

다품종 수주생산형 장치산업의 납기준수를 위한 생산 및 수주전략*

노승중** · 임석철*** · 최지영***

Production and Order Processing Policies in Make-To-Order based Process Industry*

Seung J. Noh** · Suk-Chul Rim*** · Ji-Young Choi***

■ Abstract ■

In this study we develop a computer simulation model to evaluate the effects of various production and order processing policies measured in terms of on-time delivery rate and average waiting time of job orders. Policies considered include : eliminating inflated due date, lot splitting, loss time reduction, attaining full flexibility in production lines, and selective order promising scheme. Actual order-production data from a chemical company were used in the simulation model. Based on the simulation results, we make several suggestions that can significantly reduce the production lead time and increase the on-time delivery rate.

Keyword : On-time delivery, Order processing

1. 서 론

일반적으로 수주형 생산체제에서는 납기준수 여부가 기업 신뢰도 제고 및 고객 유치에 결정적인

요인으로 작용하고 있다. 납기준수율은 생산부문의 유연성에 크게 좌우될 뿐만 아니라 영업부문이 고객의 주문을 어떤 방식으로 수용하느냐에 따라 서로 달라진다. 화학제품 생산과 같은 장치산업은

논문접수일 : 2001년 4월 25일 논문게재확정일 : 2001년 11월 26일

* 본 논문은 1999년 대우재단 특별연구비의 지원을 받았음.

** 아주대학교 경영대학

*** 아주대학교 산업정보시스템공학전공

조립산업에 비하여 설비의 특성상 생산로트간의 가동준비 시간이 상대적으로 길고, 생산 라인이 특정 제품군에 전용화되어 일정계획 운영시 라인의 유연성이 낮은 특성이 있다. 이에 따라 생산 부문은 로트의 대형화 등을 통해 생산성 향상을 추구하게 되어, 영업부문이 추구하는 납기준수와 상충하는 목표를 갖게 된다. 따라서 생산성과 고객서비스 수준을 적절히 조정하여 최적의 생산 및 영업전략을 수립해야 할 필요가 있다.

생산 및 마케팅을 동시에 고려한 전략수립에 관한 이론 연구로는 Sogomonian and Tang[13]이 효시로 평가된다. 그들은 생산부문의 가동준비비용 및 재고비용 최소화 정책과 마케팅 부문의 매출 최대화 정책이 독자적으로 수행될 때보다도 총이익 최대화 관점에서 양자가 절충적으로 의사결정하는 것이 바람직하다는 것을 수리모형을 이용하여 보였다. 그러나 그들의 수리모형은 수요가 알려져 있다는 가정하에 이익을 최대화하는 것이었고, 납기준수를 등의 고객서비스 수준은 고려하지 않아 불확실한 수주생산하에서의 납기준수를 제고방안 연구와는 거리가 있다.

Dellaert and Melo[5]는 수주생산 환경 하의 동적 생산조직에서 고객 주문에 대하여 납기를 약속해줄때 잔업을 사용하여 최소비용으로 납기를 준수하는 최적의 생산로트를 결정하는 문제를 다루었다. 비용요소로는 가동준비비와 재고비, 그리고 납기 미준수 주문에 대한 penalty 비용 등을 고려하였다. Dallari 등[6]은 복잡하고 동적인 상황에서 현재의 운영정책을 검토하고, 개선된 주문 dispatching 정책에 대한 시뮬레이션을 수행하여 노동시간을 16.1% 감소시키는 결과를 제시하였다. 박창규[1]는 수주생산 환경에서 고객에게 납기를 회신하는 방법으로서 제조자원의 용량과 작업부하, 완제품 재고량을 고려하여, 납기일을 넘기는 주문이 하나도 없고 주문들의 평균조달기간이 주어진 상황을 만족하면서 목적함수를 최소화하는 생산일정을 찾는 경험적 방법론을 제시하였다.

로트의 분할생산(Lot splitting)에 대하여는 Reiter

[12]가 공정시간이 유난히 긴 주문 작업의 로트를 분할하는 방안을 처음 언급하였고, Fox[7]는 리드타임을 줄이고 병목공정의 영향을 최소화하기 위한 수단으로서 로트 분할생산을 제안하였다. Graves and Kostreva[8]는 MRP를 사용하는 제조업체서 로트 크기를 결정하는 알고리즘을 제시하였으며, Jacobs and Bragg[9]는 폐쇄형 job shop에서 로트의 분할생산과 반복적 로트 dispatching rule을 결합하여 실험적 결과를 제시하였다. Kropp and Smunt[10]는 로트분할의 효과에 대한 모수들의 영향을 분석하는 선형계획법 및 Quadratic 프로그래밍 모형을 제시하였다.

이동현 등[2]은 작업능력이 동일한 병렬기계에서 상이한 납기와 도착시간을 갖는 작업들에 대하여 조기생산과 지연생산의 합을 최소화하는 일정계획을 수립하는 경험적 해법을 제시하였다. 여타의 다른 연구들[3, 4, 11, 14]도 부분적인 생산효율성 달성을 위한 로트 분할정책 등을 다루고 있으나, 역시 비용최소화나 재고감축 등에 초점을 두고 있어 납기준수를 제고를 위한 종합적인 방안과는 거리가 있으며, 현재까지 수주형 장치산업의 납기준수 제고와 직접적으로 관련하여 생산과 영업을 동시에 고려한 전략수립 연구는 찾아보기 어렵다고 판단된다.

수주에서 출하까지의 리드타임을 줄이고 납기 준수율을 높이기 위해 영업과 생산부문이 택할 수 있는 전략에는 여러 가지가 있다. 예를 들어 생산부문의 경우 라인의 생산 loss time을 줄이는 노력이 필요하며, 대형 로트를 분할하여 생산할 필요도 있다. 또한 라인간 상호 교체 가능성을 높여 생산의 유연성을 확보하는 방법도 필요하다. 영업부문의 경우 고객이 납기일에 정확히 출하해 나가도록 유도해야 하고, 고객을 선별적으로 우대하는 정책도 필요하다. 그러나 이러한 제반 조치가 납기준수율과 리드타임에 주는 영향을 수리적 모형으로 측정하는 데는 한계가 있다.

본 연구에서는 주문생산형 장치산업에서 발생하는 납기 관련 제반 문제점을 분석하고 다양한 생산 및 수주전략이 납기준수율에 주는 영향을 분석하

기 위하여 컴퓨터 시뮬레이션 모델을 개발하였고, 국내 대표적인 화학소재 제조업체인 A기업의 실제 수주데이터를 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다. A기업의 생산 및 수주 현황은 주문생산형 장치산업의 일반적 특성을 잘 반영하고 있어서 이를 사용한 본 연구의 결과로부터 생산 및 영업전략 수립을 위한 일반적인 통찰력을 얻을 수 있을 것이다. 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 본 연구에서 다루는 다품종 주문생산형 장치산업의 일반적인 특성을 고찰하고 문제 해결을 위한 접근방법을 기술한다. 제 3장에서는 본 연구에서 개발한 시뮬레이션 모델을 제시하고 제 4장에서는 시뮬레이션 결과를 분석하며, 제 5장에서는 결과를 요약하고 향후 연구방향을 제시한다.

2. 다품종 수주생산형 장치산업의 납기특성

본 장에서는 다품종 수주생산형 장치산업의 납기 관련 일반적인 특성을 고찰한다. 이를 보다 구체적으로 전개하기 위하여 대표적인 다품종 수주생산형 장치산업체인 A사를 대상으로 특성 및 문제점을 분석하고 이를 일반화하고자 한다. 이를 위하여 먼저 납기와 관련된 용어를 다음과 같이 정의한다.

2.1 용어의 정의

- 수주일 : 고객의 주문이 접수된 일자
- 요구납기일(requested due date) : 수주시 고객이 요구한 납기일
- 조정납기일(confirmed due date) : 고객과 합의하여 조정한 납기일
- 요구납기(requested lead time) = 요구납기일 - 수주일
- 조정납기(confirmed lead time) = 조정납기일 - 수주일
- 납기에누리(discounted lead time) = $\max(1차출하일 - 조정납기일, 0)$

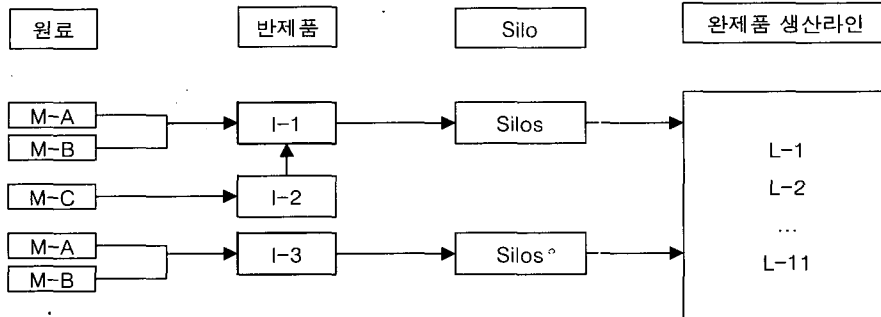
- 출하지연일 = 1차출하일 - 생산완료일

현업에서는 흔히 납기(leadtime)와 납기일(due date)이 혼용되고 있어 업무 당사자간에도 개념의 혼돈을 초래하고 있는 바, 정확한 용어를 사용할 필요가 있다.(이러한 관점에서 “납기준수율”은 엄밀히 말해 “납기일 준수율”이라고 해야 정확한 표현이지만 본 연구에서는 관용적으로 사용되고 있는 “납기준수율”이라는 표현을 그대로 사용하기로 한다.) 어떤 주문의 요구(조정)납기가 준수되었다는 것은 생산종료일이 요구(조정)납기일보다 이른 경우를 말한다.

납기에누리란 본 연구에서 새로 정의하는 용어로서 고객으로부터의 1차 출하요청이 납기일 이후인 경우에 고객이 필요 이상으로 납기를 짧게 요구한 정도를 나타낸다. 납기에누리가 발생하는 이유는 고객이 발주할 때 자기 주문의 생산스케줄을 확보하기 위하여 실제로 필요한 시점보다 앞당겨 납기일을 요구하기 때문이며, 이렇게 해도 고객에게는 아무런 불이익이 없기 때문이기도 하다. 본 연구에서는 이러한 납기에누리가 수주생산 환경에서 일정계획에 상당한 불확실성을 초래하여 납기준수율 등의 성과지표에 악영향을 주는 것에 주목하고 이에 대한 대안을 제시한다.

2.2 생산 및 영업관련 문제점

화학 중간제품을 생산하는 대표적 장치산업체인 A사는 플라스틱 사출성형물 제작에 쓰이는 플라스틱 소재(resin)를 생산한다. A사의 주요 생산공정은 [그림 1]에서 보는 바와 같이 세 종류의 원료로 세 종류의 반제품을 생산하고, 이를 여러 사일로에 저장하였다가 주문이 접수되면 완제품 생산라인에 투입한다. 사일로와 생산라인은 파이프라인으로 연결되어 있으며, 특정 품목(군)은 특정 라인에만 배정되도록 설비가 배치되어 있다. 연간 생산되는 제품 수는 188개의 제품 군에 걸쳐 총 1,700여 종에 이르고, 전량 수주생산 체제로 운영되고 있으며, A사의 수주량은 생산능력을 초과하여 항상 납



[그림 1] 생산공정 개요도

기지연이 발생하고 있다.

A사는 현재 고객차별화 정책을 시행하지 않고 있어서 주문이 들어오는 대로 납기를 고려하여 생산 일정을 계획하고 있다. 주문은 수주한 순서대로 납기에 따라 생산에 투입하는 것이 일반적인 원칙인데, 주요 고객이 긴급한 주문을 낼 경우 라인에 여유가 없으면 불가피하게 타 주문의 생산일정을 변경할 수밖에 없어 긴급주문 뿐만 아니라 타 주문의 납기도 준수하지 못하는 경향이 있다. 따라서 납기 준수를 고려한 수주정책의 필요성이 대두되고 있다.

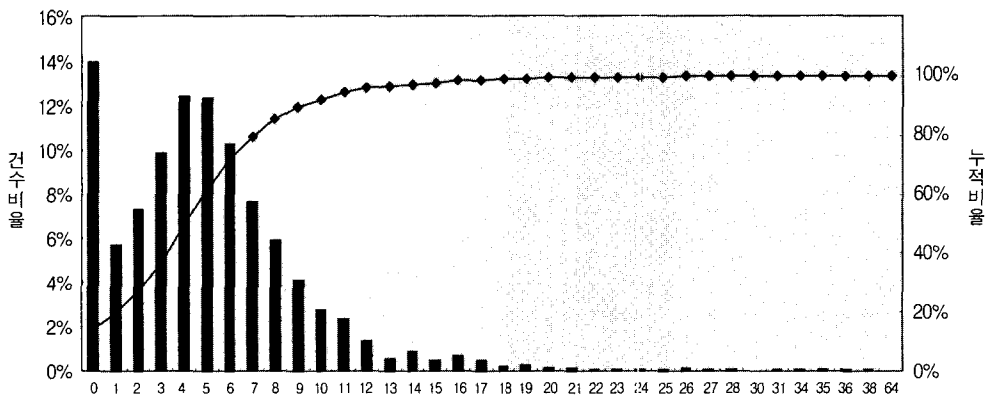
한편 A사의 출하데이터를 분석해본 결과 고객의 첫 번째 출하요청이 조정납기일 이후에 발생하는 경우도 빈번히 발생하고 있음이 발견되었다. 이러한 출하지연에 따라 생산된 완제품이 공장에 재고로 쌓이게 되고, 생산라인을 불필요하게 미리 차지하여 다른 긴급주문의 납기 준수를 못하게 만든

는 악영향을 주기도 한다. 또한 고객은 상당기간의 소요량을 한꺼번에 주문해 두고 이를 소량씩 여러 차례에 걸쳐 출하해 가는 경향도 발견되었다. 이러한 부분출하 역시 A사에게 제품재고 저장공간 및 관리를 위한 비용을 부담시키고 있다.

생산부문에서는 특정 라인에서만 생산이 가능한 특정 품목이 존재하고, 동일 라인에서도 생산성 향상을 위해 동일한 제품 주문을 묶어ロット 크기를 크게 하려는 경향이 있어 일정계획의 유연성을 저하시킨다. 이와 같은 여러 원인이 복합적으로 작용하여 납기 준수율이 저조하고 완제품 재고가 증가하는 경향을 보이고 있다.

2.3 납기준수 현황 및 전략대안

A사의 수주데이터를 분석한 결과 1999년도에



[그림 2] 요구납기 분포

수주한 총 주문은 8,000여 건에 이르고, 이 중 약 53%의 주문에 대해 납기가 조정되었다. 수주 건당 평균 요구납기는 6일로 상당히 촉박한 주문이 많으며 ([그림 2] 참조), 평균 조정납기는 10일 정도로서 고객의 납기 요구를 제대로 만족시키지 못하고 있다. 또한 위에서 설명한 여러 원인으로 인하여 1999년도 데이터 분석 결과 요구납기일 기준 23%, 조정납기일 기준 43% 정도만이 준수되어 납기준수율이 매우 저조한 것으로 나타났다.

데이터 분석 결과 수주에서 출하까지는 평균 18일이 소요되었는데, 이 중 각 주문이 실제로 생산에 소요된 시간은 약 1일에 불과하고, 10일은 생산대기에, 7일은 출하대기에 각각 소요되었다. 생산대기일수가 긴 이유는 생산능력에 한계가 있고 설비의 유연성이 낮은 때문이며, 출하대기일이 긴 이유는 주문이 생산 완료되었는데도 고객이 출하를 즉시 요청하지 않는 “납기에누리” 때문인 것으로 사료된다. 따라서 생산부문에서는 생산 loss time의 감축, 생산로트 소형화에 의한 유연성의 확보 등을 통해 생산대기시간을 줄일 필요가 있다. 영업부문에서는 고객에게 납기를 확약하고 준수해 주며, 그 대가로 고객은 납기일에 반드시 출하하도록 유도하는 영업전략을 추진할 필요가 있으며, 이는 고객사와의 강력한 전략적 협력(Collaboration)위에 상호이익을 추구하는 실질적인 공급체인관리(SCM) 전략이 될 수 있다. 또한 고객차별화 정책을 시행하여 주요고객의 긴급주문을 수용할 수 있는 제도적인 장치를 모색할 필요가 있다.

3. 시뮬레이션 모델링

본 장에서는 2.3절에서 언급한 생산 및 영업부문의 다양한 전략대안이 리드타임 단축 및 납기준수율 제고에 미치는 영향을 평가하기 위하여 A사의 생산라인을 시뮬레이션 모형화하고 실제 수주데이터를 사용하여 전략대안별 결과를 비교한다. 먼저 시뮬레이션을 통하여 비교해 보고자 하는 전략대안은 다음과 같다.

3.1 전략대안

3.1.1 납기에누리 제거

수주시 고객이 주는 납기에 과장이 없다면(이를 2.1절에서는 “납기에누리”라고 정의하였음) 실제 출하일에 맞추어 생산일정을 계획할 수 있고, 따라서 불필요한 생산라인 선점 현상을 방지하여 보다 납기가 짧은 주문을 우선적으로 처리할 수 있다. 그 효과로 단납기 주문의 납기일을 보다 잘 준수할 수 있다. A사의 1999년도 조정납기일 기준 납기준수율은 43%에 불과하였는데 만일 1999년도 고객의 주문에 납기에누리가 전혀 없었다면 납기준수율은 어느 정도로 개선될 수 있었는가를 시뮬레이션으로 추정한다. 이를 위해 완제품의 최초 출하일을 고객의 납기일로 재조정하여 시뮬레이션을 수행한다.

3.1.2 생산 loss time 감축

생산 로트간에 가동준비시간 및 계획적인 비가동시간이 존재하며, 이 시간이 길수록 생산성이 떨어져 주문의 대기시간이 길어지고 납기준수율도 떨어지게 된다. 생산 loss time을 현행보다 10% 및 30% 각각 감축한다면 납기준수율은 얼마나 향상되었는가를 1999년도 데이터를 사용하여 추정한다.

3.1.3 대형로트 분할생산

단일제품의 수주 물량이 대형이면 소형일 경우보다 생산 가동준비 시간을 많이 절약할 수 있어서 생산성 향상에는 도움이 되지만, 장시간 생산라인을 점유함으로써 여타의 소형 로트 물량의 대기시간이 길어지고 납기준수율이 저하된다. 이에 대한 대안으로서 특정 크기 이상의 대형주문에 대하여 그 크기를 절반으로 나누어 2개의 별개의 주문으로 간주하여 생산한다면 납기준수율은 얼마나 개선되었는가를 추정한다.

3.1.4 생산라인간 완전 유연성(full flexibility) 확보

현재는 특정 품목(군)은 특정 라인에만 배정되도록 설비가 배치되어 있다. 그 이유는 중간제품을 저장하는 사일로(silo)가 최종제품 생산라인 모두에 파이프라인으로 연결되지 않아서 특정 원료는

특정 라인에만 공급될 수 있기 때문이다. 만일 추가적인 설비투자를 통해 모든 원료 및 중간재가 모든 라인에 파이프라인으로 연결되어 어떤 주문도 모든 라인에서 생산이 가능해진다면 납기준수율은 얼마나 개선되었는가를 추정한다.

3.1.5 복합정책

위의 3.1.1에서 3.1.4까지의 정책을 복합적으로 적용할 경우 납기준수율은 어느 정도 개선되었는가를 추정한다.

3.1.6 선별적 고객우대 정책

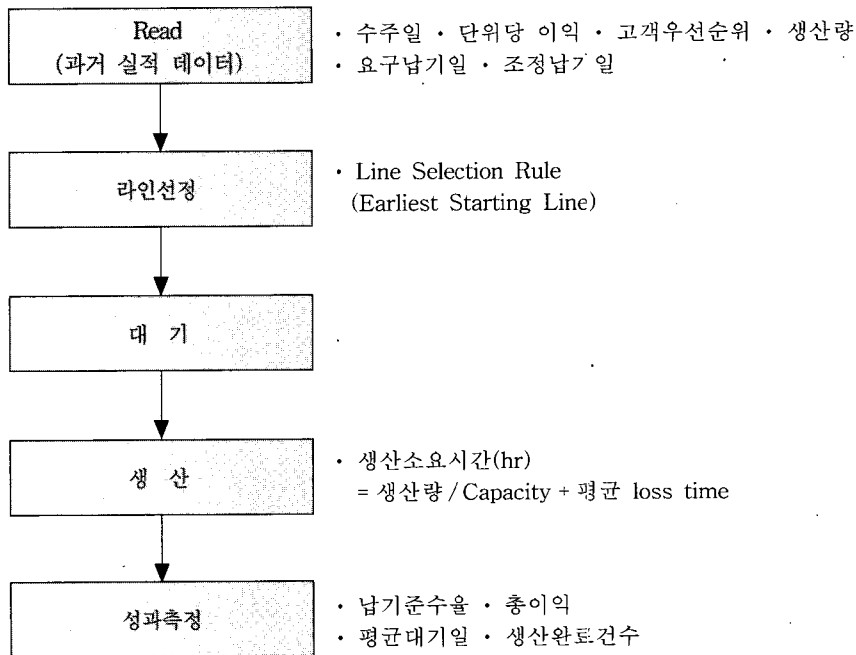
고객 중에서 물량규모가 크거나 정책적으로 우대할 필요가 있는 주요 고객들의 주문중에서 납기가 짧은 긴급주문을 우선적으로 라인에 배정할 경우 주요고객 주문의 평균대기시간은 얼마나 줄어들겠는지를 추정한다.

3.2 시뮬레이션 모델링

A사의 생산공장은 총 11개의 라인으로 구성되

어 있다. 수주한 제품은 그 제품을 생산할 수 있는 생산라인 중 대기주문 수가 가장 적은 라인에 투입함을 원칙으로 하였으며(line selection rule : earliest starting line), 각 생산라인에 대기하는 주문을 라인에 투입하는 우선순위는 납기일이 빠른 순을 원칙으로 하였다(job selection rule). 시뮬레이션의 입력자료로는 1999년 수주한 8,000여건의 주문 중에서 주요제품에 해당하는 3,692 건의 주문자료를 사용하였다. 즉, 본 연구에서는 확률분포에 따라 데이터를 생성하는 추계적(stochastic) 시뮬레이션이 아니라 기존의 실제 데이터를 그대로 읽어 들여 사용하되 정책대안만을 바꾸어보는 확정적(deterministic) 시뮬레이션을 수행하였다. 입력모델 구축은 이산형 시뮬레이션 언어인 Arena(version 3.5)를 사용하였고, 각 주문은 수주데이터가 가진 상세정보를 특성치(attribute)로 읽어들이 시스템 안에서 각 개체로 처리한다. 전체적인 시뮬레이션 프로세스는 [그림 3]과 같다.

각 주문(entity)이 갖는 특성치(attribute)로는 제품명, 수주일, 생산량(톤), 요구납기일, 조정납기일,



[그림 3] 시뮬레이션 프로세스

단위당 이익, 고객등급 등을 정하였다. 동일한 제품이라도 각 라인의 생산능력이 상이하기 때문에 라인 j에서 주문 k의 생산소요시간 P_{jk} 는 식 (1)과 같이 표시된다.

$$P_{jk} = Q_j / C_{jk} + L_j \quad (1)$$

여기서 Q_j 는 주문(롯데) j의 량(톤), C_{jk} 는 라인 j에서 주문 k의 품목에 대한 시간당 생산량(톤/시), 그리고 L_j 는 라인 j의 일평균 loss time(시)을 나타낸다. Loss time은 롯데간의 가동준비 시간과 그 밖의 고정수리시간 및 정비관련 소요시간의 합이다. C_{jk} 와 L_j 는 각각 1999년도 A사의 생산실적 데이터에서 산출하였다.

각 라인의 요구(조정)납기일 기준 납기준수율은 그 라인에서 생산된 주문 중에서 요구(조정)납기일 보다 생산완료일이 이른 주문의 구성비로 정의되며, 전체 납기준수율은 이들의 산술평균으로 계산된다. 각 주문은 제품군에 따라 생산 가능한 라인이 제한되어 있고, 이러한 제약을 시뮬레이션 모델에 반영하였다. 또한 각 라인별로 가동준비 시간과 계획적인 비가동시간을 포함한 loss time이 존재하며, 실제 loss time을 모형의 모수로 사용하였다. 이를 구분하면 다음과 같다. 생산라인은 24시간 연속생산이며, 각 주문은 생산라인에서는 하나의 롯데로 취급된다. 두 개의 연속된 롯데 사이에는 생산라인의 가동준비 시간이 소요되며, 이는 주로 이전에 생산한 롯데의 잔여물을 라인에서 세척하는 시간이다. 이상의 절차를 거쳐 시뮬레이션 모델을 완성하였다.

4. 시뮬레이션 결과분석

본 장에서는 A사의 1999년도 수주데이터를 사용하여 제 3장에서 소개한 전략대안을 시뮬레이션 모델에 적용한 결과를 분석한다.

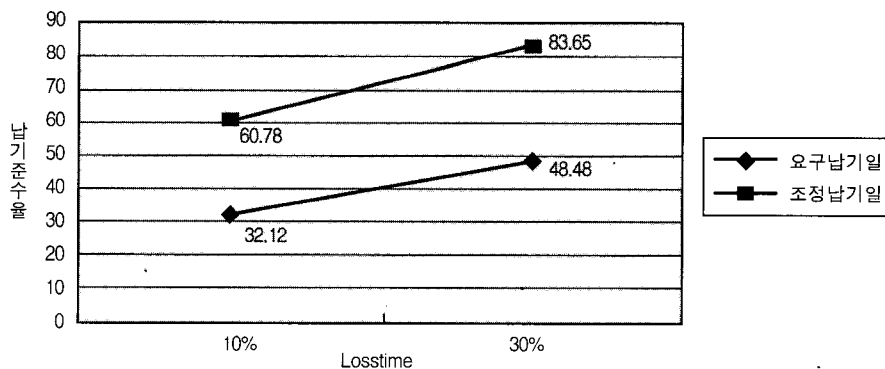
4.1 납기에누리 제거

고객과 합의한 조정납기일 이전에 생산이 종료되었지만 1차출하가 조정납기일 이후에 실행된 주문은 납기가 과장된(에누리된) 주문이다. A사의 1999년도 수주데이터에서 납기에누리를 모두 제거하였다는 것은 각 주문의 실제 납기일을 그 주문의 최초 출하일로 대체하여 생산 라인에 투입함을 의미한다. 이럴 경우 불필요한 생산라인 선점을 방지하여 여타의 단납기 주문을 먼저 생산에 투입할 수 있고, 따라서 전체적인 납기 준수율이 향상될 것으로 예상할 수 있다.

시뮬레이션 결과 납기에누리를 제거한 경우 1999년 실적치보다 요구납기 준수율은 평균 23%에서 33%로, 조정납기 준수율은 평균 43%에서 50%로 향상되었고, 평균대기일수는 1%정도 증가하였다. 평균 대기일수가 다소 증가한 이유는 납기에누리를 가졌던 주문이 보다 늦게 생산에 투입되기 때문이라고 판단된다.

4.2 생산 loss time 감축

현행 loss time은 전체 가동시간의 10%미만이



[그림 4] 생산 loss time 감축 폭에 따른 납기준수율의 변화

나, 이 loss time을 단축할 경우 생산성 및 납기준수율이 향상될 것은 쉽게 예상되는 바이며, 문제는 얼마나 향상될 것인지를 추정하는 것이다. 시물레이션 결과는 [그림 4]에서 보듯이 현재의 생산 시스템에서 loss time을 현행대비 10% 단축할 경우 요구납기 준수율은 평균 23%에서 32%로, 조정납기 준수율은 평균 43%에서 60%로 향상되고, 평균 대기일은 3일 정도 단축될 것으로 추정되었다. 또한 loss time을 30% 감축할 경우 요구납기 준수율은 평균 48%, 조정납기 준수율은 평균 84%로 크게 향상되며, 평균대기일은 5일 정도 단축될 것으로 추정되었다.

4.3 대형 롯트 분할생산

단일제품의 수주 물량이 대형이면 소형일 경우보다 생산 가동준비 시간을 많이 절약할 수 있어서 생산성 향상에는 도움이 되지만 장시간 생산라인을 점유함으로써 여타의 소형 롯트 물량의 대기시간이 길어지고 납기준수율 또한 저하될 것이다. 본 시물레이션에서는 100톤 이상의 대형롯트는 둘로 분할하여, 둘째 롯트의 조정납기일을 원래 대형롯트의 조정납기일보다 15일 뒤로 하여, 두 개의 분할된 롯트를 개별적으로 생산 라인에 투입하였다. 그 결과로 [그림 5]에서 보듯이 조정납기 준수율이 43%에서 52%로 향상되었고, 평균 대기일에는 큰 변화가 없었다. 200톤 이상의 대형 롯트만을 반으

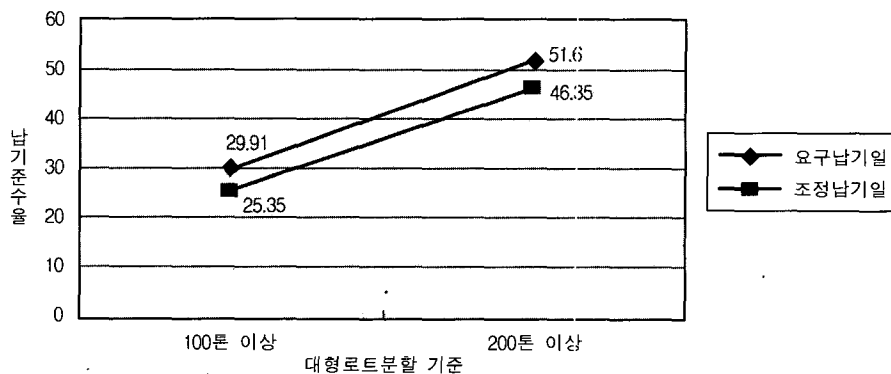
로 분할하는 경우에는 100톤 이상의 롯트를 분할하는 경우보다 납기준수율은 낮았으나 평균 대기일은 짧아지는 것으로 나타났다. 이는 가동준비 횟수의 감소에 의한 효과로 해석된다.

3.4 생산라인간 완전 유연성(full flexibility) 확보

모든 원부재료가 모든 라인에 공급되도록 파이프라인을 증설한다면 라인간의 스케줄링의 유연성이 향상되어 납기준수율이 개선되리라고 예상할 수 있다. 그러나 시물레이션을 실시한 결과 요구납기 준수율은 종전과 거의 차이를 보이지 않았으며, 조정납기 준수율만이 43%에서 45.5%로 약간 증가한 다소 의외의 결과를 얻었다. 이에 대한 해석으로는 기존에 수주시 라인배정 상황을 감안하여 수주하는 경향에 따른 결과로 해석된다. 즉, 현행 수주정책에 따르면 수주시 해당 품목을 배정할 수 있는 라인의 생산일정을 확인하여 고객이 요구하는 납기를 도저히 맞추지 못할 상황일 경우 수주를 유보하거나 고객과의 합의하에 조정납기일을 충분히 늘어 책정하고 있기 때문으로 보인다. 그러나 라인간의 완전한 호환성이 확보된다면 고객의 주문을 여과없이 접수하더라도 요구납기 준수율을 상당한 정도로 제고할 수 있을 것이라 예상된다.

4.5 복합정책

상기 시나리오 4.1에서 4.5까지의 정책을 복합적



[그림 5] 대형로트 분할생산에 따른 납기준수율 향상

으로 적용한 경우

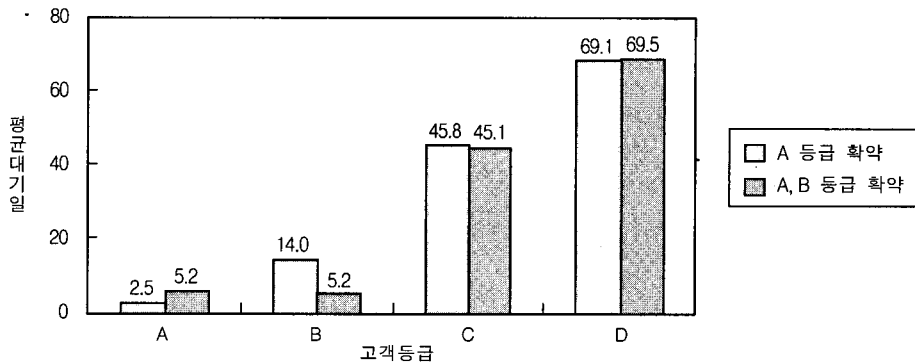
이상에서 효과성이 인정된 네 가지 정책, 즉 납기 예누리 제거, loss time 10% 감축, 100톤 이상 주문의 반분할, 라인호환성 확보 등을 모두 복합적으로 적용한 경우 요구납기 준수율은 평균 23%에서 39%로, 조정납기 준수율은 평균 43%에서 65%로 향상되는 것으로 나타났다. 그러나 1999년도 실적데이터에는 4.4항에서 설명한 바와 같이 라인호환성 효과가 배제되도록 운영된 데이터이므로 만일 라인제약이 없는 상태에서 실제로 수주활동을 하였다면 납기준수율 향상폭은 이보다 상당히 컸을 것으로 판단된다.

4.6 선별적 고객우대정책

주문 스케줄링시 모든 고객을 동일한 우선순위로 취급할 경우 주요고객의 대기시간이 길어지거나 납기준수율이 낮아질수 있다. 본 연구에서는 이에 대한 대안으로서 고객을 A, B, C, D의 네 등급으로 구분하여 고객중요도 순으로 라인에 우선배정하는 Job Selection Rule을 사용하였다. A등급 고객이란 기간당 총 주문량 또는 주문 제품의 단위당 이익이 가장 큰 고객군을 말한다. 특정 라인에 대기중인 여러 주문에 대하여 A등급 고객의 주문부터 우선 생산하고 동일한 등급에서는 수주일이 이른 순으로 생산한다고 가정하였다. 또한 본 연구에서는 주문의 확약에 대하여 A등급 주문만을 확

약해주는 경우와 A, B등급을 확약해 주는 두 가지 경우를 비교하였다. A등급 주문만을 확약한다는 것은 A등급 주문이 일단 스케줄에 배정되면 그 주문은 다른 어떤 주문에 의해서도 생산 일정이 뒤로 밀리지 않고 생산스케줄이 확약되어 고객에게 정확한 납기일을 회신해 줄 수 있는 방식이다. 반면에 A, B등급 주문이 확약되는 경우란 B등급 주문이라도 일단 생산스케줄에 배정되면 A등급 주문이 동일 라인에 배정되더라도 이미 배정된 B등급 주문을 뒤로 밀어내지 못하는 방식이다. 다만 스케줄에 배정하기 전에는 A등급 주문보다 우선순위가 뒤진다.

시뮬레이션 결과 모든 고객의 주문을 동일한 우선순위로 다루는 경우 평균대기일은 9.5일로 나타났다. 등급별 우선순위대로 스케줄에 배정하는 경우 [그림 6]에서 보듯이 A등급 고객의 평균 대기일은 2.5일로 대폭 감축된다. 그러나 B, C, D급 고객의 평균대기일은 각각 14.0일, 45.8일, 69.1일 등으로 크게 늘어난다. 한편, A, B등급 고객을 확약해 주는 경우는 A등급과 B등급은 공히 5.2일이며, C 및 D등급은 각각 45.1일 및 69.5일로 나타났다. 두 경우 공히 C, D등급 고객의 주문은 대기일이 한없이 길어질 우려가 있어서 C, D등급 고객의 주문이라도 일정기간(예 : 20일)이 경과하면 생산에 투입하는 등의 보완책을 강구할 필요가 있을 것이다. 이러한 차별화 정책은 자연히 C, D등급 고객을 배제하고 주요고객인 A, B등급 고객에 보다 많



[그림 6] 선별적 고객우대 결과에 따른 평균대기일 변화

은 자원을 할당함으로써 고부가가치를 추구하는
보편화된 경영전략에 부합한다.

5. 결론 및 향후 연구

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다. 다품종
주문생산형 장치산업에서 납기준수율을 높이기 위
하여 먼저 생산부문에서는 첫째로 loss time 감축
을 위한 노력이 절대 필요하다. 분석 결과 다른 어
떤 정책보다도 생산 loss time을 줄이는 것이 리드
타임 감소와 납기준수율 제고에 큰 영향을 미치는
것으로 나타났다. 둘째, 대형 로트를 분할 생산하는
로트의 소형화 정책도 납기준수율 제고에 상당한
도움이 된다. 그러나 로트를 분할생산하는 경우 가
동준비 횟수가 증가하여 생산성이 저하되는 것을
방지하기 위해서 장치산업의 라인 세척에 관한 전
문화된 장비와 인력, 기술의 확보와 이러한 전문팀
의 기동성있는 팀운영 등에 대한 노력이 요구된다.

영업부문에서는 수주정책을 재정립하여 납기준
수율을 높일 수 있다. 첫째, 고객과 협의하여 조정
한 납기일에 맞추어 생산하고, 고객은 생산완료 즉
시 출하하도록 유도하는 납기 현실화(납기에누리
제거) 정책이 필요하다. 이는 공급체인상의 공급사
와 고객사간의 전략적 협력, 즉 SCM 또는 협업생
산(Collaborative Manufacturing)으로 불리는 상
호 Win-Win 전략에 의해서 달성이 가능할 것이
다. 둘째, 대형로트를 분할 수주하는 전략이 필요하
다. 대형로트 수주시 출하일 별로 로트를 나누어
수주한다면 자연스럽게 로트 크기가 작아져서 대
형 로트가 라인을 장기간 점유하는 현상을 방지할
수 있고, 따라서 여타 주문의 납기준수율을 높일
수 있다. 이를 위해서 공급사는 고객사에게 약속한
납기일까지 생산을 완료하는 납기확약체제(CTP :
Capable-To-Promise)를 운영할 수 있어야 할 것
이다. 셋째, 고객을 선별적으로 대우하는 고객차별
화 정책이 필요하다. 시뮬레이션의 결과 A등급 주
문의 납기를 확약하고 준수하는 경우 A등급 주문
의 평균대기일은 약 1/4로 감소함을 볼 수 있었다.

본 연구에서는 특정기업의 실제 데이터를 사용
하여 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였지만 그 결과
로부터 생산과 영업전략에 관한 몇 가지 일반적인
시사점을 도출하였으며, 이는 유사한 주문생산형
장치산업에 대하여 폭넓게 적용될수 있을 것이다.
향후 연구로는 선별적 고객우대정책과 관련한 보
다 다양한 CTP 수주정책에 대하여 컴퓨터 시뮬레
이션으로 그 성과를 비교해보는 연구가 필요할 것
으로 사료된다.

참고 문헌

- [1] 박창규 “효율적 제조자원의 활용을 고려한 생
산일정 및 납기일 결정기법”, 『경영과학』, 제
17권, 제2호(2000), pp.125-134.
- [2] 이동현, 이경근, 김재균, 박창권, 장길상, “납
기와 조립가능시점을 고려한 병렬기계의 스케
줄링을 위한 발견적 해법”, 『한국경영과학회지』,
제25권, 제2호(2000), pp.47-58.
- [3] 이무성, 노형민, 강무진, “주문생산 체제에서의
동적 공정관리 시스템 개발 : 금형공장의 수주
시뮬레이션 모형 제안”, 『대한산업공학회/한국
경영과학회 '93 추계학술발표논문집』, (1993),
pp.459.
- [4] Ahmadi, J. and D. Tirupati, “An order anal-
ysis and rescheduling system,” *Production
Planning and Control*, Vol.7, No.1(1996),
pp.86-95.
- [5] Dellaert, N.P., and M.T. Melo, “Make-to-
order policies for a stochastic lot-sizing
problem using overtime,” *International Jour-
nal of Production Economics*, Vol.56(1988),
pp.79-97.
- [6] Dallari, F., G. Marchet, A. Perego, and R.
Ruggeri, “Simulation of an automated ma-
terial handling system for order dispatch-
ing,” *Proceedings of the 8th European Si-
mulation Symposium*, 1996.

- [7] Fox, R.E., "OPT - an answer for America, Part IV," *Inventories and Production Magazine*, Vol.3, No.2, 1987.
- [8] Graves, S.C. and M.M. Kostreva, "Overlapping Operations in material requirement planning," *J. Operations Management*, Vol. 6, No.3(1986), pp.283-294.
- [9] Jacobs, R.F. and D.J. Bragg, "Repetitive lots : flow time reduction through sequencing and dynamic batch sizing," *Decision Science*, Vol.19, No.2(1988), pp.281-294.
- [10] Kropp, D.H. and D.L. Smunt, "Optimal and heuristic models for lot splitting in a flow shop," *Decision Science*, Vol.21, No.4, 1990.
- [11] Moon, I.K. and S.J. Choi, "Distribution free procedures for make-to-order (MTO), make-in-advance (MIA), and composite policies," *International Journal of Production Economics*, Vol.48, No.1(1997) pp.21-28.
- [12] Reiter, S., "A system for managing job-shop production," *Journal of Business*, Vol. 39(1996), pp.371-393.
- [13] Sogomonian, A., and C. Tang, "A modeling Framework for Coordinating Promotion and Productin Decisions within a Firm," *Management Science*, Vol.39, No.2(1993) pp.191-203.
- [14] Wilson, J.M., "A simulation analysis of ordering policies under inflationary conditions : a critique," *International Journal of Operations & Production Management*, Vol.15, No.8(1995), pp.89-91.