

# 고무압출 제조기업의 레거시 데이터를 활용한 FOM Solution 기반 생산관리 방법에 관한 연구

김재하<sup>a</sup>, 손경섭<sup>a</sup>, 오상석<sup>c</sup>, 임효재<sup>b</sup>, 김수영<sup>a,\*</sup>

## Solution-based Production-Management Method Using Legacy Data from Rubber-Extrusion Manufacturing Company

Jae Ha Kim<sup>a</sup>, Kyung Sup Son<sup>a</sup>, Sang Suk Oh<sup>c</sup>, Hyo Jae Lim<sup>b</sup>, Su Young Kim<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Department of AI Smart Factory Convergence Engineering, Hoseo University

<sup>b</sup> Geothermal Energy Education Center, Hoseo University

<sup>c</sup> Manufacturing Innovation School, Inha University

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received 13 May 2024  
Revised 8 June 2024  
Accepted 11 June 2024

#### Keywords:

4M(man, machine, material, method)  
Legacy system(ERP, MES, POP etc)  
FOM(smart-factory operation management)  
Productivity analysis  
Manufacturing big data  
Loss cost

### ABSTRACT

In this study, the legacy data of the MES system of rubber extruder company A and the FOM solution are integrated and analyzed. Owing to the characteristics of the manufacturer, 4M changes that occur frequently in existing legacy data can only be managed to a certain extent. Therefore, in this study, the MES system and FOM solution are integrated to obtain the visibility of 4M data at the manufacturing side, and a systematic and multidimensional analysis based on code is performed. If the unit price values for more diverse products are defined, then more detailed loss costs can be calculated for all productivity inhibitors. By overcoming the limitations of MES data management and making decisions to effectively improve data-based productivity using the analysis results of this study, company A is expected to benefit factory operations management.

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

4차 산업혁명을 통해 스마트화, AT, AI, IOT 등의 첨단 기술이 산업에 빠르게 접목되면서 제조 기업들에게 막대한 변화와 기회를 제공하고 있다. 이러한 변화 속에서 제조 기업은 기존의 생산 방식과 비즈니스 모델을 혁신하고 경쟁력을 향상시키기 위해 끊임없이 노력하고 있다.

급변하는 시장 환경에 대응하기 위해서는 빠른 생산 리드 타임과 단축된 제품 인도 시간이 필수적이다. 이에 따라 제조 기업은

생산 프로세스를 최적화하고 생산 리드 타임을 단축하기 위해 새로운 기술과 방법을 도입하고 있다<sup>[1]</sup>.

그러나 많은 기업이 오래된 Legacy 시스템을 여전히 사용하고 있는 실정이다. 이러한 Legacy 시스템은 최신 기술과 표준을 따르지 않거나 유지보수가 어려워서 기업의 혁신과 성장을 억제하는 요인으로 작용할 수 있다. 또한, 오랜 기간 사용된 Legacy 시스템은 중요한 비즈니스 프로세스와 데이터를 포함하고 있어서 단순히 폐기하기 어려운 경우가 많다. 이러한 문제에 대응하기 위해서는 기업은 정보화 시스템을 현대화하고 최신 기술을 도입하는 노력이 필요하다. 기업 정보시스템의 한계와 애로사항은 다양하다. 단기간

\* Corresponding author. Tel.: +82-70-8600-5336

E-mail address: df2030@hoseo.edu (Su Young Kim).

## 2. 본 론

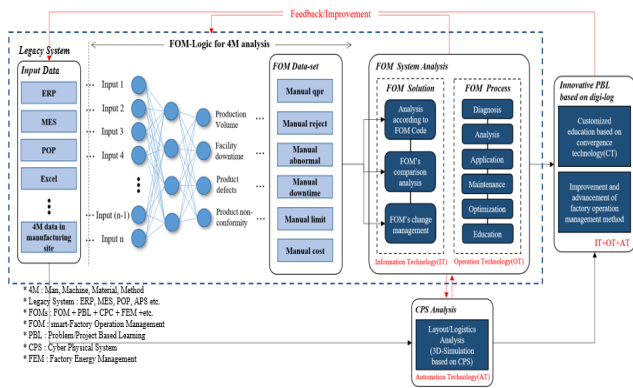


Fig. 1 FOMs package structure

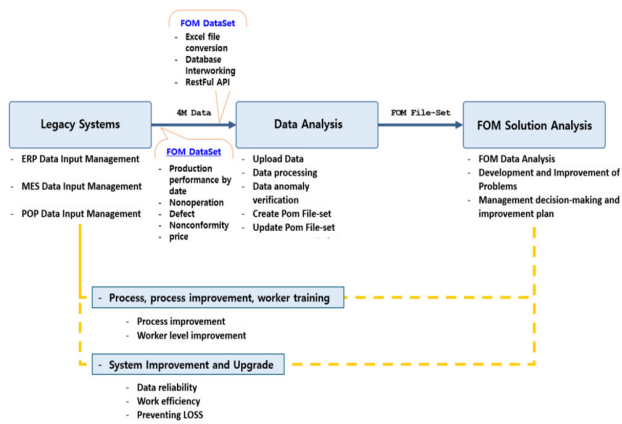


Fig. 2 Linkage between legacy system and FOM solution

에 구축된 시스템의 경우 사후 관리가 어려울 수 있고, 설비 데이터 중심의 시스템은 다양한 제조 데이터의 수집과 분석이 취약할 수 있다. 또한, 스마트공장 구축과 데이터 활용에 대한 부족은 생산성 향상을 제약하는 요인으로 작용할 수 있다. 이러한 문제를 극복하기 위해 Fig. 1 FOMs Package structure의 FOM Solution은 진단 분석과 다차원 분석을 통해 Legacy 시스템을 효율적으로 관리하고 최신 기술을 적용하는데 기여하고 있다<sup>[2]</sup>.

FOM Solution은 클라우드 기반의 플랫폼을 활용하여 국내 IT 기업들이 구축한 다양한 데이터를 통합하고 실시간 4M 변화 관리와 맞춤 교육을 제공하여 기업의 생산성을 향상시키고 있다. 혁신적인 제조 기술과 시스템을 도입함으로써 제조 산업의 발전을 촉진하고 국가적 경제 성장에 기여할 수 있다. FOM Solution의 기술과 서비스를 활용하여 국내 제조 산업의 발전을 지원할 수 있다<sup>[3]</sup>.

본 연구는 고무압출기업의 MES 시스템과 실제 작업일지를 활용하여 FOM 데이터를 수집하고 파일 설정하는 과정을 탐구하고, 이를 통해 발생하는 문제점을 도출하며 개선 방안을 모색하였다. 또한, Fig. 2와 같이 MES 데이터와 FOM 데이터를 통합하여 고무압출기업의 생산성과 효율성을 향상시키는 것을 목표로 하였다.

### 2.1 FOM Solution의 선행연구

이전 연구들에 의하면, FOM Solution은 제조업체의 데이터를 관리하고 분석하기 위한 다양한 기능을 제공한다. 이를 통해 기업은 생산성과 품질을 향상시킬 수 있다.

첫째, “일반 관리 분석” 기능은 FOM code와 요인에 기반하여 데이터를 분석한다. 예를 들어, 생산량과 달성률, 비가동률, 불량률, 부적합률 등을 다차원적으로 분석하며, 이를 시각적으로 보여주어 통계적 정보를 파악할 수 있다.

둘째, “비교 분석” 기능은 시간적인 차이에 따라 데이터를 비교하여 생산 목표 달성률 및 기타 지표의 변화를 분석한다. 이를 통해 과거와 현재의 차이를 이해하고 개선 방향을 도출할 수 있다.

셋째, “상급 관리 분석” 기능은 기업의 KPI를 시각적으로 제공하며, 성장률 분석을 위해 G factor를 사용한다. 이는 제품 생산량, 생산성 저해 요인, 미확인 요인 등을 고려하여 종합적인 성장률을 평가함으로써 기업의 성장 방향을 파악할 수 있다<sup>[4]</sup>.

이러한 기능들을 활용하여 기업은 데이터를 효과적으로 분석하고, 문제점을 식별하여 개선할 수 있으며, 이는 곧 생산성과 품질의 향상으로 이어진다. 이러한 연구는 제조업체가 MES 시스템과 FOM Solution을 통합하여 생산 관리를 보다 효율적으로 수행한다.

### 2.2 레거시 데이터와 FOM Solution의 통합 방안

레거시 데이터 중 하나인 MES 데이터를 종합적으로 활용하여 FOM Solution을 효과적으로 구축하는 것은 현대 제조업체가 경쟁력을 유지하고 발전하는 데에 중요한 요소이다. 각각의 데이터 소스를 종합적으로 활용함으로써 기업은 생산 과정을 최적화하고 효율성을 향상시킬 수 있다.

먼저, 레거시 데이터는 기업의 과거 생산 과정에 대한 정보를 포함하고 있다. 이는 과거의 생산 활동, 제품 생산 이력, 장비 성능 및 고장 내역 등의 데이터를 의미한다. 레거시 데이터를 활용하여 기업은 과거의 성과를 분석하고, 문제가 발생했던 부분을 파악하여 미래의 생산 과정을 개선할 수 있다. FOM Solution은 이러한 레거시 데이터를 수집하고 분석하여 과거의 경험을 토대로 최적의 생산 전략을 도출하는 데에 활용될 수 있다. 예를 들어, 과거의 장비 고장 이력을 분석하여 장비 유지보수 일정을 최적화하거나, 제품 불량률의 추이를 분석하여 품질 개선 전략을 수립할 수 있다.

MES 데이터는 제조 공정을 모니터링하고 제어하는 데에 사용된다. 이는 생산 라인에서 수집되는 데이터를 실시간으로 분석하여 공정에 발생하는 문제를 신속하게 파악하고 해결하는 데에 활용된다. FOM Solution은 MES 데이터를 실시간으로 수집하여 생

산 라인의 상태를 모니터링하고, 이를 분석하여 공정에 발생하는 문제를 신속하게 파악하고 해결하는 데에 활용될 수 있다. 또한, MES 데이터를 기반으로 공정을 최적화한다<sup>[5]</sup>.

FOM Solution은 정보기술(IT), 자동화기술(AT), 그리고 운영 기술(OT)이 융합된 융합기술(CT)로서 제조 현장에서 발생하는 다양한 데이터를 분석하고 최적화하여 생산성을 향상시키는 것을 목표로 하는 데이터 기반의 스마트 공장운영관리를 위한 패키지 방법론이다. FOM Solution은 제조 과정에서의 4M 데이터를 수집 및 분석하고 시뮬레이션하여 최적화하는 부분과, 분석된 결과를 기반으로 교육을 수행하는 부분으로 구성되며, 3D 가상 시뮬레이션 기능의 CPS를 연계하여 제조 현장의 자동화 분석을 통해 기업의 생산효율을 향상시키고 지속적인 성장을 도모할 수 있도록 고도화된 공장운영관리 방법을 제공한다.

제조 핵심 요소인 Man(인력), Machine(기계), Material(원재료), Method(방법) 중심의 4M 분석으로 제조과정에서 발생하는 다양한 데이터를 수집하고 다양한 측면의 효율적인 데이터 분석으로 제조 최적화를 달성하기 위한 생산성 향상과 불필요한 비용의 절감을 통한 생산성 향상에 기여한다.

FOM Solution은 제조업체가 생산하는 제품의 품질 향상과 생산성 향상을 위해 매우 중요한 역할을 한다. 예를 들어, 제조 과정에서 수집된 데이터를 분석하여 생산성을 높이고, 장비의 이상을 감지하여 예방조치를 취한다. 또한, 생산공정에서의 낭비를 줄이고 생산능력을 최대화하는데 도움이 된다<sup>[6]</sup>.

FOM Solution은 현대 제조업에서 더욱 중요해지고 있는 생산성 향상과 지속적인 혁신을 위한 필수적인 도구로서 그 역할을 확고히 하고 있다. 이 시스템은 제조 과정에서의 다양한 변수를 종합적으로 고려하여 데이터를 수집하고 분석함으로써 공장 운영의 효율성을 높이는 데 중요한 역할을 한다.

데이터의 수집과 분석은 제조업체가 실시간으로 생산 프로세스를 모니터링하고 문제를 식별하는 데 도움이 된다. 예를 들어, 장비의 고장이 예측되면 조치를 미리 취할 수 있으며, 생산라인에서의 병목 현상이나 품질 이슈를 신속하게 해결할 수 있다. 이는 생산과정에서의 중요한 경제적 이득을 가져다 줄 수 있다.

또한, FOM Solution의 분석된 결과를 기반으로 생산라인에서의 문제 해결 능력을 향상시키고, 생산성을 극대화할 수 있도록 문제기반교육(problem based learning) 또는 프로젝트기반교육(project based learning)을 수행하여 기업 구성원들의 창의성과 혁신성을 유도하고 기업의 경쟁력을 향상시키는 데 기여한다<sup>[7]</sup>.

레거시 시스템과 FOM Solution의 통합은 기업의 생산 데이터를 효과적으로 관리하고 분석하기 위한 중요한 과제이다. 이를 위해 FOM Solution은 기업의 4M 기반 제조데이터를 활용하여 6개의 Data file-set을 생성하고, 각각의 데이터를 유기적으로 연결

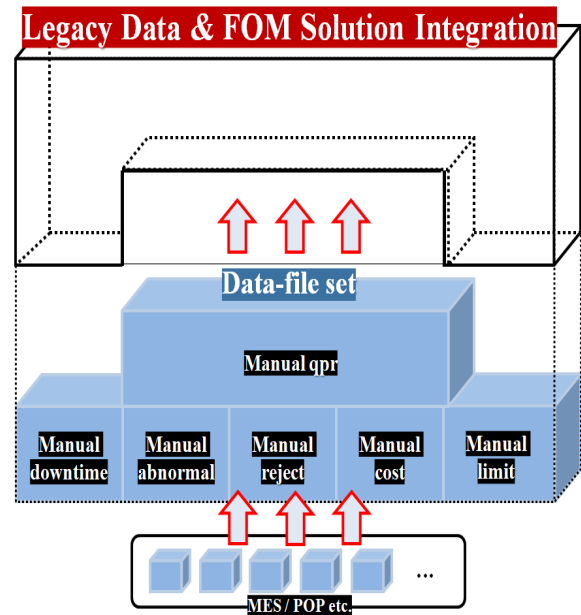


Fig. 3 Legacy data & FOM solution integration

Table 1 FOM code management indicators list

FOM management indicators(code number)	
Product volume (#1000)	Total (1100), Product (1200), Machine (1300) Worker (1400)
Downtime (#2000)	Total (2100), Product (2200), Machine (2300) Worker (2400), Factor (2500)
Defect (#3000)	Total (3100), Product (3200), Machine (3300) Worker (3400), Factor (3500)
Nonconformity (#4000)	Total (4100), Product (4200), Machine (4300) Worker (4400), Factor (4500)
Detailed analysis contents	Yearly, Monthly, Weekly, Daily, Work (day/night, 8-hour, etc.) shift, 3-step setting scope (factory, production line, production detail line)

하여 다차원 분석 기능을 제공한다. 첫째로, 수집된 데이터는 Manual qpr, Manual downtime, Manual reject, Manual abnormal, Manual cost, Manual limit 등의 다양한 형태로 구성된다. 항목은 Fig. 3과 같다. 이는 생산량, 비가동, 불량, 부적합 등의 다양한 측면을 고려하여 종합적인 분석을 가능하게 한다. 둘째로, FOM Solution은 일반 관리 분석, 비교 분석, 상급 관리 분석의 세 가지 분석 메뉴를 제공한다.

FOM Solution의 일반관리분석에서 code별 관리번호로는 #1000 ~ #4500까지 존재하며 관리번호, 관리지표명, 세부 분석 항목은 Table 1과 같다.

생산량, 비가동, 불량, 부적합 등을 분석하여 통계 및 시각화 정보를 제공한다. 비교 분석은 As-Is와 To-Be 기간을 설정하여 생산 목표 달성률 등을 비교하고 요약 리포트를 제공한다. 상급 관리

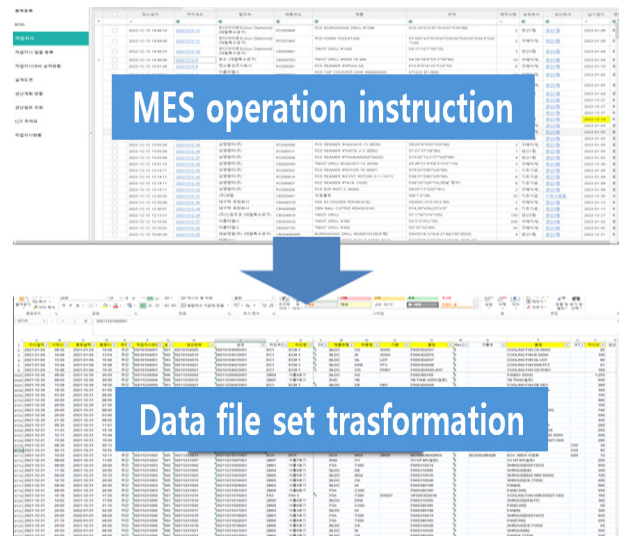
분석은 기업의 KPI 목표 달성률을 시각화하고, G factor를 활용하여 제조업의 성장률을 분석한다<sup>8)</sup>.

이와 같은 FOM Solution을 통한 데이터 분석은 기업의 생산성을 향상시키고 효율적인 운영을 가능하게 한다. 특히, 레거시 시스템과의 통합을 통해 기존의 데이터를 활용하여 보다 정확한 분석과 의사결정을 할 수 있게 된다.

레거시시스템과 FOM Solution의 연동의 본질은 연결된 부분들이 서로 작동하여 특정 목표를 달성하는 것이다. FOM Solution 시스템은 생산성과 품질 향상, 4M 현황 공유 및 혁신 활동 지원을 목적으로 개발된 소프트웨어이다. 이 시스템은 생산능력 분석을 기반으로 최적의 작업 지시를 내리고 이를 데이터베이스로 관리하여 지속적인 유지·관리를 지원한다. 작업자, 관리자, 경영자가 단일화된 현장 정보를 공유하여 신속한 의사결정과 대응을 할 수 있으며, 작업자 숙련도, 비가동 시간 등이 데이터베이스화되어 정확한 생산 능력 및 일정 설정이 가능하다. 국내 IT 솔루션의 생산 능력 정보를 받아들이며, IT 솔루션이 없는 경우에도 CSV(comma separated value) 형식의 엑셀 파일(QPR: QuickPlanResult 파일)을 통해 정보 입력과 활용을 할 수 있다. 이는 다양한 기업 환경에 적용하도록 설계되었다. 생산 현장의 4M 정보를 유연하게 처리하여 최적의 생산관리를 수행하는 시스템으로, 생산성, 비가동, 불량 등을 관리하고 개선하는 데 초점을 두고 있다<sup>9)</sup>.

**Table 2 Company A manufacturing facility TPE extrusion 1 line and 2nd processing process status**

Process	Machine	Unit	Process	Machine	Unit
Extrusion 1 line	Extruder	2	Extrusion 3 line	Looping machine	1
	Vulcanization tank	"		Prebending machine	"
	The first extractor	"		Extruder	"
	Cooling tank	"		Silicone coating machine	"
	The second extractor	"		Vulcanization tank	"
	Automatic cutter	3		The first extractor	"
Extrusion 2 line	Extruder	1		Glassbider machine	"
	Vulcanization tank	"		Cooling tank	"
	The first extractor	"		The second extractor	"
	Cooling tank	"		Core separator	"
	The second extractor	"		Powder machine	"
	Automatic cutter	3		Drilling machine	"
			Automatic cutter	2	



**Fig. 4 Conversion of legacy MES data date file set**

### 2.3 고무압출업체의 레거시 데이터와 FOM Solution 분석 사례

레거시 데이터와 FOM Solution의 통합을 실제 기업에 적용하고, 제조현장의 4M 데이터에 대한 FOM(factor-oriented operation management) 코드별 분석을 위해 사례 적용을 위한 대상기업으로 자동차 산업에서의 고무 압출 공급업체인 A사를 선택하였다.

A사는 주로 자동차 고무 부품을 제조하고 판매하며, 여러 품목을 생산하고 있다. 그 중에서도 자동차용 Weather strip, 건축 및 선박용 Gasket 및 Packaging류, 가전 제품인 세탁기의 누수방지 고무, 그리고 지하철 차량용 Weather strip 등이 주요 제품으로 판매되고 있다.

A사는 현재 제조 현장의 데이터를 MES와 수기를 통한 엑셀의 두 가지 방식을 혼용하여 관리하고 있으며, Table 2에서와 같이 제조설비의 경우 엑셀을 활용하여 보유 수량을 관리하고 있으며, 현장 데이터의 분석과 활용을 통한 개선 활동을 하지 못하고 있었다. 제조 현장에서 발생하는 방대한 양의 제조 데이터를 수작업으로 분석하고 가공하여 개선 점을 도출하기 위해서는 많은 인력과 시간을 투입해야 하므로, 중소 또는 중견 제조업체 특성상 수시로 발생하는 4M 요소의 변화 관리에 즉각적인 대응이 어렵다는 한계 점을 가진다. 따라서 수집된 데이터를 기반으로 한 빠른 분석 능력과 활용성이 탁월한 FOM Solution을 적용한 분석과 가시화를 통해 생산과 관련된 지표를 분석하고 생산성을 향상시킬 수 있도록 하여야 한다.

따라서 본 연구에서는 MES 데이터와 FOM Solution을 적용하여 지표분석을 수행했다.

FOM 로직을 활용하여 4M 관련 제조 데이터를 계더링하기 위해 기업에서 사용하고 있는 MES 데이터를 기준으로 관리 현황을 분석하였으며, A사는 부적합을 제외한 나머지 생산량, 비가동, 불

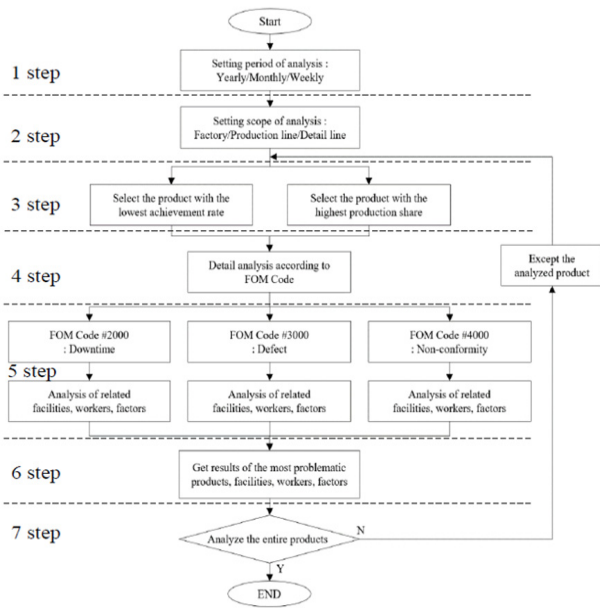


Fig. 5 Flow chart of general analysis procedure according to FOM code

Table 3 Production site management indicators utilized by FOM solution code

Lv.1(Code)	Lv.2(Code)	Lv.3(Code)
Production Volume (1000)	Total Production Volume(1100)	Y-Trend(1110)/M-Trend(1120)/W-Trend(1130)/D-Trend(1140)/Shift Trend(1150)
	Machine Production Volume (1200)	Y-Trend(1210)/M-Trend(1220)/W-Trend(1230)/D-Trend(1240)/Shift Trend(1250)
	Operator Production Volume (1300)	Y-Trend(1310)/M-Trend(1320)/W-Trend(1330)/D-Trend(1340)/Shift Trend(1350)
Nonoperation (2000)	Total Nonoperation(2100)	Y-Trend(2110)/M-Trend(2120)/W-Trend(2130)/D-Trend(2140)/Shift Trend(2150)
	Machine Nonoperation (2200)	Y-Trend(2210)/M-Trend(2220)/W-Trend(2230)/D-Trend(2240)/Shift Trend(2250)/Factors(2260)
	Operator Nonoperation (2300)	Y-Trend(2310)/M-Trend(2320)/W-Trend(2330)/D-Trend(2340)/Shift Trend(2350)/Factors(2360)
Nonconformity (3000)	Total Nonconformity(3100)	Y-Trend(3110)/M-Trend(3120)/W-Trend(3130)/D-Trend(3140)/Shift Trend(3150)/Factors(3160)
	Machine Nonconformity(3200)	Y-Trend(3210)/M-Trend(3220)/W-Trend(3230)/D-Trend(3240)/Shift Trend(3250)/Factors(3260)
	Operator Nonconformity (3300)	Y-Trend(3310)/M-Trend(3320)/W-Trend(3330)/D-Trend(3340)/Shift Trend(3350)/Factors(3360)
Defect(4000)	Total Defect(4100)	Y-Trend(4110)/M-Trend(4120)/W-Trend(4130)/D-Trend(4140)/Shift Trend(4150)/Factors(4160)
	Machine Defect(4200)	Y-Trend(4210)/M-Trend(4220)/W-Trend(4230)/D-Trend(4240)/Shift Trend(4250)/Factors(4260)
	Operator Defect(4300)	Y-Trend(4310)/M-Trend(4320)/W-Trend(4330)/D-Trend(4340)/Shift Trend(4350)/Factors(4360)
	Defect Factors(4400)	Y-Trend(4410)/M-Trend(4420)/W-Trend(4430)/D-Trend(4440)/Shift Trend(4450)

량 관련 데이터를 관리하고 있음을 확인했다. FOM Solution으로 코드별 유기적 분석을 위해 9가지 Column에 맞게 Fig. 4와 같이 기업 데이터를 전처리한 후 FOM Date-file set을 구성했다.

이를 통해 A사는 기존의 수작업 방식보다 효율적으로 데이터를 분석하고 생산 프로세스를 최적화할 수 있다.

본 논문에서는 분석 기간을 2024년 1월 한 달로 설정하고 분석 범위를 특정 생산 라인이 아닌 공장의 전체 생산 라인으로 설정했다. 사례 적용된 기업에 대한 FOM Solution을 활용한 분석 결과를 다루며, Fig. 5의 FOM 코드별 일반적인 분석 절차에 따라 수행된 결과를 설명한다. A사의 MES데이터와 FOM Solution 통합을

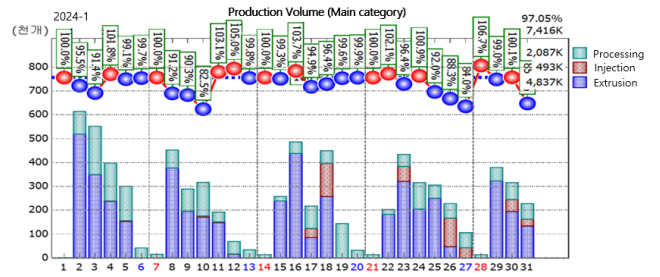


Fig. 6 Company a code #1000 #1100 #1120 comprehensive production performance trend

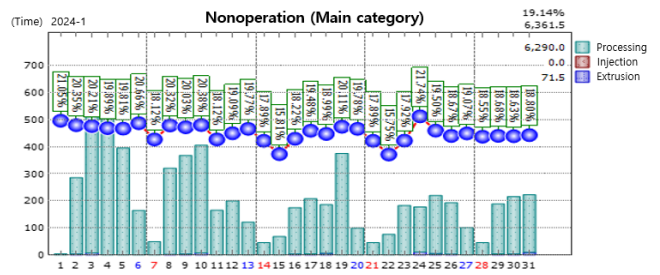


Fig. 7 Company a code #2000 #2100 #2120 comprehensive non-operating status

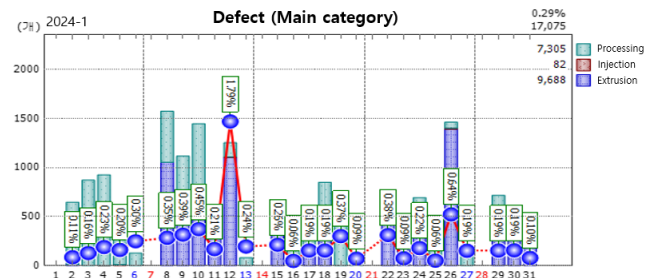


Fig. 8 Company a code #3000 #3100 #3120 comprehensive defect status

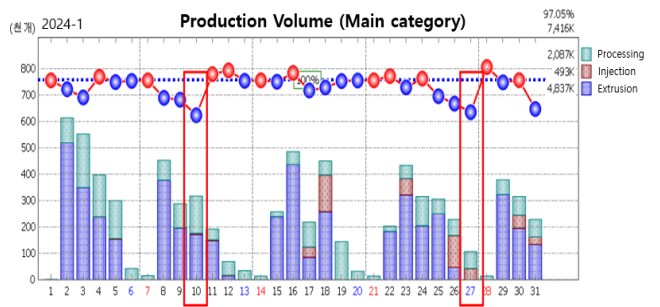


Fig. 9 Performance of extrusion, injection, and assembly in the entire process in January

통해 일반관리분석에서 Table 3의 code별 관리번호로는 #4000 부적합 항목을 제외한 #1000부터 #3000까지 있으며, A사의 1월의 관리지표명, 관리번호, 세부 분석된 각각의 종합분석항목은 Fig. 6~Fig. 8과 같다.

Fig. 9는 FOM Solution을 활용하여 2024년 1월 기간 동안 공

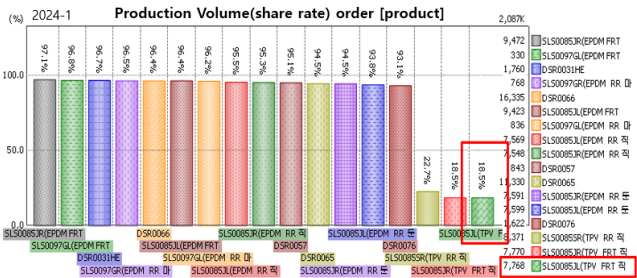


Fig. 10 Lowest achievement rate product in processing in January

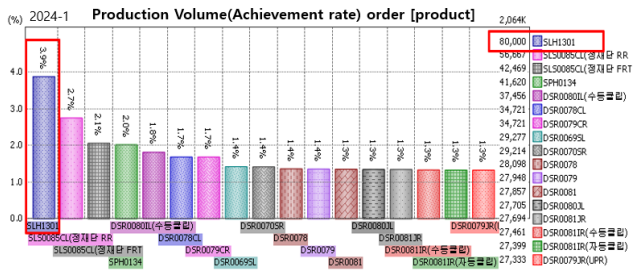


Fig. 11 Highest production share in processing in January

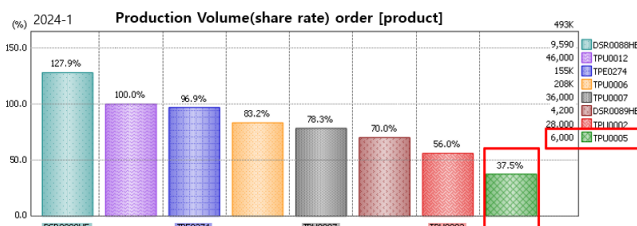


Fig. 12 Lowest achievement rate product in January injection

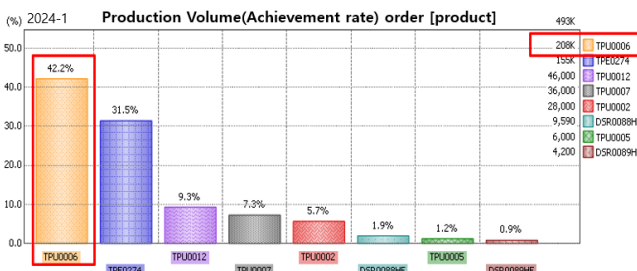


Fig. 13 Highest production share in January injection

장의 압출, 가공, 사출 라인에서 수집된 데이터에 대한 생산실적 그래프를 나타낸다. 각 라인은 서로 다른 색상의 막대로 표시되며, 막대 위의 꺾은선 그래프는 전체 라인에 대한 생산 달성률을 나타낸다.

2024년 1월 기간 동안 수집된 데이터의 전체 생산실적 분석 결과, 평균 생산 달성률은 95.5%이다. 가공 라인의 평균 생산 달성률은 95.3%, 사출 라인의 평균 생산 달성률은 84.7%, 압출 라인의 평균 생산 달성률은 96.8%이다. 특히, 1월 10일과 1월 27일의 생

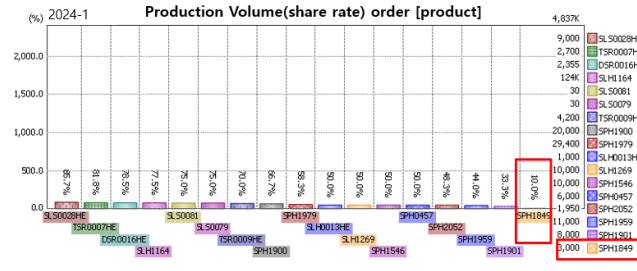


Fig. 14 The lowest achievement rate product in January seizure

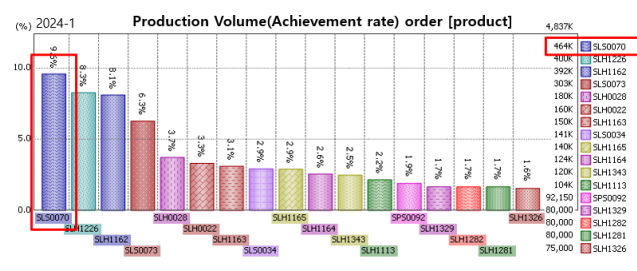


Fig. 15 Highest production share in January extrusion

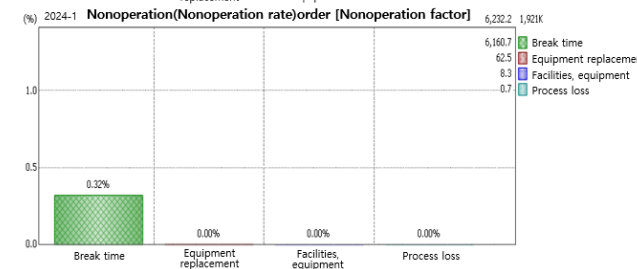
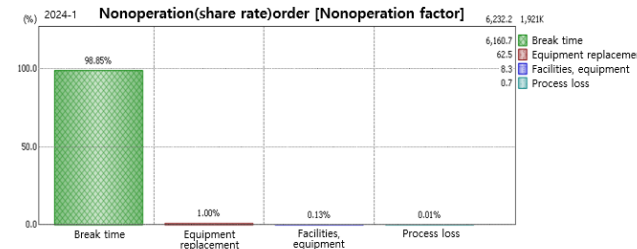


Fig. 16 Overall non-operating share and non-operating percentage ranking in January

산량은 평균보다 낮은 달성률을 보여준다.

본 연구에서는 전체 기간 및 전체 공장에 대해 세부 분석을 수행했으며, 실제 기업에서는 FOM Solution을 적용한 생산성 분석 시 특정 생산 라인이나 평균보다 낮은 달성률을 보이는 기간에 대해 세부 분석을 수행할 수 있다. 2024년 1월 기간동안 수집된 데이터에서 각각 가공, 사출, 압출에서 생산된 제품에 대하여 가장 낮은 생산 달성률을 보이는 3 제품과 가장 높은 생산점유율을 보이는 3 제품을 선택하였다. Fig. 10 가공에서의 전체 260개 제품 중 가장 낮은 생산 달성률을 보인 제품으로는 달성률 18.5%인 SLS0085JL 제품이며, Fig. 11 가공에서의 전체 260개 제품 중 생산 점유율이 가장 높은 제품은 점유율 3.9%인 SLH1301 제품이다. Fig. 12

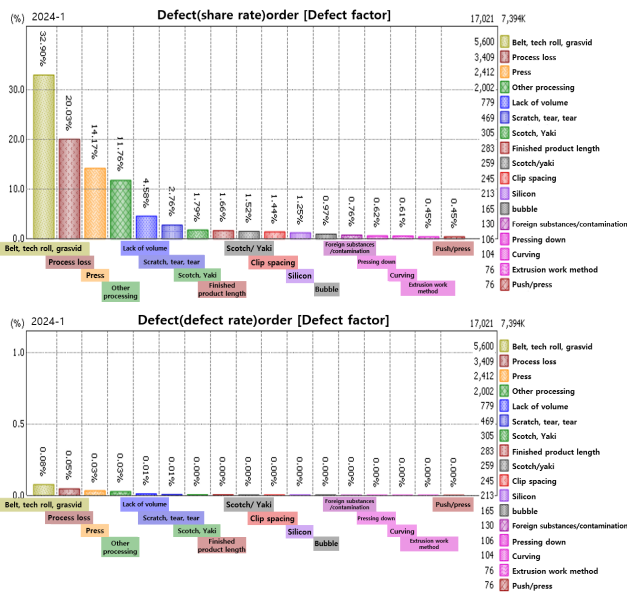


Fig. 17 Overall defective rate and defective share ranking in January

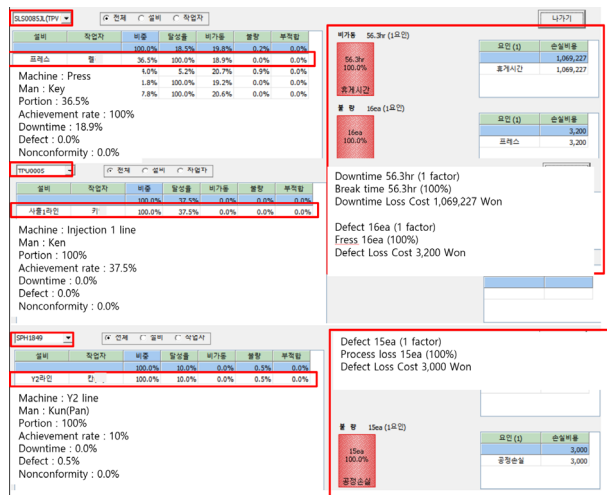


Fig. 18 A detailed analysis of the lowest achievement rate products in processing, injection, and extrusion

사출에서의 전체 8개 제품 중 가장 낮은 생산 달성률을 보인 제품으로는 달성률 37.5%인 TPU0005 제품이며, Fig. 13 사출에서의 전체 8개 제품 중 생산 점유율이 가장 높은 제품은 점유율 42.2%인 TPU0006 제품이다. Fig. 14 압출에서의 전체 184개 제품 중 가장 낮은 생산 달성률을 보인 제품으로는 달성률 10.0%인 SPH1849 제품이며, Fig. 15 압출에서의 전체 184개 제품 중 생산 점유율이 가장 높은 제품은 점유율 9.6%인 SLS0070제품이다.

가공, 사출, 압출 제품의 전체 비가동과 불량 요인을 보여주는 Fig. 16~Fig. 17에서 비가동의 경우 휴계시간이 가장 많고, 불량은 벨트, 데크롤, 글라스비드가 가장 많이 발생하였다.

각각 가공, 사출, 압출에서 뽑아낸 달성률이 가장 낮은 제품

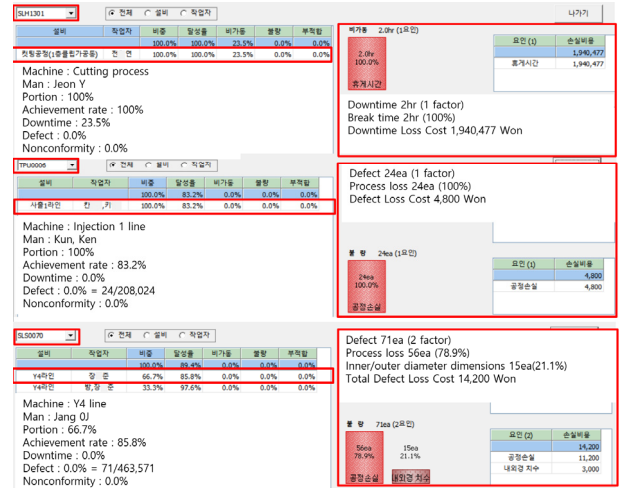


Fig. 19 A detailed analysis of the highest share of products in processing, injection, and extrusion

SLS0085JL, TPU0005, SPH1849과 점유율이 가장 높은 제품 SLH1301, TPU0006, SLS0070 제품에 대하여 FOM 코드에 따른 세부 분석을 수행하였다. 생산 달성률이 가장 낮은 SLS0085JL, TPU0005, SPH1849에 대하여 FOM 코드에 따라 비가동과 불량에 관련된 요인, 제조 설비, 작업자 분석을 수행하여 Fig. 18과 같은 결과를 얻었다.

가공 라인에서 생산달성률이 가장 낮은 SLS0085JL 제품의 경우, 프레스 설비에서만 생산되고 있다. 이 제품의 생산 과정에서는 4명의 작업자가 참여하며, 그 중 키 작업자가 전체 생산량의 36.5%를 담당하고 있다. 키 작업자의 경우, SLS0085JL 제품 생산과정에서는 총 1가지 요인에 대한 비가동과 총 1가지 요인에 대한 불량이 발생했다. 비가동의 경우, 휴계시간 요인이 100%를 차지하며, 불량인 경우 프레스 요인이 100%를 차지하고 있다. 이에 따라 발생한 비가동 시간은 총 56.3시간으로, 이에 따른 손실비용은 1,069,227원이 발생하였다. 또한, 불량으로 인한 손실비용은 총 16개의 제품에 대해 3,200원이 발생했다.

사출 라인에서 생산달성률이 가장 낮은 TPU0005 제품은 사출1 라인 설비에서만 생산되고 있다. 해당 제품의 생산과정에서는 1명의 작업자만 참여하며, 켄 작업자가 전체 생산량의 100%를 담당하고 있다. 그러나 이 작업자의 경우에는 비가동 및 불량이 발생하지 않았다.

압출 라인에서 생산달성률이 가장 낮은 SPH1849 제품의 경우, Y2 라인 설비에서만 생산되고 있다. 해당 제품의 생산과정에서는 1명의 작업자만 참여하며, 이 중 큰 작업자가 전체 생산량의 100%를 담당하고 있다. 큰 작업자의 경우, 총 1가지 요인에 대한 불량이 발생했으며, 이는 공정손실 요인으로 인한 것으로 확인되었다. 이에 따라 불량으로 인한 손실비용은 총 15개의 제품에 대해 3,000원이 발생하였다. 가공, 사출, 압출에서의 생산점유율이 가장 높은

SLH1301, TPU0006, SLS0070 제품에 대하여 FOM 코드에 따라 비가동과 불량에 관련된 요인, 설비, 작업자들을 분석하였고, SLH1301, TPU0006, SLS0070 제품의 생산과 관련된 설비, 작업자에 대한 분석 결과는 아래의 Fig. 19와 같다.

가공 라인에서 생산점유율이 가장 높은 SLH1301 제품의 경우, 컷팅공정설비에서만 생산되고 있다. 이 제품의 생산 과정에서는 1명의 작업자가 참여하며, 그 JEON Y 작업자가 전체 생산량의 100%를 담당하고 있다. JEON Y 작업자의 경우, SLH1301 제품 생산과정에서는 총 1가지 요인에 대한 비가동이 발생했다. 비가동의 경우, 비가동률은 23.5%를 차지하고있으며 휴게시간 요인이 100%를 차지하고 있다. 이에 따라 발생한 비가동 시간은 총 2시간으로, 이에 따른 손실비용은 1,940,477원이 발생하였다.

사출 라인에서 생산점유율이 가장 높은 TPU0006 제품은 사출1 라인 설비에서만 생산되고 있다. 해당 제품의 생산과정에서는 1명의 작업자만 참여하며, 쿤/켄 작업자가 전체 생산량의 100%를 담당하고 있다. 그러나 이 작업자의 경우에는 비가동이 발생하지 않았다. 쿤/켄 작업자의 경우, 총 1가지의 요인에 대한 불량이 발생했으며, 이는 공정손실로 인한 것으로 확인되었다. 이에 따라 불량으로 인한 손실비용은 총 24개의 제품에 대해 4,800원이 발생하였다.

압출 라인에서 생산점유율이 가장 높은 SLS0070 제품의 경우, Y4 라인 설비에서만 생산되고 있다. 해당 제품의 생산과정에서는 2명의 작업자만 참여하며, 이 중 JANG0J 작업자가 전체 생산량의 66.7%를 담당하고 있다. SLS0070제품의 경우, 총 2가지 요인에 대한 불량이 발생했으며, 이는 공정손실 요인과 내외경 치수 불량으로 확인되었다. 이에 따라 불량으로 인한 손실비용은 총 71개의 제품에 대해 14,200원이 발생하였다.

### 3. 결론

본 연구에서는 MES 시스템의 레거시 데이터와 FOM Solution을 통합하여 4M 데이터의 가시성을 확보하였다. FOM 코드별로 유기적이고 다차원적인 분석으로 높은 생산점유율과 낮은 생산 달성률에 따른 설비별, 작업자별, 요인별 연구를 수행하였다.






가공라인의 SLS0085JL 분석 결과에서 특정 1명의 작업자가 이 제품 전체 생산량의 36.5%를 담당하고 있으며 제조 공정에서 발생하는 비가동과 불량 요인, 작업자에 대한 구체적인 분석과 도출이 가능했다. 이외에도 1개월 간의 데이터를 기반으로 다양한 제품군에 대한 해석을 통해 SLH1301 제품과 같은 경우에 비가동으로 인해 1,940,477원이라는 구체적인 손실 비용이 도출되었으며, 앞서 언급된 개선 항목들에 대한 개선과 관리를 통해 더욱 정확한 레거시 cost 값이 정의된다면 모든 생산성 저해 요인에 대해 더 자세한 손실 비용이 산출될 것으로 예상된다. 이를 토대로 A사는

MES 데이터 관리의 한계를 극복하여 공장 운영을 효과적으로 관리할 수 있을 것이다. 더불어, AI와의 연계성을 통해 레거시 데이터와 FOM Solution 통합 시스템을 더욱 발전시킬 수 있는 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

### References

- [1] Kim, J. S., 2017, Big Data Analysis for Smart Factory Implementation in Small and Medium Manufacturing Process, Doctorate Thesis, Chungbuk University, Republic of Korea.
- [2] Lee, J. H., Nam, H. K., Yoo, W. S., 2016, Real-time Monitoring System of the Legacy Systems Data -Focused on Manufacturing Shop Floor-, Journal of Korea Safety Management & Science, 18:1 219-226, <https://doi.org/10.12812/ksms.2016.18.1.219>.
- [3] Kim, S. Y., 2018, A Case Study of the Introduction of Smart Factory Operation Management(FOM) in the Fourth Industrial Revolution Era, J. Korean Assoc. Comput. Account., 16:1 43-62.
- [4] Jang, J. H., Kim, S. R., Kim, J. H., Bae, B. S., Kim, S. Y., 2022, Improved Reliability of Manufacturing Process Data Using FOMs(smart-Factory Operation Management) Solution, J. Korean Soc. Manuf. Technol. Eng., 31:3 216-223, <https://doi.org/10.7735/ksmte.2022.31.3.216>.
- [5] Son, K. S., Jang, J. H., Kim, J. H., Kim, S. Y., 2024, A Case Study on the Establishment of SMEs FOM MES Interworking System for Multidimensional Analysis of 4M Data in Manufacturing Sites, J. Korean Soc. Manuf. Technol. Eng., 33:1 58-68, <https://doi.org/10.7735/ksmte.2024.33.1.58>.
- [6] Kim, S. C., Kim, J. H., Nam, K. S., Kim, S. Y., 2024, A Case Study on Manufacturing Innovation Using the FOM System in the Continuous Process of Film Manufacturing, J. Korean Soc. Manuf. Technol. Eng., 33:1 69-76, <https://doi.org/10.7735/ksmte.2024.33.1.69>.
- [7] Kim, S. Y., Kim, J. H., 2022, Process of Big Data Analysis and Change Management and its method by Smart Factory FOMs Package, KR Patent : 1023519910000.
- [8] Kim, S. Y., Kim, J. H., Kim, J. H., 2022, Process for Inter-connection, Multi-dimensional Analysis, and Decision-making of 4M Big Data and its Method by Smart Manufacturing Innovation FOM System, KR Patent : 1024320050000.
- [9] Kim, J. H., Kim, S. Y., 2021, Productivity Analysis Method based on Manufacturing Big-data using the FOM System in the FOMs Package, J. Korean Soc. Manuf. Technol. Eng., 30:4 259-268, <https://doi.org/10.7735/ksmte.2021.30.4.259>.



	<p><b>Jae Ha Kim</b> Graduate Student in Department of AI Smart Factory Convergence Engineering, Hoseo University. His research interest is FOM (smart-Factory Operation Management) with AI. E-mail: dfs717@naver.com</p>		<p><b>Hyo Jae Lim</b> Professor in Geothermal Energy Education Center, Hoseo University. His research interest is Net-zero Carbon Energy Systems. E-mail: hjlim@hoseo.edu</p>
	<p><b>Kyung Sup Son</b> Graduate Student in Department of AI Smart Factory Convergence Engineering, Hoseo University. His research interest is FOM (smart-Factory Operation Management) with AI. E-mail: ksson@net-plus.kr</p>		<p><b>Su Young Kim</b> Professor in Department of AI Smart Factory Convergence Engineering, Hoseo University. His research interest is Applications of FOMs (smart-Factory Operation Managements). E-mail: df2030@hoseo.edu</p>
	<p><b>Sang Suk Oh</b> Visiting Professor in Smart Material Component Engineering of Manufacturing Innovation School, Inha University. His research interest is Smart Factory Operation Management and Manufacturing Innovation with AI. E-mail: sangsoh@inha.ac.kr</p>		