

A Proposal for the Improvement Method of Order Production System in the Display Industry

Myong Ho Cho · Jin Hyung Cho[†]

School of Industrial Engineering, Kumoh Nat'l Institute of Technology

디스플레이산업에서 수주생산방식의 개선 및 효율화 제고 방안

조명호 · 조진형[†]

금오공과대학교 산업공학부

MTO (Make to Order) is a manufacturing process in which manufacturing starts only after a customer's order is received. Manufacturing after receiving customer's orders means to start a pull-type supply chain operation because manufacturing is performed when demand is confirmed, i.e. being pulled by demand (The opposite business model is to manufacture products for stock MTS (Make to Stock), which is push-type production). There are also BTO (Build to Order) and ATO (Assemble To Order) in which assembly starts according to demand. Lean manufacturing by MTO is very efficient system. Nevertheless, the process industry, generally, which has a high fixed cost burden due to large-scale investment is suitable for mass production of small pieces or 'mass customization' defined recently. The process industry produces large quantities at one time because of the lack of manufacturing flexibility due to long time for model change or job change, and high loss during line-down (shutdown). As a result, it has a lot of inventory and costs are increased. In order to reduce the cost due to the characteristics of the process industry, which has a high fixed cost per hour, it operates a stock production system in which it is made and sold regardless of the order of the customer. Therefore, in a business environment where the external environment changes greatly, the inventory is not sold and it becomes obsolete. As a result, the company's costs increase, profits fall, and it make more difficult to survive in the competition.

Based on the customer's order, we have built a new method for order system to meet the characteristics of the process industry by producing it as a high-profitable model. The design elements are designed by deriving the functions to satisfy the Y by collecting the internal and external VOC (voice of customer), and the design elements are verified through the conversion function. And the Y is satisfied through the pilot test verified and supplemented. By operating this make to order system, we have reduced bad inventories, lowered costs, and improved lead time in terms of delivery competitiveness. Make to order system in the process industry is effective for the display glass industry, for example, B and C groups which are non-flagship models, have confirmed that the line is down when there is no order, and A group which is flagship model, have confirmed stock production when there is no order.

Keywords : Order Production System, Mass Customization, MTO, MTS, Display Glass Industry, Inventory, DFSS/C

Received 19 October 2016; Finally Revised 15 December 2016;

Accepted 16 December 2016

[†] Corresponding Author : joy@kumoh.ac.kr

1. 서론

1.1 연구의 필요성

기업은 서비스와 제품을 경쟁자보다 더 좋은 품질을 더 빠르게 생산하고 더 싼 원가로 제조하여 적정가격에 판매함으로써 생산자는 이익을 남기고, 고객은 지불한 가격보다 더 큰 가치를 제공함으로써 서로 윈윈하여 지속적인 성장을 하게 해 준다. 이러한 과정에서 이익은 주주, 정부, 은행, 종업원에게 분배해서 가계와 정부, 사회가 유기적이고 원활하게 돌아가게 한다[15].

기업이 고객요구에 대응하고 제품의 품질을 좋고 싸고 빠르게 해서 이익을 확보하기 위해서는 생산운영의 효율성을 도모하는 생산방식이 중요하다. JIT(just in time)와 인번자동화로 유명한 자동차업체인 Toyota는 고객 주문을 기본으로 수주생산시스템을 운영하였고, 복잡한 시스템을 독립적으로 설계되는 부분시스템으로 나누어 운영하는 모듈(module)화 방식 등으로 경쟁력을 확보하였다. 또한 미국에서는 도요타생산시스템을 근간으로 일체의 군살이 붙지 않은 최적의 시스템을 린(lean) 생산시스템으로 명명하여 활용하고 있다. 컴퓨터를 제조하는 Dell은 모든 주문을 온라인으로 접수하고 온라인으로 부품 주문을 하고 공급받아서 이를 대량으로 고객 맞춤 생산하는 매스 커스터마이제이션(mass customization)을 통해 경쟁력을 회복하였다[1, 22]. 이러한 수주생산시스템은 주로 소비자(end user)를 대상으로 하는 B2C의 대표적인 업종인 자동차와 전자부품 등 라인과 공정의 이동 및 조립이 용이한 조립산업 등에서 적용했다.

그러나 기종교체 시간이 길고 소품종 대량생산방식의 B2B 형태의 장치산업에서는 여전히 만들면 팔린다는 생각으로 예측에 입각한 생산을 하고 있고, 판매를 좌우하는 궁극적인 요인이 가격이라고 보고 가격 낮추기에 초점을 맞추고 있는 것도 현실이다[17]. 그러나 대 로트(lot size) 중심의 계획생산 등을 통한 재고로 대응하는 생산시스템은 외부상황이 좋지 않을 때는 팔리지 않는 제품이 쌓인다. 그 결과 보관한 재고가 진부화되어 버리는 손실과 현금화되지 않음으로 이자비용 증가 등의 원가 상승을 야기시키고 있다[5, 16].

프로젝트 생산 형태의 항공·조선, 금형, 공작기계 업종과 소품종 대량 생산방식의 일관생산체제로 단품을 생산하는 식품·제약, 시멘트·제지, 화학·철강 업종과 몇 개의 기업이 하청관계로 이루어진 장치산업형의 중간부품사 등 제품 및 시장, 생산자원 등의 특성이 다른 장치산업이라 할지라도 고객이 원하지 않는 제품을 주문이 올 것을 대비하여 선행적으로 만들어 놓고 파는 식의 생산시스템으로는 환경변화에 대한 적절한 대응이 부족하고, 원

가를 상승시켜 이익창출을 어렵게 한다.

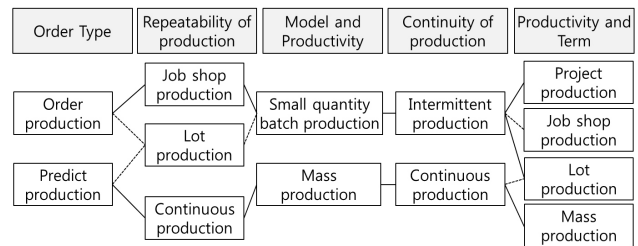
이에 대표적인 장치산업인 디스플레이 글라스 산업을 대상으로 재고를 줄이고 이익을 향상시키는 수주를 기본으로 한 수익성 위주의 수주생산시스템을 적용해서 장치산업에서도 수주생산방식이 유용하다는 것을 확인해 보고자 한다.

2. 생산시스템에 관한 이론적 고찰

2.1 생산시스템의 개요

소비자가 요구하는 제품은 4M(Man, Machine, Material, Method) 등을 활용하여 제조해서 공급하는데 가공, 검사, 운반, 저장 등의 프로세스(process)를 통해서 이루어진다. 자재공급으로부터 소비자에 이르기까지의 물류는 저장과 운반 등은 최소화하고 적절한 가공과 검사를 통해서 좋고 싸고 빠르게 만들어서 공급하여야 한다[10].

제품 생산의 대체적인 방법 또는 형식을 의미하는 생산시스템은 자사 제품수명주기상의 현 위치를 고려하고 수시로 변하는 고객의 요구와 경쟁요인에 효과적으로 대응하도록 생산전략을 수립하고 생산시스템을 결정한다. 이러한 생산시스템은 자사의 현 위치와 장래에 가져가야 할 방향을 정렬하고 목적과 분류기준에 따라서 <Figure 1>처럼 여러 가지로 구분 할 수 있다.



<Figure 1> The Classification of Production System

수주측면에서 수주를 받아서 생산하는 수주생산과 수주와 상관없이 팔리는 것을 예상하고 생산하는 예측생산이 있다. 대체로 전자는 다품종 소량생산이 되고, 후자는 소품종 대량생산이 된다. 화학 플랜트나 컨베이어시스템에 의한 전송작업 등 오토메이션화가 진전된 것일수록 원자재에서 최종제품까지의 일관생산이 행해지며, 그렇지 않은 것일수록 로트(lot)생산이 된다. 생산의 반복성 측면에서 개별생산, 로트생산, 연속생산으로 구분한다. 품종과 생산량 측면에서는 다품종 소량, 소품종 대량 생산방식으로 구분한다. 생산흐름의 연속성 측면에서 단속생산, 연속생산으로 구분한다.

대량생산과 연속생산으로 생산성 향상을 추구한 헨리 포드 시대의 컨베어 생산시스템은 고객의 단납기 요구 및 모델수 증가와 모델변경이 많아지면서 재고가 증가되는 등의 문제가 발생하였다. 이에 고객요구에 대응이 용이하고 소로트 생산에 적합한 생산라인 형태가 U자로서 인풋(input)과 아웃풋(output)을 동일한 사람이 처리하므로써 품질 개선이 용이한 U-Line을 구성하였으며, 필요 생산량에 따른 공정재편성이 용이한 셀 라인(cell line) 구성을 통하여 고객수주에 긴밀하게 대응하였다[1, 5, 10].

최근에는 사물인터넷(IoT), 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅, 스마트로봇 등의 기반기술이 동시에 발전하여 공장이 스스로 생산, 공정통제 및 수리 등을 관리하는 스마트 생산 시스템이 4차 산업혁명과 함께 부상하고 있다[7].

주문 생산방식이면서 프로젝트 생산방식인 항공·조선, 금형, 공작기계 산업과 예측 생산방식이면서 대량 생산방식인 전기·전자 중간부품사, 식품· 제약사, 시멘트·제지, 화학·철강사 등이 있다. 이와 같이 소비자(end user)와 직접 연결되는 자동차나 전자제품을 생산하는 조립산업에서 활용한 수주측면의 주문 생산(MTO)와 장치산업에서 활용한 예측생산(MTS)의 차이를 <Table 1>의 관리포인트 비교를 통해 살펴보고자 한다.

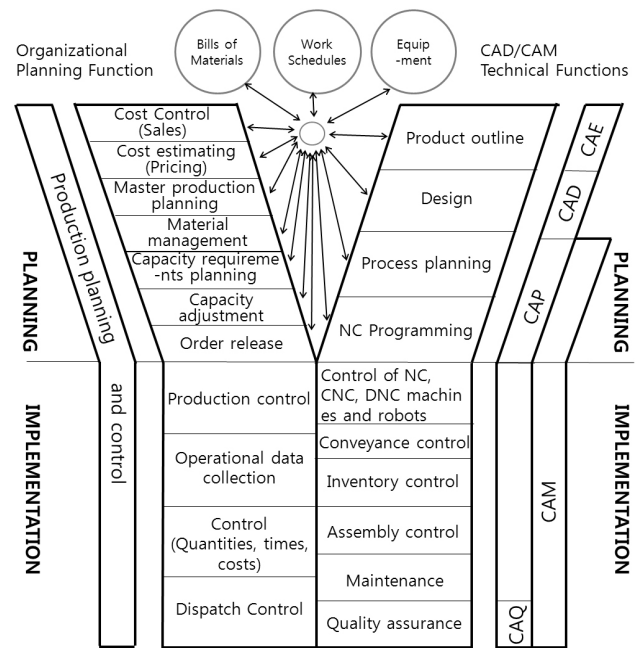
<Table 1> The Control Point of MTO & MTS

Characteristic	MTO (Make to Order)	MTS (Make to Stock)
Product	decision the customer product specifications	The product specification decisions
Manufacturing Machine	General purpose facilities	only facility
The priority of Goal	① Delivery ② Quality ③ Cost ④ Production capa' availability	① Cost ② Quality ③ Production capa' availability ④ Customer service
Operational problem	Production Control Delivery control	Predict & Planned production Inventory Control
Key Management	Production scheduling, Purchasing material Delivery control	Demand forecasting, Inventory Control

1) 스마트(smart)란 외부의 변화를 감지할 수 있는 감지(sensor) 기술과 감지된 변화를 판단해 어떤 조치가 이루어지도록 판단(control)하는 기능, 판단에 따라 결정된 방식을 수행(actuator)하는 기능이 유기적으로 연결되어 동작하는 것을 말하며 스마트 공장(smart factory)은 공장에 구성된 모든 설비와 기계장비가 사물인터넷(Internet of things) 기술을 기반으로 공장안의 모든 요소가 유기적으로 연결되어 지능적으로 운영되는 공장을 말함[7].

MTO(make to order)는 수주생산방식으로 수주를 받아서 생산한다는 개념으로 생산을 위한 생판계획 수립 및 원부재료 조달이 중요하다. 산업제인 설비나 컨테이너, 소비제인 자동차나 양복 등이 예이다. 슈퍼마켓 내 진열대의 재고가 바닥날 때쯤 새로운 물건을 채워 넣는 것을 보고 공장 생산라인도 그렇게 하면 좋겠다고 해서 TPS²⁾의 도요타 창업자가 고안한 JIT 방식도 수주생산방식의 한 예라고 할 수 있겠다. MTS(make to stock) 대비 잉여재고를 굳이 처분하지 않아도 되기 때문에 시간에 따른 가격 구조를 이용한 기회가 더 많다고 할 수 있다[10, 20].

MTS는 예측생산을 통한 재고로 대응하는 생산체제로서 수요예측 및 재고관리가 중요하다[9]. 산업제인 유탄유나 연마재, 소비제인 식음료나 문구 등이 예이다. 이러한 내용은 생산시스템을 자사 환경에 맞게끔 활용하는데 자사의 업의 특성에 맞게 생산정보시스템을 통해서 구현한다. <Figure 2>은 일반적인 생산정보시스템을 나타내었다.



<Figure 2> Information System in Production

생산을 위한 생산정보시스템은 계획을 수립하고 실행을 관리한다. 각 내용은 BOM(bills of materials)과 작업 스케줄링과 설비를 대상으로 생산을 계획하고 통제를 하는 조직적인 계획 기능과 컴퓨터를 활용한 설계와 제조를 하는 기술적인 기능으로 구분한다. 생산을 계획하고 통제를

2) TPS(toyota production system)은 도요타의 물건을 만드는 생산방식으로 필요한 물건을 필요한 때에 필요한 양만큼 가져간다는 JIT(Just In Time)가 기본사상임.

하는 조직적인 계획 기능은 코스트를 관리하고 평가하며 총괄제조계획을 수립하고 원자재를 관리하고 제조능력을 계획하고 조정하며 작업주문을 발행한다. 실행기능은 생산을 관리하고 운영 데이터(data)를 수집하고 생산량과 회수, 제조비용을 관리하고 생산지시를 조정한다[4, 8].

컴퓨터를 활용한 엔지니어링(CAE : computer aided engineering)과 설계(CAD : computer aided design)와 제조 Process를 계획하고 수치제어를 프로세싱(CAP : computer aided process)을 하는 기술적인 계획기능은 제조의 개략적인 윤곽을 엔지니어링하고 디자인을 한다. 실행기능은 CAP를 포함한 제조(CAM : computer aided manufacturing)를 위한 설비와 조립, 운송과 재고를 관리하며 이와 관련된 보전과 품질(CAQ : computer aided quality)을 보증한다. 생산시스템은 이러한 내용을 아우르고 제조의 전반적인 내용을 통합하여 효율적으로 운영하는 것이다[9, 19].

이러한 수주생산시스템을 적용할 대상인 장치산업에 대해서 살펴보고자 한다.

2.2 장치산업의 정의

장치 산업은 설비의 특성상 생산로트(lot size)가 크고 생산로트간 가동준비 시간도 길다. 또한 생산 라인간의 호환성이 작아서 생산유연성도 높지 못하다. 그러므로 생산성 결정요소가 사람보다는 설비가 크게 작용하며, 설비가 설치된 이후의 개량 및 교체 등은 큰 비용과 투자를 유발하기 때문에 공정 레이아웃(layout)을 구성하는 계획 단계에서 면밀히 검토하여야 한다. 장치산업과 조립산업의 특징을 <Table 2>와 같이 제품 및 시장, 생산자원, 기타 제조로 구분하여 비교하였다.

<Table 2> Characteristics of the Process Industry

Characteristic		Process Industry	Assembling Industry
Product & Market	The number of customer Product Demand of Middle product	Minority A few Much	Majority Many A Little
Resource of production	Composition capital & Labor Consumption energy & material Automation Level Flexibility of production Reliability of machine	Capital-intensive Energy High A Little Much	Labor-intensive Material Low Much A Little
Etc.	Management of product Manufacturing data handling Yield variability By product	Group admin' Easy Much Much	Item control Difficult A Little A Little

제품 및 시장 측면에서 고객수가 적고 제품수도 많지 않지만 중간제품의 수요는 많다. 생산 자원 측면에서는

설비투자가 많은 자본집약적이며 에너지 소비가 많고 자동화수준도 높지만 기종교체시간이 길고 제조 유연성이 낮다. 기타 제품관리는 개별관리보다는 집단관리 형태이며 생산데이터의 취합이 용이하며 수율의 변화성이 크다. 또한 원재료는 공용성이 많아서 수주~출하 리드타임은 매우 짧다[9, 10].

수주에 의한 프로젝트 생산이면서 단품 생산형태의 항공·조선·금형·공작기계 산업, 수주에 의한 연속생산형태의 식품·제약·시멘트·제지 산업, 일관생산형태의 흐름생산인 화학·철강 산업 등 여러 형태의 장치산업이 있다. 몇 개의 기업이 하청관계로 이루어진 중간부품사도 장치산업 형태이다. 디스플레이 산업의 부품공급사인 NEG, AGC, 코닝 등의 디스플레이 글래스 산업과 삼성전자에 부품을 공급하는 삼성SDI, 삼성전기와 LG전자에 부품을 공급하는 LG디스플레이, LG화학, LG이노텍이 그러하며 자동차 산업에서 Bosch, 델파이, 현대모비스 등이 있다. 장치산업은 라인운영에 있어서 기종교체 및 정기적인 설비 보수 및 설비 정지 시간으로 인한 라인정지 손실도 크므로 규모의 기종 혼합 운영과 재고의 전략적 운영 등 장치산업의 특성에 맞도록 생산시스템을 구축하고 운영해야 한다.

2.3 수주생산시스템 전제 요건

종래의 장치산업에서 활용한 푸쉬(push) 생산방식³⁾은 시장 정보를 바탕으로 몇 주 또는 몇 개월 전에 생산계획을 작성하고, 이 계획에 따라 작업하고 작업된 제작품을 후 공정으로 넘겨준다. 후 공정은 생산목표량을 맞추기 위해 불량과 설비정지 발생 등의 이상 상태에도 대응토록 여분의 제품을 공정 간에 뒹으로서 결품에 대응하고자 한다. 그러나 이는 공정에 반제품과 관련 원재료가 필요 이상으로 보유하게 됨으로서 공정 정체를 발생시키고 제조 리드타임을 길게 하게 하여 기업의 원가 상승과 현금흐름을 악화시킨다[2, 17].

수주생산시스템은 종래의 푸쉬 생산의 한계를 지각한 기업에서 활용하고 있으며 오일쇼크와 거품붕괴가 발생한 공황기에 품질 문제나 팔리지 않는 과잉재고에 의한 유동성 부족, 다년간의 적자 발생과 같은 경영위기를 거친 도요타(Toyota)사가 대표적이다. 도요타는 시간 단위 생판계획 발행 및 리드타임 개선 측면에서 주요 부품의 협력사를 근거리 위치로 이동시키는 등의 공급체인상의 낭비를 제거하고 협력사와 유기적인 협업을 통해서 외부 환경변화에도 코스트를 유지하는 제조 경쟁력을 확보하였다[11, 17].

3) 주문생산에 대비되는 시장생산, 중간재 장치산업에서 푸쉬생산은 수요 miss match 때문에 많은 악성 재고를 유발시켰음.

소품종 대량생산의 흐름생산체계의 단품을 생산하는 장치산업에서도 짧은 리드타임을 활용하여 재고를 적게 보유하고도 고객의 요구에 기민하게 대응하는 도요타식의 수주생산시스템 적용을 위한 기본요구사항은 다음과 같다.

(1) TPS에서 언급한 과잉생산, 운반, 재고, 가공자체, 대기, 움직임, 불량 및 재작업 등의 7대 낭비가 있다. 이중 가장 나쁜 낭비가 과잉생산의 낭비이다. 이것은 재료, 부품의 우선 사용, 용기의 증가, 리프트 등 운반차의 증가 등 부가적인 새로운 낭비를 발생시키고 언제 어디서 문제가 발생했는지 모르게 하는 등의 문제를 감추어 개선을 방해한다. 이러한 내용은 서로 연계가 되어 진행되는 만큼 일정이상의 낭비가 제거된 현상이 되어야 한다[11, 17].

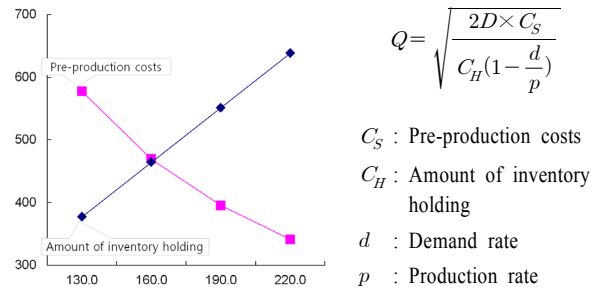
(2) 리드타임이 있겠다. 리드타임이란 재료를 투입하고 나서 완성품 및 출하에 이르기까지 필요로 하는 시간으로 가공시간, 운반시간, 검사시간, 정체시간으로 표현된다. 가공시간의 단축은 고유기술로서 모방하기 쉬우나, 운반시간, 검사시간, 정체시간은 관리기술로서 모방되기는 어렵지만 리드타임 단축에는 정체시간의 개선이 효과적이다[9, 10, 16]. 목적과 대상에 따라서 구분해서 표현한다.

- ① 조달 리드타임은 원부재료의 조달 소요 시간으로서 안전재고 등 재고운영 관련해서 활용되며 재료 공급업체를 근거리로 배치함으로써 단축시킨다.
- ② 총제조 리드타임은 재료 및 제품창고를 포함한 출하까지의 소요시간이다.
- ③ 순수제조 리드타임은 총제조 리드타임에서 재료 및 제품 창고를 제외한 제조 리드타임이다.
- ④ 수주~출하 리드타임은 고객의 요구에 대응하는 속도를 할 수 있다.

디스플레이 글래스 산업의 하나인 CRT는 순수 제조 리드타임이 3.1일이나, 24시간 가동하는 용해로가 있기에 고객요구 대응하는 수주~출하 리드타임은 용해공정을 제외한 1일로서 장치산업의 특성을 잘 설명해주고 있음을 알 수 있다.

(3) 경제적 로트 산정이 있겠다. 라인당 고정비가 큰 장치산업에서는 준비교체를 얼마나 자주 하느냐에 따라 원가가 변한다. 그래서 어느 정도의 로트로 생산해야 경제적일 것인가를 판단해야 하는데 준비교체 손실과 재고손실비용을 비교해서 손실이 최소화 되는 경제적 로트를 산정한다. <Figure 3>을 참조한다.

각 라인의 준비교체 손실비용과 재고보관비용을 비교하여 최적의 생산 생산로트를 산출해보면 160 kpcs 수준에서 비용이 가장 낮다. 즉 고객이 생산로트를



<Figure 3> Economical Lot Size Calculation

160k 이하로 요구시에는 원가가 상승하며 수주생산 시스템의 잦은 기종변경에 대응하려면 기종교체 시간을 더 단축해야 한다는 것을 알 수 있다[10, 16, 17].

(4) 준비교체시간의 단축이 있겠다. 장치산업은 소품종 대량생산방식으로 여러 라인을 운영함에 따라 라인간의 차이를 줄이고 호환성을 향상하여 생산유연성을 향상시켜야 한다. 수주생산시스템으로 전환시 잦은 기종교체가 발생하므로 회당준비교체시간을 충분히 작게 개선해야 한다[16, 17]. 또한 생산유연성의 바탕에는 공장을 가장 경제적으로 운영하는 것 보다 수익을 가장 많이 낼 수 있는 생산을 해야 한다[20, 10].

주문 생산방식이면서 프로젝트 생산방식인 항공·조선, 금형, 공작기계 산업과 예측 생산방식이면서 대량 생산방식인 식품·제약사, 시멘트·제지, 화학·철강사 등이 있다. 본 논문에서는 시장 환경변화가 큰 장치산업형 중간부품사의 하나인 디스플레이 글래스 산업 중심으로 수주를 근간으로 고객의 요구에 기민하게 대응하는 수주생산방식을 전개하여 제조 효율 및 수익 향상의 가능성을 확인하고자 한다.

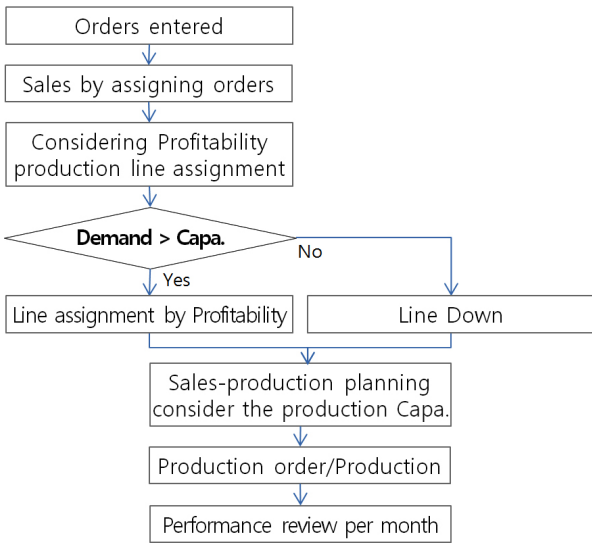
3. 수주생산 모델 구축

수주생산은 영업활동을 통하여 분기 또는 월 또는 주 단위로 고객의 요구량과 납기로 구성된 수주를 입력하고 라인 제약조건과 수익성의 라인별 기종별 한계이익과 시간당 고정비 등의 기준정보를 기반으로 이익이 최대화되는 생판계획을 수립한다. 이러한 운영은 라인과 기종이 많아서 수작업으로 하기보다는 전산을 통한 시스템을 구축해서 운영을 하는 것이 효율적이다.

3.1 수익성 위주 라인할당 모델 정립

제품에 대한 고객의 요구는 다양해지고 시장을 포함한 외부환경은 다원화되고 있고 이에 생산환경도 계획생

산에서 수주생산환경으로 변하고 있다. 이에 생판계획도 작업시간 및 준비시간 등의 생산시스템 내부 요인만이 아니라 주문으로부터 야기되는 변동 등의 요인을 반영한 일정계획을 수립하고 외부변동에 신속한 대응이 요구된다. 생산량에 따라 연동하여 변동되는 재료 및 포장재 등의 변동비가 높은 조립산업과 자동차 산업은 일찍이 수주생산시스템을 도입해 왔다. <Figure 4>처럼 수주가 없을 시에 라인을 정지하는 개념이다.



<Figure 4> Configuration of Order Assignment Model

수주별 납기 및 수주량을 입력하면 수주할당 순서에 의거해서 생산할 라인을 할당하게 된다. 수요가 없을 시에는 라인을 정지한다.

그러나 변동비가 적고 고정비의 비중이 큰 장치산업에서 수주가 없다고 라인을 정지하는 경우에는 조립산업과는 다르게 원가손실이 커서 이익을 크게 헤치게 된다. 그래서 장치산업에서는 수주가 없어서 Capa'가 남을 경우에는 향후 팔릴 것으로 예상되는 기종을 생산하게 된다. 그 개념을 <Figure 5>와 같은 라인할당 개념을 정립하였다.

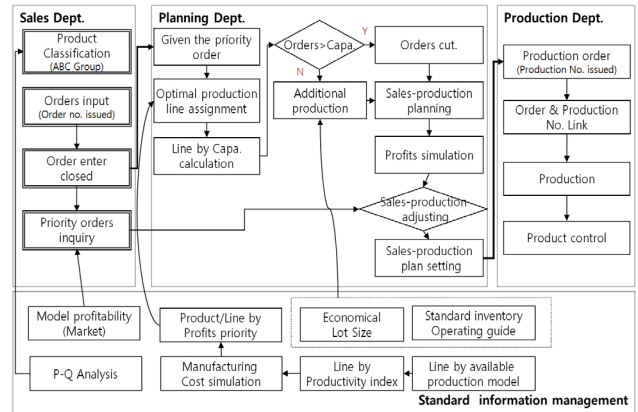


<Figure 5> Concept of Line Assignment

라인할당은 수주생산을 기본으로 하되, 수주 대비 생산여력 발생시 P-Q 분석상 팔리는 기종(A그룹) 제품 생산한다는 개념이다. 수주가 공급 Capa'보다 클 경우는

수주내용을 시간당 한계이익과 납기 기준으로 라인을 운영하지만 수주가 적어 라인을 정지해야 할 경우에는 A 그룹 기종을 예측 생산해서 대응하는 것이다.

이러한 내용을 구체적으로 표현한 관련기능간의 세부 내용은 <Figure 6>에 나타내었다.



<Figure 6> Sales-Production Planning Process

ABC로 분류된 기준정보를 기본으로 영업부문에서는 수주를 입력하고 수주 우선순위를 정한다. 계획수립 부문에서는 수주 우선순위를 감안하여 라인별 제약조건, 생산성 지표, 라인별 시간당 한계이익, 표준재고 등의 기준정보를 활용하여 생판계획을 수립한다. 손익은 시스템에서 자동으로 산출된다. 손익과 영업정책 및 생산라인 제약조건을 고려하여 조정과정을 거쳐서 생판계획을 확정하게 된다. 확정된 생판계획 기준으로 라인에 생산을 지시하고 생산을 관리하게 된다.

생산라인 할당 및 손익계산에 쓰이는 기호와 변수는 다음과 같다.

- i : 주문번호($i = 0$; MTS 제품)
- k : 제품
- S_k : 제품 k 의 판매가격
- M_k : 제품 k 의 재료비
- C_k : 제품 k 의 인건비와 제조경비를 포함한 가공비
- H_k : 제품 k 의 운송비
- D_{ik} : 제품 k 의 시간당 투입수
- T_{ik} : 제품 k 의 가동시간
- Y_{ik} : 제품 k 의 투입수 기준 양품율
- PS_{ik} : MTO 제품을 판매한 수량
- IS_{ik} : MTS 제품을 판매한 수량
- Q_{ik} : 제품 k 에 대한 영업수주량
- I_k : 제품 k 의 재고수준
- IC_k : 제품 k 의 기말재고 단가

라인할당의 순서는 다음과 같다.

Step 1 : 주문에 대한 제품종류를 파악한다.

주문된 기종에 대해서 보유하고 있는 재고로 주문을 충족할지 또는 생산할지를 확인한다. $I_k > Q_{ik}$ 이면 재고에서 주문을 충족하고 $Q_{ik} > I_k$ 이면 Step 2로 간다.

Step 2 : 순생산 소요량을 결정한다.

Q_{ik} 에서 I_k 를 뺀 생산량이다.

Step 3 : 생산순서를 결정한다.

입력된 수주에 대해서 우선순위를 비교하고 결정하는 것으로 고객이 요청한 수주부터 우선 적용하며 시간당 한계이익이 많은 수주 순으로 우선순위를 결정한다. 시간당 한계이익은 $(S_k - M_k - H_k) \cdot D_{ik} \cdot Y_{ik}$ 로 산출된다.

Step 4 : 라인을 할당한다.

순생산소요량($Q_{ik} - I_k$) < $Capa'$ 이면 순생산 소요량을 전 라인에 할당하고 잔여 $Capa'$ 는 A기종을 선행 생산한다. 순생산소요량($Q_{ik} - I_k$) > $Capa'$ 이면 $Capa'$ 에 해당하는 수량만 할당하고 잔여수량은 차기 생산라인에 할당한다.

Step 5 : 손익을 검토한다.

할당한 생산라인 기준으로 사전에 정의된 기준정보를 기준으로 매출액과 손익을 산출한다. 기준정보로는 계획환율, 계획평가, 생산성 지표, 라인별 가동시간, 기종 ABC 정의, 기종별 원가, 기초재고 등이 있다.

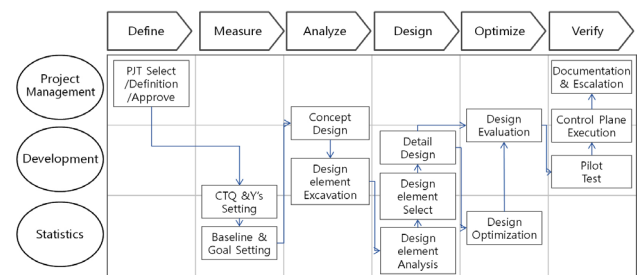
매출액은 $S_k \cdot (PS_{ik} + IS_{ik})$ 로 산출하며 영업공헌이익은 $(S_k - M_k - C_k - H_k) \cdot PS_{ik} + (S_k - M_k - C_k - H_k) \cdot IS_{ik}$ 로 산출한다. 생판계획에서 산출된 손익기준으로 수익과 영업정책과 제조의 제약조건 등을 고려하여 실행계획을 확정하게 된다.

영업에서 수주를 확보하기 위한 활동과 제조에서 수주기종을 생산하기 위한 적기 자재 구매 및 조달이 중요해진다. 제조와 판매가 연계한 생판계획 검토와 함께 실적기준으로 정기적인 검토를 진행한다.

3.2 수주생산 시스템 구축

생산시스템 측면에서 리드타임 단축, 라인의 유연성

개선 및 준비교체시간 단축과 함께 고객의 VOC(voice of customer)로부터 업의 특성에 맞는 수주생산시스템 구축은 기존에 존재하는 것을 개선하는 제조부문의 DMAIC 방법론과는 다르게 기존에 존재하지 않던 제품이나 설비, 프로세스를 새로 만드는데 유용한 비제조 과제해결 방법론인 DFSS/C(design for six sigma/commercial) 로드맵을 활용하여 구축하였다[8, 14]. 이 방법론은 새로운 것을 설계하고 개발하는데 적합한 방법이며 외부고객 또는 사용하고 활용하는 내부 고객의 VOC로부터 CTQ-Y를 도출하고 디자인 요소를 설계하는 과정을 거친다. <Figure 7>을 참고한다.



<Figure 7> DFSS/Commercial Roadmap

Define 단계는 프로젝트 개요서 작성 및 프로젝트를 선정하고 범위 및 일정을 구체화하고 승인 과정을 거친다.

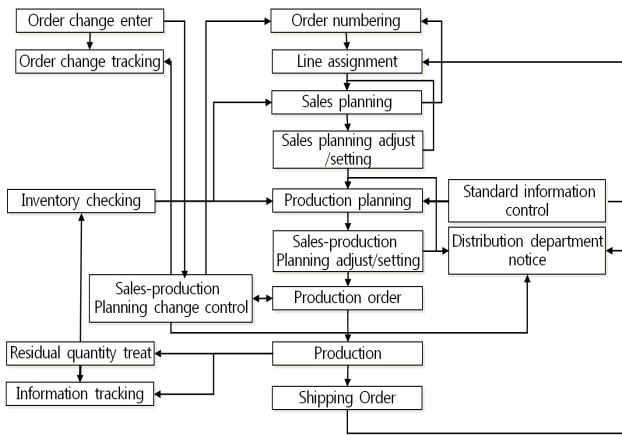
Measure 단계는 전문기관의 CSI(customer satisfaction index) 조사, 설문서를 통해서 고객, 경영층 또는 사용자들의 VOC가 무엇인지를 조사하고[6, 8], 여러 항목을 검토하고 분석하기 위해서 친화도(affinity diagram)로 관련성을 바탕으로 그룹(group)으로 재분류해서 CTQ(critical to quality)로 전환 한다. CTQ의 레벨링은 QFD(quality function deployment)를 통해서 중요도를 정량화하고 CTQ-Y를 구체화시킨다. CTQ-Y의 각 항목은 O.D(operation definition)를 구체화해서 최종 Y를 결정하고 각 항목에 대해서 현수준(base-line)을 확인하는데 기존의 관리하지 않던 지표의 경우 유사한 프로세스 또는 공정을 벤치마킹하여 <Table 3>처럼 현 수준과 목표를 설정한다.

<Table 3> Goal Setting Key Index

Y	Importance	MSA			Base-line	LSL	USL	Goal
		How to measure	Unit					
Sales planning accuracy rate	4,335	$(1 - \frac{\sum Sales\ plan - Result }{\sum Sales\ plan}) \times 100$	%	68%	60%		80%	
Product planning fulfillment	4,264	$ \frac{Production\ plan - Result}{Production\ plan (Quantity\ standard)} $	%	79.4%	65%		85%	
Standard information enter rate	3,901	Actual input number/Required input number	%	95%	80%	100%	95%	
Order base inventory access rate	3,746	Order by($\frac{\sum Over\ inventory\ quantity}{\sum Orders}$)	%	20%	25%		15%	
Delivery Order fulfillment rate	3,656	Hit day/Total shipping plan days	%	60%	80%		80%	
Order fulfillment rate	3,536	RTF/Total Orders	%	80%	70%		90%	
Sales-production planning L/T	2,944	Order enter point~Plan setting point	days	6	-	-	4	
User satisfaction measurement	2,784	Survey points	point	70	65	-	80	

CTQ-Y의 중요도 등을 데이터화하여 정리한 결과 고객 수주정보의 정확도, 고객 수주의 잦은 변경, 생산성/원가 등의 기준정보 관리, 수주 입력자의 재고 책임제 등의 VOC로부터 판매계획 정확도, 생산계획 이행률, 사용자 만족도 등 8개의 Y가 도출되었는데 이 중 판매 계획정확도 및 납기의 수주 이행률이 고객의 잦은 주문변경으로 낮은 수준으로 분석되었는데 각 지표별 설계 목표를 설정하였다.

Analyze 단계는 시스템 설계시 필요한 기능을 프로세스순으로 열거하여 <Figure 8>처럼 기능 간 연관관계를 표시한 FBD(function block diagram)로서 설계해야 할 주요기능을 도출한다.



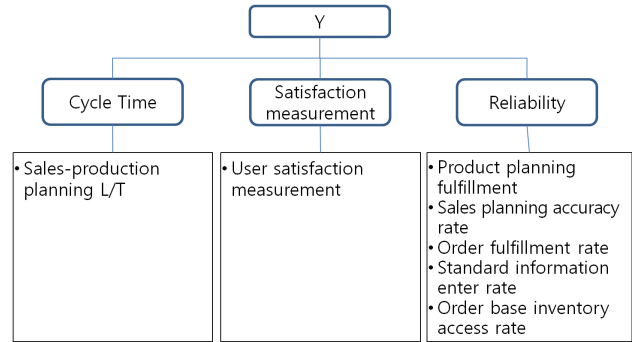
<Figure 8> Key Function Block Diagram

영업은 수주 관리 및 할당기능을 활용한 생관계획을 수립하고, 생산관리는 수익중시의 생관계획을 조정/확정하고 품질/물류는 품질확인 및 출하기능을 수행한다.

또한 각 기능을 어떤 형태로 설계를 할 건지를 결정하기 위해서 복수의 개념(concept)후보를 도출하고 기능간의 평가를 통해서 최종 개념을 결정하게 된다. 결정된 개념을 만족시키는 각 기능별 기능대안을 수립하고, 각 기능별 디자인 요소를 설계한다. 디자인 요소는 과제의 성격에 따라 변경 할 수도 있는데 제품/서비스, 프로세스, 정보시스템, 인력시스템, 설비, 물, 설비, 원자재 등 7개의 디자인 요소를 선정하였다. 물은 변경 요청, 변경 합의 등 상세 운영기준을 마련하였고, 프로세스 부문의 생관계획 변경관리는 주문 변경 및 생산 차질에 의한 변경관리시 영업 및 계획수립 책임자의 결제기능을 추가하였다. 정보시스템은 DFD(data flow diagram)로 시스템 접속에서부터 어떤 실행요소 또는 화면으로 연결 되는지를 명확히 하고 주요화면을 설계하고 구현하였다.

Design 단계는 각 디자인 요소를 인자로 해서 Y와의 관계식을 전환함수라 하는데 디자인 요소가 제대로 설계

되었는지 확인한다. 디자인 요소의 설계가 되면 설계인자가 제대로 설계되었는지 검증 위한 <Figure 9>의 전환함수를 설정한다.

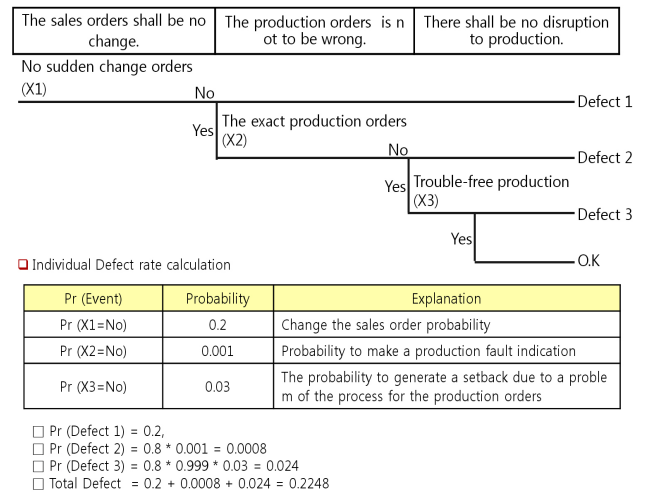


<Figure 9> Conversion Function in Score Card

첫 번째 사이클타임(cycle time)의 생관계획수립 리드타임은 계획수립에 소요되는 시간을 범위로 하고 고객주문에서부터 생관계획을 확정해서 거점별로 생산지까지의 프로세스별 실적을 평균, 표준편차, 분포를 결정하여 시뮬레이션 하여 Y 목표인 72Hr(3일) 내 들어올 확률을 목표수준으로 향상시키고, 더 나아가 시간관리에서 시점관리로 전환해서 3일 이내에 완료토록 유도하였다.

두 번째 만족도의 사용자 만족도는 서브퀵 모델(SERV-QUAL model)의 서비스품질의 5가지 차원인 유형성, 신뢰성, 확산성, 공감성, 반응성의 5개 부문별 설문항목을 구성하고 설문조사로 결과를 입력하면 점수화 된 만족도를 산출한다. 시스템 구현 후 평가결과를 확인하여 목표수준 80점 달성여부를 확인한다.

세 번째 신뢰성 항목인 생산계획 이행률은 <Figure 10>처럼 ETA(event tree analysis) 활용하게 된다.



<Figure 10> Fulfillment rate of Production Plan

생판계획이 제대로 이행되기 위해서는 영업 주문변경 없고, 생산 실수(miss)가 없고, 생산차질이 없어야 하는데 결점(defect)을 계산해 보면 22.5%로 목표로 하는 15% 내로 들어오지 않는다. 대책은 수주변경을 하지 못하는 수주 불변기간 3일을 설정하여 결점율을 목표수준 이내로 감소시킨다. 이와 마찬가지로 판매 계획 정확도~수주 건별 재고초과율도 동일한 방법으로 진행한다.

Optimize/Verify 단계에서는 설계한 인자에 대해 기능별 FMEA(failure mode and effects analysis)를 통해 프로세스 항목별 잠재 실패유형을 확인하고 개선안을 마련하고 리스크를 개선한다. 또한 실제 현장에 적용하기 이전에 구현된 시스템이 제대로 운영되고 목표로 하는 Y가 만족하는지를 검증하기 위해서 시범적용(pilot test)을 진행하여 설계한 내용을 확인한다[5, 8]. 검증된 내용은 관리계획(control plan)을 만들어 실행하고 표준화를 한다. 또한 정기적인 검토를 통해서 시스템을 보완한다.

이러한 수익성 중심의 라인할당 모델을 전산시스템으로 구현하고[3], 시스템으로 반영된 고객의 주문량과 납기를 기준으로 기준정보를 활용하여[14] 시스템이 해당 기간의 손익을 자동으로 계산하여 제시하고 영업의 전략과 제조의 라인제약을 고려하여 생판계획을 확정하게 된다. 그리고 확정된 생판계획을 해당 생산라인에 할당하게 된다.

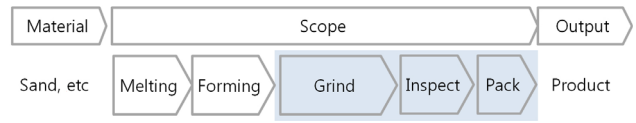
4. 사례 연구

수주생산시스템은 자동차, 전자제품을 생산하는 조립 산업에서 적용해 왔는데 중간부품사이면서 대표적인 장치산업의 하나인 디스플레이 글래스 산업을 사례로 적용해 보고자 한다.

4.1 디스플레이 제조공정 현황

디스플레이 글래스를 생산하고 있는 C사업부는 탄탄한 기술력을 바탕으로 성장을 해 왔으나 TFT-LCD, PDP, 유기 EL 등의 대체제의 등장으로 제품 수명주기상 쇠퇴기로 진입했으며, 시장규모가 작아짐으로 판매량이 줄고 급격한 평가 인하에 대응이 필요하였다[3]. 더군다나 경쟁업체인 일본업체와 힘겨운 생존경쟁을 벌여야 하는 상황에서 경쟁사보다 빠른 차별화된 슬림(slim) 제품 개발과 계획 생산에 따른 재고의 증가로 인한 원가가 상승하였다. 이에 원가절감과 경쟁차별화 요소로서 납기 경쟁력 제고 및 생산 체질을 획기적으로 바꾸는 활동이 필요하였다.

디스플레이 글래스 제조공정은 <Figure 11>을 참조한다.



<Figure 11> Glass Manufacturing Process

공정은 크게 용해, 성형, 연마 공정으로 구분되어지며, 용해원료를 용융, 프레싱, 서냉, 연마하는 공정을 나타내었다. 용해에서 유리물을 녹여서 성형공정부터 1매 홀리기 형태로 복수의 라인으로 구성되어 있다.

대체제의 등장으로 수요보다 공급의 과잉으로 고객의 요구에 맞는 제품생산이 필연적이며 급격하게 하락하는 평가에 대응한 원가절감뿐만 아니라 고수익 기종 생산을 통한 이익 개선활동도 동시에 진행하였다. 이러한 관점에서 기종별 원가를 반영하고 장치산업의 특성에 맞는 손익을 극대화하는 로직을 구성하였다.

4.2 수주생산 시스템 구축

시스템을 활용할 영업, 계획, 제조, 구매, 물류, 기술, 원가관리 부문별로 VOC를 조사하고 그 내용을 기본으로 해서 DFSS/C로드맵을 활용하여 수주생산정보시스템을 구성하였다. 시스템은 수익성 위주의 생판계획 수립 결과를 확인토록 별도 화면을 구성하였다. 화면은 <Figure 12>에 나타내었다.

Summary of run profits					
Version		Item1	Item2	Run Profit	
				Million won	Total amount
G200408M01A	Profit calculation	Sales amount		29,094.2	29,094.2
		Cost of sales		18,465.5	18,465.5
		Sales Profits		10,628.8	10,628.8
		Business Profits		9399.1	9399.1
		%		32.3%	
		Basic stock		6923.4	
		Closed stock		6,620.3	
		System Draft(1)			
G200408M01C	Profit calculation	Sales amount		29,224.1	29,224.1
		Cost of sales		19,392.4	19,392.4
		Sales Profits		9,831.7	9,831.7
		Business Profits		8,803.7	8,803.7
		%		30.1%	
		Basic stock		6923.4	
		Closed stock		5,618.1	
		Adjust Plan(2)			

<Figure 12> Result of Profit & Loss

라인별 생산된 기종과 재고로 대응한 기종을 합한 매출액을 산출하고 매출이익은 생산기종과 재고로 대응한 기종의 계획대비 증감을 기준으로 계산하였으며 영업이익은 운송비를 제하여 산출하였다. 생판계획의 버전별 대안별 손익 산출을 통하여 시스템 초안 대비 손익의 변화를 확인하도록 하였다. 시스템 초안의 영업이익은 93.9억이나 라인계약 등의 생판계획을 조정된 결과 88.0억으

로 5.9억의 기회손실이 발생한 것을 확인 할 수 있다. 수익성을 기본으로 하여 생판계획을 조정하여 수익이 최대화 되도록 할 수 있다.

4.3 준비교체시간 단축

수주생산시스템에서 수주~출하 리드타임과 경제적 로트 계산에 관계되는 회당준비교체시간의 개선의 필수적이다. C사업부의 기종교체는 용해로에서 떨어진 용해물을 성형하는 금형교체시간 개선은 온도 컨트롤이 매우 중요하다. 기종교체시간은 내준비작업을 외준비작업으로 전환을 통하여 순수교체시간을 단축하고 사전 예열방식으로 안정화시간을 단축하였다.

초기에 기종교체 회수 및 시간의 과다로 가동률 및 가동초기품질이 매우 저조하였으나 지속적인 훈련과 습속을 향상과 금형소재 개선 및 설비 단순화를 통해서 <Table 4>처럼 기종교체시간을 대폭 개선하였다.

<Table 4> Improvement of Model Change Time

	Base-line	Result	Effectiveness
Change Time	30	10	20
Stabilization	48	20	28
Total	78	30	48

이러한 개선을 통해서 기종교체시간이 78분 → 30분으로 62%가 감소하였다.

4.4 수주생산시스템 적용 효과

수주생산시스템은 수익성 중심의 사고, 고객에 제일선인 영업에서 생판계획을 수립, 재고 실명제 통한 책임관리 등이 있겠다. 또한 수익성 위주의 생판계획 수립 결과를 시스템이 계산해서 제시하고 수익성 우선의 라인 할당을 통해서 손익을 개선하였다. 또한 수주의 명확화에 따라 재고 발생시 책임소재를 명확히 함으로써 재고량 및 3개월 이상의 장기재고도 <Table 5>처럼 획기적으로 개선할 수 있었다.

<Table 5> Order Production System Before and After

Item	Base-line	Result	Effectiveness
Inventory days(Days)	58	5	53
3 Month ↑ Inventory(%)	28%	6%	22%

재고의 감소는 이자비용 감축, 제품 감손손실, 판가하락 방지 등이 무형효과가 발생하였다.

5. 결 론

프로젝트 생산 형태의 항공·조선, 금형, 공작기계 산업과 식품·제약사, 시멘트·제지, 화학·철강사 등 여러 형태의 장치산업 중에서 모래를 용융하여 디스플레이에 사용되는 단품 부품인 글래스를 제조하는 공정을 대상으로 적용가능성을 확인하였다. 30년간 영위해 온 최대생산을 통해 재고를 쌓아두고 판매하는 원가중심의 최대생산이 미덕이라는 사고방식을 향후 팔릴 것으로 예상되는 A 그룹만을 계획 생산하고 수요가 없을 시에는 B, C 그룹은 생산을 중지하는 방법을 적용하였다. 이를 통하여 팔리는 제품을 생산함으로써 3개월 이상 재고 등의 재고가 감축되고 수익성이 높은 기종 생산으로 손익이 개선되고 품질, 원가, 납기 경쟁력이 개선되었다. 본 논문을 통해서 다음과 같은 몇 가지 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 장치 산업에 있어서도 수주생산 방식을 적용할 수 있으며, 적용 시 각사의 환경에 적합한 방법론으로 고객 맞춤화(customization) 해서 사용해야 한다는 점이다. 수주생산시스템은 생산량에 대한 기존 관념을 많이 버리고 고객 가치를 향한 유연성, 개별 고객대응, 혁신적인 주문처리 과정을 통합해서 수익을 고려한 생산을 해야 한다.
- (2) 기업의 경쟁력은 좋고(quality), 싸고(cost), 빠르게(delivery)이다. 제품 사이클상 쇠퇴기에서도 품질과 코스트의 바탕 위에서 차별화 요소인 납기 경쟁력을 강화해야 한다. 환경변화가 심하고 경쟁이 치열한 환경에서 재고를 만드는 대량생산은 더 이상 적합하지 않다.
- (3) TPS에서 재고는 ‘만약의 근원이다’라는 사고로 대한다. 재고는 작업현장에서 문제를 감출 뿐만 아니라 품질문제를 야기한다. 모든 의사결정의 미스(miss)인 재고를 대하는 우리의 인식수준도 바뀌어져야 하며, 기업의 경영활동은 협력사에게 이윤을 짜내는 것이 아니라 고객이 원하는 제품을 생산하는 회사가 생존하며 결국 승자가 될 것이다. 향후 일관생산체제의 흐름생산방식인 화학이나 플랜트 제품에 대해서도 수주를 기본으로 팔리는 기종을 생산하는 체계는 유용하다는 것을 사례로서 검증해 보는 것도 가치가 있을 것으로 생각한다.

2016년 다보스포럼에서 사용된 용어로서 제조업 가치사슬에 연결된 모든 것들이 변화하는 4차 산업혁명(industry 4.0)의 시대는 상황변화에 유연하게 적응하는 것이 중요하며, 시장과 개별 고객의 변화에 실시간으로 대응해서 제품과 서비스를 제공해야 수익을 창출할 수 있다. 이러한 변화시점에서 조립산업이든 장치산업이든 어떠한 생산방식이든 간에 수주를 기본으로 팔리는 기종을 생산하는 체계는 유용하다는 것이다.

Acknowledgement

This study has been partially supported by a Research Fund of Kumoh Nat'l Institute of Technology, Korea.

References

- [1] Annarelli, A., Battistella, C., and Nonino, F., Product service system : A conceptual framework from a systematic review, *Journal of Cleaner Production*, 2016, Vol. 139, pp. 1011-1032.
- [2] Cho, J.-H., Jang, D.-S., Lee, S.-J., Kim, I.-N., and Chung, C.-W., Efficient Method of Fixing the Setting(4M standardization) in Melting Furnace Operation, *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 2007, Vol. 30, No. 1, pp. 96-104.
- [3] Cho, M.-H. and Cho, J.-H., A Study on the Role of Input Stabilization for Successful Settle down of TRM in Production Process, *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 2016, Vol. 39, No. 1, pp. 140-152.
- [4] Choi, J.-D., Ha, S.-H., and Bae, S.-M., A Case study of ERP Customizing for a Make-to-order Company, *Entrue Journal of information Technology*, 2014, Vol. 13, No. 2, pp. 63-76.
- [5] Hong, T.-Y., Kang, M., Park, S.-H., and Lee, S.-B., Approaches to Build-to-Order Manufacturing System, *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, 2002, pp. 587-590.
- [6] Jung, T.-W., Lee, S.-J., and Cho, J.-H., A Study on the linkage between CTQ and CTP in QIS for Contingency Approach of Market Needs, Kumoh National Institute of Technology, 2000, p. 4.
- [7] Kim, I.-S. and Nam, Y.-S., Industry 4.0, New wave of the future, Heutebooks, 2016.
- [8] Kim, K.-J., Min, D.-K., Kim, D.-H., Lee, P.-H., and Lee, S.-H., A systematic generation of CTQ candidates in DFSS/C; Methodology development and A case study, *Journal of the Korean Society for Quality Management*, 2005, Vol. 33, No. 2, pp. 74-86.
- [9] Kim, N.-H., Noh, S.-J., Wang, G.-N., and Rim, S.-C., Production Planning and Order Receiving System for Capable-To-Promise in Supply Chain Management, *IE Interfaces*, 2000, Vol. 13, No. 3, pp. 396-404.
- [10] Kitech, Industrial technology Report, 2006, pp. 5-17.
- [11] Liker, J.K., The Toyota Way, Natl Book Network, 2004.
- [12] Nakai, H., Inventory destruction, Sejong book, 1998.
- [13] Park, J.-J. and Lee, D.-H., Problems and Countermeasures in Applying of Toyota Production System, *Journal of Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 2015, Vol. 38, No. 1, pp. 152-161.
- [14] Park, S.-H., Lee, M.-J., and Lee, K.-G., DFSS for 6 sigma design, KSI, 2001.
- [15] Sekine, K., Achieve added value manual, New technology development center, 1992.
- [16] Sekine, K., Inventory zero manual, New technology development center, 1992.
- [17] Sekine, K., Toyota production system practice book, New technology development center, 1989.
- [18] Seo, J.-Y., Koh, J.-M., and Park, H.-C., A Study on the B-to-B Order Processing System in Supply Chain Management Environment, *IE Interfaces*, 2000, Vol. 13, No. 3, pp. 416-423.
- [19] Shin, J.-B., Kim, J.-G., and Jang, G.-S., A Product BOM Management Scheme Due to Specification and Engineering Changes in Customer-Oriented Make-To-Order Manufacturing Environments, *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 2008, Vol. 31, No. 4, pp. 121-133.
- [20] Towill, D.R., Dynamic analysis of an inventory and order based production control system, *International Journal of Production Research*, 1982, Vol. 20, No. 6, pp. 671-687.
- [21] Ulrich, K.T. and Eppinger, S.D., Product design and development, Sigma press., 1999.
- [22] Zawadzki, P. and Zywicki K., Smart Product Design and Production Control for Effective Mass Customization in the Industry 4.0 Concept, *Management and Production Engineering Review*, 2016, Vol. 7, No. 3, pp. 105-112.

ORCID

Myong Ho Cho | <http://orcid.org/0000-0002-5067-7744>

Jin Hyung Cho | <http://orcid.org/0000-0003-2674-1774>