

## 국내 MRO 산업의 경쟁력 확보를 위한 스마트 팩토리 도입 방안 (Adopting smart factory to secure the competitiveness of domestic MRO industry)

### I. Introduction

MRO는 ‘maintenance, repair & Overhaul’의 앞 글자를 따온 용어로 항공기가 제조되어 운용에 들어가는 순간부터 필연적으로 따라오는 유지보수 절차를 의미한다. 항공 MRO산업(이하 MRO)은 크게 기체정비, 엔진정비, 부품정비, 운항정비로 구분할 수 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 부품정비, 기체정비, 운항정비에 대한 인건비의 비중이 매우 높은 것을 알 수 있다.

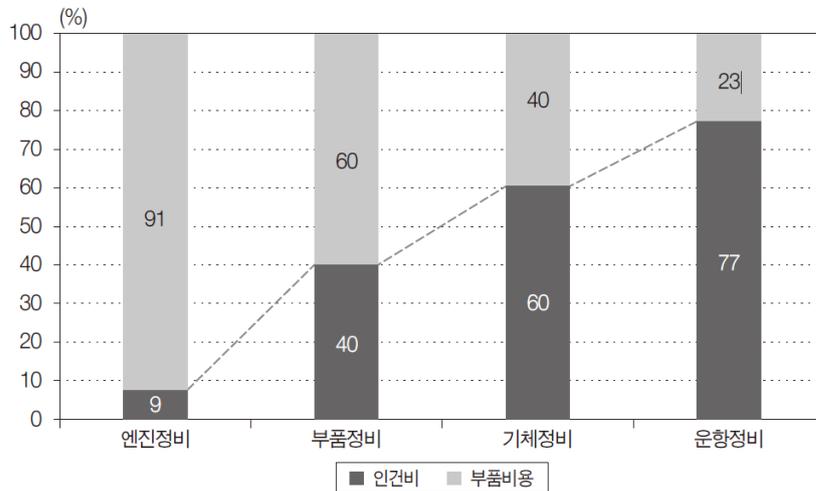


Fig. 1. MRO 부문별 인건비와 부품비용의 구성

현재 세계 MRO 시장을 살펴보면 싱가포르의 2개의 MRO기업이 세계 1위와 4위를 차지하고 있음을 알 수 있다. 관련 분석 자료를 살펴보면 MRO 시장에서 가장 중요한 경쟁력 요인으로 가격 경쟁력과 수리기간에 해당하는 TAT, MRO 품질을 꼽고 있다. 싱가포르는 누적된 경험을 통해 높은 MRO 품질을 제공하고 있으며, 더 중요한 점은 낮은 인건비로 인한 한국 대비 2배 높은 가격 경쟁력이 1,4위의 이유로 손꼽히고 있다.

세계 항공산업의 규모가 급속하게 팽창하고 있는 시점에서 필연적으로 함께 성장하게 되는 MRO 시장에 발맞추기 위해 국내 MRO 산업도 신규 MRO 사업자를 선정하고 시장을 형성하기 위하여 쟁 걸음을 재촉하고 있다. 싱가포르의 군MRO 시장을 기반으로 민수여객기 MRO 시장을 제패한 싱가포르 STA社의 사례는 유사한 환경을 가진 국내 MRO 시장의 성공 가능성을 높이고 있다.

그 동안 국내 MRO 산업의 타당성과 경제성 등을 분석하기 위한 많은 정책 보고서와 경제 연구소들의 분석 보고서들이 발간되었으나, 중요한 요소인 가격 경쟁력에 대한 부분은 짧게 언급되고 경쟁력 향상을 위한 방법론적 방안에 대해서는 언급되지 않았다. 본 논문은 앞서 언급한 가격 경쟁력과 TAT의 단축, MRO 품질을 높이기 위한 방향으로서 최근 기술 분야의 화두가 되고 있는 스마트 팩토리의 도입 혹은 전환을 제시하고자 한다.

### II. 스마트 팩토리 기술 동향

네트워크 기술의 비약적인 발전을 통해 IoT로 대표되는 4차 산업혁명이 도래하였으며, 모든 사물이 데이터를 주고받을 수 있음으로써 제조업의 패러다임은 전혀 다른 개념으로 새롭게 재정의되고 있다.

현재 독일, 미국, 일본의 제조업 분야는 전체 기업 중 30% 이상이 일부 혹은 전체 공정에 대한 스마트 팩토리 전환율을 보이고 있으며, 정부 주도의 정책 혹은 기업들 간의 오픈 컨소시움의 지원을 통해 5년 이내 50%를 넘을 것으로 예측하고 있다. 현재까지 시범사업을 수행한 기업들과 전환을 수행한 기업들을 살펴보면 크게

우선 전체 공정의 자동화율이 크게 증가하게 되었고, 이로 인해 전체 생산성이 증가하게 되었다. 또한 제품의 불량률이 감소하였고 자재 절약으로 인한 제조원가가 감소되었다. 결과적으로 생산성의 향상과 제조원가의 감소는 순이익의 증가를 가져왔고, 기업들은 수익의 일부를 스마트 팩토리로 전환하는 선순환 구조를 갖출 수 있게 되었다.

국내 스마트 팩토리 유관 기업들을 살펴보면 현재 시점에서 제조업 공정을 전환하기 위한 충분한 인프라를 갖춘 것으로 파악되고 있으나, 설문조사 결과를 살펴보면 스마트 팩토리에 대한 홍보 부족으로 인해 인지도가 낮다는 문제점이 있었다. 하지만 동일한 조사 결과를 살펴보면 인지 후에는 대기업과 중소/중견기업들 모두 스마트 팩토리의 도입에 매우 긍정적인 반응을 보였다는 점은 고무적인 일이라고 할 수 있을 것이다.

### III. 스마트 팩토리 도입 효과

#### - 공장 자동화율 상승

스마트 팩토리는 센서와 네트워크를 통해 기계 스스로 현재의 상태를 인지하고 공정의 진행 상황을 실시간으로 보고할 수 있다는 점이 큰 특징이며 장점이다. 이전에 작업자가 이전 공정이 끝난 후 다음 공정으로 자재를 이송시키고 기계를 수동으로 작동시키던 형태를 탈피하여 기계와 기계가 서로의 상태를 주고받으며 공정 일부 혹은 전체를 자동화할 수 있다는 점이 큰 장점일 것이다.

이러한 자동화율은 작업자와의 협업이라는 관점에서 큰 장점을 가진다. 작업자의 근무 시간에는 작업자와 협업을 필요로 하는 작업에 대해 집중적으로 수행한 뒤, 근무 시간 이외에는 다음 작업을 위한 사전 가공 작업을 자율적으로 수행하도록 자동화할 수 있다는 점은 전체 생산성 향상에 매우 큰 의미를 가진다.

#### - 빠른 공정 재배치 가능

스마트 팩토리에서 중요한 구성 요소 중 하나는 무인화된 운송 로봇의 도입이다. AGV로 일컫는 운송 로봇은 기존에 널리 사용되어온 컨베이어 벨트를 공장에서 없애는 데 큰 공헌을 하였다. 소품종 대량생산이라는 관점에서 큰 역할을 수행했던 컨베이어 벨트는 다품종 대량생산의 관점과 연결되는 MRO 산업과는 적합하지 않다고 볼 수 있다.

AGV는 작업 셀과 셀을 연결하는 역할을 수행하며, 작업 대상별로 필요한 셀의 구성을 빠르게 변경시킬 수 있어 MRO 공정의 빠른 재배치를 물리적 변환이 아닌 추상적 개념으로 수행이 가능하다. 따라서 작업 공간의 활용도를 증가시킬 수 있으며, 다품종에 대한 즉각적인 대응 역시 가능하다는 점에서 전체 생산성의 증대는 당연한 결과일 것이다.

또한 공정 중 작업을 담당하는 각각의 셀을 모듈식 구성이 가능하다는 점에서 하위 여러 티어 그룹이 상위 티어 그룹으로 부품을 전달하는 티어-1 모델에도 바로 적용이 가능하다.

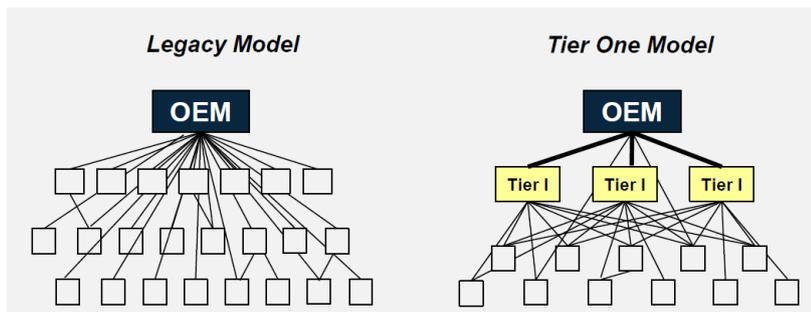


Fig. 2. 항공기 제작사들의 티어-1 모델

- 신뢰도 상승 및 불량률 감소

데이터-드리븐(Data-driven) 프로세스로도 언급되는 스마트 팩토리는 불량률의 감소에도 큰 공헌을 할 수 있다. 모든 공정은 작업 중 작업내역 및 환경 정보를 지속적으로 서버에 보고하고 사용된 모든 자재들은 반입부터 반출까지의 모든 과정이 지속적으로 추적된다. 따라서 불량률이 발생하였을 때 불량 발생 요인을 보다 빠르고 정확하게 진단할 수 있다는 장점을 가지며, 실제로 일본 미쓰비시 전기의 스마트 팩토리는 도입 이전에 비해 50%의 손실이 감소하였다는 결과를 얻기도 하였다

**IV. MRO 산업에 적용할 수 있는 스마트 팩토리의 주요 키워드**

- 협업 로봇 기술

선진 항공기 OEM 제작사들은 현재 협업 로봇 기술의 도입을 통해 제조 공정 혁신을 서두르고 있다. 보잉사는 Flex track이라는 드릴링 로봇을 도입하여 제조 공정을 일부 자동화하고 있으며, 작업자는 Flex track과의 협업을 통해 노동 부하를 크게 경감시킬 수 있었다. 이 외에도 로봇팔 제조 업체는 KUKA사는 B777 광동체 제작에 FAUB로 명명된 로봇팔 장치를 납품함으로써 스스로 위치 식별이 가능한 SLAM 기술을 내장함으로써 복잡한 항공기 동체 내부에서도 다수의 FAUB가 단 한 명의 작업자와 협업을 통해 작업이 가능하도록 하였다. 이 외에도 무거운 항공기의 사이드월을 작업자가 큰 힘을 들이지 않고도 이동시키고 부착이 가능하도록 돕는 협업로봇 JILAS의 도입은 제조 공정의 속도를 높이고 작업자의 노동 부하를 크게 경감시키는데 큰 역할을 수행해내고 있다.



Fig. 3. JILAS 협업로봇(左)과 증강현실기술의 도입 예시(右)

- 증강현실기술

항공 산업에서도 증강현실기술(AR)이 Fig. 3과 같이 적극적으로 도입되고 있다. 기존에는 작업자는 작업 지시서를 확인하고 무수히 많은 작업 지점 중 현재 작업에 해당하는 작업 지점을 일일이 찾아서 작업을 진행해왔다. 하지만 증강현실기술의 도입으로 현재 작업 내용을 직관적으로 확인할 수 있으며, 작업 속도 역시 크게 향상될 수 있었다. 불량률에 대한 부담 역시 크게 감소했다. 더욱 복잡한 와이어-하네스(wire-harness) 작업에도 증강현실기술은 활용된 사례가 있으며, 작업 속도를 크게 개선시킬 수 있었다.

- 무인운송기술

무인운송기술의 유형을 세부적으로 살펴보면 ‘Mobile piece picking’과 ‘Good-to picker’, ‘Automated inventory management’로 분류할 수 있다. ‘Mobile piece picking’은 선반형의 대형 창고에서 예정된 작업에 필요한 자재를 선별하여 ‘Good-to picker’로봇에게 전달하는 역할을 수행한다. 또한 물품의 반입/저장/반출의 과정을 담당하므로 ‘Automated inventory management’ 시스템과도 연계되는 기술이다.

‘Good-to picker’는 앞서 AGV로 언급한 운송시스템으로 작업자에게 자재를 전달하는 역할을 담당한다. 거대 쇼핑몰인 아마존사의 물류비용을 크게 절감시키는데 큰 공헌을 한 KIVA 로봇도 이 로봇의 유형에 해당한다.

마지막으로 ‘Automated inventory management’ 시스템은 자재의 수요를 예측하고 부족이 예상되면 발주를 진행하고 언제나 잔여 재고를 최소화하는 역할을 수행한다. 잔여 재고의 최소화는 공간의 활용성을 높이고 예측 주문은 작업 지연을 예방하는 역할을 하게 된다.

#### - 린-프로세스 개선 기술

린-프로세스 개선 기술은 Six-sigma 개념에서 출발한 제조 프로세스 개선 방법론 중 하나이다. 시스템의 장비를 줄이고 더 높은 가치를 만든다는 목표 하에 제조 프로세스를 개선시키는 방법이며 여러 제조기업들이 적용하는 방법 중 하나이다. KLM 항공사의 MRO기업인 KLM E&M社의 사례를 살펴보면 21일이 소요되던 작업이 린-프로세스 개선을 통해 10일로 크게 단축시킬 수 있었다.

린-프로세스 개선 방법은 스마트 팩토리에 적용하기에 더욱 적합하다. 린-프로세스 개선 방법론 중 DMAIC 사이클 모델은 가장 많이 적용되는 모델 중 하나이다. DMAIC 사이클 중 ‘Measure’ 단계는 실제 작업이 진행되면 걸리는 시간과 관련 Performance index를 측정하는 과정이 수반되며, 스마트 팩토리에서는 별도의 측정 과정없이 기존에 누적된 작업 데이터를 바로 활용할 수 있다. 이러한 과정을 통해 over-processing, extra movements, unavailability of material, quoting 등의 주요 지연 요소를 진단하고 제거함으로써 제조 프로세스를 개선할 수 있다.

## V. 결론

세계 1위 MRO기업인 싱가포르의 STA社의 사례는 군MRO 수요를 기반으로 시작하였으며, 자체 여객기 OEM 제작사를 가지지 못하고 있다는 점에서 국내 MRO 시장과 비슷한 환경이라고 할 수 있다. STA社의 ‘One-stop MRO 서비스’는 국내 MRO 산업에서 롤 모델로 정의하고 국내 여건에 맞게 충분히 벤치마킹할 가치가 있다.

MRO 시장 연구들을 살펴보면 가장 중요한 가치로 인건비용 경쟁력, 턴어라운드 타임(TAT), MRO 품질 (정비 신뢰성)을 손꼽는다. 국내 MRO 환경은 싱가포르에 비해 인건비용 경쟁력이 두 배 이상 낮은 것을 알 수 있으며, 이로 인해 세계 MRO 시장에서 경쟁력을 확보하기에 걸림돌이 되고 있다.

스마트 팩토리는 공장의 자동화율을 높이고, 유연하고 빠른 공정 재배치가 가능하다는 장점을 가지며, 네트워크 기반 작업 및 물류의 추적을 통해 불량률을 감소시키는데 도움을 준다. 또한 자동화로 인한 전체 MRO 서비스의 신뢰도 향상을 기대할 수 있다.

선진 항공기 OEM 제작사들은 협업로봇과 증강현실 및 무인화 기술들을 도입하면서 스마트 팩토리로의 전환을 꾀하고 있다. 협업 로봇 기술은 제작 정밀도와 생산성을 향상시킬 뿐 아니라 작업자의 노동 부하를 감소시키는데 큰 역할을 하고 있다. 증강현실 기술 역시 작업자에게 작업 내용을 적극적으로 안내함으로써 불량률을 크게 감소시키고 있으며, 작업 속도 역시 향상시키고 있다. 또한 무인 운송 기술은 물류의 저장 공간 효율을 크게 증가시키며, 이동 속도 역시 크게 증가시키고 있으며, 이로 인해 공정의 생산속도가 향상될 수 있음을 확인하였으며, 연계되는 자동재고관리 시스템 역시 자재의 반입/저장/반출 과정을 추적하고 수요 예측을 통해 사전에 발주처리를 진행함에 따라 대기 시간을 최소화하는 등의 데이터-드라이브 시스템의 장점을 적극적으로 활용할 수 있음을 확인하였다. 또한 린-프로세스 개선 방법론은 스마트 팩토리에 누적된 데이터를 활용하여 곧바로 적용할 수 있으므로 경쟁력 향상에 큰 도움을 줄 것이다.

대한민국의 MRO 산업이 본격적으로 시작되려 하는 이 시점에서 현실로 다가오고 있는 4차 산업혁명 경쟁에서 뒤쳐지지 않으면서도 세계 MRO 시장에서 경쟁력을 확보하기 위한 청사진을 진지하게 논의할 시점이라고 판단하며, 산학연과 정부 자원의 통합적인 논의가 진지하게 이뤄질 수 있기를 기대한다.