



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

MES 데이터 기반 자동차 부품 프레스 공정
개선 사례 연구

Case study on automotive parts press process
improvement based on MES data

울산대학교 산업대학원

산업경영공학 전공

이 건 민

MES 데이터 기반 자동차 부품 프레스 공정
개선 사례 연구

지도교수 이 수 동

이 논문을 석사학위 논문으로 제출함

2023년 12월

울산대학교 산업대학원

산업경영공학 전공

이 건 민

이건민의 석사학위 논문을 인준함

심사위원 황 규 선 (인)

심사위원 정 기 효 (인)

심사위원 이 수 동 (인)

울산대학교 산업대학원

2023년 12월

국문 요약

MES 데이터 기반 자동차 부품 프레스 공정 개선 사례 연구

울산대학교 산업대학원

산업경영공학 전공

이 건 민

21세기 4차 산업혁명과 관련하여 제조업에서는 스마트팩토리 사업이 확산되었다. 정부 단위에서 제조기업을 대상으로 많은 지원사업이 진행되었고, 현재도 진행 중이다. MES(Manufacturing Execution System)는 제조 공정을 파악 및 관리하고, 근로자를 지시하고 지원하는 제조 실행 시스템으로 스마트팩토리의 핵심 구성 요소 중 하나이다. 산업의 변화에 있어서 MES 등을 통한 데이터 수집 및 활용은 향후 필수적인 요건이 되었으나 대기업과 일부 중견기업을 제외한 기업에서는 아직까지 그 중요성을 인식하지 못하고 있다.

본 논문은 자동차 차체 부품을 생산하고 있는 중견 제조업체의 자동화 프레스 라인에서의 MES 데이터 기반 제조 공정 개선 사례를 연구하였다. 해당 공정에는 MES가 적용되어 있으나, 단순 작업지시 및 실적 모니터링 수준으로만 활용되고 그 이면에 있는 방대한 양의 생산 데이터는 활용되지 않고 있다. 본 연구에서는 MES에서 수집된 데이터 분석을 통해 생산성 저하

의 요소를 발견하고 도출된 개선 방안을 적용하여 생산성 향상 효과를 확인하였다. 연구 과정에서 MES와 연계가 필요한 시스템 및 데이터를 탐색했고 추가로 활용할 수 있는 데이터 분석 방안을 도출하였다. 이 과정에서 충분한 전문 인력 및 제반 인프라를 갖추지 못한 중소 규모 제조 사업장에서 고려해야 할 문제를 함께 제안하였다.

목 차

제 1장 연구배경	1
1.1 4차 산업혁명의 도래	1
1.2 자동차 산업의 트렌드 변화	1
1.3 중견/중소기업의 데이터 활용 인식 부족	3
제 2장 이론적 고찰	5
2.1 프레스 가공	5
2.2 프레스 공정 흐름	6
2.3 MES 시스템	10
제 3장 제조현장 MES 데이터 활용	14
3.1 수기 데이터 신뢰도 저하	14
3.2 생산성 향상 개선 사례 - 단취시간 단축	16
3.3 생산성 향상 개선 사례 - 반복성 비가동 개선	19
제 4장 결론	24
4.1 연구의 한계	24
4.2 4차 산업혁명 시대에 대한 준비	25
4.3 데이터 분석 활성화를 위한 개선 필요 사항	26

4.4 향후 계획	28
참 고 문 헌	31

[표 목차]

[표 1] 생산계획 수립 시 고려 요소	6
[표 2] 작업일보, MES 데이터 기준 생산성 현황 및 차이	14
[표 3] 작업일보, MES 데이터 기준 중단 현황 및 차이	15
[표 4] 작업일보, MES 데이터 기준 단취 현황 및 달성률	15
[표 5] 단취 진행시 작업 단위별 소요 시간	16
[표 6] 단취시간 단축 개선 내용	17
[표 7] 단취시간 개선 효과 비교	18
[표 8] 현장점검 기간 작업일보 대비 MES 기록 차이	20
[표 9] 반복성 비가동 감소 개선 내용	21
[표 10] 중단을 개선 효과 비교	22

[그림 목차]

[그림 1] 글로벌 전기차 시장 규모 (출처 : 포스코 케미칼)	2
[그림 2] 주요 국가 내연기관차 판매 금지 시점 (출처 : 포스코 케미칼) .	3
[그림 3] 프레스라인 공정 흐름도	6
[그림 4] 프레스 생산라인 구성도	7
[그림 5] 프레스 부적합품 유형	8
[그림 6] MES 적용 기능 (국제표준 ISA-95) (출처 : 자동차 제조업의 실시간 생산관리(MES) 기술동향 및 구축사례, 차석근,	11
[그림 7] 연구 대상 프레스 라인의 MES 구축 형태	13
[그림 8] 프레스 수기 작업일보	14
[그림 9] 작업자별 작업표준 재정립	18
[그림 10] 제품 이송 그리퍼	20
[그림 11] 금형 청소 전 찍힘 불량	21
[그림 12] 연구의 주요 한계	25
[그림 13] MES 비가동 등록 포맷 안	28

제 1장 연구배경

1.1 4차 산업혁명의 도래

2016년 스위스 다보스에서 개최된 세계경제포럼(WEF)에서 의제는 ‘제 4차 산업혁명의 이해’ 였고 슈밥 의장이 선언한 ‘4차 산업혁명은 이미 도래하였다’ 라는 말로 인해 온 세계의 4차 산업혁명에 대한 관심이 급증했고, 2019년 포럼에서도 4차 산업혁명이 다시 한번 의제로 선정되었을 정도로 현재 진행 중인 흐름이다. [1]

디지털 전환의 특징 중 하나는 성공적으로 수행하면 할수록 그 효과가 증폭되어 나타난다는 것이다. 예를 들어 디지털 전환을 통해 데이터를 바탕으로 AI를 활용하여 생산성 향상을 이루게 되면, 그 이후에도 지속적인 데이터 축적으로 더욱 큰 생산성 향상을 이룰 수 있다. 디지털 전환에 성공한 기업과 그렇지 못한 기업 사이의 격차는 초기에 큰 차이가 없지만, 시간이 지나면서 더욱 벌어지게 된다. [2]

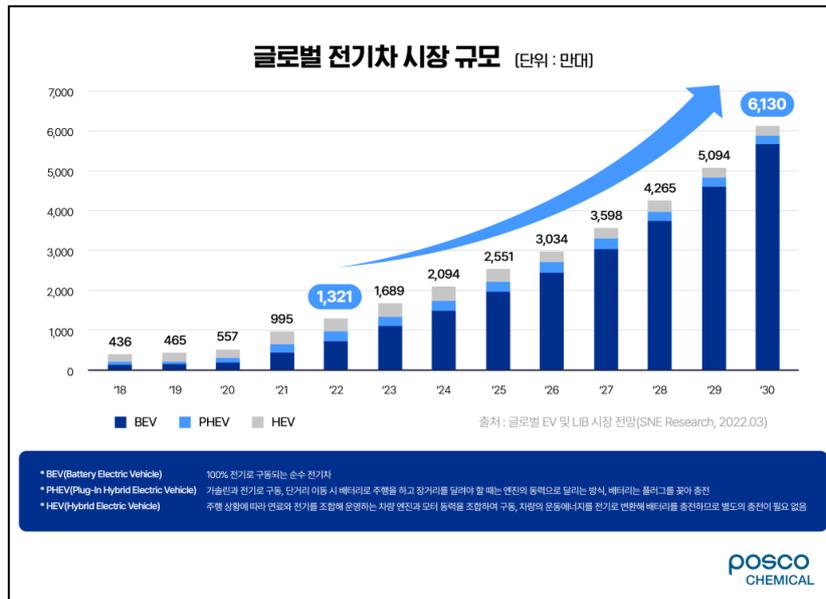
1.2 자동차 산업의 트렌드 변화

현재 자동차 산업의 주요 특징은 여러 가지가 있는데 그중에서 난(難) 성형 품목의 증가와 전기자동차 소요의 증가가 있다.

자동차의 안전과 경량화가 중심이 되면서 프레스 금형에는 강한 소재를 사용하거나 추가적인 형상이 추가되는 등의 난 성형 품목이 늘어나면서 불량품 발생 가능성이 증가하였다. 개발단계에서 이러한 문제를 보완하지만, 양산 과정에서 온도, 원자재 성분 차이 등 여러 요소로 불량은 언제든지

지 발생할 수 있다.

전기자동차의 구조상 배터리의 무게가 차량 무게의 상당한 부분을 차지한다. 현재 인기가 좋은 SUV(Sport Utility Vehicle) 차량의 경우 배터리가 차량 무게의 약 20%를 차지한다. 그만큼 1회 충전 시 주행거리에 영향을 주게 되고 이를 해소하기 위해 차량 경량화가 진행 중이다. 근본적인 경량화 방법으로는 차체를 구성하는 자재의 소재를 철에서 알루미늄으로 변경하는 것이다. 철보다 알루미늄의 비중은 1/3 수준으로 그 효과가 크다. 이러한 현상으로 자동차 부품 프레스 생산 현장에서는 알루미늄 소재의 품목이 증가하고 있으며, 철 소재보다 관리해야 할 부분들이 증가하여 생산 데이터를 활용한 개선 활동이 필요하다.



[그림 1] 글로벌 전기차 시장 규모 (출처 : 포스코 케미칼)

주요 국가 내연기관차 판매 금지 시점	
EU	2035년
노르웨이	2025년
네덜란드	2025년
영국	2030년
독일	2030년
스웨덴	2030년
덴마크	2030년
프랑스	2035년
미국(캘리포니아)	2035년

posco
CHEMICAL

[그림 2] 주요 국가 내연기관차 판매 금지 시점 (출처 : 포스코 케미칼)

1.3 중견/중소기업의 데이터 활용 인식 부족

현재 대부분의 중견/중소기업에서는 데이터 활용 인식에 대한 문제점 네 가지가 있다. 그 특징은 다음과 같다.

1) 데이터 신뢰도 저하 - 문제 해결 방향 오류

다수의 중견/중소 제조기업에서는 아직 작업자 수기로 작성된 작업일보를 바탕으로 문제점을 분석하고 있다. 수기 작업일보의 문제는 사람이 작성하다 보니 업무 중 바쁜 경우에는 내용을 누락하거나 시간이 지난 후 한꺼번에 작성하면서 잘못된 내용(중단시간, 중단 내용 등)을 기록하게 된다. 이 현상으로 인한 잘못된 데이터는 향후 공정개선 등 문제 해결 시 본질을 저해하는 요소가 된다.

2) 과거 경험에 의한 문제 해결

중소 제조업체에서는 설비/금형/품질 등 문제에 의한 라인 중단 발생 시 주로 과거 경험에 의해 문제 해결을 하고 있다. 과거 경험을 배제할 수 없지만 그 결과의 대부분이 단순 조치로 종결이 되어 향후 재발되는 경우가 많다. 근본적인 해결 방안에 대해 객관적인 데이터가 없거나 분석 능력이 부족하여 고민에 한계가 있다. [3]

3) 데이터 활용 능력 부족

4차 산업혁명과 연계되어 정부에서는 스마트팩토리 확산 사업을 진행 중에 있다. 정부와 기업이 분할하여 스마트팩토리과 관련된 인공지능, MES 등의 전개에 투자하고 있다. 중견/중소 사업장에서는 흐름에 맞추어 투자 및 전개는 했으나 이 플랫폼에서 발생하는 수많은 데이터의 신뢰성 및 방법에 대한 검증없이 도입이 되었고 그에 따라 활용 방안이 없이 각 플랫폼의 서버 저장공간 용량만 차지하고 있는 것이 현실이다. [4] [5] 이를 해결하기 위해서는 데이터를 처리 및 분석할 수 있는 인력이 필요한데 중소 사업장의 경우에 이 인력을 별도로 충원하기에는 부담이 될 수밖에 없고, 스마트팩토리 사업에서 진행하는 인력양성 교육에 인원을 장기간 보내는 것은 부담이 되는 부분이다.

4) 빅데이터 분석 인식 부족

향후 공정개선을 위해서는 빅데이터 활용이 그 기업의 경쟁력이 될 수 있다. 이를 위해 빅데이터 분석을 위한 환경 조성이 필요한데 가장 기본적으로 데이터를 분석할 수 있는 플랫폼이 구성되어야 한다. 플랫폼 구성을 위해서는 현장의 데이터를 정형화할 수 있도록 MES 등의 시스템으로부터 데이터를 수신받는 형태가 되어야 하나, 현재 사용하는 수기 작업일보는 정형화에는 별도의 전처리 작업이 필요하다. [6]

제 2장 이론적 고찰

2.1 프레스 가공

1) 개념

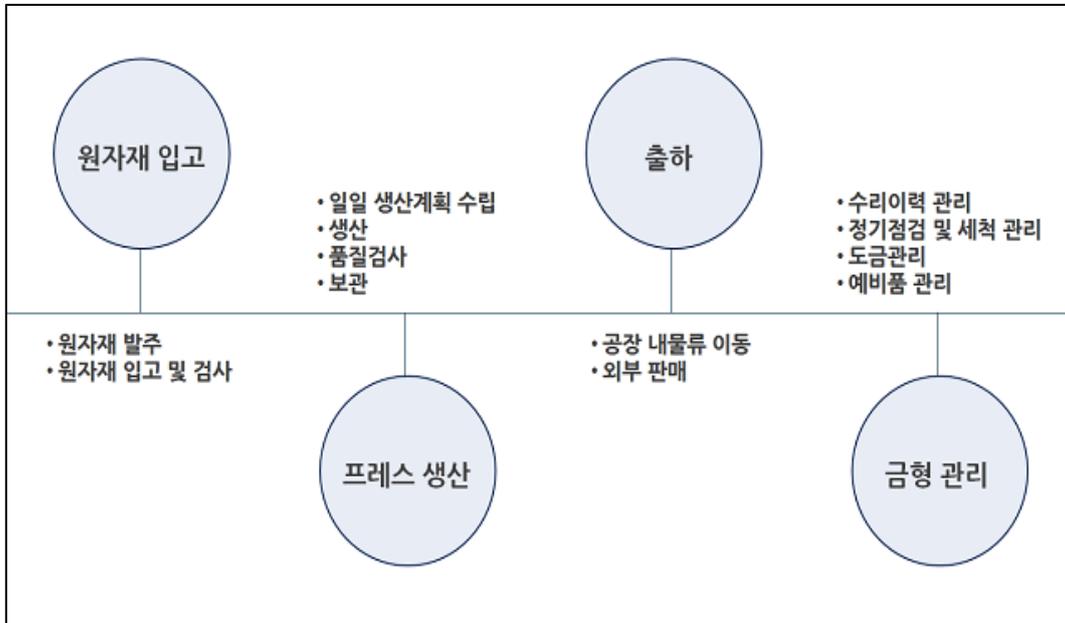
프레스 가공은 소성가공법 중 하나로서 소성을 갖고 있는 연강이나 동, 알루미늄 등의 얇은 금속 판재를 소재로 하고 상형과 하형 사이에 투입하여 프레스로 힘을 가해 여러 가지 제품을 만드는 가공을 말한다.

[7]

2) 가공 종류

프레스 가공 종류는 여러 형태가 있지만, 가장 대표적인 형태는 다섯 가지로 정리할 수 있다. 드로잉(Drawing, DR)은 평판 소재를 펀치가 다이 속으로 유입시키면서 펀치 모양의 용기를 성형하는 가공이다. 트리밍(Trimming, TR)은 성형된 제품의 불규칙한 가장자리 부위를 절단하는 작업이다. 피어싱(Piercing, PI)은 제품으로 사용하고자 하는 소재로부터 구멍을 뚫는 작업이다. 리스트라이킹(Restriking, RE)은 앞 공정에서 만들어진 제품의 형상이나 치수를 정확히 하기 위해 변형된 부분을 밀어 교정하는 작업이다. 플랜징(Flanging)은 소재의 단부를 직각으로 굽히는 작업이다. [8]

2.2 프레스 공정 흐름



[그림 3] 프레스라인 공정 흐름도

1) 원자재 입고

프레스 생산공장 내에 보관 중인 원자재 재고와 프레스 생산계획을 감안하여 일 단위로 필요한 품목 및 수량의 원자재를 가공처에 발주한다. 본 연구에서 원자재는 철 또는 알루미늄 합금 코일을 블랭킹(Blanking) 또는 샤링(Shearing) 가공된 소재를 의미한다. 발주에 따라 가공처로부터 원자재가 차량을 통해 입고되면 거래명세표 대비 실물 일치 여부를 확인하고 포장 상태, 변형 여부 등 외관을 검사한 후 적재대에 보관한다.

2) 프레스 생산

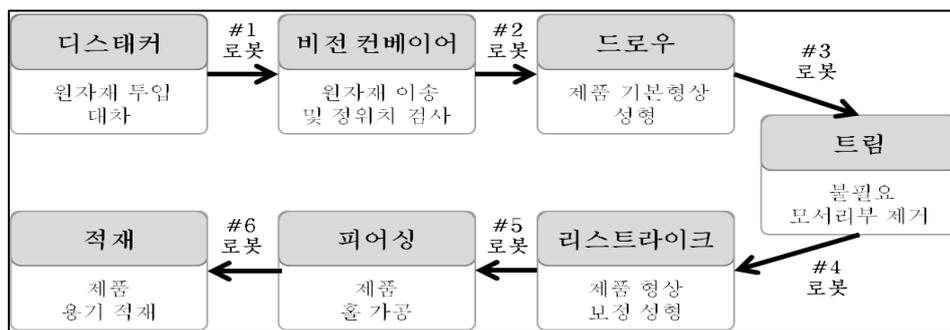
(1) 일일 생산계획 수립

[표 1] 생산계획 수립 시 고려 요소

요소	내용
재고	보유 재고일수가 부족한 순서로 품목별 생산 우선순위를 결정하나, 공급라인의 조업시간과 UPH(Unit Per Hour)도 고려
소요계획	
공급라인 정보	
팔레트 보유량	생산LOT 수량 결정
원자재 포장단위	생산LOT 수량 결정 (포장 개봉한 원자재는 전량 사용)
다이 하이트 ¹	단취(금형교체)시간 손실 최소화

(2) 생산

공정의 작업자는 조작 작업자(오퍼레이터_OP) 1명, 적재 작업자 2명, 검사 작업자 1명으로 구성되어 있다. 생산계획에 따라 금형, 공정 이송 그리퍼, 원자재, 팔레트를 준비한다. 금형을 준비할 때는 미리 볼스터의 이물질 제거하고, 드로잉 공정의 경우에는 추가로 볼스터 쿠션핀을 규정된 위치에 준비한다. 준비가 완료되면 품목별 작업표준(생산 조건)을 준수하고 품목별 프레스 가공 형태에 따라 순차적으로 생산한다.



[그림 4] 프레스 생산라인 구성도

¹ 금형 구조별 상이, 연구 대상 라인의 경우 품목별 990~1,290mm

(3) 품질

프레스 품질관리는 생산품 외관에 크랙, 압타흔, 굴곡 등이 발생하는지 확인하는 수시 검사와 외관 정밀검사 및 홀 수량 검사를 하는 자주 검사가 있다. 검사 혹은 생산 중에 부적합품이 발생하면 해당 제품은 지정된 공간에 격리하고 불량 내용 및 사진을 기록한다.

종류	사진	현상	종류	사진	현상
크랙		드로우 공정 성형시 소재 유입량이 부족하여 소재가 갈라지는 형태로 발생	버		금형 마모에 의해 소재 절단면에 이물질이 생기는 것
네크		크랙과 유사하나 소재가 갈라지지 않고 소재 두께감소가 심한 현상으로 도장 작업시 갈라질 수 있음	요철		금형 또는 소재에 이물질이 유입되어 자국이 발생
주름		드로우 공정 성형시 소재 유입량이 과다하여 소재가 접힌 형태로 발생	홀 불량		펀치 파손에 의해 홀이 누락되거나 변형

[그림 5] 프레스 부적합품 유형

(4) 보관

제품이 팔레트 표준 적입량만큼 적재가 되면 제품 보관장으로 이동하여 보관된다.

3) 출하

출하 방법은 후공정(용접공정)에 필요 프레스 제품을 전동 견인차를 통해 이동시키는 공장 내물류 이동과 화물 차량을 이용하여 프레스 제품을 출하시키는 공장 외부 판매가 있다.

4) 금형관리

(1) 프레스 금형의 특징

프레스 금형은 제작에 큰 비용과 시간이 요구되나 동일 제품을 대량 생산할 경우에는 제품의 한 개당 제작 소요 시간과 비용이 매우 적고, 작업자의 숙련도와 무관하여 제품의 치수와 모양이 균일하며, 호환성이 높다는 등의 장점이 있어 주로 대량 생산에 많이 이용되고 있다.

(2) 수리 이력 관리

금형은 제작 시 설계된 제품만 생산할 수 있는 전용 설비이기 때문에 여러 품목을 생산하는 프레스 공장에서는 품목별로 금형 보수에 대한 이력 관리를 하고 있다. 이 연구의 대상인 자동차 차체 부품 공장은 생산품 1개당 금형이 4별로 구성되어 있어서 1개의 생산 품목 내에서도 관리할 금형이 많다. 프레스 생산은 앞서 언급한 바와 같이 대량 생산에 적합한 방식이기 때문에 로트(Lot, 1회에 생산되는 생산수량) 당 생산량이 많다. 그렇기 때문에 금형이 고장 또는 파손이 발생하면 대량 품질 문제로 연계되거나 파손 시점의 재고가 적은 상황에서는 후공정 공급에도 문제가 발생한다. 수리에도 시간이 많이 소요되는데, 금형은 최소 10톤 이상의 중량물이기 때문에 크레인으로만 금형의 이동이 가능하여 수리시간에는 크레인 운반 시간이 기본적으로 발생하며, 주로 금형 수리를 위해서는 여러 부위의 해체 작업이 필요하여 준비시간으로만 최소 30분 이상의 시간이 소요된다. 금형의 과거 수리 이력 및 품질 문제 이력을 관리하여 동일 문제 재발 방지 및 개선안을 수립하는 것이 중요하다.

(3) 정기 점검 및 세척 관리

금형의 안정적인 유지관리를 위해 일정 누적 타수 도달 시 정기 점검을 실시한다. 정기 점검은 금형의 각 부위를 정밀 점검하고, 금형 내 이물질이 지속 누적될 경우 작동 문제가 발생할 수 있기 때문에 금형

세척을 병행한다. 본 연구에서의 대상 프레스 라인은 자동차 도어, 테일게이트 등 외관 품목을 생산하므로 생산 시 이물질 유입에 의한 압흔 불량 발생에 민감하므로 금형 세척 관리가 중요하다.

(4) 도금관리

금형을 지속 사용할수록 금형 표면의 도금이 박리되고, 박리가 지속될 경우 생산 제품에 스크래치 불량이 발생한다. 일정 누적 생산 타수 도달 시 금형 상태를 점검하여 도금 작업을 결정한다.

(5) 예비품 관리

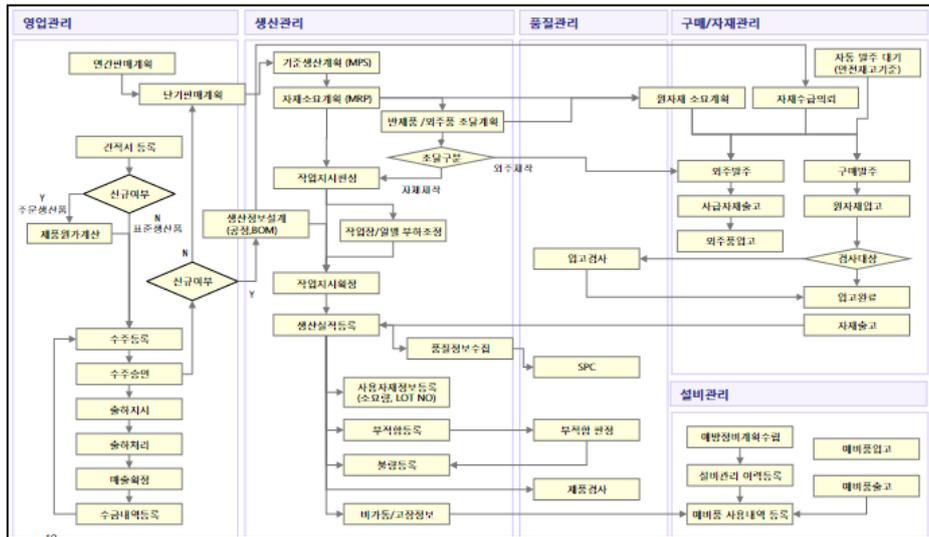
대표적인 예비품으로는 홀 가공을 위해 사용되는 펀치(Punch), 부시(Bush)가 있다. 펀치는 가공하고자 하는 홀 형상의 막대 모양 부품이며, 부시는 펀치가 진입할 수 있도록 동일한 형상을 가진 기둥 모양 부품이다. 프레스 가공 홀은 다양한 형태(원형, 사각, 타원형, 특수형 등)가 사용되고, 홀의 크기도 각각 상이하기 때문에 펀치와 부시의 종류가 많아 지속적인 예비품 관리가 필요하다. 펀치나 부시에 문제가 발생하여 교체가 필요할 경우 예비품을 보유하고 있어야 신속한 수리가 가능하여 생산 손실을 최소화할 수 있다.

2.3 MES 시스템

1) 정의

MES는 주문부터 완제품까지 생산활동을 최적화할 수 있는 정보관리 및 제어 솔루션으로 제조기업의 경쟁력 향상을 위한 핵심 역할을 수행한다. MES는 제품을 생산하는 현장에서 시시각각 발생하는 생산 정보를 4M (Man, Machine, Material, Method)을 통해 직/간접적으로 수집

및 집계하고, 실시간으로 정보를 공유할 수 있는 시스템을 제공한다.
MES의 목표는 생산성 향상과 사이클 타임 단축, 설비효율 향상, 재공 감소이다. [9]



[그림 6] MES 적용 기능 (국제표준 ISA-95) [10]

2) 연구 대상 프레스 라인의 MES 구성 환경

(1) 생산실적 수집

품목별로 고유 번호를 부여하여 PLC와 연결되도록 구성되어 있고, 프레스 마지막 공정의 작동 카운터를 기준으로 실적이 수집된다.

(2) 비가동시간 등록

생산실적이 20초 이상 발생하지 않을 경우 비가동시간을 등록할 수 있는 시트가 구성된다. 설비와 연결하여 에러 내용의 자동등록을 추진하였으나 설비 제작업체의 보안 문제로 PLC 연동이 불가능했다. 그리고 급형이 원인인 비가동은 제품의 상태를 작업자가 확인하여 라인을 정지하는 형태로 작업자에 의존하는 방식이기 때문에 수기로 등록할 수밖에 없는 환경이다. 그러므로 현장 MES 단말기에 중단시간이

자동으로 등록되면 키보드로 입력하도록 구성하였다.

(3) 금형 이중 방지 시스템

차기 생산 품목 준비를 위해 금형을 보관장으로부터 크레인을 사용하여 이송하는데, 간혹 이송 작업자의 실수로 다른 품목의 금형을 준비하거나, 공정 순서를 잘못 준비하는 경우가 있다. 이 상태에서 생산하게 되면 금형의 심각한 파손 문제가 발생한다. 이를 위해 RFID 태그를 금형에 부착하여 휴대용 단말기로 이중 금형 준비 여부를 확인할 수 있는 시스템이 구축되어 있다.

(4) 실시간 재고관리 시스템

프레스 제품은 생산실적이 발생하는 즉시 MES 내 프레스 제품 보관 전산 창고로 재고가 자동으로 등록되고, 제품이 후공정으로 이동될 때 전동 견인차 작업자가 팔레트에 부착된 식별표의 QR코드를 태그하게 되면 QR코드에 등록된 제품 수량만큼 재고가 감소한다. 원자재는 입고 시 MES에 입고 등록을 하면 재고가 등록되고, 프레스 생산 실적이 발생되면 그만큼 재고가 감소하도록 구성되어 있어 실시간 재고 현황을 파악할 수 있다.

(5) 자주 검사 관리

프레스 제품은 생산 LOT 당 3회의 제품검사를 실시한다. 생산 시작, 중간, 종료 시점에 제품의 외관, 홀 가공 상태를 검사하며 초중종품 검사라고 한다. MES 시스템에 품목별로 검사기준서와 체크시트를 등록하고, 실시간으로 등록 여부를 점검할 수 있도록 구성되어 있다.

(6) 불량품 관리

생산 도중 불량품이 발생하면 별도 불량 부품 식별표를 출력하여 부

착하고, 불량품을 사진 촬영하여 불량 내용과 함께 MES에 등록하여 사내 유관 인원들이 언제든지 확인할 수 있다.



[그림 7] 연구 대상 프레스 라인의 MES 구축 형태

제 3장 제조 현장 MES 데이터 활용

3.1 수기 데이터 신뢰도 저하

MES 등 스마트팩토리 기술이 적용되지 않은 현장에서 작업자의 수기 기록에 의존하는 작업일보는 신뢰도가 낮다. 현장관리자와 면담을 하면 생산 수량의 경우에는 공정의 PLC 프로그램과 연동되어 공정에서 작업완료가 될 때마다 자동으로 생산 수량이 반영되는 설비가 있고, 작업자가 해당 표기 값을 확인하여 작성하기 때문에 신뢰도가 높다. 그러나 중단시간, 불량 등은 현상에 대해 작업자가 직접 작성하는 부분으로서 현장에서 지속 작업을 하다 보면 비가동 및 불량 횟수의 오기, 누락이 발생한다. 그리고 단순하면서 반복적으로 발생하는 불량 및 비가동에 대해서는 작업자들이 익숙해지면서 작업일보의 특이 사항 작성란에 누락시키는 경우가 많았다. 이것은 정확한 생산성 분석을 저해하는 요소이다. 해소를 위해 작업일보를 작성하는 인원을 별도로 배치하는 것은 기업의 입장에서 추가 인건비가 발생하기 때문에 쉽지 않은 부분이다.

SRM	시간	종류	용량	수량	수정	불량	공정	수선입력	수선입력	그리퍼	비고
시간	종류	용량	수량	수정	불량	공정	수선입력	수선입력	그리퍼	비고	
10:52:23	03 19	45772-C6000	4	0	219			0 / 0	0.51	0	B
		-C6050			736						
10:52:27	03 22	03821-A8000	4	완수	651		6	120 / 120	3.27	0	A
10:52:36	12:10	76221-58000	4	완수	780		4	130 / 125	3.54	0	B
10:53	12:18	14112 72813-B6000	4	완수	480	26	8	180 / 165	4.24	0	A
		03			24						
		04			208						
		04			480						
10:54:17	19:19	72811-B6000	4	완수	799	12	421	150 / 150	3.91	0	B
10:57:23	19:00	71221-18000	4	완수	700		4	135 / 135	3.57	0	A

[그림 8] 프레스 수기 작업일보

다음은 작업일보와 MES 데이터 간의 편차를 비교한 예시로서 1 일 분의 프레스 라인 생산성 분석을 비교하였다. 아래에 제시한 1 일 분의 편차는 다른 일자와 비슷한 수준이었다.

1) 종합 생산성

프레스 라인에서 관리 중인 KPI 는 단취시간, 가동률, SPH(Shot Per Hour) 이다. 아래 [표 2]를 보면 작업일보와 MES 를 비교한 3 가지 KPI 요소 모두 최소 5% 이상 차이가 발생함을 알 수 있다.

[표 2] 작업일보, MES 데이터 기준 생산성 현황 및 차이

구분	총 조업 시간 (시간)	중단시간 (시간)		생산량 (SHOT)	단취 시간 (분)	단취 횟수	가동률	SPH
		돌발	계획					
작업일보	20.67	1.5	-	7,867	74	11	87.3%	381
MES	20.70	1.37	1.05	7,835	67	11	88.1%	398
차이	0.03	-0.13	1.05	-32	-7	-	0.8%	17

※인자별 정의 및 산출식

- ① 총 조업시간 : 휴식, 식사 시간 제외 조업시간
- ② 중단시간(돌발) : 설비고장 등 돌발 발생 중단
- ③ 중단시간(계획) : 교육, 점검 등 사전 라인 정지가 계획된 중단
- ④ 가동률 : $100\% - (\text{돌발 중단시간} + \text{단취시간}) / (\text{총 조업시간} - \text{계획 중단시간})$
- ⑤ SPH : $(\text{생산량}) / (\text{총 조업시간} - \text{계획 중단시간})$

2) 유형별 중단 현황 (단위 : 시간)

[표 3] 작업일보, MES 데이터 기준 중단 현황 및 차이

구분	돌발중단				계획중단			합계
	로봇	설비	금형	계	점검	기타	계	
작업일보	0.58	0.08	0.83	1.50	-	-	-	1.50
MES	0.37	0.04	0.95	1.37	0.82	0.23	1.05	2.42
차이	-0.21	-0.04	0.12	-0.13	0.82	0.23	1.05	0.92

3.2 생산성 향상 개선 사례 - 단취시간 단축

1) 개선 대상 선정 배경

본 연구 대상 프레스 라인의 단취시간 목표는 회당 6 분이고, 기존의 수기 작업일보에 기록된 내용으로 분석하면 단취시간은 회당 6.3 분으로 약 95% 달성되어 생산성 저해 요소로서 분류되지 않았다. 그러나 MES 에 등록된 데이터로 분석하면 회당 7.9 분으로 목표 대비 약 76% 달성되어 생산성 저해 요소로 선정되었다.

[표 4] 작업일보, MES 데이터 기준 단취 현황 및 달성률

구분		23 년 1 분기	23 년 2 분기	평균
목표		6.0 분	6.0 분	6.0 분
실적	작업일보(달성률)	6.4 분 (94%)	6.3 분 (95%)	6.3 분 (95%)
	MES(달성률)	8.0 분 (75%)	7.9 분 (76%)	7.9 분 (76%)

2) 데이터 및 현장 분석

단취시간 관련 MES 에 수집되는 데이터는 생산 품목 변경 시 설비가 자동으로 전환(ADC_Auto Die Change, 프레스 라인 내 금형

반입/반출 및 공정 이송 로봇 그리퍼 틀 교환)되는 시간이 수집되며, 변경된 생산 품목의 초품 생산시간이 수집된다. 이 과정에서 수기 작업일보와 MES 간 단취 시간 차이의 원인 중 하나를 알 수 있었는데, 작업자가 기록하는 단취 시간은 금형 교환 시 조작반에 표기되는 시간이었다. 그러나 단취 시간은 교환 뿐만이 아닌 이전 품목의 종료시간부터 이후 생산 품목의 시작시간까지를 의미하기 때문에 그 사이의 시간이 차이가 발생되었다. MES 데이터를 분석했을 때, 설비가 전환되는 시간은 전/후 생산 품목의 다이하이트 차이가 100mm 이상인 경우를 제외하고 약 5분이 소요됨을 알 수 있었다. 단취 진행 시 현장에서 작업 단위별로 구간을 분할하여 소요 시간을 측정했으며, 설비 시간인 ADC 시간 외 소요 내용에 대하여 집중적으로 점검하였다. 분할한 구간은 아래와 같다.

- (1) 1 구간 : 이전 품목 생산종료 ~ ADC 버튼 조작
- (2) 2 구간 : ADC 버튼 조작 ~ ADC 종료
- (3) 3 구간 : ADC 종료 ~ 이후 품목 생산시작 조작
- (4) 4 구간 : 이후 품목 생산시작 조작 ~ 초품 생산

[표 5] 단취 진행시 작업 단위별 소요 시간

구간		A→B	B→C	C→D	D→E	E→F
다이하이트 차이 (mm)		8.0	20.5	153.0	6.5	149.0
소요 시간 (초)	1 구간	16	51	33	40	12
	2 구간	285	298	430	284	426
	3 구간	31	60	43	35	41
	4 구간	58	59	59	60	58
	합 계	390	468	565	419	537
합 계 (분 단위 환산)		6.5	7.8	9.4	7.0	9.0

3) 개선 내용

단취시간 지연의 주원인은 작업자들의 작업 방법이였다. 불필요한 동작이 제거된 작업표준을 작업자들에게 교육하여 개선하였으며, 단취시점마다 현장에서 유효성을 점검하고 작업자들이 변경된 작업 방법을 습관화하도록 독려하였다.

[표 6] 단취시간 단축 개선 내용

구간	현상/문제점	개선내용
1	1. 금형 잔존 스크랩 제거 작업 2. OP 단취시점 조작반 미대기	1. 스크랩이 설비/금형에 영향 없는 경우 단취 진행 2. OP 단취시점 조작반 대기
3	1. OP 단취완료 상태 실물 확인	1. 단취시점 OP 조작반 대기 (조작반 화면상 단취 완료 상태 확인 가능)

작업표준		
작업자	생산	단취
OP	1. 원자재를 공정에 투입되도록 준비한다. 2. 100SHOT마다 공정 순회를 하면서 금형 스크랩 정상 배출여부와 그리퍼 유동여부를 확인한다.	1. 생산 끝나기 5분전 공정 순회를 하며 볼스터에 스크랩이 남아있는지 확인 후 조작반 앞에서 대기한다. 2. 생산이 끝나면 즉시 단취를 진행한다. 3. 단취 중 로봇 톨, 프레스가 정상적으로 교환이 되는지 확인한다. 4. 교환 완료 신호가 끝나면 즉시 생산시작 조작버튼을 누른다.
적재1	1. 제품에 크랙 등 외관불량이 없는지 외관검사를 하고 팔레트에 적재한다. 2. 품목별로 지정된 수량을 팔레트에 적재한다.	1. 로봇 3, 4호기 그리퍼가 배출되면 다음 생산품목의 그리퍼를 준비한다. 2. 다음 생산품의 팔레트를 준비한다.
적재2	1. 제품에 크랙 등 외관불량이 없는지 외관검사를 하고 팔레트에 적재한다. 2. 품목별로 지정된 수량을 팔레트에 적재한다.	1. 로봇 5, 6호기 그리퍼가 배출되면 다음 생산품목의 그리퍼를 준비한다. 2. 다음 생산품의 팔레트를 준비한다.
검사	1. 조품, 중품, 중품에 대해 홀 누락여부, 외관 정밀검사를 한다. 2. 외관검사를 하여 파레트당 검사 제품이 1개씩 적재되도록 한다.	1. 이전 생산품 금형이 배출되면 센서 케이블과 에어호스의 연결을 해제 하고 금형 고정볼트를 해제한다.
금형운반	1. 다음 생산품목, 공정순서, 금형방향을 확인하여 금형을 이송한다. 2. 금형 이송 전 볼스터에 스크랩 등 이물질이 없도록 확인한다. 3. OP10공정 금형은 이송전에 푸션핀을 확인한다. 4. 금형을 이송하고 고정볼트 체결, 센서케이블 연결, 에어호스를 연결한다.	1. 로봇 1호기 그리퍼를 교체한다. 2. 이전 생산품 금형이 배출되면 금형 이송준비를 한다.

[그림 9] 작업자별 작업표준 재정립

4) 개선 효과

MES 실적 기준으로 기존 대비 약 18% 단취시간이 단축되었고 생산시간이 증가하면서 일평균 생산량이 약 60 SHOT 증가하였다.

[표 7] 단취시간 개선 효과 비교

구분		23년 상반기	23년 3분기	향상률
목표		6.0 분	6.0 분	-
실적	작업일보(달성률)	6.3 분(95%)	6.1 분(95%)	3%
	MES(달성률)	7.9 분(76%)	6.7 분(90%)	18%

3.3 생산성 향상 개선 사례 - 반복성 비가동 개선

1) 개선 대상 선정 배경

현장 작업자들은 작업일보에 단발성, 장시간 비가동에 대해서는 비교적 정확히 기록했으나, 반복성 비가동에 대해서는 기록을 누락시키는 경우가 많았다. 연구 대상 프레스 라인은 제품이 평균 8 초에 1 개씩 생산되기 때문에 1 분 이내의 중단을 작업자들이 전부 기록하기는 어렵다. 이런 특성 때문에 단시간 반복성 비가동의 개선이 중요하다. 예를 들면, 제품 압흔 문제로 금형 청소를 위해 라인을 30 초씩 5 번을 중단시킬 경우 2.5 분의 비가동이 발생한다. 2.5 분이면 프레스 생산을 20 SHOT 더 할 수 있는 시간이다. 프레스 라인은 작업자를 추가 투입해서 생산량을 증대할 수 있는 용접/조립 라인과 다르게 장비에 의해 생산성이 결정되기 때문에 비가동이 지속될 경우 후공정 공급에 문제가 되므로 비가동 관리가 중요하다.

2) 데이터 및 현장 분석

이번 연구에서는 반복성, 단시간 비가동 분석에 집중하였다. 작업일보에 누락된 부분이 많을 것으로 판단되어 현장 점검 전 작업자들과 집중적으로 발생하는 비가동 유형(공정 이송 그리퍼 수정과 금형 청소)만 확인하고, 현장에 상주하면서 비가동 발생 시마다 내용을 확인하여 MES에 직접 등록하여 데이터를 확보하였다. 현장 상주는 하루 4시간씩 6일간 진행하였다. 실제 현장에서 직접 상주하면서 작업자들의 비가동 발생 시 행동도 관찰했다. 설비 관련 비가동이 발생할 경우에는 OP가 직접 조치하거나 보전담당자에게 연락을 위해 바쁜 상황이었고, 금형 관련 비가동이 발생할 경우에는 적재, 검사 작업자가 전체 4개 공정의 금형에 개별적으로 진입하여 금형 점검을 하여 바쁜 상황이었다. OP는 조치 이후에 시간적인 여유가 있었으나 적재 및 검사 작업자는 생산라인이 가동되자마자 제품을 적재하고 검사하기 때문에 시간적 여유가 없었다. 비가동에 대한 기록은 OP가 주가 되어야 함을 재확인하였다.



[그림 10] 제품 이송 그리퍼



[그림 11] 금형 청소 전 찍힘 불량

[표 8] 현장점검 기간 작업일보 대비 MES 기록 차이

구분		로봇 그리퍼 수정 및 티칭					
		#1	#2	#3	#4	#5	#6
작업 일보	횟수	2	-	6	4	4	2
	시간(분)	9	-	21	15	14	5
MES	횟수	2	-	7	6	5	2
	시간(분)	8	-	30	26	21	5
	중단률	0.6%	-	2.1%	1.8%	1.5%	0.3%
차이	횟수	-	-	1	2	1	-
	시간(분)	-1	-	9	11	7	-
구분		금형청소				소재 2매감지	
		OP10	OP20	OP30	OP40		
작업 일보	횟수	7	6	3	3	4	
	시간(분)	21	18	9	9	20	
MES	횟수	10	8	4	3	6	
	시간(분)	44	28	13	9	33	
	중단률	3.1%	1.9%	0.9%	0.6%	2.3%	
차이	횟수	3	2	1	-	2	
	시간(분)	23	10	4	-	13	

3) 개선 내용

로봇에 대한 개선은 크기가 큰 일부 그리퍼가 작업자 이동 과정에서 간섭되며 변형 소지가 있어 작업자 동선과 간섭되지 않도록 보관대 내 품목별 그리퍼 보관 레이아웃을 변경했다. 금형은 압흔 발생 부위에 에어 배관을 설치하여 유입된 철분이 금형 밖으로 비산되도록 개선했다.

[표 9] 반복성 비가동 감소 개선 내용

구분	현상/문제점	개선 내용	비고
로봇	1. 그리퍼 보관대 위치 불합리 (작업자 이동시 변형) 2. 버큘 노후 기공발생	1. 그리퍼 보관대 개선 2. 버큘 교체주기 검토 설정 (진행중)	
금형	1. 컨베이어 벨트 이물 발생 2. 커팅공정 철분 제품 유입	1. 컨베이어 벨트 교체 2. 압흔 발생부위 에어 설치 (진행중)	
2 매 감지	1. 소재 분리 에어분사구 자동 높이 조절 불가	1. 소재 높이 감지센서 개선 및 높이 조절 가이드 레일 변형부 원복	

4) 개선 효과

앞서 연구된 단취 개선 정도의 효과는 나타나지 않았다. 로봇 3,4 호기는 타 로봇보다 이송하는 제품의 중량이 무겁기 때문에 로봇의 이송 동작 과정에서 그리퍼가 받는 하중이 다른 로봇의

그리퍼보다 높아서 그리퍼의 변형이 생겨 개선 효과가 저해된 것으로 보이며, 금형 #OP10,20 공정의 경우 타 공정에 비해 제품이 금형 전체를 덮어서 에어를 설치해도 효과가 없는 이물 유입에 취약한 구조이기 때문에 개선이 미진한 것으로 분석된다. 상기 건은 추가적인 개선 방향을 검토하고 있다.

[표 10] 중단율 개선 효과 비교

구분	로봇 그리퍼 수정 및 티칭					
	#1	#2	#3	#4	#5	#6
기준	0.6%	-	2.1%	1.8%	1.5%	0.3%
개선	0.6%	-	2.0%	1.5%	1.0%	0.3%
차이	-	-	-0.1%	-0.3%	-0.5%	-
구분	금형청소				소재 2매 감지	
	OP10	OP20	OP30	OP40		
기준	3.1%	1.9%	0.9%	0.6%	2.3%	
개선	2.8%	1.8%	1.0%	0.6%	2.0%	
차이	-0.3%	-0.1%	0.1%	-	-0.3%	

제 4장 결론

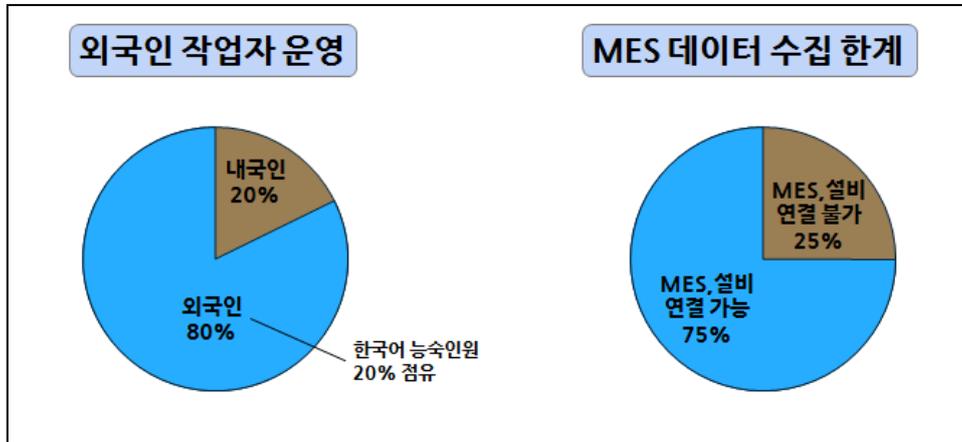
4.1 연구의 한계

1) 외국인 작업자 한계

프레스 라인 작업자의 약 90%가 외국인으로 구성되어 문제 현상과 관련된 현장 면담 시 소통의 한계가 있었다. 내국인 현장관리자가 별도로 있으나 작업자가 라인에서 가장 직접적으로 작업을 하기 때문에 라인을 가장 잘 알 것이라는 전제로 소통하였다. 한국어 소통이 가능한 일부 인원을 중심으로 소통했으나, 설비(프레스, 로봇, 금형) 관련 전문용어에 대해서는 소통이 되지 않아 더욱 심층적인 현장 분석에 한계가 있었다. 현장에서 라인 비가동 발생 시 MES 에 중단 내용을 등록하게 되어 있으나, 외국인 작업자가 한글 자판 사용에 미숙하여 비가동 등록이 누락될 수밖에 없는 구조인 부분은 연구를 진행하면서 아쉬운 부분이다.

2) MES, PLC 간 연동 한계

로봇과 프레스 관련 비가동 발생 시 각 설비 컨트롤러에 문제 내용이 표시된다. 이 내용을 각 설비의 PLC 와 MES 간 연동이 된다면 설비별 중단은 집계가 가능하다. 그러나 MES 투자 당시 비가동 내용 연동에 관련된 검토가 진행되지 않았고, 현재 적용하더라도 각 설비 제작사와 보안 사항에 대한 협의 등이 남아있다.



[그림 12] 연구의 주요 한계

4.2 4차 산업혁명 시대에 대한 준비

4 차 산업혁명 시대에서 제조 기업이 경쟁력을 갖기 위해서는 MES 등과 같은 스마트팩토리의 전개 및 활성화가 필요하다. 본 논문의 연구 대상 프레스 라인에는 MES 시스템이 적용되어 있으나 그 데이터의 활용을 못하고 신뢰성이 낮은 수기 작업일보를 참고하는 등과 같이 4 차 산업혁명과는 거리가 멀게 운영되고 있다. 유사한 규모의 다른 제조업체들도 상황은 비슷하다. 현재 운영 중인 시스템을 활용하여 데이터 분석 능력을 증대시켜 이를 바탕으로 인공지능, 딥러닝 등에 접근할 수 있는 정도가 되어야 다른 경쟁사보다 여러 발 앞서 나갈 수 있게 될 것이다. [11] 대기업은 이 필요성을 잘 알고 있어서 관련 분야에 많은 투자가 진행되고 있으나, 그 이외의 기업들은 그렇지 않다. 반드시 스마트팩토리가 아니라도 그에 상응할 수 있는 시스템 구축이 필요하다.

4.3 데이터 분석 활성화를 위한 개선 필요 사항

1) 데이터 수집을 위한 유관 인력, 업체 간 협업 활성화

MES 상에 데이터 수집을 위해 설비로부터 관련 정보를 수신받아야 할 부분이 있으나, 일부 설비 제작업체에서는 해당 업체의 내부 기술 보안 문제로 데이터 수신과 관련된 신호를 제공할 수 없는 경우가 있다. 최근 제조업에서는 새로운 공법이 지속 도입되면서 다양한 제작업체의 설비를 활용하고 있다. 이렇다 보니 업체별로 데이터를 구성하는 방식이 다르거나 제공 데이터의 범위의 인식 차이가 있어 신규 제작업체의 설비 도입 시에는 MES 와 연계하기가 어렵다. 이를 위해 유관 인력, 업체 간 협업 및 공통 기반구조가 필요하다.

2) 빅데이터 활용 환경 구성

일반적인 중견/중소 제조기업에서는 빅데이터, 스마트팩토리 등 최근 4 차 산업혁명과 관련된 내용에 대하여 IT, 정보 관련 부서 위주로 업무 진행을 하고 있다. 기초적인 부분은 IT 부서에서 구성을 하더라도 활용하는 부분에서는 생산, 품질 등 현업 부서에서 적극적인 참여가 필요하지만, 현업 부서 인원들이 이와 관련된 지식이 부족하며 이를 습득하기 위한 충분한 시간이 부족한 점이 있다. 부서별로 현업 경력이 3 년 이상인 인원을 선정하여 빅데이터를 활용할 수 있는 교육과 시간을 지원해 줄 필요가 있다. 빅데이터의 중요성을 인식하고 있는 기업의 경우에는 데이터 관련 직무 인원을 운영하고 있다. 데이터 관련 직무로는 대표적으로 데이터 엔지니어, 데이터 애널리스트, 데이터 사이언티스트, 데이터 리서처, 데이터 기획자 등이 있다. 아직 그 중요성을 인식하지 못한 기업에서는 대안으로 '시티즌 데이터 사이언티스트'를 검토할 필요가 있다.

시티즌 데이터 사이언티스트라는 직무가 따로 있는 것은 아니지만 이들은 본연의 업무가 있고, 반드시 데이터와 관련된 경험이 있는 것은 아니지만 빅데이터에 관련된 지식을 능동적으로 습득함으로써 기초적인 분석 능력을 갖춘 인력을 말한다. 이들은 자신이 기존에 하던 분야에서 전문가이기 때문에 자신이 분야 안에서 어떤 데이터를 확보할 수 있는지, 확보한 데이터를 어떻게 사용하면 좋은지, 확보 데이터의 잠재력은 무엇인지 알고 있다. [12]

3) MES 적용 범위 법률상 명확화

2022년 7월 한 철강 업종 회사가 MES 문제로 사내 운영 중인 도급사가 불법과건이라는 대법원판결을 받은 이력이 있다. [13] 도급 작업자들이 확인하는 작업지시 시스템인 MES 프로그램의 소유가 원청이라는 이유로 직접적인 작업지시로 간주하였기 때문이다. 하도급법상 원청은 하도급사에게 직접적인 작업지시(지휘, 명령)를 할 수 없다. [14] 이 판결 이후로 제조기업들은 데이터 수집의 베이스가 되는 MES 도입을 재검토하고 있다. MES는 제 2장에서도 언급됐듯이 실시간으로 생산 관련 데이터를 수집하여 생산성 향상 등을 추진할 수 있는 시스템이다. 제조기업이 도급을 활용하는 이유 중 하나는 특정 공정을 전문적으로 운영하기 위한 부분이 있는데, 도급을 활용할 정도 규모의 기업이면 특성이 다른 연속된 여러 공정을 보유한다고 볼 수 있다. MES의 목적인 주문 접수부터 출하 인도까지의 전 공정을 관리하기 위해서는 중간 공정이 도급 운영이더라도 MES를 사용하는 것이 타당하다. 이를 위해서는 관련 법률의 명확한 검토 및 제정이 필요하다.

4.4 향후 계획

1) 외국인 작업자의 MES 접근성 개선

중견/중소업체의 생산직은 외국인 작업자의 비중이 높아지고 있다. 이와 같은 현상에서 외국인 작업자가 언어능력 부족으로 MES에 접근하지 못한다면 무의미한 시스템이 될 수밖에 없다. 이를 개선하기 위해 연구 대상라인에 외국인 작업자가 사용할 수 있도록 MES 프로그램을 개선하고자 한다. 가장 취약한 부분인 비가동 등록 부분이다. 현재는 비가동 발생 시 MES에 연결된 키보드로 내용을 등록하게 되어있으나, 개선 방안은 키오스크처럼 항목별로 터치를 통해 등록하는 방법이다. 이 방법은 향후 정형화 데이터로 변환할 수 있다.

비가동 등록 [Registrasi non operasional]						
설비 fasilitas	R1	R2	R3	R4	R5	R6
	OP10	OP20	OP30	OP40	Destacker	Vision
	P1	P2	P3	P4	원자재 bahan	TRY
문제점 masalah	터칭 Koordinasi Gerak	그리퍼 수리 perbaikan gripper	에어 이상 kurangnya tekanan	2매 감지 Bab 2 Deteksi	ATC 에러 NOT ATC	충돌 menabrak
	금형정소 pembersihan	스크랩걸림 Terjebak scrap	커팅 불량 Pemotongan yang buruk	홀 변형 deformasi lubang	이동불가 Tidak bisa bergerak	Vision NG
	필터막힘 Filter tersumbat	비상정지 pemberhentian darurat	윤활이상 kelainan pelumasan	ADC 에러 NOT ADC	원자재불량 bahan cacat	TRY

[그림 13] MES 비가동 등록 포맷 안

2) 금형 관리 부문 확대 활용

(1) 금형 관리

생산 품목의 특성, 사용 소재, 금형 구조에 따라 금형의 마모, 부품 손상, 제품 불량 등의 요인에 영향을 주게 된다. 현재는 이 특성에 대한 이력 관리 및 분석이 부족한 상황이다. 예를 들어 어떤 품목의 금형을 일정 누적 타수 시점에 어떤 문제로 인해 수리 및 조치하였고, 정기세척 및 도금에 대한 이력 데이터가 누적되면 현재 양산 중인 생산 품목 및 향후 신규 생산 품목에 대한 현실적인 관리가 용이할 것으로 기대한다.

(2) 예비품 관리

금형 관리 중 어려운 부분이 예비품 관리이다. 제조설비 중 로봇이나 용접기 등과 같은 공용 설비는 기성품이 있어 예비품을 보유하지 못하더라도 최대 1 일 이내 확보할 수 있다. 그러나 금형은 생산 제품의 형상과 특징에 따라 구조가 다른 전용 설비이기 때문에 예비품이 부족할 경우 생산에 영향을 줄 수밖에 없는 구조이다. 금형의 주요 예비품으로는 홀 가공 시 철판을 관통하는 '편치', 철판 아래에서 편치를 관통하도록 지지하는 '부시', 금형의 상/하형을 지탱하는 '가스 스프링', 캠 작동을 위한 '금형 스프링'이 있다. 스프링류는 기성품이 많아 비교적 수급이 원활한 편이나, 편치, 부시는 홀 형상이 다양하므로 공급처에서도 예비품 재고를 갖고 있지 않고 발주가 접수되면 제작하는데 최소 4 일이 소요된다. 상기 문제로 편치, 부시의 마모 또는 파손에 의한 교체 이력에 대한 데이터를 확보하여 교체 주기 및 취약 부위를 선정하고 해당 부위의 예비품을 추가 확보하면 현재보다 원활한 금형 관리가 가능할 것으로 기대된다.

3) 원자재 물성 관리

원자재가 코일로 생산될 때 생산 로트별로 합금 성분의 함유량 차이가 있고 그에 따라 인장강도, 연신률 등 기계적 성질도 차이가 난다. 차이가 나는 범위는 코일 제조사에서 KS 규격을 참고하여 정한 허용치 수준이다. 성형 취약부위에서는 원자재 물성에 따라 생산시 크랙이나 주름 불량 발생한다. 불량이 발생하면 현장에서는 제품을 성형하는 드로우 공정의 생산조건(드로우 금형 소재 유입량 조절, 쿠션압 조절 등)을 변경하여 대응하고 있다. 이러한 부분을 드로우 생산 조건과 원자재 성분관리 간의 빅데이터 확보를 통해 원자재 투입 시 로트의 성분에 따라 생산 조건을 미리 조정하여 불량률을 감소시킬 수 있다.

4) 물류 개선

본 연구 대상 라인에서는 제 2 장에서 언급된 것과 같이 전동 견인차를 이용한 프레스 생산품의 공장 내물류 이동이 있다. 내물류 이동 1 회당 운반 제품 수량과 이동 간격시간 등 전동 견인차의 데이터 인자와 목적지 라인의 UPH 등을 분석하여 현재 전동 견인차 운영의 합리성을 검토 및 개선하여 전동 견인차 간의 작업 배분 및 불필요 비용 절감 등을 달성할 수 있을 것으로 기대한다.

5) 통계적 기법 활용

연구 결과를 정리하는 과정에서 단취 시간에 대한 Case 별 소요시간, 비가동 시간에 대한 생산 품목별, 유형별로 분류하여 평균 및 표준편차 등 통계적 기법을 활용하면 본 연구의 방향성이 더욱 확실할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] 최정길. (2020). *(4차산업 철강·금속) 스마트팩토리*. S&M미디어.
- [2] 최두환. (2019). *스마트팩토리로 경영하라*. 허클베리북스.
- [3] 배혜림. (2018). 운영빅데이터를 활용한 제조 및 물류생산성 향상. *한국통신학회지 (정보와통신)*, 35(4), 28-34.
- [4] 장재해, 박용록, 김재하, 배병성, & 김수영. (2021). 자동차부품 프레스 공정 생산성 향상을 위한 FOM 솔루션 활용한 제조 데이터 게더링 방법 및 4M 데이터 분석. *한국생산제조학회 학술발표대회 논문집*, 129-129.
- [5] 김재혁, & 김수영. (2021). FOMs 패키지 내 FOM 시스템을 활용한 제조현장 빅데이터 기반의 생산성 분석 방법에 관한 연구. *한국생산제조학회지*, 30(4), 259-268.
- [6] 김정환. (2022). *중소기업의 빅데이터 활용을 위한 Microsoft Excel 및 Open Source BI 도구 중심의 업무 프로세스 연구* (Doctoral dissertation, 울산대학교 산업대학원 산업경영공학).
- [7] 강기주. (2008). *(最新)機械工作法*. 북스힐.
- [8] 이종구. (2013). *(알기 쉬운 최신) 금형설계·제작: 프레스 금형*. 세진사.
- [9] 정동곤. (2017). *스마트팩토리: 제4차 산업혁명의 출발점*. 한울아카데미.

- [10] 차석근. (2012, September). 자동차 제조업의 실시간 생산관리 (MES) 기술동향 및 구축사례. In *한국자동차공학회 Workshop* (pp. 73-90).
- [11] 김영석. (2021). *스마트팩토리 추진을 위한 중소기업의 기준정보 표준화에 관한 연구* (Doctoral dissertation, 울산대학교 산업대학원 산업경영공학전공).
- [12] 조성준, 김현용, 박서영, 안용대, & 임성연. (2021). *빅데이터 커리어 가이드북*. 길벗.
- [13] 대법원 2022. 7. 28. 선고 2021다221638 판결.
- [14] 파견근로자 보호 등에 관한 법률 제2조 제1호.

[Abstract]

Case study on automotive parts press process
improvement based on MES data

GEON MIN LEE

Graduate School of Industrial Engineering,

University of Ulsan

In connection with the 4th Industrial Revolution of the 21st century, smart factory projects have spread in the manufacturing industry. Many support projects have been carried out by the government for manufacturing companies and are still in progress. MES (Manufacturing Execution System) is a manufacturing execution system that identifies and manages the manufacturing process, instructs and supports workers, and is one of the core components of a smart factory. In terms of industrial change, data collection and use through MES has become an essential requirement in the future, but companies other than large corporations and some mid-sized

companies have not yet recognized its importance.

This paper studied a case of MES data-based manufacturing process improvement in the automated press line of a mid-sized manufacturer producing automobile body parts. Although MES is applied to the process, it is only used at the level of simple work instructions and performance monitoring, and the vast amount of production data behind it is not utilized. In this study, factors in productivity decline were discovered through data analysis collected from MES, and the productivity improvement effect was confirmed by applying the derived improvement plan. During the research process, we explored systems and data that needed to be linked to MES and derived data analysis methods that could be utilized further. In this process, we proposed issues that should be considered in small and medium-sized manufacturing plants that do not have sufficient professional manpower and overall infrastructure.

[감사의 글]

자동차 부품 제조업체에서 생산관리, 공정관리 업무를 8년간 담당했습니다. 반복되는 공정 불량, 생산성 미달과 관련하여 여러 가지 개선을 시도했고, 전사적으로 T/F 운영을 해봤지만, 개선 방안은 과거 사례가 중심이 된 한정적인 범위 안에서 도출이 되었고 그 효과는 지속적이지 못했습니다. 본인을 ‘우물 안 개구리’일 수도 있겠다는 가설을 갖고 더 많은 배움을 얻기 위해 산업대학원에 진학했습니다. 첫 학기부터 배운 빅데이터 수업에서 이론과 조별 토론 수업에서의 다양한 업종, 직급의 학우들과의 의견교류는 제 가설이 맞다는 것을 느꼈으며 데이터에 대한 지식 습득이 필요하다고 판단했습니다. 그 이후로 데이터 관련 자료들을 읽어보고, 현업에서 사용 중인 데이터를 활용하고자 여러 시도를 했습니다.

그 결과를 논문으로 나타내고자 했고, 처음 작성하는 논문이라 미흡한 부분이 있음에도 많은 도움을 주신 이수동 교수님과 논문 작성에 도움이 됐던 여러 수강과목의 교수님께도 감사드립니다.

마지막으로 석사과정을 응원해 주신 부모님께 감사드립니다. 처음 석사과정에 응시할 때부터 기뻐하셨고 응원해주셨지만 따뜻한 봄날 가족 곁을 떠나신 어머니에게 졸업장을 바칩니다.