

자동차 생산 시스템의 기술 현황

- 사례를 중심으로 -

The technical state of Automotive production system

강 무 진
M. J. Kang



강 무 진
· 1954년 10월생
· 정회원
· 성균관대학교 기계공학부
· 생산시스템 연구실
· CIM, Production Control,
EDB, 품질공학

1. 머릿말

생산이란 일반적으로 설계에서 생산 기술, 생산관리, 그리고 가공과 조립, 검사에 이르는 활동을 말한다. 즉, 영업, 회계, 인사 등의 사무, 관리 업무를 제외한, 고객의 요구가 제품으로 구현되는 전과정을 생산 활동이라 일컬을 수 있다. “주문에서 출하까지”의 이 생산과정은 설계에서 시작되어 공정 설계, 생산 준비 및 관리로 이어지는 정보의 흐름과 원자재 및 반제품의 입고에서부터 가공, 조립, 출하 검사로 흐르는 자재의 변환 과정으로 표현될 수 있다. 이 두 가지 관점은 물론 땀과 땀이 없는 긴밀한 연계 하에 놓여 있는 “시스템”으로 이해되어야 하고, 생산 시스템론의 의미도 여기에 있다 할 것이다. 소재로부터 제품으로의 물리적 변환 과정을

제조라 할 때, 제조 시스템은 그림 1과 같이 에너지 시스템, 가공, 조립 시스템, 물류 시스템, 그리고 정보 시스템으로 구성되고, 물류 시스템은 다시 창고 시스템, 운반 시스템, 핸들링 시스템으로 이루어 진다.

한 편, 자동차의 제조 과정은 그림 2에 간략히 도시된 바와 같이 크게 유니트 생산과 차체 조립으로 이루어 지고, 차체는 박판 성형에서 용접, 도장, 조립의 단계로 생산된다. 연간 수십만대 규모의 생산량을 갖는 자동차의 제조 시스템은 그림 2의 각 단계에 적절한 공장들로 구성되고, 이 들은 각각 특성에 맞게 적정 수준의 생산성과 유연성, 그리고 원가 구조를 갖는 시스템을 보이게 된다.

본 稿에서는, 자동차 생산의 시스템 전략적인 측면과 유니트 및 차체의 가공, 조립 시스템에 관한 기술 현황을 사례 중심으로 고찰하고자 한다.

2. 린 생산 방식

세계 자동차 업계의 경쟁력을 비교, 분석한 MIT의 보고서 “The Machine That Changed

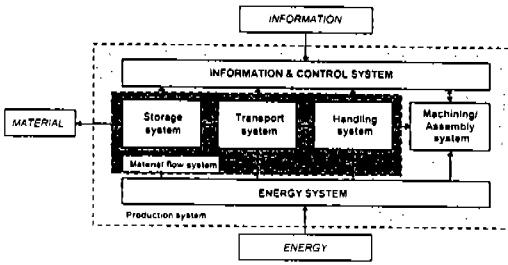


그림 1 제조 시스템의 구성 개념도¹⁾

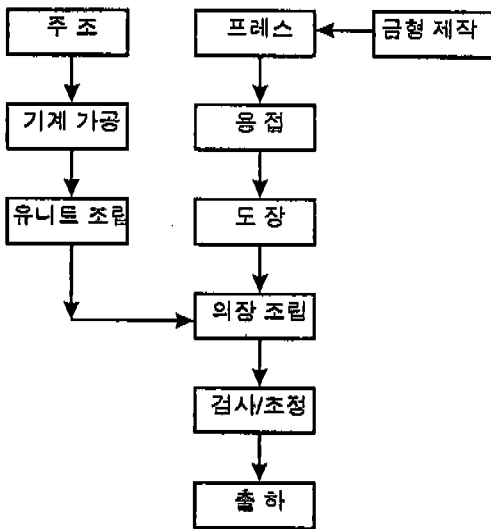


그림 2 자동차 제조의 단계

The World”에서 효율적인 생산체제를 갖춘 경쟁력 있는 회사들은 대체로 군살이 없고 (lean), 비효율적인 회사들은 경직(robust) 되어 있다고 기술한 이래, 자동차 업계에서도 린 생산 방식(Lean Production)은 큰 관심사가 되고 있다^{2,3,4)}. 린 생산 방식은 “영업, 제품 개발, 생산 기술, 자재, 물류, 제조, 인사, 판매 등 제조업의 모든 부문을 全社的인 관점에서의 조화된 업무 프로세스 사슬(Process Chain)로 편성함으로써 인건비와 투자비, 제공 비용을 극소화시키고, 값싸고 좋은 품질의 제품을 생산, 공급하고자 하는 기업 전략”으로 정의된다. 여기서, 업무 프로

세스 사슬 내의 어떤 특정 부문을 개별적으로 린(lean)화하는 것은 적지 않은 경우 영양실조를 일으켜 생산시스템을 엉망으로 만들 위험이 있다. 즉, 전체적인 관점에서 조화된 린화가 성공의 전제 조건이라는 것이다. 이를 위한 린 생산시스템의 구성은 다음과 같다.

- 생산 구조, 레이아웃, 물류의 기술적인 군살빼기 구성
- 생산 조직, 업무 흐름, 자재 수급, 설비 보존, 정보의 흐름 등 생산 체계의 분산화 구조
- 무결함주의(Zero Defect Principle) 품질 전략의 적용
- 기술 및 관리 부문의 전문적 및 범전문적 자질 향상
- 사용중인 모든 프로그램과 정보 및 업무 흐름의 시간적 同調(Synchronization)
- 모든 업무 프로세스와 업무 흐름의 지속적 개선 운동 일상화

결국, 가장 중요한 것은 종업원의 자질과 동기 부여, 그리고 생산 과정에 관여하는 모든 요소의 연속적인 목표 지향적 단순화인 셈이다. 예를 들어, 어느 부품을 단순한 구조로 설계할 수 있다면 조립 공정이 용이하게 되어 조립 효율을 높일 수 있을 뿐만 아니라, 금형의 구조도 간단해 질 수 있어 금형 교환 시간이나 수명 및 품질 수준도 높일 수 있는 것이다.

그림 3은 자동차의 도어나 지붕과 같은 차체 박판 구조물 생산의 전형적인 레이아웃을 보여 준다. 프레스 라인은 짧은 사이클타임으로 로트 생산을 하며, 로트가 바뀌면 금형을 교환하는 셋업을 통해 새로운 작업을 소화해 낼 수 있다. 조립 라인은 연속적으로 작업이 이루어 지는 데 비해 부품은 로트 단위의 단속적 생산이 이루어 지므로, 프레스 라

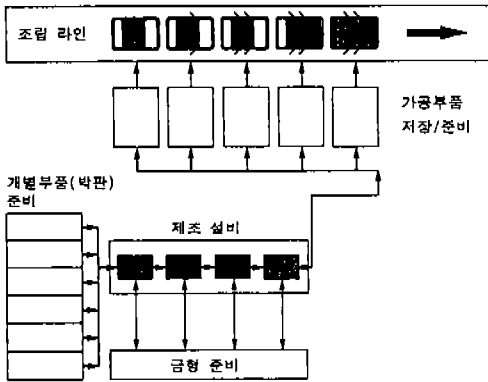


그림 3 종래의 생산 방식(도어류의 예)

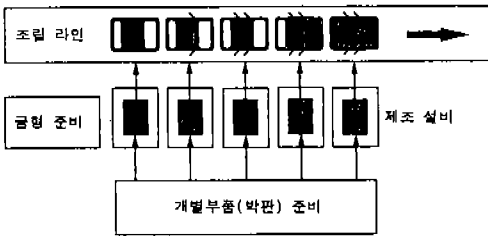


그림 4 린 생산 방식(도어류의 예)

인은 다기능 고성능 설비를 갖추어야 하고, 부품은 중간 저장 과정을 거쳐 조립에 투입되어야 한다. 이와 같은 구성에서는 프레스 라인이 반드시 조립 라인 가까이 위치해야 할 필요는 없지만, 높은 재공과 복잡한 물류, 그리고 이에 따른 높은 유지보수 비용과 제어 비용이 불가피하게 된다.

반면에, 린 생산방식의 레이아웃(그림 4)에서는, 각 박판 부품에 대하여 프레스 설비를 조립 위치 가까이 바로 설치하여 조립 사이클타임과 같은 속도로 연속적으로 부품을 생산, 공급하게 된다. 즉, 공장 내에서의 부품의 Just-In-Time 생산이라 할 수 있을 것이다. 이와 같은 린 방식의 평행 구조에서는, 설비에 대한 투자비는 다소 증가하지만 운반과 재공, 흐름 생산에 의한 물류의 단순화 등이 종래 방식에 비해 훨씬 유리하다. 한

가지 결정적인 요소는, 제조 설비들이 그물 조직으로 짜여져 同調되어 있으므로 설비 운용의 신뢰성이 보장되어야 한다는 것이다. 따라서, 설비의 단순화를 통한 신뢰성 제고 노력과 예방적 보존(TPM), 그리고 생산기술의 중요성이 각별히 부각된다. 여기에 기술한 예는 Volkswagen社의 실제 사례에서 따온 것이며, Volkswagen社는 린 생산 방식 적용을 통해 White Body Shop의 차량 한대당 소요 공장 면적을 60% 이상 줄일 수 있었다고 한다³⁾.

3. 첨단 금형 제조 시스템

자동차 개발 기간에 있어 금형 개발이 차지하는 비중이 큼은 말할 나위가 없는 가운데, 도요다社는 도요다 자동차의 기술적인 한 단계 점프를 이룬 렉서스(Lexus) 개발에 맞추어 고속 고정밀 금형 생산 시스템을 구축하였다. 이 시스템은 형상의 굴곡이 심하고 부품 수가 외판 패널에 비해 10배 가량이나 많은 내판 패널 금형을 가공 정밀도 20 μ m로 연중 무휴 생산할 수 있는 유연생산시스템(FMS)이다(그림 5). 10일간의 장기 휴가 기간 중에 무인 운전이 가능하고, 연간 실가동률 80% 이상을 유지하며, 절삭속도 4m/min과 생산준비 시간 60% 단축 등을 달성하기 위하여 동원된 기술은 CAD/CAM에서부터 생산시스템 설계 기술, 적응 제어 기술, 절삭 가공 기술, 운전 관리 기술 등 생산공학의 제 기술이 막라되어 있다. Bilinear Patch Approximation을 이용한 공구 경로 계산의 신속화, 그리고 필렛(Fillet)이 많은 내판의 특성에 맞춰 필렛의 자동 생성 기능 등을 개발하여 NC프로그램 준비 시간을 단축하였고, Concave Edge에 따른 절삭법과 등고선 윤곽 가공법의 적용 및 In-Process 이송속도

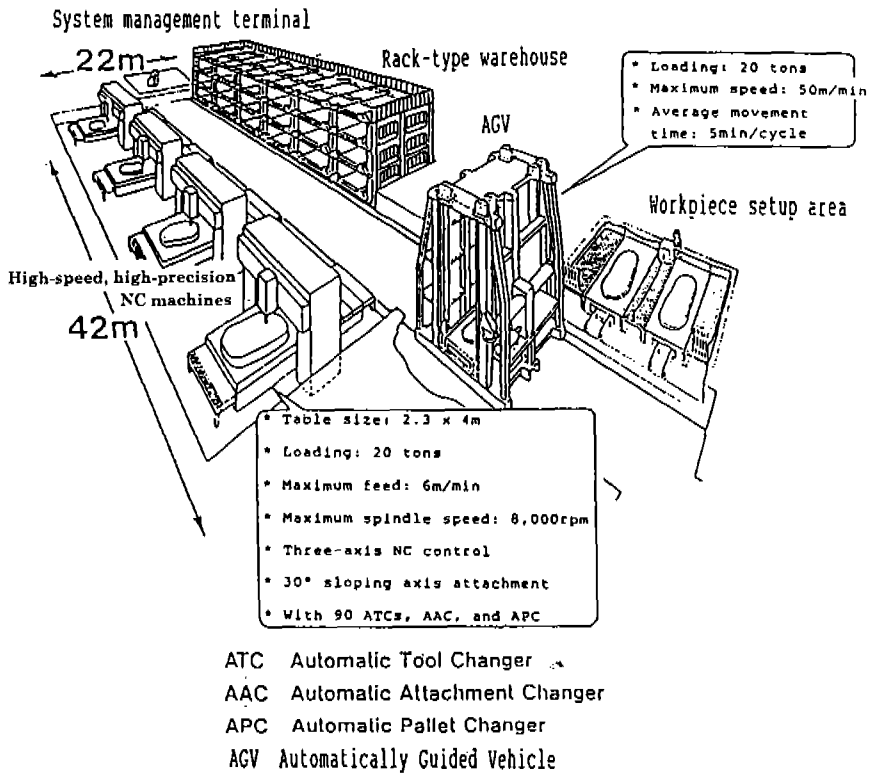


그림 5 고속 고정밀 금형 생산 시스템 구성도

적용 제어를 구현을 통하여 가공 효율 향상을 이루었다.

또한, 가공 정밀도 향상을 위하여는 공작 기계에 크로스레일 정적 변형 보정과 In-Process 열변형 보정 기구를 장치함과 동시에 공작물의 고정밀 위치 결정 기구 등을 개발하였다. 이 연중 무휴 첨단 금형 제조 시스템에 집적된 기술들을 정리하면 표 1과 같다. 이 시스템에 의한 효과는 연간 가동시간 7450시간(85%) 달성, 생산성 2배, 생산준비 및 가공의 리드타임 60% 단축, 가공 정밀도 20mm 및 절삭 속도 4m/min 성취 등이다.

4. 유닛 가공,조립 시스템

자동차의 모델 변경이 가속화됨에 따라 생산시스템의 유연성에 대한 요구도 증대되어, 엔진 부품, 변속 기어 박스, 입출구 매니폴드 등 각종 유닛 및 부품의 가공과 조립에 있어서도 고생산성과 동시에 고유연성을 갖춘 시스템이 점차 확산되고 있다.

일찌기 그룹 생산 등 생산시스템의 새로운 개념에 관한 왕성한 실험 정신으로 정평이 있는 Volvo社는, 종래에는 불가능하게 여겨졌던 다양한 종류의 엔진을 단납기에 생산할 수 있는 자동 가공,조립,핸들링 시스템을 완

표 1 첨단 금형 제조 시스템의 개발 기술

목표 개발 기술	생산성 향상, 생산준비 및 생산 시간 단축			高精度化
	연간 무휴 운전에 의한 설비 가동 시간 연장	가공 효율 향상	생산 준비 시간 단축	가공 정밀도 향상
CAD/CAM 기술	공구계의 간섭 자동 체크	Milling along Concave Edge Milling along Contour Lines	자동 필렛 생성 공구 경로 계산의 고속화 및 신뢰성 향상	
생산시스템 설계 기술	설비 구성 및 레이아웃 설계 신뢰성 설계	Production Control System 설계		
구성 요소 기술	AGV에 의한 공작물 반출입	고속 주축 드라이브		구동계의 고정도화 기계 구조체의 정적 변형 보정 고정도 위치 결정
기계 제어 기술		In-Process Feed Rate Control 고속 NC		In-Process 열변위 보정
가공 기술	공구 성능 향상 절삭 조건 최적화	Milling along Concave Edge Milling along Contour Lines 경사축 가공		
운전 관리 기술	공구 관리 생산 모니터링시스템 운전 관리 S/W 설비 보존/관리	공작물 반송 관리	작업 준비 및 가공의 일정관리 (Scheduling)	精度 관리

성하여 가동 중이다⁵⁾. 약 260대의 무인운반차(AGV)와 6개의 스택커크레인이 있는 자동 창고, 3개의 추가적인 소형 저장 시스템, 그리고 복잡한 컨베이어 시스템과 제어 시스템으로 구성되어 있는 이 플랜트는 4기통, 5기통 및 6기통 엔진을 연간 40만개 생산할 수 있다. 입고 영역에 컨베이어를 타고 공급된 부품은 크기와 무게에 따라 분류되어 자동 인식을 위한 바코드가 부착된다. 이들을 장착한 팔렛들은 7,500개의 팔렛 사이트를

가진 자동창고로 이송되어 스택커크레인에 의해 저장되고, 소형 부품들은 표준화된 상자에 넣어져 소형 저장 시스템에 저장된다. 지면 상에서의 이송은 세 가지 종류의 AGV에 의해 이루어 지는 데, FMS 영역에서 폐회로를 따라 움직이며 머시닝 센타 간의 물류를 구현하는 20개의 AGV와, 최종 엔진 드레싱에 이용되는 220개의 AGV, 그리고 캄샤프트와 크랭크샤프트, 플라이 휠 등을 가공 영역에서 기본 엔진 조립 영역으로 운반하

는 18개의 쌍펠릿(Twin-load) AGV가 그들이다. 쌍펠릿 AGV는 표준 펠릿 뿐만 아니라 소형 부품의 플라스틱 상자도 펠릿에 장착하여 기본 조립 영역과 키트 준비 영역 및 선조립(Pre-assembly) 영역으로 공급한다(그림 6). AGV의 모니터링 및 제어 시스템은 소요 부품이 적시에 Just-In-Time으로 소요처에 공급되고 조립 영역에서의 부하가 평균화 될 수 있도록 최적화 기능을 수행하는 한편, 쌍펠릿 AGV의 펠릿 쌍이 최적이 되도록 계획하고, 전체 AGV의 상태와 경로를 감시한다. 기본 엔진 조립에서는 두 개의 평행한 전자동 라인이 엔진 블럭 내에 캠샤프트와 크랭크샤프트, 피스톤 등을 장착하는데, 적은 로트 생산에도 대응할 수 있도록 설계되어 있다. 소형 저장 시스템은 기본 엔진 조립과 최종 조립 간의 흐름을 맞추는 완충 역할을 한다. 전술한 220대의 AGV는 각각 제어 시스템이 발행하는 조립 오더에 따라 저장 시스템의 컨베이어 출구에서 해당되는 키트 박스를 받은 후 버퍼 영역으로 가면, 갠트리 로봇이 오더에 맞는 기본 엔진을 AGV에 올려 준다. 최종 조립 영역은 각각 10명

내지 12명의 작업자로 이루어진 12개의 팀으로 구성되어 있다. 각 팀이 작업을 요청하면, AGV가 이동하여 오고, 작업자들은 AGV를 작업대로 삼아 키트 박스에 있는 시동 모터, 서어보 펌프, 와이어 등을 기본 엔진에 장착하여 엔진을 완성한다. 이 때, 작업자는 AGV의 제어반을 조작하여 작업대의 상하운동, 회전,틸트 운동 등을 이용하면 최적 작업 위치를 설정할 수 있게 된다. 완성된 엔진을 실은 AGV는 테스트 스테이션으로 가서 소음, 누설 등의 시험을 거쳐 필요한 조정까지 마치면 선적 영역으로 가서 엔진을 하적하고 다시 키트 박스 버퍼 영역으로 돌아 와서 다음 작업을 위해 대기하게 된다.

이 첨단 엔진 공장의 제어 시스템은 다음의 5계층 구조로 LAN에 의한 분산 시스템으로 되어 있고, 그 구성은 다음과 같다.

- 5계층 : 오더, 구매 및 견적
- 4계층 : 자재 관리
- 3계층 : 일반 공정 제어
- 2계층 : 국부적 공정 제어
- 1계층 : 국부적 핸들링 장치 제어

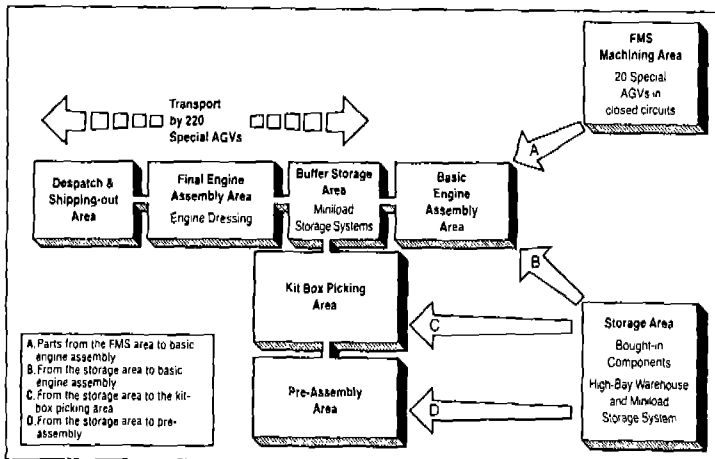


그림 6 엔진 유연 가공, 조립 시스템에서의 쌍펠릿 AGV의 네 가지 주기능

5. 차체 조립 시스템

차체 조립(용접) 라인에서의 유연성과 작업 정밀도 향상을 위하여 개발된 것으로 FBL(Flexible Body Line) 시스템이 있다. FBL은 종래의 셔틀이나 컨베이어에 의한 차체 이동을 지그 팰릿(Jig Pallet)으로 대체하여, 셋업을 용이하게 하여 여러 차종을 한 라인에서 혼류 생산함으로써 다품종소량 환경에 쉽게 대응할 수 있는 생산 방식이다⁶⁾ (그림 7). 또한, FBL에서는 모든 조립 공정이 동일 팰릿 위에서 이루어 지므로 품질 향상에도 크게 기여한다. FBL은 도요다와 GM과의 합병회사 NUMMI에서 채용되어 큰 성과를 거둔 NBL(New Body Line)을 다시 개량하여 도요다의 미국 공장 TMM에서 처음 적용되었고, 지금은 일본 내 대다수의 플랜트에 채용되고 있다. 우리나라에서도 일부 공장에 FBL 시스템이 설치되어 있다.

FBL의 특징은 차체를 태워서 이동하는 지그 팰릿에 있다. 팰릿은 차체 운반 기능과 동시에 고정장치 기능이 있고, 이를 위하여 그림 8과 같이 Under-Body Pallet, Side-Member Pallet, Left & Right Pallet, Lower-Back Pallet 및 RCU(Roof, Cowl, Upper-Back) Pallet 등으로 구성되어 있다. 이 팰릿들은 차종에 따라 미리 준비되어야 하고,

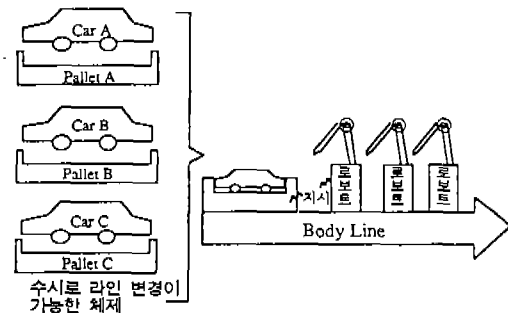


그림 7 혼류 생산을 쉽게 하는 FBL의 개념도

생산지시에 따른 팰릿 교환에 의해 라인 변경이 쉽게 이루어 질 수 있다. 팰릿에는 컴퓨터가 장착되어 있어 차종을 용접 로봇에게 알려 줄 수 있고, 이 신호에 의해 로봇은 방금 작업대에 도착한 차체의 종류를 인식하여 미리 준비되어 있는 프로그램을 작동하여 차종에 맞는 용접 작업을 수행한다. FBL 방식을 채용한 공장에서는 한 라인에서 4차종 이상의 혼류 생산이 가능하고, 도요다社의 경우 모델 변경시의 설비 휴지 시간을 종래의 1/5로 단축할 수 있었다고 한다. 즉, 차체 용접에 있어서 생산성과 유연성을 동시에 실현한 생산 시스템의 예인 것이다.

IBAS(Intelligent Body Assembly System)⁷⁾은 닛산 자동차의 인피니티(Infiniti) Q45 고급 세단 개발시, 조립 정밀도를 높이고 리드타임을 단축시키기 위하여 구축된 시스템으로 그림 9에 도시된 바와 같이 NC Locator와 45개의 로봇 지그, 그리고 30개의 센서로 구성되어 있다. 우선, 바닥과 옆 패널 등 8개의 차체 패널들이 임시 조립되어 오면, NC Locator는 용접 전에 이 부품들을 매우 정밀하게 조정하고 그 결과를 레이저 센서가 측정하여 로봇에 피이드백함으로써 용접 로봇의 운동이 적응적으로 수정될 수 있게 한

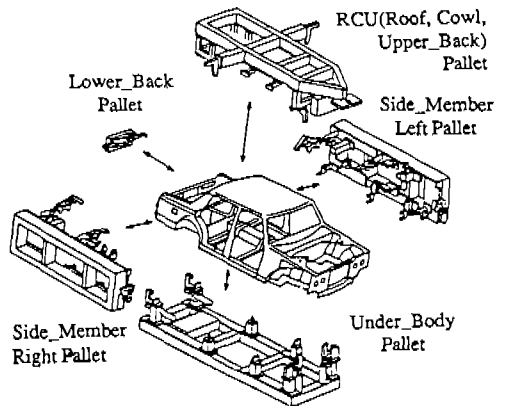


그림 8 FBL에 쓰이는 지그 팰릿의 구성

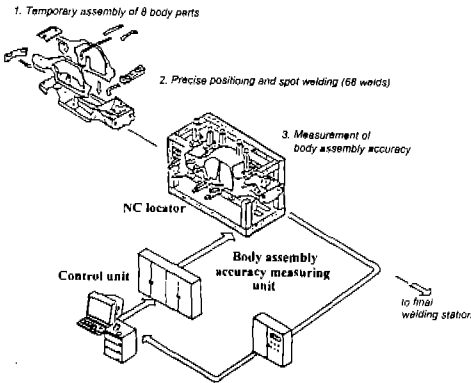


그림 9 IBAS(Intelligent Body Assembly System)의 구성도

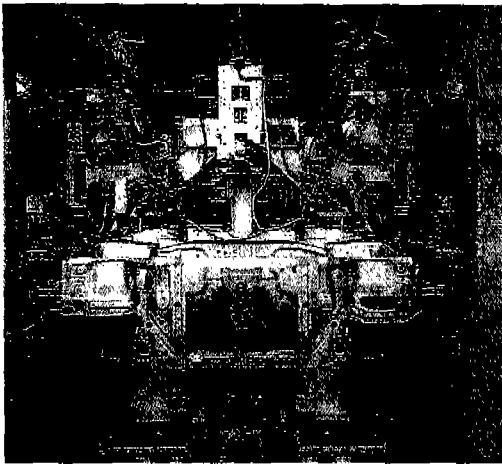


그림 10 IBAS의 핵심 요소인 NC Locator

다. 그림 10은 NC Locator의 작업 모습을 보여 준다. NC Locator 내의 로봇의 위치 정밀도는 0.1mm이고 이들에 의해 수행되는 용접점은 68개소이다. 이렇게 하여 다음 용접 스테이션으로 보내져 작업이 이루어 지기 때문에 매우 높은 조립 정밀도($\pm 0.5\text{mm}$)를 얻을 수 있다.

IBAS는 또한 3차원 CAD 시스템 및 시뮬레이션 시스템과 연동되어 있어, 오프라인 프로그래밍에 의한 로봇 제어 프로그램 생성

및 로봇 운동의 검증이 가능하고, 모델 변경 시 요구되는 것은 프로그램 변경 이외에는 아무것도 없어 대단한 고유연성을 제공하고 있다. 닛산에 의하면, IBAS는 4개의 차종을 동시에 작업할 수 있으며, 종래의 플랜트에서 10개월 이상 걸렸던 처음 라인업을 위한 시간이 3개월 이하로 줄었다고 한다. IBAS와 플랜트의 현재 사이클타임은 45초이다. IBAS 시스템을 비슷한 시스템을 먼저 구현했던 Volkswagen의 Emden 플랜트와 비교하면, VW의 로봇 반복 정밀도가 1~2mm인 데 비해 IBAS는 0.1mm, 조립 정밀도 0.5mm이고, VW는 220대의 로봇으로 일 1000대의 Passat 모델을 생산하는 데 반해 IBAS에서는 45대의 로봇이 월 3000대의 Infiniti 모델을 생산한다. 즉, 단순한 산술적 비교는 큰 의미가 없겠지만, 정밀도(품질)는 닛산이, 생산성은 VW이 더 좋을 수 있다⁸⁾.

차체 조립에 있어서의 또 하나의 이슈는 최종 의장 조립 라인에의 차량 서열 투입의 문제이다. 의장 조립은 차량의 옵션 사양에 따라 작업량에 차이가 생기므로 작업 부하가 평준화될 수 있도록 차량 투입 순서를 결정해야 하는 한편, 영업에서 요구하는 고객의 주문도 함께 고려해야 하는 어려움이 생긴다. 반면에, 의장 이전까지의 용접, 도장 공정에서는 옵션 사양에 큰 관계 없이 차종에 따른 관리만 하면 되므로 도장되어 나오는 차체를 의장 조립의 바람직한 순서로 조정하기 위한 PBS(Painted Body Shop) 또는 PBB(Painted Body Bank)를 운영하게 된다. 그러나, PBS 용량의 한계와 의장 라인에서 생기는 불확실성 때문에 이 차체 서열 공급 문제로 적지 않아 혼란스런 상황이 발생하곤 한다. 이 문제를 해결하기 위한 방법으로 포드(Ford)의 Wixom과 Saalouis

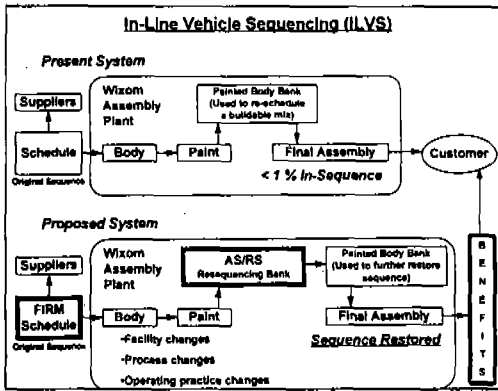


그림 11 ILVS(In-Line Vehicle Sequencing) 시스템 흐름도

플랜트에는 도장 공정과 PBS 사이에 추가적인 자동창고를 설치한 ILVS(In-Line Vehicle Sequencing) 시스템이 도입되었다 (그림 11). 종래의 경우 도장 공장에 도달하는 차체의 1~5%, 최대로 잘 관리될 경우 40% 정도 만이 원래의 순서를 유지하게 되는 데, 약 5시간 작업 분량인 250대 정도의 저장 능력을 갖는 자동창고를 이용함으로써 원래 순서를 충실하게 따르는 차량 투입이 가능하게 되어, 협력업체에게 5일분의 확정 물량 오더를 낼 수 있게 되었다고 한다⁹⁾. 또한, 보다 잘 평준화된 작업 지시와 그에 따른 작업장 레이아웃 개선, 그리고 동종 색상의 일괄 도장(Batch Painting) 작업 가능 등 많은 부대 효과를 이룰 수 있어 결과적으로 30,000ft²의 공간 절약을 이룰 수 있었다. Wixom 플랜트에서의 ILVS 투자액은 15,000,000 \$ 이었고, 차량 한 대당 13\$의 원가 절감 효과가 추정된다고 한다.

6. 맺는말

고베의 대지진과 협력업체의 화재 등 생산 외의 환경적 불확실성이 Just-In-Time 생산

방식에 큰 위협이 되고 있는 가운데, 도요다는 연간 200,000대 생산 능력을 갖는 미야다 플랜트에 유럽에서 시도되었던 그룹 작업장 개념을 도입하고 상당한 재고를 허용하는 생산시스템을 실험하고 있다¹⁰⁾. 종래의 자동차 공장 레이아웃과는 다르게 11개의 독립된 짧은(50~100m) 주 라인과 3개의 서브 라인으로 구성된 이 조립 공장에서는 각 라인이 동일 또는 유사한 작업만을 모아서 수행한다. 예를 들어, 모든 전기 배선은 동일 라인에서만 이루어 진다. 각 라인의 15~20명의 작업자들은 다른 작업(오더)이 지시되어도 그 작업의 유사성때문에 빨리 배우고 전문성을 심화할 수 있으며, 따라서 일정 계획과 작업 분배, 그리고 작업자의 결근, 병가에 대한 대처 등을 유연하게 할 수 있다. 라인 간의 작업 속도를 맞추기 위하여 작업자들은 일정량의 재고를 유지하도록 지시받고 감독받는다. 모든 재고는 손실과 악의 근원이다라는 도요다의 정신에서 보면, 이것은 대단히 혁명적인 발상이 아닐 수 없다. 전세계의 모든 업체들이 도요다를 배우고 모방하는 가운데 도요다 자신은 스스로 터득한 것을 졸업하고 새로운 시도를 하고 있는 것이다.

수만개의 부품으로 이루어 지는 자동차의 생산은 부품과 원자재 수배에서부터 부품 가공, 조립, 도장, 용접, 시험 등 수없이 많은 공정들로 이루어 진다. 모델당 적게는 수만, 많게는 수십만에 달하는 자동차 생산의 규모를 생각할 때, 그림 2에 기술한 제조의 각 부문에서 미약하게라도 효율 향상을 이룰 수 있다면 그 영향은 엄청나다 할 것이다. 근자에 CIM, CALS, 리엔지니어링, 린 생산 방식, 그리고 각종 자동화 기술과 생산 전략 들의 浮沈이 있었지만, 본 稿에서 소개한 사례에서 볼 수 있듯이 자기 자신에 맞는 최적의 생산 시스템은 스스로 찾고 탐구해야 할 것이다.

참고 문헌

1. Spur,G., *Fabrikbetrieb*, Carl-Hanser Verlag, Muenchen, 1994.(독일어)
2. Womack,J.P. et.al., *The Machine That Changed The World*(생산방식의 혁명, 현영석 譯, 기아경제연구소), 1991.
3. Hartwich,G., Wege zur schlanken Automobilfabrik, *Proceedings of PTK(Produktionstechnisches Kolloquium) '92*, pp.158~165, 1992.(독일어)
4. Krakowski,R., Lean Manufacturing : a control company perspective, *Automotive Manufacturing International*, pp. 31~36, 1995.
5. Wingard, R., Volvo invests in automated handling, *Automotive Manufacturing International*, pp.83~85, 1993.
6. 平井俊哉, 도요다에 있어서의 FMS, 초고 수익 경영의 발상, pp.155~159, 1990. (일본어)
7. Sekine, Y., IBAS : flexible manufacturing acquires new meaning, *Automotive Manufacturing International*, pp.109~110, 1992.
8. N.N, Intelligenz im Rohbau, Automobil-Produktion, pp.94~95, 1990.(독일어)
9. N.N., In-Line Sequencing : How its done at Wixom, *Automotive Industries*, pp.41, Nov., 1994.
10. N.N., Toyota changes its famous production system, *Automotive Industries*, pp.44, Feb. 1995.