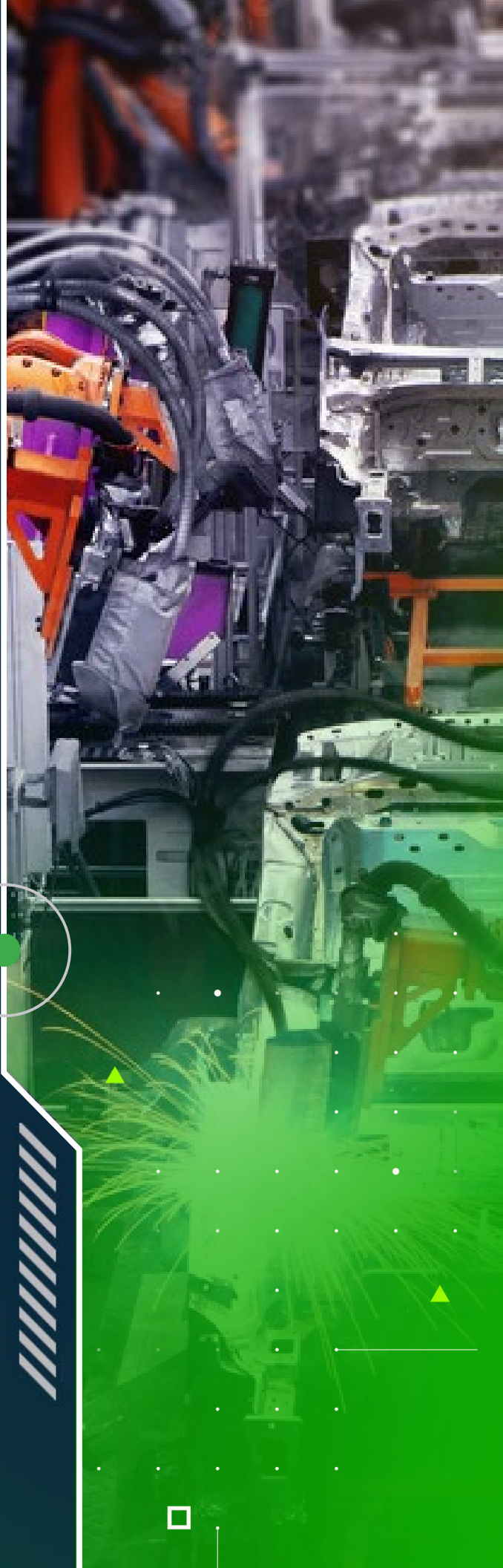




DIGITAL TRANSFORMS PHYSICAL

분산 제조 분야의 커넥티드 시스템 소개: PLM, ERP, MES 등



6 9 8 3

6 7 3 3

1 4 6 4

6 7 3 3

6 7 3 3

6 7 3 3

백서

2023년 10월

www.ptc.com





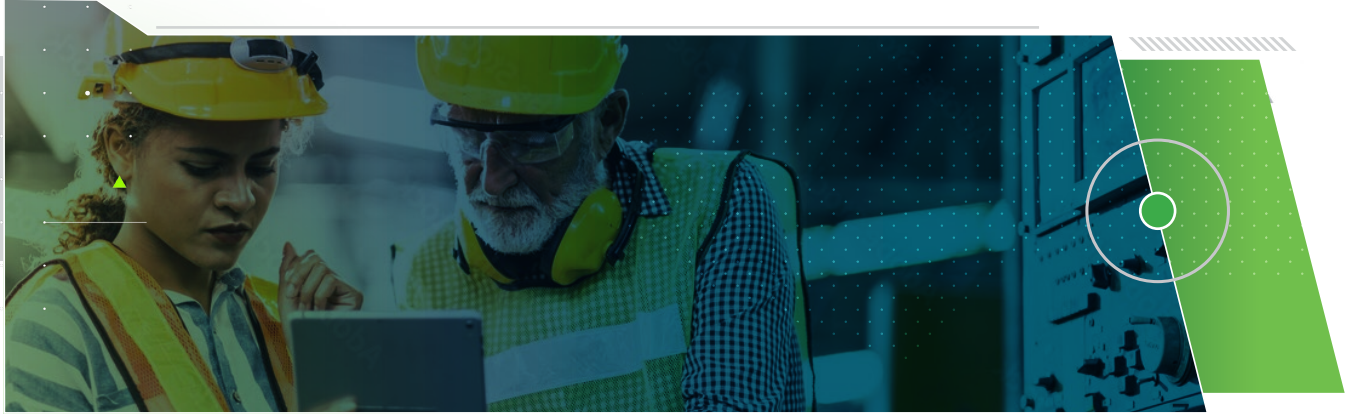
◎ 갈수록 높아지고 있는 기대치

오늘날에는 소속 업계에 관계없이 모든 제조업체가 단기간 내에 경쟁력을 높여야 한다는 부담감이 갈수록 가중되고 있습니다. 즉, 더욱 획기적인 제품을 경쟁업체보다 한발 앞서 출시하고 개별 고객에 적합한 구매 경험을 제공하는 동시에 공장과 현장의 작업 품질을 개선하고 제품과 서비스를 항상 정시에 제공해야 합니다. 그리고 이러한 경쟁력 개선 목표를 달성하는 동시에 비용을 제어하고 공급 중단 상황을 대비해야 하며 수요 변화에도 적절하게 대응할 수 있어야 합니다.

이러한 제조업체의 요구를 충족하기 위해 새로운 소프트웨어 기술이 다양하게 개발되고 있으며 기존 기술도 지속적으로 개선되고 있습니다. 모든 기술의 궁극적인 목표는 제조업체가 독자적으로는 진행하기 어려운 디지털 혁신 추진 과정을 지원하는 것입니다. 이처럼 제조업체의 사업 환경이 시시각각 변화함에 따라, IT(정보 기술) 팀 역시 소속 기업의 운영 과정과 사업 목표 달성을 지원해야 한다는 부담을 크게 느끼고 있습니다. 기존에는 각 팀이 대개 분야별로 격리된 방식으로 업무를 처리했으며, 이로 인해 개선 이니셔티브가 서로 겹치는 상황도 드물지 않았습니다. 반면 디지털 혁신을 장기간 진행해 온 기업의 경우 전사적 비즈니스 전략에 따라 여러 분야의 조직에 중요한 기능을 제공해 왔습니다. 이러한 결과를 달성하려면 PLM, ERP, MES를 비롯한 전략적 제조 지원 시스템 전반의 데이터와 프로세스를 통합해야 합니다.

이 백서에서는 IT 및 실무 책임자가 이러한 통합을 진행할 수 있는 방법을 제시합니다. 먼저 사업 모델 및 제품의 복잡성에 따라 사내의 공동 작업 요구를 적절하게 파악하는 방법부터 설명합니다. 다음으로는 이러한 요구를 효율적으로 파악한 후에 진행해야 하는 검증된 단계별 프로세스를 소개합니다. 해당 요구를 충족할 수 있도록 PLM, ERP 및 MES 환경을 통합하고 구성하는 데 사용할 수 있는 적절한 도구를 제공하려는 기업은 이 프로세스를 진행해야 합니다.

이 프로세스를 완료하면 신뢰할 수 있는 실시간 정보가 연구 개발 팀에 자동으로 제공되므로 전사적인 통합을 빠르고 원활하게 진행할 수 있습니다. 그러면 관련 팀이 더욱 효율적으로 공장, 물류, 조달 분야 담당자와 동시에 작업을 진행할 수 있게 됩니다.



최신 제조 방식의 문제점 - 전 세계에 분산된 공장에서 생산 진행

오늘날에는 전 세계 시장의 경쟁이 갈수록 치열해짐에 따라 우수한 품질의 획기적인 제품을 발빠르게 출시하는 기업만이 수익 목표를 달성할 수 있습니다. 그러려면 레거시 IT 환경 내에서 제품 및 프로세스 변경 사항을 원활하게 통합해야 합니다. 이러한 변경 사항에는 NPI(새 제품 소개)와 새 제품/프로세스 개선 사항이 모두 포함됩니다. ERP, PLM, MES 시스템에서 인수인계와 데이터 복제를 수동으로 진행하면 제품 품질은 저하되고 추가 비용이 발생하며 겹치는 시간과 대기 시간도 길어집니다. 그러면 고객의 기대를 충족하는 제품을 출시할 수 없으며, 추적 가능성이 낮아져 고객의 요구 사항도 제대로 충족할 수 없게 됩니다. 이처럼 효율성이 낮은 환경에서는 사업 규모를 확장하기도 어렵습니다. 가령 작업 현장의 제조 역량을 두 배로 늘리려면 데이터 입력 인력 수도 두 배로 늘려야 합니다.

정보를 명확하게 파악할 수 없으면 변경 관리 문제도 더욱 심각해집니다. 이러한 문제가 나타나고 있는 제조 시스템은 30년 경력의 제조 분야 종사자들이 제작한 것입니다. 하지만 현재 제조업계 종사자의 평균 경력은 대개 3년 정도이며 일선 직원 중 30%는 경력이 1년 미만입니다. 제품이 갈수록 복잡해지고 제품 변경 속도도 빨라짐에 따라 이러한 추세는 더욱 급격하게 확산되고 있습니다.

제조하는 제품 수가 많은 기업일수록 품질 문제도 더 많이 발생합니다. 제품 품질과 제조 생산성 및 지속 가능성을 지속적으로 개선하려는 제조업체는 차세대 일선 작업자 지원 요구를 즉시 충족해야 합니다. 그러려면 가장 효율적인 제품 및 프로세스 인사이트를 작업자가 필요로 할 때 가장 적절한 위치에서 제공해야 합니다. 그러면 정보 검색에 불필요하게 소요되는 시간을 줄일 수 있는 동시에, 일선 작업자가 일상 작업에서 문제점을 지속적으로 파악하여 해결 우선 순위를 지정한 후 분석하여 해결하는 데 사용 가능한 도구를 제공할 수 있습니다. 이처럼 작업자의 효율적인 작업 지원 준비를 갖추어야 작업자가 업무 방식과 제품 품질을 지속적으로 개선할 수 있습니다.

기업의 거버넌스 체계가 취약하면 업무와 관련된 불필요한 정보를 빈번하게 전달해야 하므로 정보 통제 효율성이 낮아집니다. 비용은 줄이고 제품 품질은 높여 개선 목표를 달성하려는 제조업체는 제품, 프로세스, 리소스의 작동 효율성을 지속적으로 미세 조정하는 동시에 제품 및 프로세스 설계도 계속해서 평가 및 최적화해야 합니다. 작동 효율성을 미세 조정하면 노동 비용과 처리 비용을, 설계를 평가/최적화하면 재료 비용을 줄일 수 있습니다. 일반적으로 모든 제품의 비용 중 70%는 엔지니어링 단계에서 결정됩니다.

다수의 시스템이 통합되어 있지 않으면 엔지니어가 PLM, MES, ERP 시스템에서 같은 데이터를 입력해야 하므로 작업량이 세 배로 늘어납니다. 데이터 추적 가능성이 낮으면 품질 문제 발생 가능성이 높아지며 문제의 규모도 더욱 확대됩니다. 가령 특정일에 발송되는 제품의 구성을 정확하게 파악하지 못한 제조업체는 품질 불량 의심 제품의 대규모 리콜을 진행해야 할 수도 있습니다. 사내에 정보 소스가 너무 많으면 제품 품질과 작업 효율성이 낮아집니다. 그리고 관련자에게 적절하게 전달되지 않은 변경 사항이 적용되면 제품에 잘못된 구성이 사용되는 상황이 발생합니다. 그러면 제품이 잘못 제작되어 결함이 발생하며, 이 경우 제품 출하를 준비할 때 고객이나 제조업체가 결함을 찾아내야 합니다. 커넥티드 시스템을 사용하는 제조업체에서도 이처럼 예기치 않은 제조 중단 상황이 발생할 수 있습니다.

오늘날의 제조업체는 이러한 문제가 발생하더라도 네트워크 전반의 작업을 자동화하지 않고 가치 사슬 전반에서 모듈식 구성 가능 제품을 취급할 수 있어야 합니다. 또한 계속해서 변화하는 사업 우선 순위를 충족하고 시장 진입 시간을 단축하는 동시에 제품 품질도 개선하면서 대체 공급망을 찾아야 합니다. 그뿐만 아니라 BOM을 변경하지 않고도 어셈블리 라인에서 최신 소프트웨어 버전을 사용할 수 있도록 해야 하며, 문제가 테스트 과정에 주는 영향과 공장이 해킹되는 경우 등에 대비하여 적절한 사이버 보안 및 IP 보호 수준을 유지하는 방법도 고려해야 합니다.

이러한 상황에서는 물론 측정 가능한 실제 비용도 발생하지만, 가장 큰 피해를 주는 중요한 비용은 "기회 비용"이라 할 수 있습니다. 즉, 이러한 문제를 해결하는 기업은 수익을 대폭 늘릴 수 있습니다.

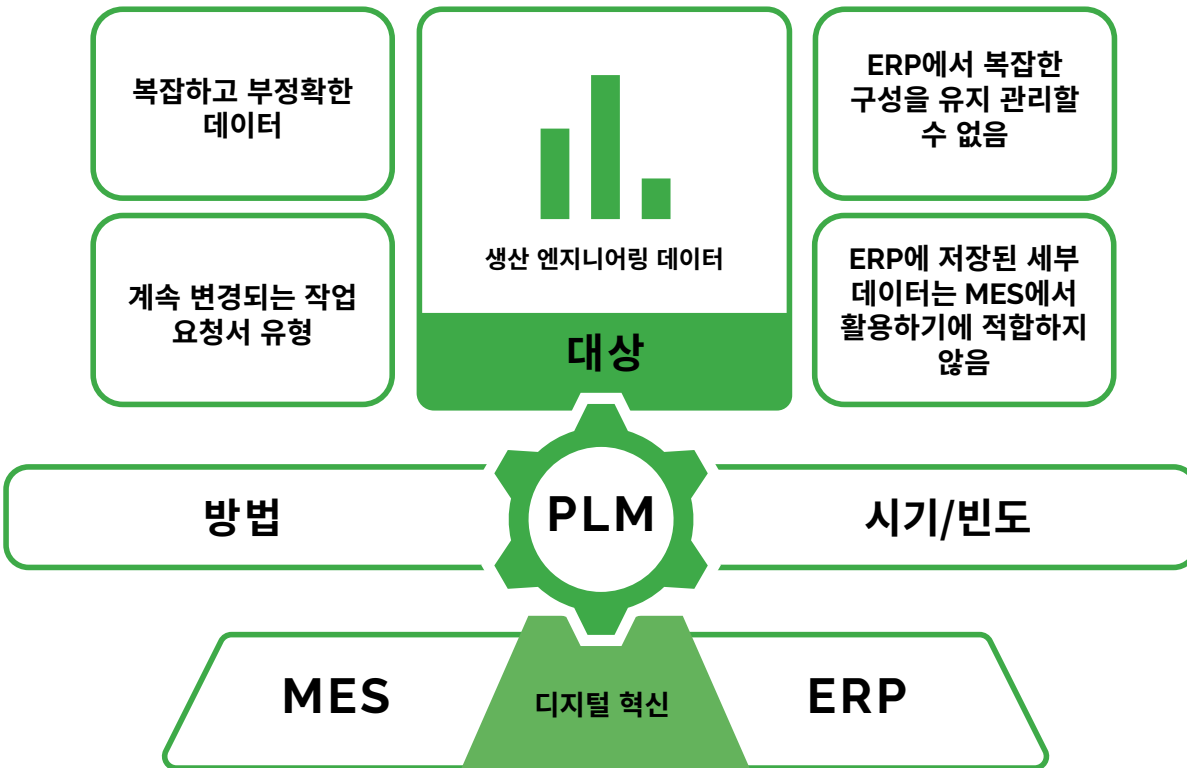
도구 체인과 정보 전달 과정의 단절 현상 해결

제조 속도를 높이고 시너지 효과를 내려는 제조업체는 사내의 자동화 스택 활용 방식을 재고하고 가상 공동 작업 플랫폼을 구축해야 합니다. 그러려면 제품 혁신 프로세스 초반과 엔지니어링/제조 준비 전반에 PLM을 통합해야 합니다. 그리고 ERP/PLM/MES 분야의 경계를 제정해야 하며, 디지털 스레드를 통해 제품 개발 및 제조 과정에서 중요한 모든 요소를 연결해야 합니다. 장기적인 사업 목표를 달성하려는 제조업체는 "점대점" 통합 방식을 실시간 통합 방식으로 개선해야 합니다.

제조 엔지니어링 과정에서는 제조 BOM, 회람/공정 계획, 품질 제어 특성, 표준 작업 지침, 표준 시간 등의 중요한 데이터가 생성됩니다. 이 엔지니어링 단계는 제품 개발 및 제조 가치 체인(시장 진입 시간, 품질, 효율성 개선에 주력해야 함)에서는 물론 공급망 물류 가치 체인(비용 범위 내에서 정시에 제품을 제공하는 것이 목표임)에서도 매우 중요합니다.

그리고 제품 라이프 사이클 전반에서 다운스트림 제조 작업과 업스트림 엔지니어링 작업 간에 변경 사항을 원활하게 동기화하는 것도 중요합니다. 이전에는 생산 엔지니어링 데이터와 프로세스가 ERP 시스템에서 관리되었으며 MES 시스템으로 전달되었습니다. 그런데 이러한 방식에서는 변경 작업이 갈수록 복잡해지며 변경 빈도도 계속 높아지므로, 효율성이 더 높은 방식으로의 전환이 필요합니다.

일단 ERP 시스템은 제품 및 제조 마스터 데이터 라이프 사이클 관리용으로 제작된 시스템이 아니며 개별 환경의 복잡한 구성과 빈번한 변경 관리를 처리할 수 없습니다. 그리고 ERP에 저장되는 상세한 마스터 데이터는 상용 데이터이므로 MES에서 필요한 기술 데이터로는 활용할 수 없기 때문에 시스템 연동 효율성이 낮아집니다.



PLM의 올바른 데이터를 MES 및 ERP에 적절하게 제공

기업의 모범 사례는 사업 모델과 제품 복잡성에 따라 결정됩니다. 하지만 어떤 기업에서든 항상 고려해야 하는 세 가지 핵심 원칙은 마스터 데이터를 저장/선별하는 위치, 구성 관리 방식 및 변경 제어 방식입니다. 기업별 사업 이니셔티브 역시 모범 사례에 영향을 줍니다. 사업 이니셔티브란 조직이 제품 혁신, 제품 품질, 제품 비용 및 제품 효율성 개선과 관련된 주요 기회를 파악하는 분야에 해당됩니다.

제품, 제조, 물류 가치 사슬에서 사용되는 프로세스 구현 방식은 이처럼 상호 연관된 복잡한 고려 사항에 따라 달라집니다.

주문별 고객 엔지니어링 수준 - 사업 모델

조립 후 보관

- 확인된 옵션을 사용하여 제품 설계 완성
- ERP에서 사전 정의된 옵션의 생산 계획
- 예측 결과에 따라 확인된 제품 조합 제조
- 업종: 소비자 제품, 첨단 기술

주문 시 조립

- 확인된 옵션을 사용하여 제품 설계 완성
- ERP에서 주문 제품 구성 및 처리
- 업종: 자동차 주문자 상표 부착 생산(OEM), 첨단 기술, 산업

주문 시 구성

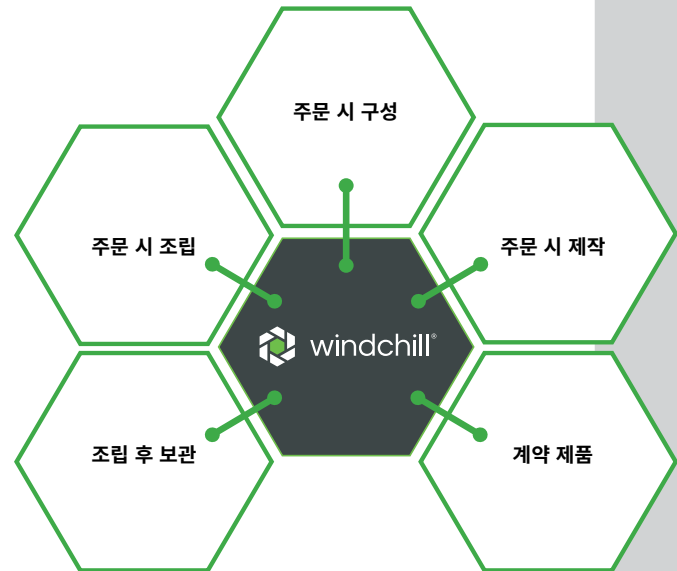
- 사용자 정의 부품을 생성할 수 있는 규칙으로 제품 설계 완성
- 엔지니어링 팀이 설정한 규칙을 사용하여 PLM이 각 주문 구성 및 검증
- 업종: 첨단 기술, 산업

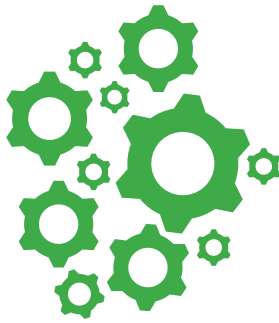
주문 시 제작

- 일반 제품에 중대한 사용자 정의 엔지니어링 사항 추가
- 엔지니어링 팀과 PLM이 각 주문 검증
- 업종: 산업 OEM, 자동차 산업 협력업체, 항공 우주

계약 제품

- 고객 또는 계약별 요구 사항을 충족하도록 제품 설계 및 생산
- 엔지니어링 팀과 PLM이 각 주문의 제품 설계 및 검증
- 업종: 방위, 원형, 사용자 정의 공구 설비

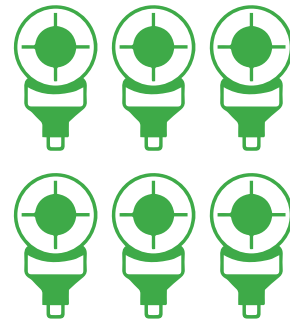




정밀



가변



물류

제품 복잡성

정밀 - 대규모 BOM이 사용될 수도 있지만 복잡한 정밀 제조를 진행할 필요는 없습니다. 공정 계획에 25개 단계가, 공정에 1000개 라인이 포함될 수 있으며 특정 스테이션에서 품질 검사가 여러 번 진행될 수도 있습니다. 매개 변수 40~50개가 사용될 수 있습니다. 자동차용 기어를 예로 들 수 있습니다.

가변 - 사용자 정의가 진행되므로 모든 제품이 고유합니다. 그러므로 커넥티드 시스템이 없으면 매우 다양한 옵션과 파생물 사용해 고유한 제품을 조립하는 작업자에게 제때 적절한 정보를 제공하기란 거의 불가능합니다. 현재 제작 중인 제품이 며칠 내로 달라지기 때문입니다. 따라서 고객의 주문과 정확하게 일치하는 지침을 전달해야 합니다. 품질 개선을 위해 설계를 변경하는 경우 현재 생산 중인 제품에 적합한 부품을 조달할 수 있어야 합니다. 작업자 교체(신규 작업자는 이전 작업자가 작업을 중단한 위치부터 제조를 재개해야 할 수 있음) 역시 제품 품질에 영향을 주는 요인입니다. 호화 요트 등을 예로 들 수 있습니다.

물류 - 상품 제조업체는 안전한 환경에서 작업을 하면서 각각 품질 및 가격 표준을 충족하는 동일 제품을 매일 수백만 개씩 제작해야 합니다. 이러한 기업 유형의 공급망 프로세스는 기획팀이 수요 계획을 개발한 후 판매 팀과 함께 검증하는 작업으로 시작됩니다. 계획 부문에서는 수요 계획, 공장 공급 계획, 패키징 개발, 제품 라이프 사이클 관리(PLM), 공정과 성능 계획, 재고 관리, S&OP(판매 및 운영 계획) 등의 업무를 처리합니다. 수요 계획 회의가 완료되면 팀이 공장의 생산 계획을 개발하며, 그러고 나면 조달 팀이 생산에 필요한 모든 재료를 구매합니다. 센서 등의 제품을 예로 들 수 있습니다.

통합의 시작: 제품 개발용 핵심 엔터프라이즈 시스템

1단계 - 공통 제품 마스터 데이터를 활용하는 방식에 따라 적절한 도구로 적합한 데이터 관리

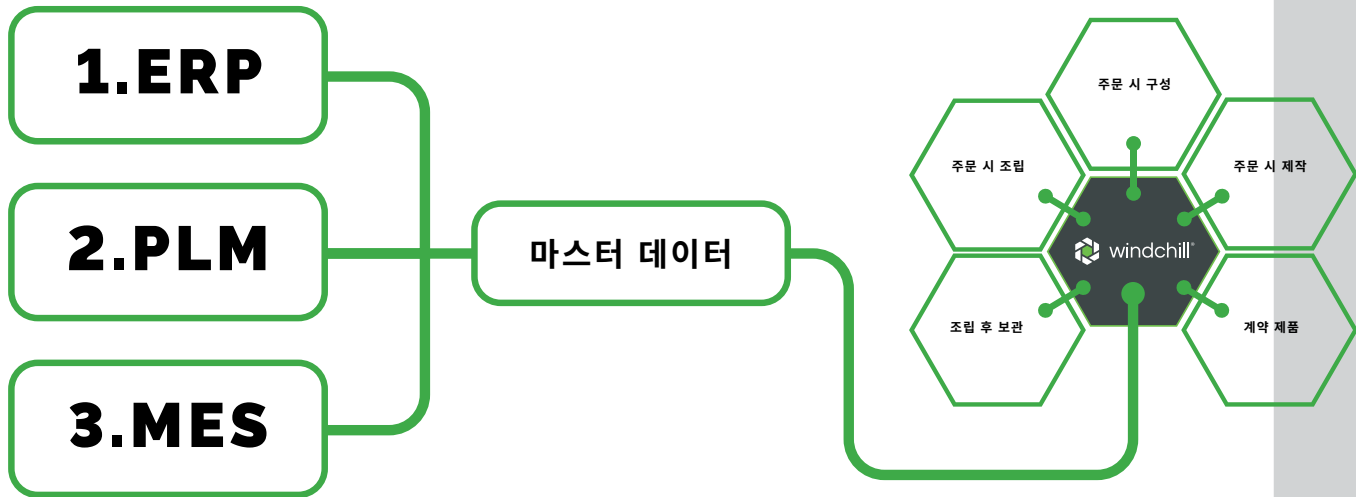
원활한 응용 프로그램 통합 이니셔티브의 첫 단계에서는 현재 제품 마스터가 저장되어 있는 위치를 확인해 데이터를 파악한 후 정리합니다. 그러면 여러 시스템이 같은 데이터를 동시에 마스터로 사용하는 상황을 방지할 수 있습니다.

가령 ERP는 제품 및 제조 정보 업스트림의 소유자가 아니므로 계속 변경되는 복잡한 제품의 최적화된 제조 공정 계획을 생성 및 정의하는 기능이 제한됩니다.

또한 효율적인 엔지니어링 변경 관리 프로세스에서는 최신 변경 사항을 역추적하여 제품 설계에 반영해야 합니다. 그러므로 PLM과 MES 간의 직접 양방향 변경 관리 프로세스를 사용하는 방식이 더욱 효율적이며 안정적입니다.

제조 환경 현대화의 첫걸음은 전체 제품 라이프 사이클에서 확인할 수 있는 추적 가능한 상황별 제품 정보를 확보하는 것입니다.

인더스트리 4.0



1. PLM(제품 및 제조 엔지니어링 정보 중심 데이터 - 디지털 자산)

- a. 제품 마스터/이터레이션
- b. 제품 구조
- c. 전기 및 기계 CAD 모델
- d. 소프트웨어
- e. 분류
- f. 문서
- g. 요구사항
- h. 시뮬레이션
- i. 라이프 사이클 상태
 - 변경 프로세스/변경 적용 시기
 - 단종/사용 중지
 - 문제 보고서/변경 요청/변경 공지
- j. BOM 변환(eBOM(엔지니어링 BOM), mBOM(제조 BOM), sBOM(서비스 BOM)의 신뢰할 수 있는 소스)
- k. 프로세스 정의
 - 회람
 - 작업 지침
 - 공구 설비
- l. 품질 사양/이슈 관리
 - 제어 특성
 - 미준수, CAPA(보정 및 해결 작업)
- m. 리소스 = 공구 설비 및 측정 기능(장비 라이프 사이클 관리)
- n. AML(승인된 제조업체 목록) 공급업체 코드

2. ERP(생산 계획, 예측, 소싱, 비용 추적 - 실제 자산/트랜잭션 중심)

- a. 실제 및 물류 정보
 - 공장
 - 저장 위치
- b. 소싱
 - 승인된 공급업체
- c. 재무 회계
 - 실제 제품 비용
 - 현재 및 예상 판매량
- d. 작업 요청서
- e. 생산 계획
 - 주문 및 출하 상태
 - 재고 상태
- f. MES 관련 변경 프로세스
 - 문제 보고서(여기서 시작될 수 있음)
 - 변경 사항 적용 시기(여기서 변경됨)
- g. 조달
 - 구매 부품
 - 협력업체 추적/관리
- h. 재료 이동(추적 가능성)
- i. 보관용 입고 상품

3. MES(생산 및 물류 실행/실행 피드백 - 실제 자산/이벤트 중심)

- a. 생산 스케줄(작업 요청서 관리)
- b. 계보(제작 완료 상태)
- c. 작업 지침
- d. 실행 및 프로세스 적용
- e. 데이터 수집
- f. 공구 및 보정 관리
- g. 입고 검사
- h. 품질 관리
 - 입고 재료 검사
 - 작업 현장 샘플링 계획
 - 완성품 검사

PLM, ERP, MES가 통합된 안정적인 디지털 환경을 먼저 구축하는 방식의 가장 중요한 이점은 엔지니어링 팀이 수행하는 작업 내용이 다운스트림으로 자동 전달된다는 것입니다. 즉, 엔지니어가 사용법을 잘 알고 있는 PLM 시스템 한곳에서 작업을 수행할 수 있으므로 여러 시스템 간을 오가며 특정 시스템에서 이미 완료된 작업을 중복 수행할 필요 없이 적절한 시스템에서 올바른 작업을 수행할 수 있습니다.



2단계 - 원활하게 진행 가능한 양방향 프로세스 흐름 생성

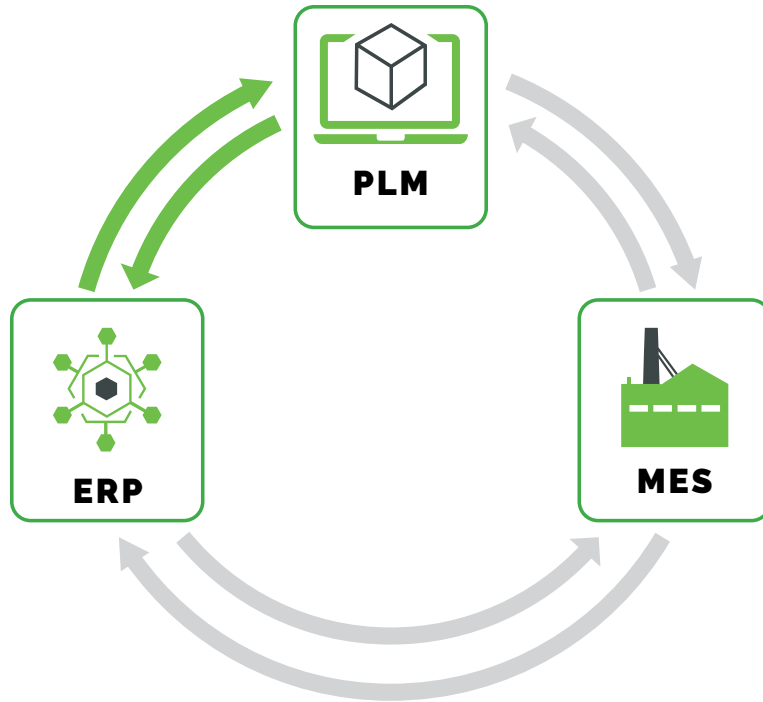
각 책임자는 정보 저장 시스템 접근 권한이 있는 동료에게 정보를 요청하지 않고도 제품 라이프 사이클 내의 역할에 따라 필요한 모든 제품 정보를 사용할 수 있어야 합니다. 예를 들어 고급 제조 계획자, 세부 공정 계획자, 공장 및 도구 설계자, 생산 관리 책임자, 작업 현장 작업자는 엔지니어링 팀이 제공하는 최신 정보에 액세스할 수 있어야 합니다. 설계 엔지니어는 제조 팀에서 실시간 피드백을 받아야 합니다.

단일 정보 소스를 생성하여 기존 MES 및 ERP 시스템에서도 PLM 데이터에 액세스할 수 있도록 함으로써 데이터 자체가 아닌 이러한 작업 흐름을 통합하는 방식이 가장 효율적입니다. 제조업체는 여러 시스템이 같은 데이터를 동시에 마스터로 사용하는 상황을 방지해야 합니다. 즉, 각 시스템이 작업을 수행하는 데 필요한 데이터만 제공해야 합니다. 커넥티드 시스템을 구축할 때는 대개 각 시스템에 전달할 정의(특정 시스템이 중지되면 다음 시스템이 시작되는 위치)의 수를 파악하는 것이 중요합니다. 그러면 사용자가 데이터에서 유용한 인사이트를 파악함으로써 정보를 토대로 적절한 결정을 내릴 수 있으며, 엔지니어링 및 제조 분야 전반에서 프로세스를 자동으로 제어할 수 있습니다. 이를 통해 모든 제조 단계(특히 MES)에서 활용 가능한 기본 제공 자동화 및 보고 기능을 통해 '단일 루프'를 완성하는 것이 목표입니다.

Christian Willmann(Vaillant)
- 마스터 데이터 품질의 중요성



디지털 및 실제 항목과 관련한 인더스트리 4.0을 진행하려면 PLM 및 ERP에서 높은 마스터 데이터 품질을 유지해야 합니다. 그러려면 제품 라이프 사이클, 비즈니스 규칙, 참조 재료, MRP(제조 자원 관리) 프로파일과 공급망 패턴 전반에 걸쳐 완성도 정의나 상태 개념을 마스터 데이터에 포함해야 합니다. 엔지니어링(PLM) 및 다운스트림 프로세스(ERP)에서 모두 조직이 진행해야 하는 역할 기반 워크플로도 수립해야 합니다. PLM과 ERP의 통합을 필수 전제 조건으로 설정한 상태로 이 단계를 완료하면 PLM에서 고품질 부품 데이터를 제공하는 동시에 ERP 마스터 데이터도 자동으로 보강할 수 있습니다. 즉, 마스터 데이터 품질 개념을 통합하지 않는 제조업체는 PLM 구현에서 제공되는 부가적인 이점을 최대한 활용할 수가 없습니다. Vaillant가 제시하는 상태 개념 및 비즈니스 규칙을 적용하는 제조업체는 필요한 전체 재료 마스터 데이터 중 무려 80%를 자동으로 제공할 수 있습니다. 이전에는 대부분의 데이터 관련 작업을 수동(복사/붙여넣기 방식으로 시행착오 반복)으로 수행해야 했습니다.

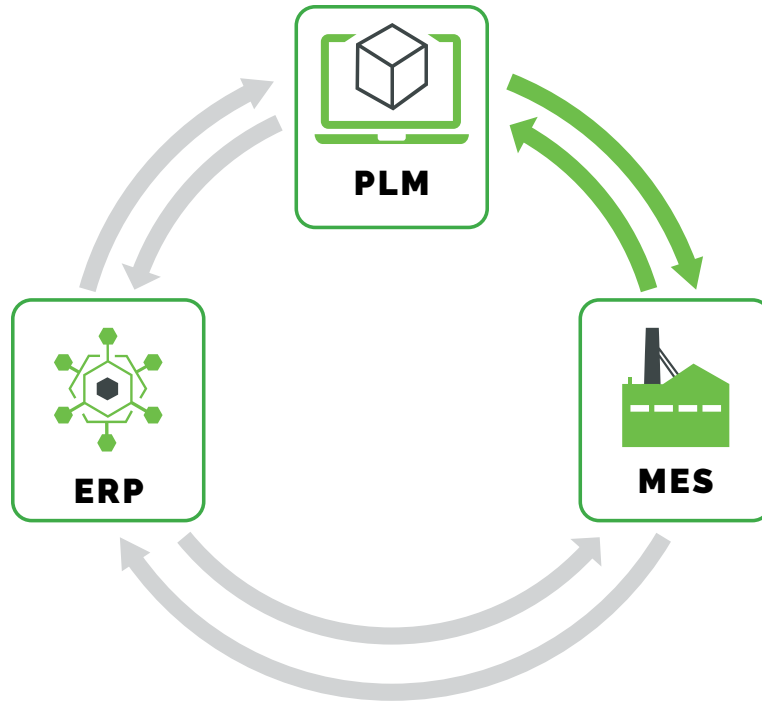


PLM -> ERP: ERP -> PLM

최종 결정이 내려지고 설계를 디지털 형태로 테스트 및 검증하고 나면 해당 정보를 ERP 시스템으로 전달하여 업무 준비 측면에서의 물리적 제품 제조에 활용합니다. 그러므로 ERP 시스템을 최대한 활용하려면 PLM 시스템에서 우수한 품질의 정보가 제공되어야 합니다. 그러면 ERP 재료 보장 프로세스의 부담이 완화되기 때문입니다.

즉, PLM에서는 주로 기술 데이터가 아닌 요약 정보(재료 마스터 데이터, BOM, 구매 사양 등)를 제공해야 합니다. 제조한 품목을 PLM에서 ERP로 전송할 때는 ERP에서 해당 품목의 비용을 자동 생성하는 데 필요한 모든 정의를 제공해야 하며(MPM 및 공정 계획을 사용 중인 경우), 설치/물류 업무 시에 공정 계획의 비용 및 회람 정보를 확인할 수 있도록 품목 BOM도 전송해야 합니다.

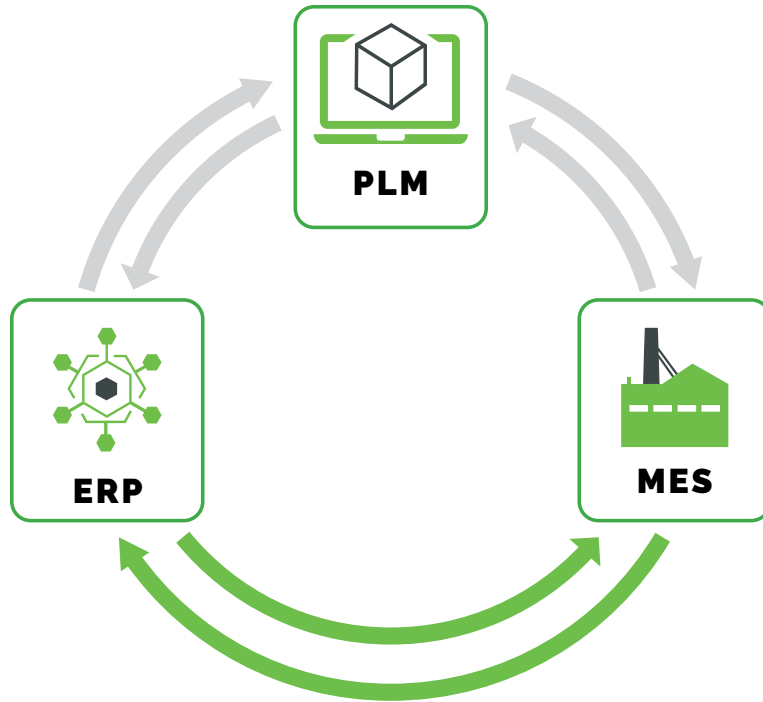
- PLM의 자동 품목 설정(제조된 품목)
- PLM의 반자동 품목(구매한 품목)
- AML, 부품 BOM 개정, 라이프 사이클 상태 및 개별 엔지니어링 변경 주문
- 조직별 부품을 사용해야 하는 경우 엔지니어링 BOM -> 제조 BOM(날짜 및 시간)
- 제품 최상위 레벨 어셈블리(TLA) BOM과 관련하여 고객이 제공한 세부 정보(포장-출하-화물 비용 결정을 위한 무게와 부피)
- CTO 사업 모델 사용 시에는 컴포넌트 할당 공정 자동화 등의 작업에 고급 계획 옵션을 사용할 수 있도록 ERP에 오버로드된 공정 계획을 전송해야 할 수도 있음
- ERP -> PLM - ERP가 PLM에 원가 정보 제공



PLM -> MES: MES -> PLM

디지털 스레드 활용 시에는 eBOM, mBOM, 공정 계획, 제어 특성(대용 및 대안 특성 포함)과 사업을 시행하려면 영구 저장해야 하는 데이터 간의 불일치 현상을 방지할 수 있습니다. 제조한 품목을 PLM에서 MES로 전송할 때는 일관된 기술 데이터를 제공해야 합니다. ERP에서 작업 요청서가 생성되면 MES가 작업을 수행하는 데 필요한 데이터를 PLM 시스템에서 요청하는 과정이 시작됩니다. 그러면 PLM에서 품목, BOM 또는 공정 계획을 MES에 전송합니다.

- 엔지니어링 변경 주문 관련 제품 BOM 개정 - 부품 목록 작성(플랫 레벨 BOM 또는 다중 레벨 BOM), 고객 속성(제품/레이블/출하)
- 최초 아티클 검사(FAI) 통화, 공정 점검 통화, 테스트 빌드 및 대량 생산 빌드
- 제조한 품목 조립에 필요한 모든 빌드 사양
- 피킹 작업을 진행하고 세부 진행률 보고를 지원하기 위해 공정 계획을 전송할 수도 있음
- 검사 및 제어 작업을 트리거하는 제어 특성
- 수치 제어(NC) 프로그램
- 작업 현장에서 제품에 로드할 소프트웨어
- MES -> PLM - MES에서는 규제 미준수 정보(작업 현장에서 진행되는 표준 공정과 다른 방식으로 진행된 공정 관련 정보)를 비롯한 "제작 완료" 상태의 정보도 PLM에 제공함



● ERP -> MES: MES -> ERP

약정 주문 수요를 충족하고 제작/완성된 상품의 재고를 업데이트하려면 정보를 양방향으로 교환해야 합니다. MES는 빌드를 완성하는 데 사용된 컴포넌트 수 관련 정보를 ERP에 제공해야 합니다. 또한 시간 등의 생산 정보도 제공해야 합니다. 그래야 ERP에서 전체 COGS(판매 상품 비용)를 예측할 수 있습니다.



Amir Mazoochi의 공정 방식 개선 관련 보고서 - 통합형 변경 관리(변경 검토 위원회)

제품 라이프 사이클의 모든 단계에서는 제품 및 공정 변경 주문이 100% 발생한다고 해도 과언이 아닙니다. 이 메커니즘은 모든 책임자에게 적합한 방식으로 변경을 식별, 정의 및 추적합니다. 이러한 변경으로는 설계, 품질, 비용, 생산 또는 고객이 추진하는 개선 등이 포함될 수 있습니다. 제품 엔지니어링 방식이 약간만 바뀌더라도 제조 및 생산 과정에 큰 영향을 줄 수 있습니다.

모범 사례 및 일반 지침

특정 모범 사례와 지침을 따르면 공동 작업을 원활하게 진행하는 동시에 설계 오류를 방지하여 제품 개발 및 생산을 당초 일정대로 진행할 수 있습니다. 이와 관련하여 고려해 볼 수 있는 시나리오는 다음과 같습니다.

공정 진행 방식을 잘 알고 있는 린(Lean) 방식 변경 검토 위원회(CRB) 팀 구성

- 현재 워크플로를 점검하여 이후 상태 공정을 최적화합니다. 각 변경 요청 유형(긴급, 신속, 일반, 제품 특성 설명(Form-Fit-Function/FFF), 공정)별로 원활하게 진행 가능한 워크플로를 각기 다르게 지정하는 것이 좋습니다.
- 변경 요청 내에서 케이스를 작성합니다. 초기 단계에서 다음과 같은 모든 중요 속성을 대략적으로 작성합니다.
 - 변경의 이유: 요약
 - 세부 변경 설명: 변경해야 하는 케이스 파악
 - 변경의 영향(부서, 고객, 공장, 협력업체)
 - 필요한 구현 또는 개입 날짜
 - 예상 결과
 - 필요한 지원 자격/검증 데이터(필요시)
 - 필요시 고객, 공장, 협력업체의 명확한 승인 요청
 - 공급망과 조직 운영 방식 파악 - 정보 교환 흐름, 의사 결정/수요 계획/실행에 참여해야 하는 책임자
 - 기존에 제작된 재료와 제품 관련 처리 지침
 - CRB에서 변경을 승인하면 다음 레벨로 이동하여 주요 책임자의 구현 승인을 요청합니다.
 - 변경이 완료될 때까지 항상 추적 가능성을 유지하면서 상태를 추적하고 진행률을 모니터링합니다.

변경을 정상적으로 완료하려면 충족해야 하는 주요 성공 요인은 PLM에서 ERP 및 MES로 연결되는 인터페이스를 생성하는 것입니다. 해당 인터페이스를 통해 변경 주문과 관련하여 팀이 생성하는 속성을 입력할 수 있어야 하며, 이렇게 입력한 속성은 ERP 및 MES 시스템에 자동으로 게시되어야 합니다. 이처럼 적절하게 구성되어 효율적으로 작동하는 디지털 스레드를 완성하면 중복 데이터를 수동으로 입력할 필요가 없으며 모든 인적 오류 발생 위험도 방지할 수 있으므로 실질적인 이점이 제공됩니다.



3단계 - 데이터를 토대로 일선 엔지니어와 작업자 지원용 디지털 기능 완성

앞서 설명한 작업을 수행하여 데이터를 매핑하고 시스템을 올바르게 통합한 후 프로세스를 최적화하면 제공되는 기능 및 도구에서는 대시보드 보기를 통해 실행 품질과 시간을 분석할 수 있습니다. 이 기능 사용 시에는 다음과 같은 여러 가지 이점이 제공됩니다.

- 특정 상황에 맞도록 손쉽게 조정 가능한 기본 제공 앱 세트에서 누구나 제품 데이터를 활용할 수 있습니다. 생산 관리 책임자가 코드를 거의 사용하지 않는 사용자 정의 앱을 작업자용으로 작업 현장 운영자에게 제공할 수도 있습니다. 최종 사용자에게는 이 경험이 단순해 보일 수도 있지만 해당 인터페이스에는 많은 데이터가 사용됩니다. 이러한 데이터는 PLM은 물론 ERP와 MES에서도 가져올 수 있습니다. PLM, ERP, MES에 간편하고 안전하게 액세스할 수 있으면 실시간 공동 작업이 가능해집니다.
- 운영 팀이 엔지니어링 팀에 문제, 이슈, 규제 미준수 등을 발생 위치 정보(예: 드로잉, 설명서, 작업 지침, 부품)와 함께 보고하도록 함으로써 두 팀의 연계 작업을 지원할 수 있습니다.
- 작업 셀 사용 사례를 상호 연결하여 작업자가 원활하게 작업을 수행할 수 있는 환경을 제공하는 동시에 주요 제어 특성, 스마트 도구 및 기계에 액세스하여 실행 데이터를 캡처할 수 있습니다. 그러면 작업자의 역량 레벨에 맞게 조정된 시각적 디지털 작업 지침을 활용할 수 있습니다.
- 작업 현장과 공장 레이아웃을 재조정하여 공장의 작업 방식을 결정할 수 있습니다.

위에 나와 있는 분야 이외의 타 분야도 추가로 개선할 수 있습니다. 구체적으로는 데이터 품질과 연속성 개선, 작업 시간 단축 및 비용 절감, 협력업체와의 원활한 통합, 전반적인 시스템 유연성 개선 등의 이점이 제공됩니다.



Eric Horn(MicroVention)이 제시하는 효율적인 프로젝트 시작 방법:

분야를 막론하고 프로젝트를 시작하기란 쉽지 않습니다. 처음에는 간단하게 완료할 수 있을 것 같았는데 업무 범위 외 작업이 계속 발생하는 프로젝트도 있습니다. 커넥티드 엔터프라이즈 시스템 관련 작업을 진행할 때는 기본적으로 간단한 프로젝트부터 시작하여 관련 정보를 파악하고 진행 방식을 적절하게 조정하면서 프로젝트 범위를 확장하는 것이 좋습니다. 프로젝트를 시작할 때는 최소한의 실행 가능 제품을 정의하는 기준을 작성하여 해당 제품을 빠르게 개발한 후 생산을 진행해야 합니다.

단계별로 프로젝트를 진행하려는 경우 고려할 수 있는 대표적인 시나리오는 다음과 같습니다.

- Windchill에서 ERP 시스템으로 부품/품목 데이터 전송
- BOM 전략 결정 및 버전 계층 구조 확인
- BOM 데이터(첫 번째 레벨)를 포함하도록 부품/품목 메시지 업데이트
- 누락 속성을 확인하여 ERP에서 부품/품목의 원가를 적절하게 계산
- 원가 계산 시 정보 회람을 진행해야 한다면 회람과 작업 지침 생성을 위한 공정 계획 전략 결정
- 원 계산 속성을 포함하도록 부품/품목/BOM 메시지 업데이트

앞에서도 언급했듯이, 간단한 프로젝트부터 시작하여 최신 상태의 시스템을 완성해야 합니다. 팀이 추가 기능을 계속 개발하면 공정은 갈수록 복잡해지지만, 그만큼 공정을 더 자세히 파악할 수 있으므로 장기적으로는 이점이 제공됩니다.

업계의 다양한 제조업체 사용 사례에서도 확인된 바와 같이, 프로젝트를 원활하게 진행하려면 시스템 및 공정 레벨에서 PLM/MES/ERP의 기본적인 개념을 파악하고 있는 "시스템 설계자"를 지정해야 합니다. 다양한 실무 팀이 공정과 시스템 전달 방식, 데이터 요구 사항, 개인별 담당 업무 및 각 시스템에 저장되는 정보를 협상해야 합니다. 이 협상 프로세스에서는 지정된 설계자가 팀 간의 논의를 중재하며 보유한 전문 지식 및 전문가적 판단에 따라 필요한 사항을 결정하게 됩니다.

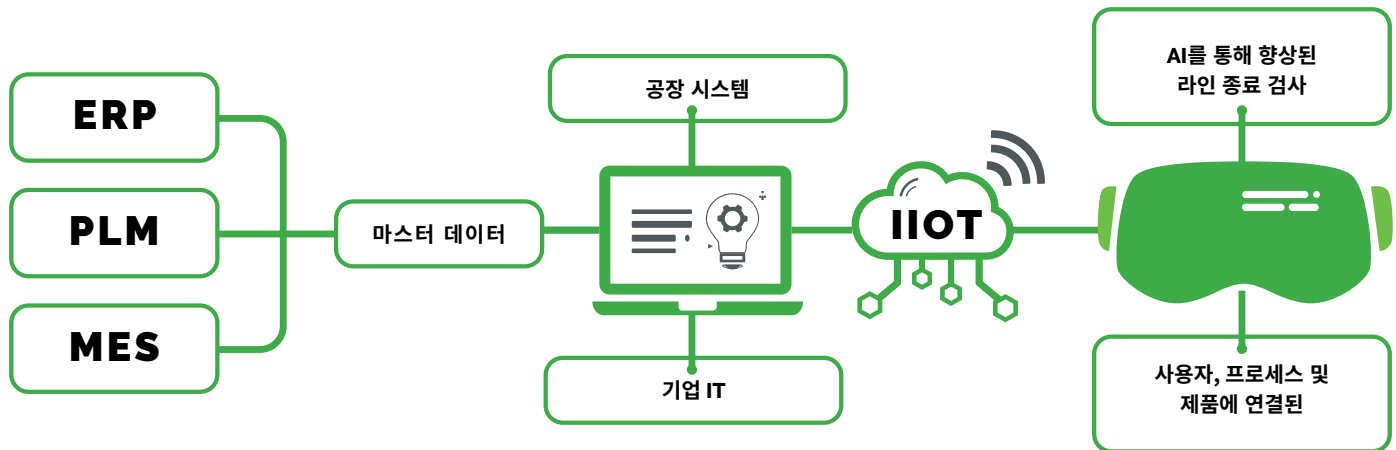
프로젝트용 인터페이스와 공정을 집중 개발한 Solar Turbines는 제조 엔지니어가 여러 시스템 간을 전환할 필요 없이 엔지니어링 작업을 완료하도록 지원할 수 있었습니다. 즉, 제조 엔지니어는 더 이상 PLM 시스템과 ERP 시스템 둘 다에서 작업을 할 필요가 없습니다. 그리고 ERP에서 디지털 스레드 활용을 지원한 Microvention에서는 공식 승인된 기록을 ERP로 전송함으로써 규제 준수 관련 위험을 줄이고 있습니다.

즉, Solar Turbines와 Microvention은 사용자가 ERP에서는 데이터를 조작할 수 없도록 했습니다. 가령 BOM은 PLM에서만 게시할 수 있습니다. 그리고 새 항목 생성 기능도 없었습니다. 다운스트림 책임자는 원가 계산 항목(프롬프트 유형)만 생성할 수 있습니다. 이를 통해 부품/항목의 신뢰할 수 있는 정보 소스를 설정할 수 있었습니다. 요약하자면, 인터페이스를 만드는 동시에 사용자가 다운스트림에서는 데이터를 생성/수정하지 못하도록 한 것입니다. 기업 내에는 업무상 필요하다는 이유로 정보 저장 시스템을 무시하고 정보를 직접 생성하거나 수정하려는 사용자가 많습니다. 실제로 긴급한 상황이 발생했을 수도 있지만, 직원들이 표준 프로세스를 무시하면 기업에 막대한 비용이 발생할 수 있습니다. 품질 관련 이슈가 급속도로 진행될 수 있으며 해당 이슈로 인해 더욱 많은 비용을 야기하는 오류도 발생할 수 있기 때문입니다. 그러므로 "금지된 작업"은 하지 않는 것이 좋습니다.



인더스트리 4.0 및 이후 단계

디지털 방식으로 증강된 작업 지침, 가상 빌드, 적절한 교육, AI를 통해 향상된 검사 양식 등의 인더스트리 4.0 기능을 대규모로 신속하게 구현한 후에는 디지털 스레드를 IIoT 플랫폼에 통합하면 차세대 기술을 활용하여 커넥티드 방식으로 업무를 수행하는 작업자를 지원할 수 있습니다. 즉, 장비의 실시간 정보와 설명서, 가이드, 설계 데이터를 작업자에게 제공할 수 있으므로 작업자가 효율적인 방식을 통해 자율적으로 작업을 진행할 수 있습니다. 디지털 스레드를 통합하면 커넥티드 방식으로 업무를 수행하는 작업자가 지원을 요청하거나, 교육 설명서를 일일이 확인하거나, 장비 가이드와 카탈로그를 참조할 필요가 없습니다. 신뢰할 수 있는 단일 데이터 정보 소스인 커넥티드 시스템에서 필요한 정보를 모두 확인할 수 있기 때문입니다.





디지털 트윈을 활용하여 지속적인 분석 수행

1. IIoT 플랫폼에서는 MES를 "인텔리전스 시스템"으로 확대 활용할 수 있습니다. 즉, MES가 신뢰할 수 있는 정보 저장 시스템 역할을 하면서 특정 작업을 가장 원활하게 실행할 수 있는 방식으로 일관되게 처리합니다. 하지만 MES 자체에서 변경을 시작하거나 제어하지는 않습니다. 반면 IIoT 플랫폼은 동적 최적화를 통해 프로세스를 지속적으로 개선하는 "고속 인텔리전스 시스템"으로 사용됩니다.
2. IIoT 플랫폼에서는 작업 현장 작업자용 역할 기반 응용 분야(예: 실시간 작업 지침 제공/실행, 문제 보고, 성능 분석, 품질 검사)를 포함하도록 MES 및 PLM의 범위가 확장됩니다. 제품은 갈수록 복잡해지고 인력 부족 현상도 심화되고 있는 오늘날의 제조 환경에서는 일선 작업자가 수행하는 업무나 작업의 구체적인 요구에 맞게 조정된 사용자 경험을 제공해야 합니다. 복잡한 제품 어셈블리 라인의 경우 100가지가 넘는 작업 단계가 진행되는 경우가 많으며 개별 제품의 특성도 제각각일 수 있으므로 단계별로 사용되는 재료, 기계, 도구, 방법, 기술도 달라질 수 있습니다.
3. 프로세스에서 모니터링과 제어를 주로 수행하는 경우에는 IIoT 플랫폼을 통합하여 MES의 범위를 확장함으로써 기존 MES 대응으로 활용할 수 있습니다. MES에 비해 우수한 구현 속도와 비용 효율성 등의 이점을 제공하는 IIoT 플랫폼을 MES의 실행 가능한 대체물로 활용할 수 있습니다. 대부분의 경우(특히 수십 개의 공장을 운영 중인 대형 제조업체의 경우)에는 하이브리드 MES 방식이 가장 효율적일 수 있습니다. 즉, 특히 실행 과정에서 공장의 모든 핵심 기능을 사용해야 하며 단결정 구현이 가능한 현장에서는 모든 기능을 갖춘 MES를 활용하되 그 외의 현장에서는 IIoT를 MES의 대체물로 활용할 수 있습니다.



설계와 제조 과정을 통합한 VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT(VOLVO CE)

Volvo CE는 PTC Windchill을 활용하여 신뢰할 수 있는 정보 소스를 확립했습니다. 즉, 전체 제품 수명 주기에서 활용 가능한 제품 데이터를 확인할 수 있는 위치를 마련한 것입니다. 그러므로 이제는 모든 작업에서 제품을 개선할 수 있으며 공동의 지식을 축적할 수 있습니다. 또한 Volvo는 신제품과 기존 제품 관련 부서별 공동 작업 방식을 개선하고 품질을 높이기 위해 수동 작업 전달 방식을 없애고 있습니다.

Volvo CE는 Windchill을 사용해 3D 모델 기반 설계 분야와 관련된 작업의 효율성을 높임으로써 다음 요소를 더욱 효율적으로 관리할 수 있습니다.

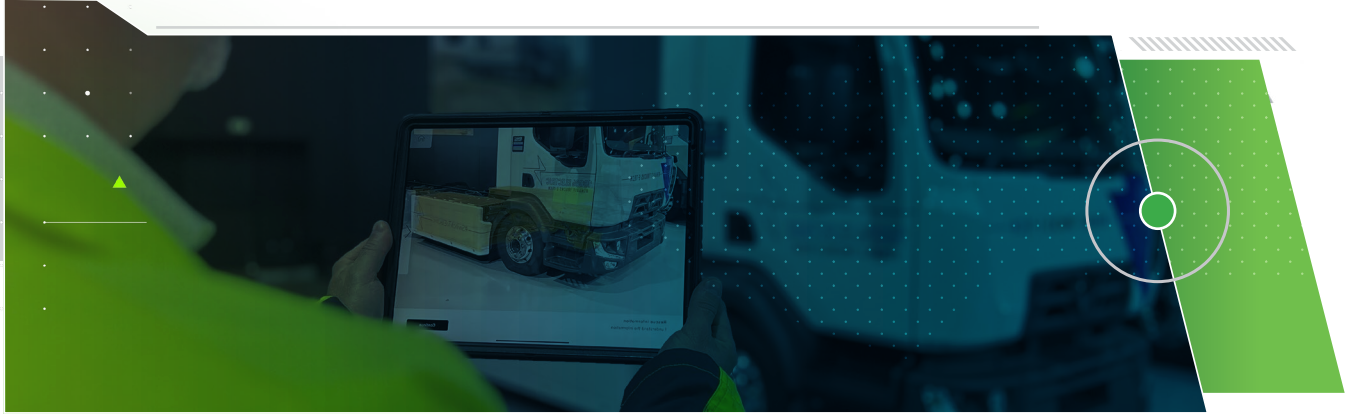
- 제품 구조: Volvo CE 제품 전략에 명시되어 있는 신제품 아키텍처를 관리할 수 있습니다.
- 커뮤니케이션: 제품 정보를 제공하는 디지털 스레드를 '공통 언어'로 활용함으로써 커뮤니케이션 및 공동 작업을 더욱 원활하게 진행할 수 있습니다.
- 제품 데이터: 제품 정보를 더욱 쉽게 캡처 및 보존할 수 있으므로 팀이 공통 데이터 세트로 작업을 할 수 있습니다.
- 데이터 구조: Windchill을 사용하는 경우 엔지니어가 이미 개발 중인 3D 데이터를 전체 제품 수명 주기 전반에서 재사용할 수 있습니다.

효율성 개선

Windchill PLM을 도입한 결과 가상 제품 설정 과정에서 업스트림의 작업 프로세스는 변경되지만 다운스트림의 물리적 제품 생산 관련 작업량은 감소합니다. 그 결과 Volvo에서 mBOM을 활용하는 제품 유지 관리 및 프로젝트 성공률이 높아지고 있으며 구현도 더욱 쉬워졌습니다. 또한 시각화도 추가로 제공되므로 특정 솔루션을 더욱 쉽게 구상 및 정의할 수 있습니다.

또한 Volvo CE는 Windchill PLM을 활용하여 필요한 수동 작업의 양을 줄일 수 있었습니다. 또한 설계자는 생산을 준비할 때 개발 과정에 대한 영향을 별도로 검증할 필요가 없어졌습니다.

- Volvo는 제조가 진행되기 전에 수행되는 제품 데이터 제어 과정을 마련했습니다.
- 제품은 PLM에서 완성된 후 ERP 및 MES로 전달됩니다.
- 제품을 생산 준비 단계에서 변경하는 것보다 실제 제품을 변경하는 것이 훨씬 더 비용이 많이 발생합니다.
 - Volvo CE는 엔지니어링 변경 공지 효율성이 30% 높아질 것으로 예상하고 있습니다.
 - 모든 책임자는 제품 변경 관련 공동 작업을 수행하여 다운스트림에 대한 영향을 평가할 수 있습니다.



품질 불량 비용 감소

앞에서도 설명했듯이, 수동 작업을 줄이면 비용이 많이 발생할 수 있는 인적 오류 가능성도 자연스럽게 줄일 수 있습니다. 또한 개발 과정에서 설계자와 제조 엔지니어가 더욱 활발하게 상호 작용을 할 수 있습니다. 즉, 이전에는 서로 격리되어 있던 팀이 이제는 서로 협력하여 초반 단계에서 문제를 파악하고 구성 규칙이 정확하게 정의되었는지를 확인할 수 있으므로 오류를 줄일 수 있습니다. 이 작업과 관련하여 Volvo CE에서 달성 가능할 것으로 예상하는 성과는 다음과 같습니다.

- 현재 상태(데이터 품질 불량으로 인해 전체 제품 중 30% 정도가 잘못 구성됨)에 비해 작업 지침 30% 감소 가능
- 제품 출시 이후 브랜드 평판을 높이고 서비스 비용(보증 및 수리)을 줄일 수 있을 것으로 예상됩니다.

제품 비용 절감

Volvo CE는 PLM을 통해 조기에 시스템을 평가하고 비용 효율적인 솔루션을 설계할 수 있습니다. 실제로 Volvo CE는 개선된 작업 및 준비 방식을 도입함으로써 효율성을 1.4% 높일 수 있을 것으로 예상하고 있습니다.

시장 진입 시간 단축

제조 엔지니어링이 전체 프로세스의 초기 단계에서 진행되며 작업이 프로세스에 매우 체계적이며 명확하게 연결됩니다. 따라서 제품 준비 활동과 관련하여 여러 프로젝트와 현장 간에 설계자와의 더욱 효율적인 공동 작업이 가능해집니다.

PLM을 사용하는 경우 준비 작업을 수행할 때 시스템에서 여러 제품 허브를 사용할 수 있으며 가상 빌드도 가능합니다. 그러므로 책임자가 전체 개발 프로세스에서 공유 데이터를 통해 피드백을 제공할 수 있습니다. 공유 데이터는 책임자의 역할 및 요구에 따라 각기 다른 보기에 표시됩니다.

사내/사외 협력업체, 수출 규제 준수 담당자, 그리고 제품 라이프 사이클 전반에 참여하는 기타 책임자들과 프로세스 초반에 지속적으로 공동 작업을 진행할 수 있으므로 시간도 절약됩니다.



기고자 소개

V. Dr.-Ing. Christian Willmann

Vaillant Group 비즈니스 응용 프로그램 PLM 부문 책임자

디지털 제품 개발 분야에서 20년 이상 일해 온 PLM 전문가인 Christian은 원래 자동차 주문자 상표 부착 생산(OEM) 및 1티어 협력업체와 A&D(항공 우주 및 방위 산업) 업계의 다양한 PLM 솔루션 담당 컨설턴트였습니다. 2015년 Vaillant Group에 입사했으며 현재 PLM 프로세스 및 관련 PLM 소프트웨어 운영 사업부 담당자를 맡고 있는 Christian은 기계 공학 학사 학위와 디지털 팩토리 석사 학위를 보유하고 있습니다.

Amir Mazoochi

리서치 및 제품 개발 부문 기술 전문가(Seagate Technology 출신)

조직의 엔지니어링 작업, 이니셔티브 및 인력 감독 분야에서 오랜 경력을 보유한 기술 책임자인 Amir는 조직의 혁신 전략 지원, 리서치/제품 개발, 라이프 사이클 관리, 프로세스/기술, 디지털 혁신 이니셔티브 추진 등의 다양한 분야에서 일하면서 팀워크 지원, 책임 소재 정의, 지속적인 개선 등을 담당해 왔습니다. 그리고 고객이 목표를 달성하는데 필요한 분석 및 문제 해결 기술과 원활한 경험을 제공하고 있습니다. 특히 변경 관리를 지원하면서 여러 분야의 담당자가 포함된 팀을 효율적으로 구성하는 능력이 뛰어납니다. 유용한 결정 지원 시스템 개발/구현과 신규 PLM 솔루션 출시 과정에 참여해 온 Amir는 다양한 기업의 수익과 생산성 개선 과정에 크게 기여했습니다.

Eric Horn

MicroVention IT 부문 기업 설계자

까다로운 직책을 다수 역임하면서 우수한 능력을 발휘해 온 솔루션 개발 전문 시스템 설계자인 Eric은 복잡한 이슈를 분석하여 생산성과 효율성을 대폭 개선할 수 있는 독창적이고 유용한 해결책을 제시합니다. 그리고 복잡한 프로젝트에 관련 분야의 전문가로 참여하여 획기적인 프로세스를 개발하는 동시에, 최고의 인재들이 참여하는 팀과 협력하여 프로젝트를 진행할 수 있습니다. 디지털 혁신 분야에서 다양한 경험을 쌓은 실무 책임자인 Eric은 기업이 조직 전반의 다양한 제조 부문(소비자 제품, 셀룰러 전자 제품, 항공 우주 및 방위, 산업 장비, 의료 기기 등) 내에서 디지털 스레드를 확장하는 과정을 지원하고 있습니다.



DIGITAL TRANSFORMS PHYSICAL

자세한 정보가 필요하신가요?

[PTC에 대해 자세히 알아보기](#)

© 2023, PTC Inc. All rights reserved. 본 문서에 기술된 내용은 정보 제공 용도로만 제공된 것으로 사전 통지 없이 변경될 수 있으며 PTC의 보증, 약속, 조건 지정 또는 제한으로 해석되어서는 안 됩니다. PTC, PTC 로고 및 모든 기타 PTC 제품 이름과 로고는 미국, 대한민국 및 기타 국가에서 PTC 및 혹은 그 자회사의 상표 또는 등록 상표입니다. 그 외 모든 제품 또는 회사 이름이나 로고는 해당 소유자의 재산입니다.

347750 Connected Systems (PLM, ERP, MES) Whitepaper

DIGITAL TRANSFORMS PHYSICAL