

다품종 회분식 공정에서의 SCM을 도입한 생산계획 연구

박경민, 하진국, 이의수*
 동국대학교 생명화학공학과
 (eslee@dongguk.edu*)

A Study on planning & scheduling considered SCM in multi-product batch process

Kyoung Min Park, Jin-kuk Ha, Euy Soo Lee*
 Dept. of Chemical & biochemical Engineering, Dongguk Univ.
 (eslee@dongguk.edu*)

서론

기업의 경영구조가 복잡, 다양화되고 고객 만족을 통한 기업의 경쟁 우위의 확보가 치열해지면서 SCM (Supply Chain Management)에 관한 관심이 고조되고 있다. 특히 다품종 회분식 공정은 최소한의 장치를 통해 비슷한 제조법으로 제품을 생산하기 때문에 소비자의 수요변화에 탄력성 있게 대처하지 못하면 막대한 손실을 입게 된다. 또한 고객에 대한 서비스와 재고비용의 증가, 물류비용에 의한 가격상승 등 제품생산에서 발생하는 간접적인 비용이 꾸준히 증가하는 추세이다. 따라서 시장의 가격변화와 수요의 변화에 대한 능동적이고 적절한 대응방안이 필요하고 SCM (공급사슬경영)기법을 사용하게 되었다. 다품종 회분식 공정에서 SCM 도입을 통해 재고비용 및 물류비용의 절감, 채찍 효과에 의한 결품 저하, 소비자의 변화에 대한 신속한 대응을 가져오게 되고 시장 상황에 적절하게 대응하여 경쟁력을 확보할 수 있다. 본 연구에서는 그동안 부분적으로 진행되어 있었던 모델의 통합과 수요에 대한 단계별 예측을 통해 시장 변화와 불확실 변수 (uncertainty)에 대한 적절한 대응방안을 모색하고 이에 따른 최적 생산 계획 수립하였다.

본론

다품종 회분식 공정은 동적 특성을 가지고 있고, 계획된 생산계획과 조업시간을 통해 제품을 생산하더라도 수요에 대한 전반적인 계획 수정이 뒷받침되지 못하면 공급을 원활히 할수 없는 문제가 발생한다. 또한 외란 또는 불확실 변수 (uncertainty)에 의한 조업의 변화가 자주 발생하는 단점이 있다. 일반적으로 생산계획은 물류비, 가격, 제품의 생산순서, 제품의 공급 등 독립적인 부분에 관한 것이었다. 그러나 전체적인 생산계획 하에서 수요의 변화 및 불확실성에 의한 조업변화가 발생하면 조업시간이 길어지게 되고 각 부분별 예측량이 달라져 시장 경쟁력을 잃게 된다. SCM의 도입은 기존 물류에서부터 판매에 이르는 전 단계를 통합하고 관리함으로써 이윤추구 달성을 위해서 좀더 손쉽게 접근하고 능동적인 대응을 할 수 있게 한다. 또한 일정별 대응전략구축과 수정이 가능하여 각 부서별 통합과 제품에 대한 신속한 반응이 이루어지게 한다. 본 논문에서는 UIS 저장 운용방안을 채택한 다품종 회분식 공정에서 예측된 수요의 변화에 대하여 단계별 생산계획 수립 후 시장의 변화에 대한 최적의 공급방안을 모색한다. SCM 도입을 위해서는 정보와 물자의 변화에 대한 총괄 생산계획의 수정이 뒷받침 되어야 한다. 생산조직내의 원자재 소요계획과 수요관리를 통한 총괄생산계획이 수립되면 기존생산계획이 수정되고 고객과 시장에서의 정보와 물자 관리를 통해서 제품의 수요관리가 이루어지게 된다. SCM모델은 그림 1와 같이 총 5단계의 step을 통해 구성된다. 본 모델은 정보에 대한 물자의 신속한 대응이 이루어지게 함으로써 공급의 불균형 및 리드타임을 줄여주게 한다. 제품에 대한 예측되어진 수요를 통해서 생산량이 결정되면 장치의 준비와 설비를 갖추게 되고 불확실성 인자를 고려한 생산계획을 통하여 제품의 생산순서가 결정되어지고 소비

자에게 공급이 이루어진다. 또한 각 단계별 인터페이스의 통합을 통해 수요의 변화에 대하여 각 step 간의 변화를 모색하고 최종적으로 최적화된 공급전략을 제시한다.

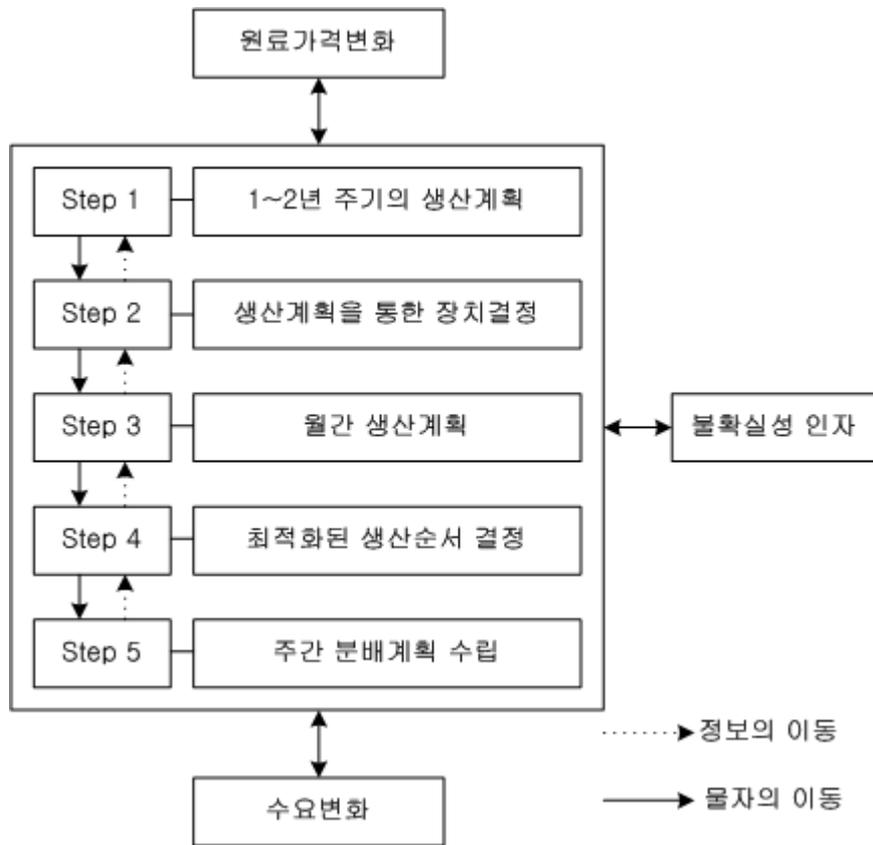


그림 1. SCM 도입을 위한 전략

step 1. 예측되어진 제품에 대한 수요량을 통하여 각 제품에 대한 생산량을 결정한다.

$$TQ_i = \sum Q_i \quad \forall i \in I \quad (1)$$

TQ_i는 제품 i에 대한 연간 총 수요량을 말한다.

step 2. 연간생산량과 조업시간을 통해서 장치의 수와 크기를 결정

$$\min C = \sum_{j=1}^M \alpha_j V_j^\beta \quad \forall i \in I, j \in J \quad (2)$$

$$V_j \geq s_{ij} B_i \quad (3)$$

$$\max \{n_j \tau_{ij}\} \leq H \quad (4)$$

$$\sum \frac{D_i}{B_i} \tau_{ij} \leq H \quad (5)$$

목적함수는 장치투자비의 최소화를 목적으로 한다. (3)은 장비의 부피에 관한 제약식이고 (4)는 UIS 방안을 채택하였을 때 생산시간을 말하고 (5)는 연간 생산량과 회분크기를 통한 조업시간 식이다.

step 3. 월별 제품 생산량 결정

$$\max \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \{Q_i S_{i,t} P_{i,t} - PE_{i,t} - IP_{i,t}\} \quad (6)$$

$$PE_{i,t} = (C_{i,c,t} - Q_i S_{i,t}) \sigma_{i,t} \quad (7)$$

$$IP_{i,t} = \left(\frac{I_{i,t} + P_{i,t}}{2} \right) \delta_{i,t} \quad (8)$$

목적함수는 판매가격에서 위약금과 제품보관료를 제외한 이익의 최대화를 목적으로 한다. (7)은 제품의 생산 하한조건에 대하여 만족한 공급을 못할 경우의 비용을 나타내고 (8)은 기간별 제품의 보관료를 나타낸다.

step 4. 월별 생산량을 맞추기 위한 최적의 생산순서 결정

$$C_{ij} = \max [C_{(i-1)j}, C_{i(j-1)}] + t_{ij} \quad (9)$$

$$n_i = \frac{Q_i S_{i,t}}{B_i} \quad (10)$$

(9)은 UIS 방안일때의 생산순서 결정 모델이고 (10)은 제품의 생산횟수를 나타낸다.

step 5. 생산량에 대한 소비자에 대한 분배를 고려

$$\min Z = \sum_{i,s,t} I_{i,s,t} \Gamma_{i,s} + \sum_{s,j} (S_s X_s + S_j Z_j) + \sum_{i,s,t} C P_{i,s} + \lambda_f \sum_{i,c,t} (C_{i,c,t} y_{f,c}) + \xi \quad (11)$$

$$I_{i,s,t-1} + P_{i,s,t} - \sum Q_{i,s,t} = I_{i,s,t} \quad (12)$$

$$K_f \geq \sum_{i,f} Q_{i,s,f,t} \quad (13)$$

$$K_f \geq \sum_{i,c} Q_{i,f,c,t} \quad (14)$$

$$\sum Q_{i,f,c,t} = C_{i,c,t} \quad (15)$$

$$\sum_s X_s = 1, \sum_f Z_f = 1, \sum_{f,c} y_{f,c} = 1 \quad (16)$$

물류분배 시스템이 네트워크 식으로 구성되어 있고 중앙물류센터, 대리점, 소비자로 이루어져 있을 때 총 비용을 최소화하는 방안으로써 목적함수 (11)은 재고유지비, 고정비, 생산비, 물류비 그리고 운송비의 합을 최소화하는 방안이다. (12)는 기간 t에서의 총재고량에서 운송량을 제외한 현재의 재고를 나타내고 (13),(14)는 대리점의 용량 제한조건이다. (15)는 소비자의 수요에 대한 공급량을 나타내는 것이고 SCM 모델이기 때문에 step 3에

서 비용과 위약금을 고려 최적 생산량의 정보가 제공된다. (16)은 중앙물류센터, 대리점, 고객이 선택됐을 경우를 나타낸다.

적용예제

소비자의 개별적인 수요는 대리점과 중앙물류센터에서 합하여 지고 그 값은 월간 수요 예측량에 반영된다. 그리고 배치 크기와 보관법에 의한 가격이 결정되어지고 제품의 공급순서와 총 생산시간, 최종적으로는 월별 공급량이 계산된다.

월별생산수요 (ton)

제품 \ 월	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
A	28	28	36	36	24	46	46	46	44	40	16	28
B	40	40	32	32	32	24	16	16	16	24	24	32

월별공급 가격 (원/kg) 및 공급량 (ton)

제품	월	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
	A	가격	900	900	500	500	900	190	160	160	275	500	1600
A	공급량	29.5	29.5	36.5	36.5	27.4	46.4	46.9	47.5	49.4	32.7	20.1	28.5
B	가격	500	500	900	900	900	1600	2800	2800	2800	1600	1600	900
	공급량	42.2	42.2	31.7	31.7	31.8	25.1	17.4	15.8	18.1	22.6	22.5	30.6
총 생산시간(hr)		701	701	655	655	578	698	624	617	658	534	419	580

결론

다품종 회분식 공정에서 생산계획과 일정계획은 수요의 변화에 따라 능동적으로 수정되고 반영되어야 한다. 본 연구에서는 SCM 도입을 위하여 각 단계별 인터페이스를 통합, 수요의 변화가 진행단계 및 전체 공급량에 어떠한 영향을 미치는지를 연구하였고 제품의 생산순서와 생산시간을 통하여 공급의 효율적인 생산방안을 얻을 수 있었다. 그 결과 수요에 대한 공급량이 결정되어 짐으로써 적절한 대처 효과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다. 따라서 본 연구를 기반으로 하여 소비자의 탄력적인 수요변화에 따른, 공급량의 대응에 관한 연구를 수행할 것이고 원료의 가격변화 및 불확실 인자에 대한 모델의 수정 및 보완을 통하여 보다 진보되고 적용 가능한 SCM 모델을 개발할 것이다.

참고문헌

1. D. B. Birewar and I.E.Grossmann, "Incorporating scheduling in the optimal design of multiproduct plants" *Comp & Chem. Eng.* 13 (1/2) 141(1989)
2. D. B. Birewar and I.E.Grossmann, "Simultaneous production planning and scheduling in multiproduct batch plants", *Ind. Eng. Chem. Res.*, 29, 570 (1989)
3. N.V.Sahinidis, I.E.Grossmann, "Optimization model for long range planning in the chemical industry", *Comp & Chem. Eng.* Vol 13 No 9, 1049-1063 (1989)
4. V. Jayaraman and Hasan Pirkul, "Planning and coordination of production and distribution facilities for multiple commodities", *European journal of Operational Research* 133, 394-408 (2001)