

◆ 특집 ◆ 지속 성장 가능 생산시스템

자동차 생산 기술의 발전과 미래

Future and Development of Automotive Manufacturing Engineering

✉정창호¹, 강무진²
✉Chang Ho Jung¹ and Mujin Kang²

1 현대자동차 (Hyundai Motor Company)

2 성균관대학교 기계공학부 (School of Mechanical Engineering, Sungkyunkwan Univ.)

✉ Corresponding author: chjung@hyundai-motor.com, Tel: 031-368-6708

Key Words: Manufacturing Engineering (생산 기술), Flexibility (유연성), Agility (민첩성), Productivity (생산성)

1. 서론

최근 세계 경제는 미국을 중심으로 한 금융 위기로 말미암아 경기 침체의 장기화가 우려되고 있다. 경기 침체로 인한 자동차 수요 급감으로 대부분의 자동차 제조 업체들은 매출액 및 이익 감소로 경영 위기를 맞고 있다. 21 세기의 자동차 산업은 이런 경제 불황을 포함하여 환경 문제, 노령화 등 다양한 사회 현상과 맞물린 양적, 질적 변화들에 대한 능동적인 대응이 필요하게 되었고, 경쟁 우위를 확보한 기업만이 생존할 수 있게 되었다. 예를 들어 현 시점과 같은 경제 침체기에서 자동차 업체들은 고객들이 최우선으로 요구하는 가격 대비 부가가치가 높은 고연비 차량의 생산량을 늘려 판매해야만 한다. 하지만, 모든 업체들이 특정 차량의 생산량을 최단 시간에 증량하여 판매할 수 있는 능력을 보유한 것은 아니다. 시장 수요에 탄력적으로 대응하여 생산을 최적화할 수 있는 능력은 업체별로 보유한 고유한 생산 방식에 의해 차별화되며, 생산 방식의 경쟁 우위는 해당 기업이 보유한 생산 기술의 수준으로 결정된다고 할 수 있다.

대량 생산으로 자동차 대중화 시대를 연 포드 시스템이나 도요타의 오늘이 있게 만든 린 생산 방식으로 알려진 도요타 생산 시스템 등은 자동차

산업 분야뿐 만 아니라 산업 전 분야에 걸쳐 생산 방식의 변화를 주도한 역사적인 기술 혁신이라고 할 수 있다. 혁신적인 생산 방식들의 면면을 살펴 보면 생산 과정별 필요 생산 기술의 개발과 기술 간 균형적인 통합을 통해 목표를 달성했음을 알 수 있다. 콘베이어라는 운반 설비가 없는 포드 시스템을 상상할 수 없듯이, 혁신적인 생산 방식의 출현은 생산 기술의 발전과 밀접한 관련을 가지고 있다. 본 고에서는 자동차를 제조하는 생산 과정별 생산 기술의 소개와 기술 동향의 분석을 통해 생산 기술의 발전을 예측하고자 한다. 또한, 생산 기술의 발전 방향에 대한 예측을 기반으로 새롭게 출현할 혁신적인 자동차 제조 방식을 전망하고, 이를 뒷받침할 필요 연구 및 기술 과제에 대해 고찰하고자 한다.

2. 자동차 생산 기술 동향

자동차는 약 3 만 여 개의 부품을 생산 순서에 의해 배치된 생산 공정을 거쳐 제조된다. 자동차 생산 기술이란 자동차 설계상의 제품 형상과 기술 사양에 꼭 맞는 제품을 저렴한 가격으로 목표 시점 내에 제조할 수 있도록 생산 시스템을 준비하는 일과, 선행 생산된 제품이 설계와 일치하는지 여부를 확인하고 문제점을 개선하여 양산에 들어

갈 수 있는 생산 시스템을 구축하는 일련의 활동이다. 자동차 생산 기술은 Fig. 1 과 같이 자동차 제조 과정상 총 5 개의 기술 단위 별로 세분화할 수 있다.

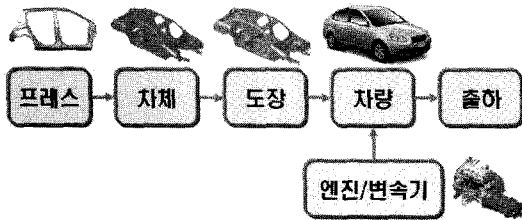


Fig. 1 Manufacturing Process of Automotive Industry

2.1 프레스 생산 기술

프레스 생산 기술은 차량의 골격인 차체를 구성하는 부품을 강판의 소성 변형 성질을 이용하여, 제품의 형상을 구현하는 금형을 프레스에 장착하고 왕복 압축 운동을 하는 유압 또는 기계식 프레스로 재료를 절단 또는 성형하는 기술이다. 프레스 가공은 금속 가공 기술 가운데에서도 가장 높은 생산성을 확보할 수 있는 기술로 제품의 균일한 품질 확보, 경량화, 경제성 측면에서 우수하다. 일반적인 프레스 성형 공정의 구성은 강판 코일이 입고되면 세정과 교정을 실시한 후 성형할 수 있는 패널 크기로 블랭킹을 하고, Fig. 2 와 같이 성형(Draw), 자르기(Trim), 구부리기(Flange), Cam 작업 순으로 이루어진다.

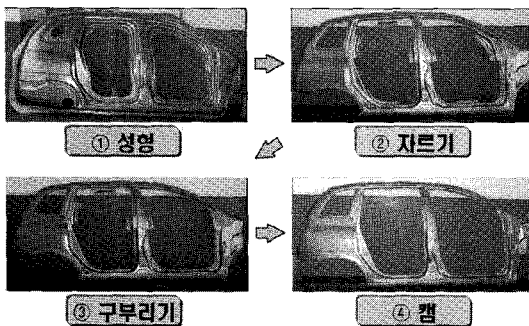


Fig. 2 Process Sequence of Press Shop

프레스 생산 기술의 요소는 재료, 금형, 프레스 설비의 3 가지로 구분할 수 있다. 재료는 승객 안전 확보와 경량화라는 두 가지 목표를 달성해야 하는 데, 강판의 경우 300~600MPa 급의 고장력강

판의 사용은 이미 일반화되었고 1,000MPa 이상의 초고장력강의 사용량도 증가하고 있다. 따라서, 난성형재인 고장력강을 성형할 수 있는 기술의 개발이 중요하다. 금형은 제품 출시 시점을 결정하는 중요한 요소의 하나이므로, 제품 개발 후 생산을 시작하기 전까지 최단 기간 내에 금형 제작하여 제품을 생산하는 것이 중요하다. 따라서, 생산 준비 기간을 단축할 수 있는 스프링 백, 비틀림, 굴곡 등의 3 차원 성형 해석의 신뢰성 향상, 금형 자동 설계 및 초고속 가공 기술 등이 필요하다. 프레스 설비는 규모의 슬림화, 품질의 균일화, 생산성의 향상이 중요한 달성 목표로서 최근 기존의 기계식 또는 유압식 프레스를 대체할 수 있는 서보 프레스 등의 신기술 개발이 진행되고 있다. 서보 프레스의 경우는 단순 시퀀스 제어를 탈피하여 성형 시간 등의 최적 제어가 가능하여 성형 품질 산포 최소화, 난성형재의 성형 품질 향상, 성형 시간의 향상을 도모할 수 있다. 서보 프레스를 적용하여 전 세계 공장의 성형 품질 수준을 동일하게 관리하고 있는 도요타의 사례는 프레스 기술의 중요성을 보여주는 좋은 예라 할 수 있다..

2.2 차체 생산 기술

차체 생산 기술은 차량의 골격을 만드는 기술로, 프레스 금형으로 성형된 패널을 위치 규제가 가능한 지그로 고정하고 전기 저항 점 용접, CO₂ 용접, 레이저 용접, 접착제 등의 다양한 접합 공정과 수밀 및 소음 차단을 위해 실린트를 도포하는 공정을 거쳐 패널을 조립하고, 조립된 패널로 차체 골격을 만들고 정도를 검사하는 검사 공정을 통과하여 도어, 후드, 트렁크 리드 등을 차체 골격에 장착하는 과정으로 이루어진다. 차체는 플로어

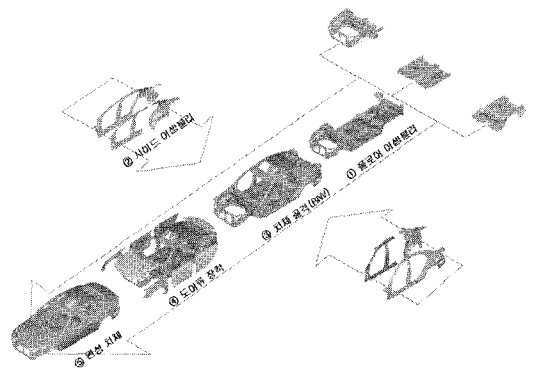


Fig. 3 Process Sequence of Body Shop

어셈블리, 사이드 어셈블리, 루프, 카울 등의 골격을 구성하는 부품과 도어, 후드, 펜더, 트렁크 리드 등의 장착 가능한 부품으로 구성된다. Fig. 3 은 차체의 조립 순서 및 부품 별 구성을 보여준다.

차체 생산 기술의 중요 요소는 접합과 장착을 포함한 조립 기술, 검사 기술, 운반 기술, 치구 등을 포함한 설비 기술로 구성된다. 차체 공장은 로봇 및 자동 운반 장치 등을 활용하여 타 공장 대비 높은 자동화율과 생산성을 보이고 있다. 최근에는 2-3 차종을 대량 생산할 수 있는 방식보다는 적정 생산 규모를 유지하면서 보다 많은 차종을 투입할 수 있는 유연성을 확보하기 위한 기술 개발이 차체 공장의 중요한 목표가 되고 있다. 도요타와 혼다를 중심으로 한 일본 자동차 메이커들은 2000 년대 초반부터 최대 8 차종을 생산할 수 있는 공장 건설 및 개조에 노력을 기울여 도요타는 GBL(Global Body Line) 등에서 그 성과를 보이고 있다. 혼다의 GSL(Global Standard Line)은 최대 8 차종 투입이 가능할 뿐만 아니라, 공장간 생산 이관 및 생산 모델 변경이 10 일 이내에 가능하도록 하여 자동차 업체 중 최고 수준의 유연성과 민첩성을 보이고 있다. 다수 차종을 생산하기 위해서는 다음과 같은 과제가 해결되어야 한다.

- 설비의 공용화
- 공정수, 용접점수, 부품수 축소
- 플랫폼 공용 차체 설계
- 부품 물류 및 생산 정보 최적화

이런 난제들을 해결하기 위하여 차체 골격 조립 공정의 공용화 설비, 다부품의 로딩과 언로딩이 가능한 공용 로봇 그리퍼, 용접 공정의 집약화를 위한 슬립 로봇의 적용 및 레이저 원격 용접 적용 등이 활발하게 진행되고 있다.

한편, 미래의 인구의 고령화 등 노동 환경 변화에 대한 준비를 위하여 무인화는 중요한 요소인데, 차체 공장은 무인화를 구현하기에 적합한 환경을 갖추고 있다. 차체 공장에서 용접 및 부품 로딩 및 언로딩의 자동화는 이미 100%에 근접하고 있으며, 소물 부품 로딩과 도어류의 조립 후 체결 등의 수동 공정에 대한 자동화와 자동 창고에 의한 부품 물류의 직서열 공급만 가능하다면 현 시점에서도 무인화의 범위를 전체 공장으로 확장할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서, 향후 차체 기술은 무인화의 확대와 동시에 유연성 확대를 위한 노력이 가속화될 것으로 예측된다. 또한, 기존 설비 재배치 및 개조 기간 단축을 목표로 한 설비

기술과 레이저 용접, 구조용 접착제 등 신개념 접합 방식을 도입하여 조립 공법을 혁신하는 방향으로 기술의 발전이 이루어 질 것으로 예상된다.

2.3 도장 생산 기술

도장 생산 기술은 차체의 보호를 위해 방청성을 부여하고, 차량에 입체적인 색감의 구현을 통해 상품성을 향상시키기 위하여 차체의 표면을 도료로 피복하는 것으로 도막을 형성시키는 작업이다. Fig. 4 는 중요 도장 공정인 전착, 건조, 중도 및 상도 공정과 도장 피막의 구성을 보여준다.

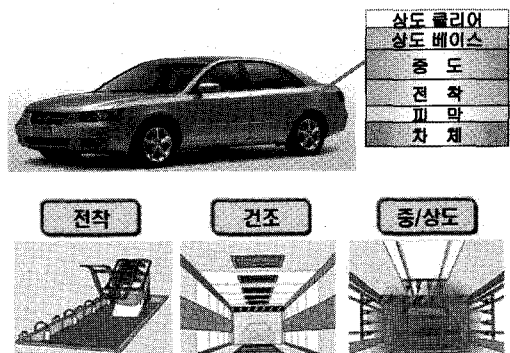


Fig. 4 Process Sequence of Paint Shop

차량의 도막은 피막으로부터 상도 클리어까지 총 5 단계로 구성되어 있으며, 도장 공정은 각 도막의 특성에 맞는 도료와 설비를 활용하여 도장 작업을 실시한다. 도장 공정은 차체 공장으로부터 입고된 차체를 전처리 하여 오염 물질을 제거한 후 피막을 입히고, 전착소에서 전착을 실시한 다음 오븐에서 건조를 시킨다. 이후 테드너를 포함하여 각종 실린트를 도포한 후, 중도, 상도, 상도 클리어 등 각 도막층을 도색과 건조를 반복적으로 수행하여 최종적인 차량의 색상을 완성하게 된다. 특히, 자동차 도장은 일반 도장과 다른 특성을 가지고 있는데, 복잡한 형상을 가지고 있으므로 다른 제품에 비해 품질 확보가 어렵고, 적용하는 색상의 종류도 다양하여 도장 작업 중 외부 환경의 영향이 크다는 점이다. 게다가, 국부적인 보수 도장의 경우도 고려하여 생산해야 하는 어려움도 있다. 환경 측면에서는 에너지 사용량이 많고, 오염 물질 배출로 인한 처리 비용이 많다는 문제점도 안고 있다. 따라서, 도장 기술의 발전은 이러한 어려움을 극복하기 위하여 설비 규모를 축소할 중도

삭제 도로 개발과 같은 도막층을 단순화하는 기술 개발, 수용성 도로 및 분체 도로와 같은 기존의 유용성 도로에 비해 오염 물질 배출이 적은 친환경 도로의 개발 등이 중요한 기술 과제이다. 미래에는 자동차 업체에 입고되는 강판에 도장이 완료된 상태인 컬러 강판이 개발된다면 자동차 공장 내에서 도장 공장이 사라질 수도 있을 것이다.

2.4 차량 생산 기술

차량 생산 기술은 도장된 차체를 제품 사양에 따라 조립 라인을 이동해 가며 사람, 공구, 설비를 활용하여 엔진, 변속기, 시트, 타이어 등 단위 또는 모듈 부품을 조립하고, 경쟁력 있는 품질을 확보하여 고객에게 인도하는 상품으로 완성하는 기술이다. 차량 생산 기술은 조립되는 부품수가 많고 종류가 다양하며 작업자의 감각과 판단 능력에 의존하는 비율이 높고 여러 가지 작업 형태가 혼재하므로 타 부문 생산 기술에 비해 자동화나 기계화가 어렵다. 또한, 기본 사양 외에 선택 사양이 많기 때문에 물류 운용 및 생산 관리도 중요하다.

Fig. 5는 차량의 조립 과정을 보여준다.

최근에는 차량의 전자화 및 하이브리드 자동차를 비롯한 차세대 친환경 차량의 개발이 활발하여 기존 차량과 차별화된 구조나 기능을 보유한 신개념의 차량을 생산하기 위한 생산준비의 중요성이 커지고 있다. 결국 자동차를 완성하는 최종 공정으로서 가장 많은 작업 인원과 부품을 적절하게 배치하고 운영하는 기술 개발이 차량 생산 기술에서 가장 중요한 과제라고 할 수 있다.

도요타에서는 ONE KIT 방식으로 부품 세트를 차량의 사양에 맞추어 동기화하여 공급함으로써

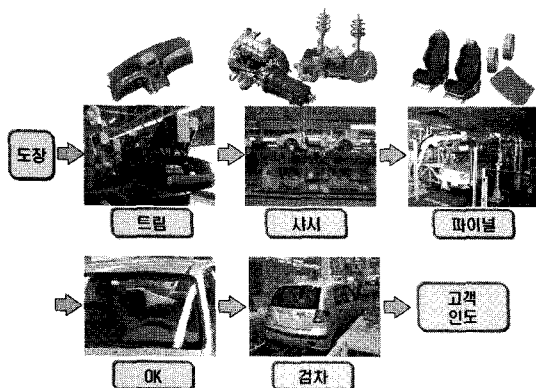


Fig. 5 Process Sequence of Assembly Shop

작업자의 동선을 단순화시키고 작업 오류를 최소화할 수 있도록 하였으며, 라인 및 공정 사이드에 적재되던 부품의 적재 공간까지 최소화시켰다. 또한, 일본 자동차 업체들은 수작업이 많은 조립 공장의 특성을 고려하여 미래의 노령화 사회를 대비한 작업 보조 및 대체 작업을 목적으로 직접 인간형 로봇을 개발하고 있다. 아시모로 잘 알려진 혼다의 로봇 기술은 세계 최고 수준이며, 도요타도 소니의 로봇 사업 부문을 인수하는 등 생산 기술 조직 내에 로봇 개발 부서를 두고 직접 로봇을 개발하는 추세를 관찰할 수 있다. 최근 도요타는 바이올린 연주, 트럼펫 연주 로봇을 시연하는 등 손가락 작업을 중심으로 한 로봇 기술 개발에 박차를 가하고 있다. 현재, 양손 작업 로봇, 스테이크 로봇 등 기존 산업용 로봇을 대체하는 신개념 로봇들이 등장하여 실제 생산 현장에 적용되고 있는 추세로 보면, 가까운 미래에 작업자를 보조하여 협력 작업을 수행하는 작업 보조 로봇이 등장할 것으로 예상된다.

2.5 파워트레인 생산 기술

파워트레인 생산 기술은 엔진 생산 기술과 변속기 생산 기술로 구분된다. 엔진 및 변속기 생산 기술은 소재 공장에서 공급된 소재를 제품 사양에 따라 가공 라인에서 가공한 후 조립 라인으로 이송하고, 작업자, 설비, 정해진 작업 순서에 따라 헤드, 블록, 크랭크, 기어 등 단위 부품들을 조립한 후, 성능을 확인하는 테스트 공정을 거쳐 차량 조립 공장에 공급하는 기술이다. Fig. 6은 엔진의 제조 과정을 보여준다.

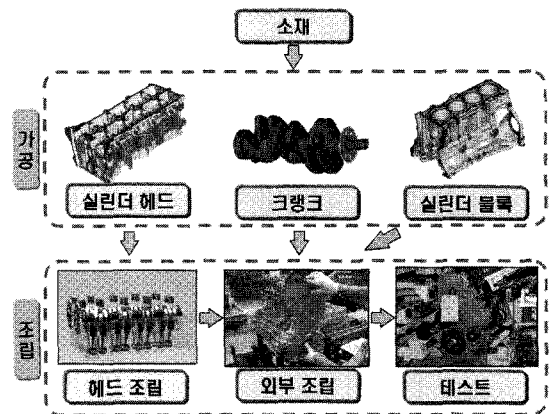


Fig. 6 Process Sequence of Power Train Shop

파워트레인 생산 기술은 가공 기술, 조립 기술, 운반 기술, 검사 기술 등 4 가지 핵심 요소 기술로 분류할 수 있다. 특히, 가공 기술은 미크론 단위의 오차 범위를 만족해야 하는 고정밀 부품을 만들어야 하며, 엔진이나 변속기의 가혹한 운전 조건에도 견딜 수 있는 부품의 신뢰도 확보를 위해 가장 중요한 기술이다. 또한, 타 공장에 비해 공장 건설에 대한 대규모 투자가 필요하므로 건설 계획 단계에서 적정 생산 규모, 공정 배치, 사이클 타임, 설비 레이아웃 등에 대한 효과적인 검토가 필요하다. 따라서, 기종 변경이나 생산량 조정이 요구될 경우 유연성을 발휘할 수 있도록 공용화가 가능한 범용 설비, 사이클 타임 향상을 위한 가공 속도 고속화 기술, 자동 창고의 물류 효율화를 위한 자율 주행 무인 운반 장치 기술, 부품 신뢰성 확보를 위한 비파괴 결함 검사 기술, 성능 시험 무인화 등의 개발이 중요하다.

3. 생산 기술의 발전 방향

최근 사회 전반에 걸쳐 전통적인 제조업이 위기에 빠져있다고들 한다. 여러 가지 위기의 원인들이 존재하지만, 제품 기술과 생산 기술의 부조화내지 생산 기술의 정체도 중요한 원인이라고 할 수 있다. 특히, 국내에서는 제품 기술에 비해 생산 기술에 대한 투자 및 연구 개발을 소홀히 하는 편이다. 왜냐하면, 제품 기술에 대한 투자는 상품 출시와 함께 단기적인 매출액 증가나 이익 발생으로 효과를 가시화할 수 있지만, 생산 기술은 장기적인 관점에서 효과를 기대할 수 있는 경우가 대부분이기 때문이다. 하지만, 기술 개발의 가치를 평가해 볼 때 제품 설계의 경우는 경쟁자에게 비교적 모방 당하기가 쉽고, 따라잡기가 용이한 반면 생산 기술은 제품과 같은 실체가 없는 무형의 기술 정보량이 많기 때문에 모방이 어려워 단기적으로 따라잡기가 쉽지 않다. 따라서, 생산 기술의 발전 속도는 모방이 힘든 만큼 제품 기술의 발전 속도에 비해 느리고 정체되어 있는 것처럼 보인다. 그렇지만, 자동차 산업 발전의 역사를 되짚어 보면 가솔린 엔진, 디젤 엔진 등 제품 기술에 대한 발전보다는 포드 시스템, 린 생산 시스템 등 생산 기술의 발전이 자동차의 대량 생산을 통한 대중화 등 사회 전반에 더 큰 영향을 주었음을 알 수 있다. 특히, 현재의 금융 위기와 같이 글로벌 기업 환경의 불확실성이 커져가는 시점에서는 종래의

생산 방식을 탈피한 신개념의 생산 방식의 중요성은 더욱 커질 것이다. Fig. 7 에 나타난 바와 같이 제품의 주기와 시장 수요에 적절하게 대응하기 위해 생산 모델 수는 증가하고 생산량은 적절하게 유지할 수 있는 생산 방식이 요구된다. 지금부터는 이와 같은 시장의 요구에 부응하고 업체 간의 경쟁에서 생존하기 위하여 자동차의 생산 기술이 갖추어야 할 핵심 역량에 대해 고찰하고자 한다.

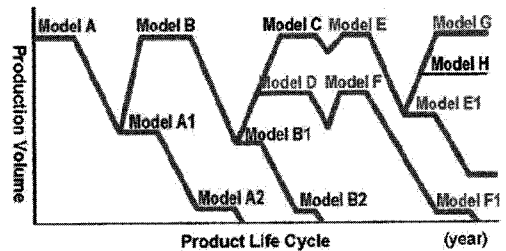


Fig. 7 The Product Life Cycle and Variation of Product Volume

3.1 유연성

20 세기 자동차 생산 기술의 화두는 대량 생산이었다. 공장 건설의 목표는 당연히 양적인 팽창 가능성을 염두에 두고 시공하는 것이 일반적이었다. 하지만, 그 공장에서 생산하는 제품이 팔리지 않을 경우는 목표 재고가 채워진 이후에는 생산 능력 이하로 생산할 수 밖에 없었다. 다양한 경제 상황을 통해 모델 별 생산량 조정의 중요성을 체감한 자동차 업체들은 많이 팔리는 차를 선택적으로 증량하여 생산할 수 있게 만드는 유연성 확보의 중요성을 깨닫게 되었다. 2000 년 대 초반 도요타와 혼다가 가장 앞서서 단일 라인에 8 개 차종을 투입할 수 있는 유연 생산 시스템 개발에 착수하게 된다. 당시에는 일반적으로 단일 라인에 2~3 개 차종을 투입하는 것이 보편화되어 있었으며, 플랫폼이 상이한 경우나 소형과 대형 차량인 경우는 동시에 투입하지 못했다. 하지만, 도요타와 혼다는 유연성을 확보하기 위하여 차량의 크기 및 사양에 무관하게 다수 차종을 투입하기 위하여 생산 라인에서의 부품의 위치 결정을 위한 설계를 공용화하는 제품에 대한 준비와 차종과 무관하게 가공, 조립, 운반 될 수 있도록 설비를 공용화하는 생산에 대한 준비를 동시에 추진하였다. 예를 들면, 혼다의 경우 차체 공장에서는 크기가 상이한 5 개의 차종을 생산하기 위해서 차체의 플로어 어셈블리 패널 용접 공정을 Fig. 8 과 같이 구성하였다.

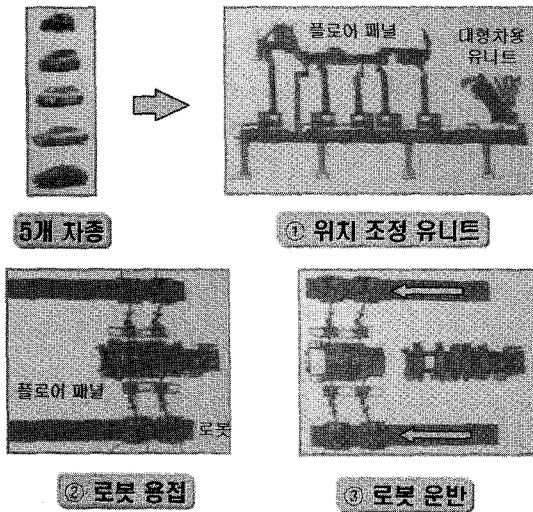


Fig. 8 Example of Flexibility in Honda Plant

동일 라인에 투입되는 5 종류의 차량 간의 차이를 분석해 보면 소형 차량과 대형 차량은 플로어 어셈블리 길이를 기준으로 0.9m 의 차이가 있다. 5 종류의 차체 플로어 패널 중 한 종류의 차체가 용접 공정으로 이동하면 1 번 그림의 모터 구동 위치 조정 유닛들이 프로그램 된 위치로 이동하여 차체의 홀 내로 고정용 핀을 삽입하게 된다. 대형 차종의 경우는 그림에서와 같이 확장된 길이 match 록 추가 유닛이 설치되어 있어 해당 차체가 진입할 경우에만 텀팅되어 사용할 수 있도록 하였다. 차체에 대한 위치 규제가 완료된 후 2 번 그림과 같이 로봇이 교시된 위치로 이동해 가면서 전기 저항 점 용접 작업을 실시한다. 차종의 크기에 차이에 따라 용접점의 위치 변동이 클 수 있지만, 다양한 용접 위치를 간섭 없이 진입하여 용접할 수 있도록 용접 건을 공용화 설계하여 제작하였다. 용접 작업을 완료한 후에는 다음 공정으로 패널을 이송해야 한다. 일반적으로 공정간 이동의 경우에는 대차 또는 셔틀 등의 별도 운반 장치를 전체 라인에 설치하여 이동 장치로 사용한다. 이 경우 공정수와 비례수만큼 제작된 개별 이동 장치들에 개별적인 위치 결정 유닛들이 각각 독립적으로 설치되어야 한다. 결국, 다수 차종을 위해서는 복잡한 구조의 유닛들이 개별 이동 장치에 독립적으로 별도 설치되어야 하므로 설비 투자비가 상승하고, 개별 이동 장치의 중량 증가로 이동 속도의 제약 및 내구성 저하 등이 발생하게 된다. 혼다는 그림 2 와 3 에서 볼 수 있듯이 로봇으로 플로어

패널을 이동시킬 수 있도록 용접 건 측면에 부착된 패널 그리퍼로 먼저 패널을 리프팅 시킨 후 로봇들이 이동 라인을 따라 주행하여 다음 공정으로 패널을 이동 시킨 후 원래 위치로 복귀하도록 설비를 구성하였다. 범용 작업이 가능한 로봇의 능력을 극대화 시켜 유연성을 확보한 사례라고 할 수 있다. 이 밖에도 로딩, 언로딩과 관련된 로봇 그리퍼를 공용화한 기술, 가공 라인에서 전용기와 범용기를 적절하게 배치하여 다부품 가공이 가능하도록 구성한 복합 유연 생산 라인 등의 사례가 있다. 하지만, 과도한 유연성은 투자비의 상승과 생산성 저하를 초래할 수 있으므로 생산 규모와 균형을 맞춘 적정 수준의 유연성을 확보하는 것이 중요하다.

3.2 민첩성

자동차 제조 현장에서 민첩성은 신모델의 투입이나 다른 모델을 추가로 투입할 경우 생산 라인을 변경할 때 소요되는 시간을 최소화할 수 있는 능력을 의미한다. 변경에 요구되는 시간을 절감한 만큼 투자비가 줄어들고, 시장 변화에 신속하게 대응하여 신제품을 출시하거나, 인기 제품의 출시 물량을 적기에 증량시켜 매출을 증가시킬 수 있다. 하지만, 자동차 생산 현장에서는 민첩성을 저해하는 요소들이 존재한다. 먼저, 기존 공장의 경우 설비를 개조하거나 추가로 시공하는 작업 시간의 확보가 어렵다는 점이 가장 큰 문제점이다. 또한, 신규로 투입되는 제품을 시험 생산할 수 있는 시간의 확보도 어렵다. 더구나, 이 경우 기존 생산 제품의 생산 중에 혼류 하여 신제품을 생산함으로써 기존 제품의 생산성이 저하되는 문제점을 안고 있다. 민첩성의 관점에서 두 가지 문제점의 해결 방안을 모색해 보면, 첫째, 설비 시공과 시운전의 소요 시간은 앞서 언급한 유연성과 디지털 가상 생산으로 개선할 수 있다. 초기 공장 건설 시점에 유연성을 고려하여 설비 기능 설계 및 배치를 할 경우 향후 추가적인 설비의 시공이 최소화될 수 있다. 또한, 초기 생산 준비 기간부터 디지털 가상 생산을 통해 실제 생산에서 발생할 문제를 사전 검증한다면 실제 시운전기간을 최소화시킬 수도 있다. 둘째, 시험 생산을 위한 소요 시간 확보는 시험 생산만을 전담하는 별도의 전용 라인을 구축하여 민첩성을 향상시킬 수 있다. 최근 도요타, 닛산, 현대자동차 등 다수의 자동차 업체들은 시험 생산만을 전담하는 별도의 시험 생산 공장을 건설

하여 신제품 사전 검증, 신설비 사전 검증, 글로벌 인력의 교육 등에 활용하고 있다. 시험 생산 공장에서 일정 수준의 품질을 확보한 후 생산 공장에 투입할 경우 기존 방식 대비 품질 육성 기간이 단축되고, 시험 생산 차량 소요량이 절감되는 효과를 거둘 수 있다. 현재, 혼다의 경우 공장간 생산 차종 조정 및 변경에 10 일만 소요된다고 알려져 있다. 이것은 민첩성 측면에서 미국의 빅 3 가 2년 이상 걸리는 것과는 큰 차이를 보이고 있다.

3.3 생산성

생산성을 평가하는 중요한 지표가 대당 조립 시간(HPV : Hours Per Vehicle)이다. 과거 생산성이 증시되었던 환경에서는 업체들은 HPV 의 최소화를 최우선 목표로 생산 기술의 역량을 결집하였다. 따라서, 자동화, 생산 사이클 타임 단축, 모듈화를 통한 부품수 축소 등이 중요 기술 요소로 등장하였고, 자동차 업계의 전문 통계 조사 기관인 Harbour Report 에서는 업체별 HPV 를 비교하여 발표하는 등 업체 간 생산성 향상 경쟁이 치열하였다. 하지만, 현재 시점에서는 생산성 향상만으로는 경쟁 우위의 확보가 불가능하다. Fig. 9 에서 보는 바와 같이 미국 빅 3 의 경우, 2000 년 초반 자국내 생산 공장간 비교에서 일본 업체와 상당한 생산성 격차를 보이자, 생산성 격차 해소를 위해 일본 업체의 린 생산 방식을 벤치마킹 하여 적용하는 등 꾸준히 노력한 결과, 2007 년에는 GM 과 크라이슬러의 생산성이 도요타나 닛산 보다는 앞서는 결과를 가져왔다. 하지만, 여기서 주목할만한 점은 빅 3 의 경우 생산성 향상을 달성하였음도 불구하고 최근 경제 침체의 여파로 높은 생산성을

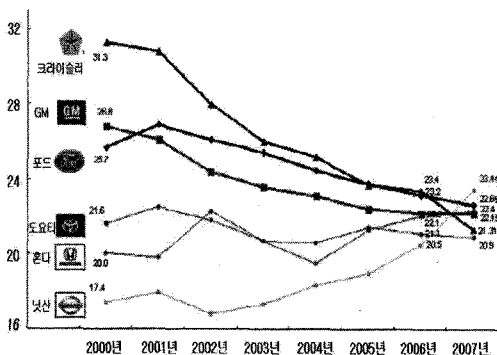


Fig. 9 The Comparison of Productivity between Japanese Plant and American Plant in North America

보인 공장들도 폐쇄되거나 생산 라인을 가동을 축소하고 있다는 점이다. 이것은 생산성을 뒷받침할 유연성이나 민첩성을 확보하지 못한 점이 가장 큰 원인이라고 생각된다. 아무리 생산성이 높더라도 그 공장에서 생산되는 모델이 팔리지 않는다면 높은 생산성은 무용지물이다. 따라서, 생산성과 유연성, 민첩성의 세 마리 토끼를 다 잡을 수 있는 통합적인 접근 방식이 요구된다.

4. 전망

최근 자동차 업체들마다 원가 절감을 통한 제품 경쟁력 확보, 투자비 절감, 인원 감축, 공장 합리화 등 다양한 추진 목표를 가지고 불확실한 경영 환경을 돌파하려고 한다. 하지만, 표현 방식만 다를 뿐 경제성 또는 수익성 확보라는 관점에서 평가한다면 동일한 목표라고 할 수 있다.

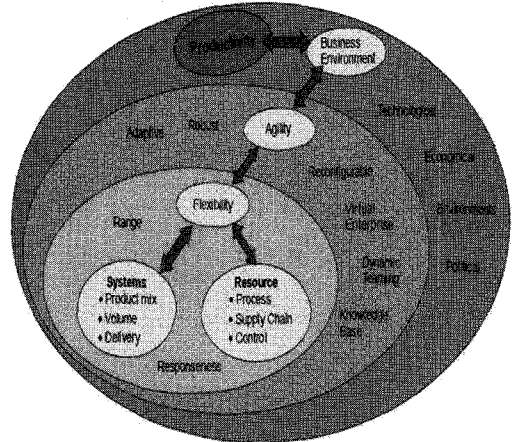


Fig. 10 The Relationship of Flexibility, Agility and Productivity

경제성을 확보하기 위해서는 Fig. 10 과 같이 유연성, 민첩성과 서로 상반되는 생산성간의 최적의 관계를 도출할 수 있는 통합적인 상호 보완적인 생산 방식이 필요하다. 종래의 생산성 향상 일변도의 생산 기술 발전은 이미 실패를 맞보았고, 유연성 및 민첩성에 역점을 둔 생산 기술 발전은 이를 구현할 수 있는 요소 기술의 한계와 투자비 상승 등으로 속도가 더딘 편이다. 중장기적인 관점에서 생산성, 유연성, 민첩성을 모두 만족시킬 수 있는 미래 발전 방향은 무인화라고 생각된다. 생산성의 경우 수작업 공정에 대한 작업 편성 효율

의 저하로 인해 HPV 가 높아지므로 무인화를 구현하여 공정을 집약하고, 작업 시간을 단축시킨다면 생산성 향상을 달성할 수 있다, 이때, 무인화를 위한 중요 기술 개발 과제으로써 로봇의 경우 인간형 로봇이 등장하고, 물류의 경우 무인 자율 주행 운반 장치로 부품 입고부터 완성품 출하까지 전 물류 과정의 무인화 등이 있다. 물론, 무인화를 위해서는 앞서 설명한 두 가지 기술 외에 다수의 한계 기술을 극복해야 하므로, 전체 공장을 당장 무인화하기는 어렵다. 하지만, 가능한 범위부터 점진적으로 무인화를 적용하기 위해서는 가장 자동화율이 높은 차체 공장을 대상으로 공정의 효율적인 재배치를 한 후 일부 단위 라인을 무인화하는 것부터 시작할 필요가 있다.

또 다른 미래 발전 방향으로는 공장간 영역 파괴가 현실화될 것으로 예상된다. 현재 프레스, 차체, 도장, 차량, 엔진변속기로 구분되어 있는 공장의 경계가 파괴되어, 통합될 것이다. 예를 들어, 프레스 공장과 차체 공장은 동일 소재를 사용하는 전후 프로세스이므로 통합의 가능성을 가지고 있으며, 대용량의 프레스 성형 방식을 대체하는 집약적인 성형 기술이 도입된다면 더욱 현실화 될 것이다. 만약, 플라스틱 등 복합 재료로 차체 재료가 변경된다면, 도장 공장이 삭제되고, 프레스, 차체, 차량 공장이 모두가 하나의 단일 공장으로 흡수 통합될 수도 있을 것이다. 특히, 도장 공장의 경우는 프레스 공장에 입고되는 코일에서 이미 도장이 완료된 컬러 강판에 대한 기술 개발이 활발히 진행되고 있기 때문에 존재 유무에 대해 고민해야 할 시점이 다가오고 있다. 엔진 및 변속기 공장은 연료전지 차량 등 차세대 차량의 본격 생산이 시작되면 기존의 엔진과 변속기 생산 공장들은 연료전지 모듈 및 휠 구동 모터 생산 공장 등으로 대체될 것이다. 공장 간 영역 파괴의 가장 큰 장점은 공장 규모 및 설비 규모가 최소화 되므로 생산성, 민첩성, 유연성을 동시에 만족시키기 용이한 생산 환경이 구축될 수 있다는 점이다.

2000 년 대 초까지 자동차 업계에서는 규모의 경제가 생존을 결정할 것이라는 예측으로 인해 업체간 인수 합병이 활발했으며, 그 결과로 빅 3 등 일부 업체들은 규모의 경제를 실현하였지만, 도요타를 제외하고는 무리한 생산 규모의 확대로 현재 해당 기업의 생존까지 위협받고 있다. 심지어 도요타조차도 급격한 생산 규모 확대로 인해 리콜 등의 품질 문제가 발생하고, 과다 재고로 할인 판

매까지 하는 등 어려움을 겪고 있다. 국가경쟁력 순위를 보면 실제 강대국 보다는 강소국들의 경쟁력을 더 높게 평가하고 있다. 기업도 마찬가지로 변화에 둔감한 거대 기업보다는 적정 생산 규모 내에서 생산성, 유연성, 민첩성을 모두 만족시킬 수 있는 생산 방식을 개발하고 적용시킬 수 있는 경쟁 우위를 가진 기업만이 지속 가능한 성장을 유지할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. FOURIN, Inc., "FOURIN's Monthly Report on the Global Automotive Industry," No. 269, pp. 1-9, 50-67, 2008.
2. Automotive Circle International, "EuroCarBody 2008," pp. 171-222, 2008.
3. Jo, H. J. and Lee, B. H., "A Study on the Historical Evolution of Hyundai Production System: Examining the Adoption of Japanese Production System," Korea Social Science Institute, No. 73, pp. 231-264, 2008.
4. Kang, M. J., "The technical state of Automotive Production system," The Korean Society of Automotive Engineers, Vol. 19, No. 1, pp. 12-21, 1997.
5. Seo, Y. S., "The Core Competitive Power: Production Flexibility," Korea Automotive Research Institute, pp. 1-15, 2008.
6. Park, J. K., "Comparison between Toyota, Nissan and Honda," Korea Automotive Research Institute, Automotive Review, pp. 40-51, 2008.
7. Society of Automotive Engineers of Japan, "The Technology Forecast Survey for Automotive Production Engineering," pp. 1-65, 1998.
8. Abele, E., Liebeck, T. and Wörn, A., "Measuring Flexibility in Investment Decisions for Manufacturing Systems," CIRP Annals - Manufacturing Technology, Vol. 55, Issue 1, pp. 433-436, 2006.
9. Hon, K. K. B., "Performance and Evaluation of Manufacturing Systems," CIRP Annals - Manufacturing Technology, Vol. 54, Issue 2, pp. 139-154, 2005.
10. Tomohiro, F., "Highly Productive and Reconfigurable Manufacturing System," IMS International, Project Final Report, pp. 3-8, 2004.