

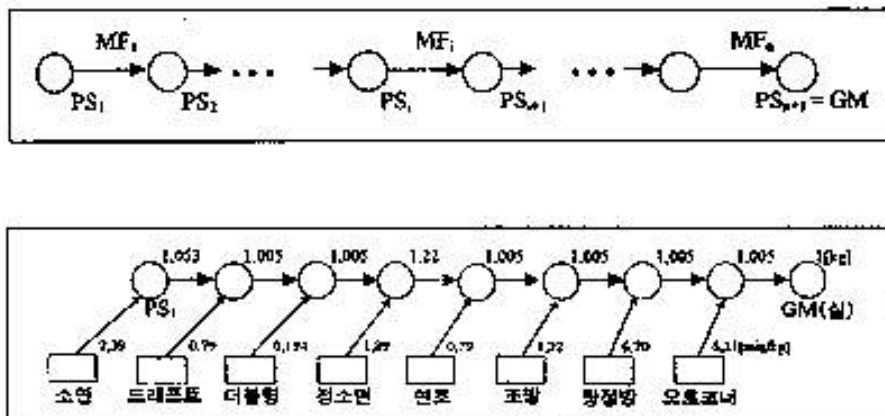
방적공장에서의 원료소요량과 생산량 산출

1. 원료소요량의 산출

낙면은 혼타면, 소면, 정소면공정의 처리과정에서 반드시 발생하게 되는데, 이는 불순물이나 단섬유가 존재하기 때문이다. 이때, 총 낙면량은 투입된 원료의 30% 정도가 되는데, 이는 원료의 품질, 각 공정에서의 처리조건 그리고 방출하고자 하는 실의 변수에 따라 달라지게 된다. 특히, 100%면사를 방적하는 경우에는 이러한 비율이 더욱 커지게 된다. 원면의 소요량을 산출할 때는 각각의 처리과정에서 제거되는 낙물량을 고려해야 된다. 총 n 회의 처리과정에 대하여, 각 공정에서 배출되는 낙면율 a_j 는 $0 < a_j, j=1(1)n$ 이고, 이때 탈락되는 총 낙면율 a 는 다음과 같다.

$$a = 1 - \prod_{j=1}^n (1 - a_j), 0 \leq a < 1 \dots \dots (1)$$

이러한 수치는 <그림 1>에서 보는 바와 같이 정량인자, $MF_j = (1 - a_j)^{-1}, j=1(1)n$ 와 $MF = (1 - a)^{-1}$ 를 결정해 주게 된다.



<그림 1> 원료에 대한 상세한 목록과 관련 작업일정이 포함된 방적계획

오른쪽의 동그라미는 최종제품(실)을 나타내고, 왼쪽의 동그라미는 투입된 원료를 나타내며, 중간에 있는 동그라미는 모두 중간공정을 나타낸다. GM은 최종제품의 예상생산량을 의미하고, $PS_{i,i=2(1)n}$ 는 중간제품에 소요되는 예상투입량 그리고 PS_1 은 원료의 예상소요량을 의미한다. k 번째 중간제품에 대한 예상소요량은 i 번째 중간공정의 예정된 소요량으로부터 산출하는데, 이때 $k < i$ 이며 다음과 같다.

$$PS_k = \left(\prod_{j=k}^{i-1} MF_j \right) \cdot PS_i = MF_{kj} \cdot PS_i \cdots \cdots (2)$$

단, $1 \leq k \leq n, 2 \leq i \leq n+1$

$MF_{k,i}$ 는 연속되는 중간공정들로부터(예를 들어, 낙면율이 비교적 적은 공정) 가능성이 있는 서브그룹의 집합체(aggregation)와 관계가 있다. 따라서, $MF_{k,i}$ 는 한편으로 $k-i$ 단계에 대한 서브그룹의 정량인자로도 해석될 수 있다. <표 1>에서는 하나의 사례를 이용하여 원면의 사용량, 중간공정들과 최종제품의 생산량이 각각의 단계별로 낙면율 및 정량인자와 상응하고 있다는 것을 보여준다. 어떤 그룹에 대한 정량인자 $MF_{k,i}$ 는 이들 공정의 중간제품들을 어떤 적절한 서브그룹으로 통합시키는 단계에 적용할 수 있다. 예상소요량(실을 생산하기 위한 PS 소요량)은 식 (2)의 PS_k 로부터 산출할 수 있다.

<표 1> Nm 100(Ne60)의 정소면사 1,000kg을 생산할 경우에 예상되는 소요량의 예

단 계	방출번수 (Nm)	낙 면 율	MF_1	$MF_{k,j}$	$MF_{k,n+1}$	PS 원사 소요량 (kg)
	100					1,000
8	100	0.005	1.005	1.020	1.005	1,005
7	100	0.005	1.005	1.020	1.010	1,010
6	2.2	0.005	1.005	1.020	1.015	1,015
5	0.22	0.005	1.005	1.020	1.020	1,020
4	0.22	0.180	1.220	1.220	1.244	1,244
3	0.014	0.005	1.005	1.063	1.251	1,251
2	0.22	0.005	1.005	1.063	1.256	1,256
1	0.22	0.005	1.053	1.063	1.323=MF	1,323

2. 생산시간을 산출하기 위한 기술

방적공장에서의 기술, 즉 방적계획(spinning plan)은 연속적인 구조로서 비교적 단순하다. 면섬유나 인조섬유들을 다양한 형태로 혼방하거나, 방출번수와 패키지의 형상을 여러 가지로 하여 단사와 합연사를 생산하고 있다. 방적공정에서는 어떤 규정된 활동이 완료됨으로써 중간제품이 만들어지게 되며, 이는 바꾸어 말하여, 최종제품으로 방출될 때까지 다음 단계의 중간제품으로 변환해 가는 것을 의미한다.

각 공정에서의 작업내용은 방적 시스템과 제품의 조합에 따라 달라진다. 링방적 시스템에서 방적계획을 보면, 크게 4단계로 나누어지는데, 즉 혼타면, 소면, 연조 및 링정방으로서 생산제품의 필요성에 따라 1~2개의 공정(정소면과 조방)이 추가되기도 한다. 정소면 준비공정에서는 주로 드래프트작업과 더블링작업이 요구된다.

각각의 정량인자 $MF_{ij}=1(1)^n$ 을 기초로 하여, 각 공정에 대한 낙면율 a_j , $0 \leq a_j \leq 1$, $j=1(1)^n$ 을 고려한 정밀형 로직(logic)모델을 산출할 수 있다.<그림 1 참조> 이러한 정밀형 로직을 이용하여 각각의 처리단계별로 생산시간을 정확하게 산출해 낼 수 있다. 총 정량인자 $MF=(1-a)^{-1}$ 을 활용하면, 비록 대략적이기는 하지만 각 단계별로 낙면율을 고려할 필요가 없는 단순화된 형태의 로직모델을 만들 수 있고, 이러한 모델로부터 산출된 생산시간은 마찬가지로 대략적인 것이 된다.

정밀형 로직기술과 단순화시킨 퍼지(fuzzy)형 로직기술 사이의 어떤 절충안으로서, 낙면의 배출량이 적다는 점을 토대로 각각에 대한 MF_j , $j=1(1)^n$ 들을 통합시키는 것을 권장할 수 있는데, 따라서 하나의 정량 부속인자(sub-factor)를 만들어 낼 수 있다. 이때 통합된 중간공정들은 하나의 서브그룹형태로 모델화시킬 수 있다. 여기서 반드시 필요한 것은 각각의 낙면율을 어느 정도까지 미미한 것으로 간주할 수 있는지를 설정하는 것이다. <표 1>에서는 각각의 정량인자들을 3그룹으

로 함축시켰고, 따라서 처리과정도 단지 3단계 줄어들면서 2개의 서브그룹을 포함하고 있다.

3. 생산시간의 산출

k번째 공정에서 예상생산량 GM을 갖는 k번째 제품을 만들기 위한 생산시간(셋업, 대기 및 조정에 소요되는 시간은 고려하지 않음)은 다음과 같다.

$$DZ_k = (\prod_{j=k}^n MF_j) \cdot GM \cdot tg_k \cdots \cdots (3)$$

단, tg_k 는 k번째 처리단계에서의 1kg당 처리시간이다.

각 처리과정에서 배출된 낙면은 후속공정에 투입되지 않기 때문에 생산시간은 이들이 탈락된 비율만큼 줄어들게 된다. 그러나 이것이 퍼지형 로직이 적용되는 경우는 아니다. 이 경우, 생산시간은 각 단계에서 배출된 낙면량을 고려하지 않고 대략적으로 산출되는데, 이로 인하여 불필요한 생산용량이 일정에 포함된다는 결과를 가져오게 된다.

<표 2>에서는 각 단계별로 배출된 낙면량을 고려한 정밀형 산출방식에서의 생산시간을 보여주고 있다. 이 산출방식은 정밀한 로직에 기초하고 있다.

<표 2> 정밀형 로직에서의 생산시간(Nm 100의 정소면사 10ton을 생산할 경우)

방 적 설 비	방출변수 (Nm)	정량인자	tg (min/kg)	생산시간(h)
오토코너(autoconer)	100	1.005	6.21	1040
링정방기	100	1.010	6.70	1128
조방기	2.2	1.015	1.22	206
연조기	0.22	1.020	0.79	134
정소면기	0.22	1.244	1.89	392
더블링기	0.014	1.251	0.194	40
첫번째 드래프트	0.22	1.256	0.79	165
소면기	0.22	1.323	2.39	527

만일 통합된 정량인자들에 기초하는 중간형 로직(intermediate logic)을 채용한다면, 정밀형 로직에서 산출한 결과와는 다소 상이한 생산시간이 나올 수 있다.

<표 3>은 면사 10t을 기준으로 정밀형, 중간형 및 퍼지형 로직에 따라 산출된 생산시간을 보여주고 있다. 정밀형 로직을 적용하였을 때, 면사 10t을 생산하기 위하여 정방기는 1,128시간이 소요되고, 퍼지형 로직의 경우, 1,477시간이 소요된다. 퍼지형 로직의 경우, 생산일정에서 349시간이라는 過剩의 생산용량(30% 이상이 더 소요됨)을 보이고 있다. 이는, 첫째 생산용량 가운데 활용되지 않는 349시간을 의미하고, 둘째 납기일 가운데 불필요한 14.5일이 지연(1일 24시간 작업한다고 가정할 때)되고 있다는 것을 의미한다. 중간형 로직의 경우에는 생산시간이 1,139시간이 되는데, 정밀형 로직에서의 산출결과와 11시간(1%미만)정도의 차이를 보이고 있다. 이것은 30% 이상이나 차이나는 퍼지형 로직과 비교해 보면 무시할 수 있는 수준이다.

<표 3> 정밀 로직방식과 퍼지 로직방식에서의 생산시간의 비교

(Nm 100의 정소면사 10t을 생산할 경우)

방 적 설 비	방출번수 (Nm)	생 산 시 간 (h)		
		정 밀 형	중 간 형	퍼 지 형
오토코너	100	1,040	1,056	1,369
링정방기	100	1,128	1,139	1,477
조방기	2.2	206	20	269
연조기	0.22	134	134	174
정소면기	0.22	392	392	416
더블링기	0.014	40	43	43
첫번째 드래프트	0.22	165	174	174
소면기	0.22	527	527	527

방적사이클은 엄격히 말하여 연속된다는 본질에도 불구하고, 모든 공정은 병렬 방식으로 중복되면서 처리가 이루어지고 있다. 일단, 어느 처리단계에서 중간제품의 서브로트(sub-lot)가 완성되면, 다음단계의 처리가 시작된다. 이와 같이 연속적인 조업은 어느 정도까지는 병렬화된 조업이다. 여기서 중복되다는 것은 생산시간이 단축된다는 의미이고, 이러한 단축에 영향을 미치는 인자들로는 이미 후속공정으로 운반되고 있는 서브로트의 크기, 대기시간과 운반시간, 그리고 $(k+1)$ 번째 처리과정을 셋업(set up)하기 위한 시간이 있다.

방적사이클에서 후속공정으로 진행하기 위하여 중간공정에서 완성된 서브로트는 비교적 작으며, 앞서 대기해 있던 캔(can)에 보관된 제품들로 대체할 수 있다. 이러한 저장은 여러 처리과정에서 활용할 수 있으며, 따라서 모든 작업행위는 동시에 시작할 수 있다. 후속공정으로 진행되어 가는 중간공정의 서브로트에 대한 대기시간과 운반시간은 비교적 적다. 그리고 셋업은 모든 단계에서 동시에 수행된다. 결과적으로 최대의 중복시간이 적용될 수 있다.

정방기의 용량은 원자재 수급계획에서 주된 요소가 된다. 이는 상위단계의 생산일정을 좌우하게 되고 하위단계들은 이와 양립하게 된다. 중복시간이 최대일 때, 총 생산시간은 정방기에서의 생산시간과 같아지게 된다. 정방기의 생산량은 방출변수에 따라 다르기 때문에, 상위단계에 있는 생산설비의 활용도는 매우 달라지게 되고, 이 단계에서는 흔히 생산설비를 완전히 활용하지 못하고 있다. 이와 같이 설비의 활용도가 미흡한 것은 해당되는 설비의 용량을 균형화시킴으로써 대응할 수 있다. 또 다른 방법으로는 처리과정마다 임시로 저장하는 과정을 준비하는 것인데, 여기에는 해당되는 처리단계에 저장소를 설치할 필요성이 수반된다.

4. MSO의 응용

MSO(model simulate optimize)로 유명한 독일의 Dr. Gellert & Co.에서 개발한

MRT시스템을 활용하게 되면 방적계획을 모델화하고 중복을 고려한 생산시간을 산출할 수 있다. 이 시스템의 원리는 사례에 입각한 조업계획으로서, 순간적인 상황을 기초로 발생하는 사건을 연속적으로 시물레이션화해 주고 있다. 이로 인하여 기술적인 면에서 생산공정을 명확히 파악할 수 있다. 이 시스템에서는 시급한 주문들을 용이하게 처리해주면서 납기의 지연, 자원의 병목현상과 간섭현상에도 신속히 대응할 수 있기 때문에 유연성이 있다.

생산일정의 수립과 생산관리는 이 시스템의 핵심부분이 된다. 또한 MSO에는 공정관리 활동도 포함되는데, 공장관리에 필요한 정보를 제공하기 위하여 제품 경제학시스템으로부터 기술에 이르기까지 그 범위가 다양하다. 이 시스템에서 프로그램화된 요소로는 조업일정, 기술, 시설, 원자재와 원료의 관리가 포함되어 있다.

기술에 관한 관리요소에는 원료에 관한 목록과 생산일정이 MRT 기본 데이터 관리시스템 내에 통합되어 있다. 여기서 제품의 구성과 기술적인 루틴(routine)은 하나의 단위로 간주하고 있다. 이는 별개로 기록이 이루어지면서 매번 일정을 수립하고 통보하며 시험하는 과정에 앞서 이들 2개의 목록을 반드시 통합해야 하기 때문에 유용하면서도 명확한 것이 된다.

원료에 대한 목록을 제시할 때, 기술관리시스템에서는 3가지 다른 면을 제공해 준다(형식, 조직 및 목록의 제공). 구성요소에 대한 형식을 제공할 때는 최종제품에 필요한 초기 원료와 이와 관련된 중간공정을 정량인자와 함께 규정해 주고 있다. 여기서 의문시되는 경우에는 낙면의 배출(정량인자)이 적은 연속되는 처리과정에서 중간공정을 하나의 서브그룹으로 통합할 수 있으며, 서브그룹은 해당되는 그룹의 정량인자로 할당된다. 그리고 관리자는 어느 정도의 낙면율까지를 낮은 것으로 간주할지 설정하게 된다.

원료목록의 구조는 조직의 제공을 경유하여 수행된다. 이러한 기능을 통하여

그 구조를 명확히 규정할 수 있으며, 그래픽 편집기를 사용하여 제품의 구성을 손쉽게 조작할 수 있다. 목록에 대한 레이아웃의 목적은 구성요소와 어떤 제품에 관한 여러 가지 상세한 내용들을 CAD 데이터와 같이 열거해 주기 위한 것이다. 처리 단계와 기술 그래픽은 구성요소의 활동형식에 적용된다. 기술 그래픽에서는 작업의 시퀀스를 설정하고, 어느 단계에서 각각의 작업을 수행할 필요가 있는지를 결정해준다. 공장관리 시스템에서는 이미 설정된 기술과 구조(이에 상응하는 등급의 원자재, 조직 그리고 작업시작의 일정)에 기초하여 주문받은 제품을 생산하기 위하여 활용가능한 자원을 필요한 별도의 작업활동에 배정해 주고, 각 단계별로 작업 시작일 및 종료일과 함께 생산시간을 산출해 주고 있다. 생산시간의 정확성은 로직의 정밀한 정도에 따라 결정되는데, 이는 퍼지형 로직에 따라 산출되는지 아니면 정밀형 로직에 따라 산출될 수 있는지에 의하여 결정된다. 중복되는 생산시간의 산출은 띠함수 요소(band function component)를 통하여 수행된다.

5. 結 言

지금부터는 원료의 소요량을 결정하고 방적공장에서 생산시간을 산출하는 데 관련된 몇 가지 사항에 대하여 언급하기로 한다.

퍼지형 로직에 기초하여 산출된 생산시간에서는 각각의 처리단계별로 낙면의 배출량을 고려하지 않기 때문에 이러한 산출방식에서는 불필요하게 과잉의 생산용량이 발생하면서 납기일은 늘어나게 된다. 반면에 정밀형 산출방식에서는 정밀한 로직을 요구하는데, 이를 모델화시키는 데는 상당한 노력이 필요한 방식이다. 따라서 이들에 대한 타협책으로서, 중간형 로직을 적용하여 생산시간을 구할 수 있다. 평균 생산시간에서의 차이는 정밀형 로직에서 산출한 것과 단지 약간의 차이를 보이고 있지만 이는 무시할 수 있을 정도이다.