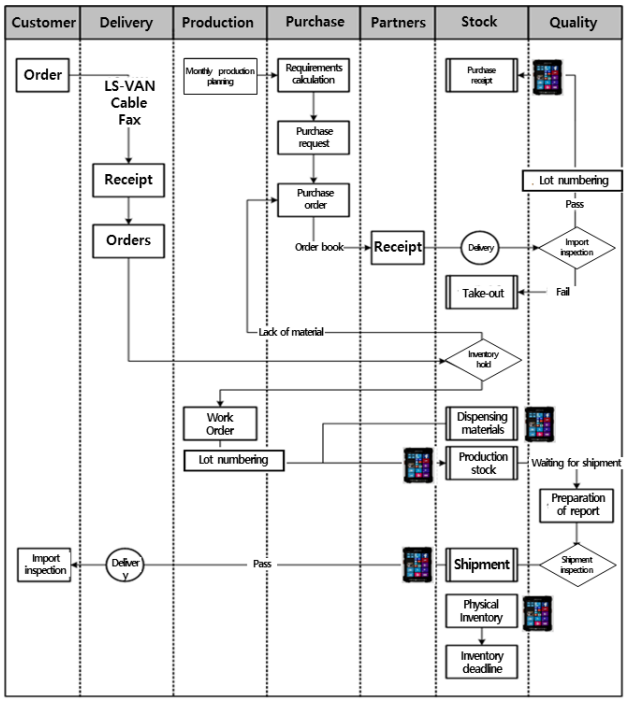
(2) 로트추적시스템 주요기능

① 로트이력 데이터 생성 Process

공정별 해당 업무에서 로트이력을 생성하는 Process는 <Figure 4>와 같다.

고객으로부터 발주서가 접수되면 재고 파악 후 원재료를 구매 발주하고 발주된 원재료가 들어오면 수입검사 후 입고 등록한다. 입고등록 시 원재료에 대한 로트정보가 생성되며 물품표에 바코드로 표시된다. 이때 물품표를 출력해 원재료에 부착시켜 이동시킨다.

작업현장에 생산지시가 등록되면 생산지시에 대한 로트정보가 생성되고 공정이동표가 발행되면 바코드에 의해 해당 로트정보가 표시된다.



<Figure 4> Lot History Creation Process

생산지시에 해당 원재료를 불출등록하고 생산이 이루어지면 생산실적을 등록한다. 출고계획에 따라 출고 후 수주출하 등록을 해 로트이력을 생성한다.

② 발주입고등록 관리

원재료가 입고되면 시스템의 발주입출등록화면에서 구매처를 선택한 후 입고예정내역을 검색해 해당 원재료를 입고등록하고 인쇄하기에서 해당 원재료에 바코드가 인쇄된 물품표 라벨을 발행해 해당원재료에 부착시켜 이동시킨다.

③ 생산지시 등록관리

생산일정에 따라 생산지시 등록화면에서 작업장과 설비, 품목, 수량, 완료예정일을 선택해 등록하고 인쇄하기에서 해당 작업의 공정이동표를 출력해 해당 작업장에 배포한다.

생산현장에서는 배포 받은 공정이동표에 기록된 품명 및 규격 정보와 공정명, 생산설비정보, 작업수량정보를 토대로 생산을 진행하고 생산한 제품과 함께 공정이동표에 나열된 공정 순서에 따라 이동시킨다.

④ 원자재불출 등록관리

생산지시에 따라 생산하고자하는 품목의 원재료를 PDA의 원자재불출등록화면에서 PDA의 바코드리더 기능으로 원재료에 부착시킨 물품표의 바코드를 스캔하고 화면에 나타난 읽어 들인 품목정보를 확인하고 원재료를 불출시켜 등록시킨다. 불출된 원재료는 시스템의 원자재불출등록화면에서 조회할 수 있다.

⑤ 가공실적 등록관리

생산지시에 따라 생산한 품목의 실적을 하루작업 종료시 작업자가 PDA의 가공실적 등록화면을 사용해 PDA의 바코드스캔기능으로 배포 받은 공정이동표의 바코드정보를 읽어 작업 실적을 등록한다. 등록한 생산실적은 시스템의 가공실적등록화면에서 조회할 수 있다.

⑥ 출고계획/승인 관리

고객사로부터 접수한 수주정보를 토대로 납품일정을 정하고 출고계획/승인 화면에서 출고계획을 수립 및 승인처리한다. 출고담당자에게 출고계획리스트를 출력해 배포하고 제품 출하시 출고담당자는 PDA의 수주출하등록화면을 사용해 PDA의 바코드리더 기능으로 배포 받은 출고계획리스트의 바코드정보를 읽어 수주출하실적을 등록한다.

⑦ 로트추적 현황관리

로트추적현황 화면에서 생산에 대한 원재료 투입정보, 공정실적정보, 불량정보, 출하정보를 생산지시에 의해 생성된 로트번호로 조회해 해당 제품의 생산이력을 확인한다. 공정별로 투입된 원재료의 로트번호와 작업지시번호를 맵핑시킨 데이터를 사용해 작업지시번호를 통해 제품에 소요된 자재를 추적할 수 있다. 로트는 추적성 관리에 있어 가장 중요한 관리기준이다. 정확한 업무분석을 통해 로트를 설정해야한다.

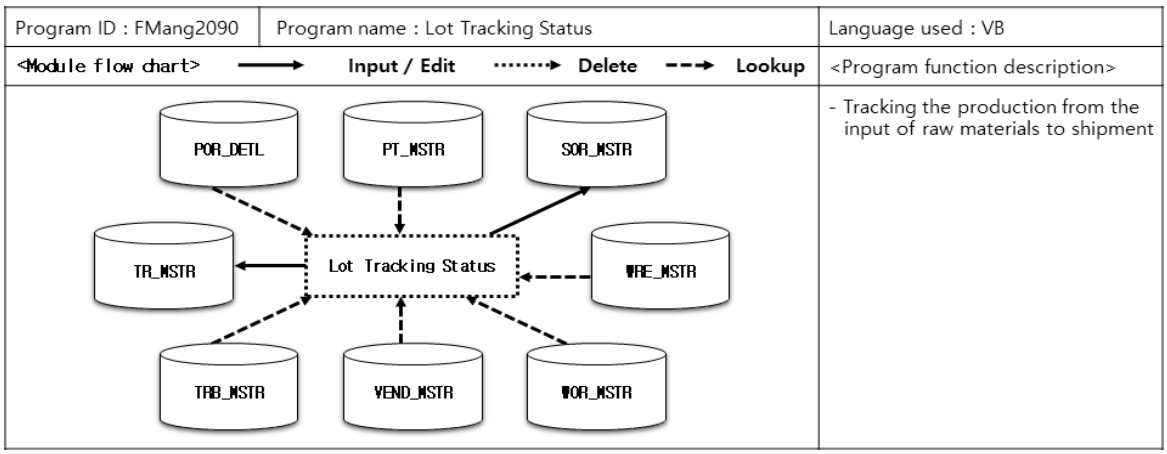
3.2.3 로트추적관리시스템 구축 결과

공정마다 로트정보를 생성해 PDA의 바코드 스캔기능으로 로트정보를 읽어 서버의 DB에 자료를 수집하고 <Figure 5>와 같이 원재료 투입부터 출하까지의 생산이력을 적용테이블과 파일을 통해 로트추적현황 프로그램을 구현하고 추적하는 체계를 구축하였다.

3.3 기대효과 분석

중소정밀부품가공기업은 MES구축을 필요로 하나 구축비용과 전문 인력, 사용자의 시스템 이해부족으로 시스템을 도입하여 운영하기가 쉽지 않은 실정이다.

게다가 고가의 패키지 방식인 MES는 중소기업의 규모와 범위에 맞지 않은 구조로 설계된 범용적인 시스템으로 도입기업의 업종과 특징에 맞는 기능이 부족하여 활용도가 떨어질 수 있다. 또한 영세 중소기업에서는 정보화에 대한 예산이 부족해 지속적인 사후관리가 어렵다. 이 같은 문제로 인해 대기업에 비해 MES가 널리 보급되지 못하고 있는 실정이다.



<Figure 5> Lot Tracking Status

대기업에 비해 상대적으로 정보화 수준이 취약한 중소기업에서는 MES의 11가지 기능 모두를 필요로 하지 않는다. 복잡하고 기능이 많은 것보다는 오히려 현재의 업무와 직접적으로 연관된 단순한 기능으로 구성되어 작업자 또는 관리자들이 데이터를 손쉽게 입력하고 실제 공정과 연관된 실적내용에 대한 모니터링을 해주며 이에 대한 이력을 조회할 수 있는 범위의 시스템 구축이 오히려 더 적합하다.

아무리 체계적이고 좋은 시스템이라도 사용자가 이를 사용하지 못한다면 구축에 대한 의미가 없으므로 사용자가 사용하기 쉬우며 복잡하지 않은 시스템이 중소제조기업에게는 더 적합하다고 할 수 있다. 따라서 대기업에 비해 금전적, 시간적, 인적자원이 부족한 중소 제조업체에서는 처음부터 많은 기능을 가진 MES의 도입 구축은 바람직하지 않다[10].

그렇다고 MES를 도입해 주요기능 중 로트추적성 기능만을 활용하거나 기존 운영하던 시스템을 버리고 새로이 MES를 도입할 수도 없다.

사례기업 S사에서는 기존에 사용하고 있는 ERP와 해당 기업의 업종에 맞게 설계한 로트추적시스템을 연계해 시스템 도입비용을 최소화한 결과, <Table 1>과 같은 기대효과를 거두었다. 즉, 구축한 로트추적시스템을 통해 기업에서는 불량, 부적합의 문제발생시 해당 로트를 추적해 신속하게 대응하고 불량선별의 범위를 최소화하여 불량발생으로 인한 품질비용을 최소화하는 효과를 거두었다. 이때 투입된 시스템개발 및 설치비용은 내용연수가 5년인 연가로 계산해 투입대비 효과를 산출하였다.

즉, 투입금액은 시스템 개발 및 설치비용(연가) 9,632,320원과 유지관리비(연가) 963,230원으로 총 10,595,550원이 소요된 반면 절감액은 불량선별시간 감소 4,320,000원/년, 불량로트추적시간 감소 2,700,000원/년, 로트생산이력 수작업 기록시간 단축 13,824,000원/년, 로트추적 모니터링 기능향상 900,000원/년으로 연간 총 21,744,000원의 경비절감효과를 거두어 내용연수동안 총 11,148,450원/년의 절감효과를 얻었다.

이밖에 정성적 효과로는 불량발생 시 고객에게 불량에 대한 정확한 로트이력 정보를 제공함으로써 불량제품 로트에 대해 실시한 불량선별작업에 대한 신뢰를 확보할 수 있었고 고객이 실시하는 협력업체의 역량평가나 기업에서 보유하고 있는 품질인증시스템의 사후심사에서 로트추적성 항목에 대해 좋은 평가를 받을 수 있는 여건을 마련하였다는 점을 들 수 있다.

4. 결 론

CNC 자동선반을 활용해 다품종소량 생산을 하는 절삭가공 제품은 원재료 투입부터 생산, 외주가공, 검사, 납품 등의 다양한 공정을 통해 생산된다. 이러다 보니 제품출하 후 고객사에서 불량발견 시 로트생산이력 시스템이 부재한 경우 정확한 불량 선별범위를 찾기가 어렵고 불량선별 범위확대로 많은 품질비용이 소요되고 있다.

본 연구에서는 이를 해결하기 위한 중소기업에 적합한 저비용 로트추적관리 시스템의 구축 및 활용 방안을 제안하였다. 사례기업에 적용한 결과, 투자비를 제외하고 내용연수동안 매년 약 1,100만원의 절감효과를 거두는 것으로 나타났다.

<Table 1> Evaluation Results of Quantitative Effect

Division	Input cost ①	Quantitative effect ②	Profit
Amount (AE)	10,595,550	21,744,000	11,148,450
Detail (unit : ₩)	(1) System Development and Installation Costs - ₩41,700,000×0.2310 = ₩9,632,320 (i = 5%, n = 5) (2) Annual system maintenance costs - ₩9,632,320×0.1 = ₩963,230	(1) Defect inspection time reduction - Number of defect occurrence per month : 3times - Defect inspection time : 16h/time - Reduction time a month : 48h×0.5 = 24h - Working day reduction : 24h/8h = 3days/month - Annual effect : 3days×₩120,000×12month = ₩4,320,000/year (2) Defective lot tracking time reduction - Number of defect occurrence per month : 3times - Reduction time a month : 4h×3 = 12h - Working day reduction : 12h/8h = 1.5h/month - Annual effect : 1.5days×₩150,000×12month = ₩2,700,000/year (3) Manual record time reduction - 0.8day×12men×₩120,000×12month = ₩13,824,000/year (4) Improvement effect of Lot Tracking Monitoring - 6days×150,000won = ₩900,000/year	②-①

이와 같이 본 연구에서 제안된 로트추적시스템 구축은 앞으로 발생될 수 있는 불량, 부적합 제품을 신속하게 추적해 격리하고 불량선별의 범위를 최소화하여 불량발생으로 인한 손실비용을 최소화하는 효과를 기대할 수 있다.

본 연구결과는 규모와 업종이 비슷한 열악한 중소기업에서도 손쉽게 적용할 수 있을 것이며 관련기업의 경쟁력 제고에 크게 기여할 것으로 기대된다. 추후 연구과제로서는 바코드 대신에 RFID를 활용해 사용자의 편리성을 증대시킬 수 있는 방안을 강구할 필요가 있다.

References

[1] Cho, K.J., Study on the Implementation of Yield Aggregation System Based on Material Traceability : Focusing on LED Wafer Process [master's thesis], [Gyeonggi, Korea] : DanKook University, 2013.

[2] Kim, H.S. and Jung, H.J., The Traceability Management Model of Cold Chain Supply Chain : Focus on School Meal Supply Chain, *Journal of the Korean Society of Supply Chain Management*, 2013, Vol. 13, No. 2, pp. 87-97.

[3] Kong, M.D., A Study on the Efficient MES Using Automation in Automotive Module Assembly Line, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 2011, Vol. 12, No. 10, pp. 4618-4625.

[4] Lee, D.H., Industrial & Management Engineering, Hyun WooSa, 2018.

[5] Lee, S.B. and Ryu, C.H., Modern Production & Operations Management, MyungKyungSa, 2013.

[6] Lee, S.Y., Design and Implementation of RFID-based Tracking System for Logistics Management on the Steel Industry, *Journal of the Korea Society of Computer and Information*, 2010, Vol. 15, No. 10, pp. 157-164.

[7] Paek, M.H. and Ko, S.S., The Study on RFID Traceability System for Rice Chain Management, *The Journal of Society for e-Business Studies*, 2014, Vol. 13, No. 4, pp. 33-47.

[8] Park, S.Y., A Study on Development of Item Management System for Small and Medium Sized Ship Equipment Companies [master's thesis], [Busan, Korea] : Dong-Eui University, 2005.

[9] Rohrer, U., Automated Lot Tracking and Identification System, Proceedings of the IEEE Semi Advanced Semiconductor Manufacturing Conference and Workshop, Boston, MA, USA, 1998, pp. 142-144.

[10] Shin, J.D., Design and Implementation of MES Solution for Multi-Variety and Small-Lot-Sized FPCB Production [master's thesis], [Seoul, Korea] : University of Seoul, 2015.

[11] Sim, H.Y. and Lee, D.H., Construction of Intelligent Production Information System for Efficient Plant Engineering, *Journal of Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 2014, Vol. 37, No. 3, pp. 16-23.

[12] Sim, S.S., A Case Study on Traceability Improvement of Gas Valve Manufacturer Implementing Smart Factory [master's thesis], [Busan, Korea] : Dong-A University, 2016.

[13] Son, Y.I., Effective Auditing Method of ISO/TS 16949 Quality Management System, [master's thesis], [Gyeonam, Korea] : Changwon National University, 2012.

[14] Yang, G.Y., A Study on Efficient Process Approach Auditing for ISO/TS 16949 Quality Management System [master's thesis], [Seoul, Korea] : HanYang University, 2007.

[15] Yoo, J.H., Traceability System of Manufacturing Execution System for a Manufacturing Competitiveness [master's thesis], [Incheon, Korea] : Incheon National University, 2005.

ORCID

Young-Soo Ha | http://orcid.org/0000-0002-0370-2601
Soo-Yong Park | http://orcid.org/0000-0001-8656-551X
Dong-Hyung Lee | http://orcid.org/0000-0001-8743-858X