

프레스공장의 일정계획 수립에 관한 연구

박혜규
경영학과

<요 약>

본 논문은 승용차의 차체공장에서 소요되는 다양한 프레스 부품들을 여러 종류의 금형들을 사용하여 배치생산하는 프레스공장의 일인 생산일정계획의 수립을 대상으로 한다. 차체공장의 일별 부품별 소요량을 충족시키는 일인 생산일정계획을 생산준비시간의 절감과 가동을 세고를 위한 제품군 일정계획문제(family scheduling problem)로 파악하고 부품별 재고소진기간, 금형준비시간, 사용가능한 팔레트 수량 및 팔레트 석재사이즈 등을 고려하여 금형변 및 부품별 생산순서와 생산량을 결정하는 알고리즘을 제시한다.

A Study on the Scheduling in the Press Shop

Hyekyou Park
Dept. of Management

<Abstract>

This paper deals with the single press line scheduling problem in the press shop. This problem can be considered as a type of family scheduling problem. Family scheduling or group scheduling is a type of scheduling which requires that similar jobs be processed as a family or group to minimize total setup times. Several approaches are reviewed for the scheduling problem in the press shop. One practical heuristic is proposed to satisfy the daily part requirements of the body shop in the automobile assembly plant.

1. 서 론

승용차 조립공장은 일반적으로 차체공장 (Body Shop), 도장공장 (Painting Shop), 의장공장 (Trim Shop)으로 구성된 주조립라인 (Main Assembly Line)과 주조립라인에 필요한 부품들을 공급하는 공급공장으로 구성되어 있다.

차체공장에서는 프레스 부품(또는 판넬)을 용접하여 기본적인 차체를 형성하며, 도장공장에서는 차체의 부식방지를 위한 방청의 처리와 고객이 요구하는 색상으로 외관을 도장한다. 그리고 의장공장에서는 차량의 기능을 다할 수 있도록 각종 부품들을 차체에 부착시킨다.

공급공장의 예로는 프레스공장, 엔진/기어공장, 시트공장, 각종 조립부품공장 등을 들 수 있다. 일부 부품들은 사내공장에서 생산되어 조립라인에 공급되고 있으나, 대부분의 부품들은 외부 협력업체로부터 공급을 받고 있다.

본 연구에서는 차체공장에서 기본적인 차체의 형성시 소요되는 여러 종류의 프레스 부품들을 여러 종류의 금형을 사용하여 생산하는 프레스공장의 생산일정계획에 대하여 논한다. 즉, 각 프레스 부품들의 일별 소요량을 충족시키는 일일 생산순서/시기와 생산량의 결정에 관한 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다.

2장에서는 프레스공장의 생산일정계획 문제를 제시하고 이 문제의 구조와 성격을 논한다.

3장에서는 이 문제에 적용가능한 제반 접근방법들을 소개하고 검토한다.

4장에서는 이 문제의 가장 기본적인 형태인 한 프레스 라인에 있어서의 일일 생산계획 수립을 위한 알고리즘을 제시한다. 이 알고리즘은 여러 개의 프레스 라인들로 구성되어 있는 일반적인 프레스공장의 경우에도 기본적인 모듈로서 사용될 수 있다.

마지막으로 본 연구의 요약과 결론이 따른다.

2. 문제의 정의

승용차 조립공장에서는 다양한 사양의 차량들의 생산이 평균화되도록 혼류생산 (Mixed-Model Production)을 하며, 이러한 혼류생산의 목적은 의장공장의 각 작업장에서 작업부하와 부품소요량을 평균화하려는 것이다. 조립공장에서의 1일 조립생산순서계획은 주라인의 마지막 공정인 의장공장의 평균화를 고려한 혼류생산계획이며, 첫번째 조립라인인 차체공장의 1일 조립생산도 이러한 평균화된 혼류생산계획에 따라 이루어진다.

혼류생산하는 차체공장에 프레스 부품들을 공급하는 프레스공장은 다수의 프레스 라인에 의한 배치 생산 (Batch Production)형태를 취하고 있다. 프레스공장에서는 현재 장착되어 있는 금형으로는 생산할 수 없는 어떤 프레스 부품을 생산하기 위해서는 먼저 프레스 라인에 이 부품을 생산할 수 있는 금형의 장착이 이루어져야 한다. 따라서, 작업전환 또는 작업준비로서 금형교환이 필요하며 이 때 작업준비시간(Setup Time)의 일종인 금형교환시간이 발생하게 된다. 이러한 금형교환시간의 존재가 프레스공장에서의 배치생산 (Batch Production) 또는 로트생산 (Lot Production)을 요구하는 것이다.

프레스 공장은 자동차의 차체(Body)를 구성하고 있는 부품 중 도어(Door), 루프(Roof),

후드(Hood), 트렁크(Trunk), 펜더(Fender) 등 외부 판넬(Outer Panel) 및 내부 판넬(Inner Panel) 등을 생산하는 공장이며, 이 공장에서의 가공공정을 간단히 설명하면 다음과 같다.

코일(Coil)을 절단하여 적절한 사이즈의 소재(Sheet)를 만든 후에 이를 2개 이상의 쌍을 이룬 금형(Die)사이에 투입하고, 금형의 상하직선운동으로 이 금형이 가공소재에 강한 힘을 가함으로써 원하는 모양의 프레스 부품들을 생산하는 공정/라인이다. 이렇게 생산된 부품들을 팔레트(Pallet)에 적재하여 보관하여 두었다가 차체공장에 공급시켜주는 작업공정이다

프레스 공장의 익일 생산일정계획은 금일 수립된다. 이는 프레스 공장의 익일 생산일정계획을 금일에 통보하여 익일에 소요되는 적절한 사이즈의 소재(Sheet)들을 프레스라인에 미리 공급함으로써 익일에 소요되는 프레스 부품들을 생산하여 차체공장에 적시에 공급할 수 있기 때문이다.

프레스 공장의 생산일정계획은 다음의 단계를 거친다

먼저, 생산일정계획 담당자는 익일부터 10일만에 걸친 차체공장의 차체 생산계획 정보를 입수하여 일별로 소요되는 프레스 부품별 수량을 파악한다. 이러한 일별 부품별 소요량은 알려져 있지만 일정하지(constant) 않고 매일 동내적(dynamic)으로 변동한다. 파악된 부품별 소요량 뿐만 아니라 금일 부품별 기초재고량, 이미 확정된 금일 부품별 생산계획량, 프레스 라인의 가용시간과 생산속도 등을 고려하여 익일 생산일정계획을 작성하며 필요시 수정을 한다. 이러한 익일 생산일정계획에 따라서 일일생산작업이 이루어진다

이러한 익일 생산일정계획을 수립하는 작업은 매일 반복된다 또한 금일에 작성된 익일 생산일정계획은 이미 확정된 금일 생산계획이 예정대로 실행된다는 가정하에 작성되었으므로 만약에 금형고장, 기계고장, 기타 사유 등으로 인하여 금일의 생산이 차질을 빚은 경우에는 익일 생산이 시작되는 시점(예: 익일 오전 8시)에 금일에 수립된 익일 생산일정계획의 수정이 이루어져야 할 것이다

이미 언급한 바와 같이 부품들을 생산하기 위하여는 금형들의 상차이 이루어져야 하는데 보통 한 금형에서 2-5종류의 부품들이 생산되고 있다 한 금형과 이 금형으로 생산되는 부품들의 관계를 다음의 예들 통하여 설명한다.

같은 차의 동일한 부위에 사용되거나 에어컨과 같은 차량의 옵션에 의한 에어컨 부착용 구멍이 있는 부품과 에어컨 부착용 구멍이 없는 부품의 경우 동일한 금형을 사용한다. 다만 구멍이 있는 부품은 구멍을 뚫기 위한 추가적인 금형의 장착에 약간의 작업준비시간만 소요되므로 이 경우에는 작업준비시간을 무시할 수 있다 동일한 금형으로 생산되는 부품들의 시간당 생산량(Parts Per Hour: PPH)은 모두 같고, 또한 동일한 금형에서 생산되는 부품들은 크기와 형태가 거의 비슷하므로 모두 동일한 적재량 크기(pallet size)의 팔레트에 이러한 부품들이 적재된다

그리고 적재시에는 여러 종류의 부품은 한 팔레트에 혼재하여 보관하지 않고 각 부품은 별개의 팔레트에 저장된다 본 연구에서 제시된 알고리즘에서는 각 부품의 생산량이 팔레트 적재량 크기의 배수가 될 것을 요구하고 있다 이 관행은 실무에서 널리 사용되고 있는데 이는 각 부품의 생산 및 재고수량을 가지적으로 용이하게 파악할 수 있게 하며 또한 저장이나 이동시에 팔레트의 효율적인 사용을 위한 것이다.

현재 장착된 금형에서 생산가능한 부품을 잇달아 생산하게 되면 별도의 작업준비가 필요하지 않으나, 다른 금형으로 생산이 가능한 부품을 후속으로 생산하면 별도의 금형교환이 필요하게 된다

프레스 공장에서 수행되는 금형교환활동은 프레스 라인의 가동 중에도 수행될 수 있는 외부 금형교환과 프레스 라인이 정지된 상태에서만 수행될 수 있는 내부 금형교환으로 구분된다.

외부 금형교환은 현재 부품들의 생산이 끝난 후에 투입될 새로운 금형의 작업준비로서 프레스 라인을 정지하지 않고도 라인의 옆에서 준비가 가능한 작업들이다. 프레스 라인에는 두 개의 Bolster가 있으며 하나는 현재의 프레스작업에 사용되고, 나머지 한개의 Bolster에서는 다음 작업을 위한 외부 금형교환이 수행된다. 따라서 실행작업이 진행되고 있는 도중에 이루어질 수 있는 작업이므로 생산중단의 손실이 없이 행할 수 있다.

내부 금형교환은 교환될 금형의 탈착 및 투입될 금형의 장착과 같이 프레스 라인의 가동을 중단시킨 상태에서 작업준비가 이루어진다.

금형교환시간은 외부 금형시간과 내부 금형시간으로 나누어진다.

외부 금형교환시간은 투입될 새로운 금형의 직업준비에 소요되는 시간 중에서 프레스 라인을 정지하지 않고도 준비가 가능한 작업들에 소요되는 시간이다. 만일 선행금형에 의한 작업시간이 후속으로 투입될 금형의 외부 금형교환시간보다 작으면 프레스 라인은 외부 금형교환이 완료될 때까지 유휴상태가 되며, 유휴시간에 의한 생산중단손실이 발생하게 된다. 따라서 생산중단손실을 줄여 프레스 라인의 가동율을 최대화하기 위하여 이 선행금형으로 생산되는 부품들의 총 생산시간이 후속금형의 외부 금형교환시간보다 커야 한다. 그러므로 불가피한 경우를 제외하고는 후속 금형의 외부 금형교환시간이 선행 금형에 대한 최소 생산량으로 제약을 가하게 된다. 즉, 다음 작업을 위한 후속 금형의 외부교환시간 동안 생산가능한 수량이 현재 작업중인 금형의 최소 생산 로트 사이즈가 되는 것이다.

내부 금형교환시간은 프레스 라인의 가동을 중단시킨 상태에서 준비작업이 이루어지는 바 이 시간은 불가피한 미가동 시간으로서 외부 금형교환시간과는 달리 생산일정계획의 수립에 직접적으로 반영된다.

각 금형별 최소 생산량은 후속 금형의 외적 금형교환시간에 의해 결정되는 반면에, 각 금형별 최대 생산량은 생산시 사용가능한 팔레트 수량에 의해 결정된다. 이 때, 생산시 사용가능한 팔레트 수량은 이 금형이 사용하는 총 팔레트 수량에서 현재 이 금형에서 생산된 부품재고들이 점유하고 있는 팔레트 수량을 제한 것을 나타낸다. 다시 말하면, 금형별 생산량은 생산시 사용가능한 팔레트들의 총재적량보다 적어야 한다는 것을 의미한다. 이는 프레스 공장의 배치생산 크기에 의하여 발생하는 프레스 공장과 차체공장 사이의 금형별 재공재고량도 보유하고 있는 팔레트 수량에 따라 일정수준 이하로 유지하여야 한다는 것을 뜻한다. 본 연구에서 제시된 알고리즘에서는 각 금형별 최대 생산량을 고려하였다.

지금까지 논의한 내용들을 요약하여 본 연구에서 다루는 문제를 정의하면 다음과 같다.

혼류생산 방식으로 차체조립이 이루어지는 차체공장의 일별 부품별 소요계획량이 주어졌을 때 배치방식으로 생산하는 프레스공장은 가용 생산시간의 제약하에서 아래의 여러 조건들을 가능한 한 만족시키는 금형 및 부품들의 생산순서와 생산량을 결정한다.

1) 후속공정인 차체공장의 결품을 방지한다.

이 조건을 최우선적으로 그리고 최대한 만족시키기 위하여 아래의 두 가지 방안을 이용하여 결품을 방지하고자 한다.

첫째, 각 부품별 재고소진기간을 계산하여 이 재고소진기간에 의해 금형 및 부품의 생산순서를 결정한다. 이는 각 부품별 재고소진기간을 통해 결품예상시점을 파악할 수 있으므로 가장 빨리 결품이 예상되는 부품을 먼저 생산한다.

물재, 각 부품별 안전재고율을 균등하게 유지하는 방안이다 안전재고는 금형고장과 장비고장 등에 대비한 재고로서 예를 들면 각 부품별로 평균 소요량의 0.5일분을 안전재고를 보유할 수 있다.

2) 선행금형에 의한 작업시간이 후속금형의 외부교환시간 보다 길어야 한다

선행금형에 의한 작업시간이 후속금형의 외부교환시간보다 길어야 유희시간이 발생하지 않게 되어 프레스 라인의 가동률이 높아질 수 있다. 따라서 선행금형의 생산량의 최소 로트 사이즈는 후속 금형의 외부 금형교환시간에 의해 제약되어 신다.

3) 금형별 생산량은 생산시 사용가능한 팔레트들의 총적재량보다 적어야 한다

금형별 최대 생산량은 생산시 사용가능한 팔레트 수량에 의해 결정되며, 금형별 최대 재고량도 결국 보유하고 있는 총팔레트 수량에 의해 결정된다. 이는 프레스 공장의 배치 크기에 의하여 발생하는 부품들의 재공재고도 보유하고 있는 팔레트 수량에 따라 일정수준 이하로 유지되어야 한다는 것을 뜻한다.

4) 부품별 생산량은 팔레트 적재량의 배수가 되어야 한다.

가 부품의 생산량이 팔레트 적재량 크기의 배수가 될 것을 요구하는 것으로 이는 부품별 생산수량의 시각적인 파악이 용이하다는 것과 팔레트를 효율적으로 사용함으로써 팔레트와 관련된 검사, 적재, 이동시간 및 비용 등을 감소시킬 수 있기 때문이다

본 연구의 목적은 다음과 같다

프레스공장에서 여러 종류의 금형을 사용하여 다양한 프레스 부품들을 생산하는 한 프레스 라인을 대상으로 하여, 자체공장에서의 결품방지, 내부 및 외부 금형교환시간과 생산시점에 있어서 사용가능한 팔레트 수량을 구체적으로 고려하여 금형별 및 부품별 생산순서 (Sequencing)와 생산량 (Lot Sizing)을 결정하는 알고리즘을 제시하고자 한다.

일반적으로 프레스공장은 여러 개의 프레스 라인으로 구성되어 있다 이러한 복수 개의 프레스 라인이 있는 경우에 사용될 수 있는 알고리즘의 개요는 다음과 같다.

1 각 프레스 라인에 금형들을 할당하고

2. 각 라인별로 할당된 금형들의 투입순서와 이 금형으로 생산할 수 있는 부품들의 생산순서와 생산량을 결정한다.

3 결품이 예상되는 부품의 경우에 자체 라인에서 부품의 생산순서와 생산량을 조정하거나 다른 라인으로 이동하여 생산한다

그러나 일반적으로 한 라인에 비치된 금형은 생산가능한 부품들을 이 라인에서 계속하여 생산하게 된다. 이는 다른 라인으로 옮겨서 이러한 부품들을 생산하는 경우에 금형이 동시간, 준비시간, 조정시간, 추가 생산준비소요시간 등이 소요되고 또한 시간당 생산량 (PPI)도 떨어지게 된다 따라서, 어떤 프레스 라인에서 생산시간이 절대적으로 부족하여 생산하지 못할 경우에 부품들의 결품이 확실하다면, 이러한 시간손실을 감수하고 생산시간의 이유가 있는 다른 라인으로 이동하여 생산할 수도 있다.

본 연구에서 개발된 알고리즘은 다수의 프레스 라인의 경우에도 각 프레스 라인에 금형을 할당한 후에는 각 프레스 라인에 적용될 수 있다. 다만 생산시간의 여유가 없는 라인으로부터 생산시간의 여유가 있는 다른 라인으로 이동하여 생산하는 경우를 처리하는 별도의 절차가 필요할 것이다.

3. 접근방법들의 검토

이 장에서는 2장에서 정의된 문제에 적용가능한 기존의 제접근방법들을 검토한 후, 프레스라인의 일정계획문제에 적용될 알고리즘의 기본적인 내용을 제시한다.

일정계획문제는 보통 계획기간(planning horizon)의 장.단기에 따라 문제의 성격이 상이하다.

장기 일정계획에 있어서는 주별 또는 월별과 같이 계획기간이 비교적 길기 때문에 이 기간 동안의 작업전환비용(Changeover Cost) 또는 작업준비비용(Setup Cost)과 재고유지비용(Inventory Holding Cost) 등의 비용절감을 통하여 총비용을 줄이려 한다. 한편, 단기 일정계획에서는 일별 또는 교대별과 같이 계획기간이 짧은 경우가 대부분이므로 주로 작업전환시간(Changeover Time) 또는 작업준비시간(Setup Time) 등의 시간의 단축을 통하여 지연(Tardiness/Lateness)을 줄이고 가동율을 높이려 한다.

본 연구의 대상인 프레스라인의 일정계획문제는 매일 수립하여야 하며 작업준비시간의 단축으로 작업지연/부품결품을 최소화하고자 한다. 따라서 단기 일정계획의 성격이 강하다고 볼 수 있다 본 연구와 관련된 일정계획(Scheduling)에 대한 기존의 연구들 중 중장기 계획과 관련된 연구는 다음과 같다

1) Economic Lot Scheduling Problem (ELSP)

각 제품의 수요가 기간별로 일정하며(constant) 알려져 (known or deterministic) 있다고 가정하며 일정한 주기(cycle)에 따라 반복되는 제품별 생산일정을 구한다 따라서 수요가 상당히 안정적인 상황에 적합한 문제유형이라고 할 수 있다.[8] 대부분의 연구들은 작업준비비용과 재고유지비용의 합을 최소화하는 것을 목적으로 하고 있다.

이 ELSP에 포함될 수 있는 변형된 3 가지 방법이 있다.

(1) 방법 1

비교적 짧은 한 생산주기 (1-3일)에 각 금형을 한번씩 장착하여 한 생산주기 동안에 이 금형으로 생산가능한 부품들의 소요량을 모두 생산하는 방식으로 금형별 생산순서와 각 부품들의 생산순서 및 생산량을 결정한다.

(2) 방법 2

각 금형별로 생산주기를 다르게 설정하여 일단 금형이 장착되면 이 금형으로 생산가능한 부품들의 생산주기 동안의 소요량을 충족시키는 방식으로 금형별 생산순서와 각 부품들의 생산순서 및 생산량을 결정한다.

예를 들면 금형 A, 금형 B, 금형 C의 생산주기를 각각 1일, 2일, 5일로 상이하게 설정할 수 있다.

(3) 방법 3

방법 2와 유사하나 비교적 긴 일정기간을 대상으로 생산 일정계획이 수립된다는 점이 상이하다. 주어진 일정기간 동안에 부품별 소요량을 고려하여 각 금형의 투입횟수를 결정하는 방식이다.

예를 들면 1주일간의 일정계획에 있어서 각 금형별 투입횟수를 금형 A는 6번, 금형 B는 4번, 금형 C는 3번과 같이 결정할 수 있다.

프레스 라인의 일정계획문제의 경우에 있어서는 매일 금형을 장착하고 있으므로 금형에는 생산주기의 개념을 적용하지 않으나, 소요량이 매일 변동하는(dynamic)부품에만 생산주기의 개념을 도입하여 소요량이 적은 부품은 매일 생산되지 않도록 하였다.

2) Capacitated Lot Sizing Problem (CLSP)

각 제품의 수요는 기간별로 다르지만 (dynamic) 미리 알려져(deterministic) 있는 것으로 가정하며, 대부분 생산능력이 제한된 설비에서 여러 개의 제품을 생산하는 경우로서 목적함수인 작업준비비용과 재고유지비용의 합을 최소화하는 각 기간별 생산량을 결정하는 문제이다 작업준비시간(Setup Time)을 고려한 CLSP와 최소 로트 사이즈 (Minimum Lot Size)을 고려한 CLSP 등도 있으나 제약식에서만 이러한 요소들을 고려하였다.[11][12] 하지만, 두 종류 이상의 제약식이 있는 경우에 관하여 만족스러운 결과가 발표된 연구들은 거의 없는 실정이다.[7]

일정계획(Scheduling)에 관련된 기존의 연구들 가운데 주로 단기적인 계획의 성격이 강한 연구는 다음의 제품군 일정계획 (family scheduling) 또는 그룹 스케줄링 (group scheduling)이다.

3) Family Scheduling Problem (FSP)

유사한 작업(job)들을 그룹핑(grouping)하는 동기는 작업전환시간(changeover times) 또는 작업준비시간(setup times) 때문이다. 예를 들면, 어떤 제품군(product family)에 속하는 작업들은 요구되는 공구(tooling)나 컨테이너/팔레트(container/pallet)의 규격이 유사할 수 있다. 그 결과, 동일한 제품군(family) 내에 있는 작업에 잇달아 생산이 이루어지게 되면 별도의 작업준비(setup)가 필요하지 않게 된다. 그러나 다른 제품군 내에 있는 작업의 후속으로 잇달아 생산을 하게 되면 별도의 작업준비가 필요하게 된다. 즉 제품군 간에만 작업준비가 필요하게 된다. 이러한 일정계획 문제를 제품군 일정계획 (family scheduling) 또는 그룹 스케줄링 (group scheduling)이라고 한다. [13] 그리고, 이 제품군 일정계획문제는 순서종속적인 작업준비시간하에서의 단일기계 모형(a single-machine model with sequence-dependent setup times)으로 볼 수 있다. 대부분의 목적함수는 작업지연(Tardiness 또는 Lateness)을 줄이면서 총 작업시간을 최소화하는 것이다

그룹 스케줄링은 유사한 품목들을 하나의 그룹으로 묶어 처리함으로써 생산준비시간을 절약하고자 하는 일정계획 기법이다 생산준비시간의 절감과 가동율의 제고로 생산성 향상을 위해 많이 사용되는 방법 중의 하나이다. 그러나 그룹 스케줄링은 유사품목들을 묶어서 생산하기 때문에 지연으로 인한 결품가능성이 상대적으로 높아진다.

본 연구에서 대상으로 하는 생산일정계획 문제에 대한 유사한 성격의 논문으로서 최근에 국내에서 두편의 논문이 발표되었다 김용진은 금형교환시간을 고려하지 않고 선형계획모형을 적용하여 일종의 총괄적인 생산계획인 10일간의 일별생산계획을 수립하는 방법을 제시하였다.[1] 이 방법은 10일간의 일별생산계획을 제시함으로써 개략적인 실행가능성(feasibility)의 확인을 위한 수단으로 사용될 수 있으나, 실제로는 금형파손, 금형고장, 라인고장 등으로 인하여 수정이 매우 빈번하게 이루어져야 하는 문제점이 지적될 수 있다. 그리고, 황학 외 6인은 생산소요시간이 비교적 긴 상용차의 Side Frame 공정의 5일간에 걸친 생산계획 및 일정계획 시스템의 개발에 있어서 완성품의 결품을 방지하고 작업준비

비용과 재고유지비용을 최소화하는 부품별 경제적 로트 사이즈(lot-sizing)를 먼저 결정하고 난 후에 부품들의 재고수준을 일정 수준 이하로 유지하면서 프레스 가동율의 최대화를 추구하는 작업순서를 결정(sequencing)하는 휴리스틱을 제시하였다. [5]

그러나 위에서 제시된 기존의 연구들은 본 연구와는 상이한 가정하에서 개발되었으므로 적용상에 있어서 어려움이 내재되어 있다

우리의 문제의 경우 기본적으로 FSP의 적용이 가능한 모형이라고 할 수 있다 즉, 부품은 작업에, 금형으로 생산가능한 모든 부품들은 제품군에 대응시키면서 여러 가지의 세약을 동시에 만족시키는 일일 부품별 생산일정계획을 수립하기 위한 것이라 할 수 있다. 본 문제를 다시 정의하면 다음과 같다.

프레스 라인의 일별 가용시간에 관한 제약하에서 후속공정인 차체공장에서의 결품을 방지하면서 금형별 최대 로트 사이즈와 금형별 최소 로트 사이즈의 제약조건이 존재하는 FSP로서 각 부품별 안전재고 보유율이 균등하도록 금형들과 부품들의 생산순서와 생산량을 결정하는 문제이다

본 연구에서는 계획기간이 1일이며, 모든 금형을 매일 한번씩 장착하는 것으로 가정하며, 부품별 재고소진기간으로부터 부품별 생산순서와 금형별 생산순서를 먼저 결정(sequencing)한 후에 외부 금형교환시간과 생산시점에 있어서 사용가능한 팔레트 수량을 구체적으로 고려하여 생산량을 결정(lot-sizing)하는 동적인 일정계획(dynamic scheduling) 방식을 채택하였다. 또한 부품별 생산량이 팔레트 표준석재량의 배수가 되도록 조정하였다.

4. 알고리즘의 개발

본 장에서는 먼저 알고리즘에서 사용되는 용어들과 가정들을 정리하고, 알고리즘을 제시한다.

4.1 용어

(1) 부품별 재고소진기간

이는 부품별 익일의 기초재고가 차체공장에서의 소요량을 충족시킬 수 있는 기간을 나타내며 이 기간을 경과하면 결품의 발생이 예상된다 뒤에 제시되는 알고리즘에서는 재고소진기간이 부품이나 금형의 생산순서/시기를 결정짓는 요인으로서, 소진기간이 짧은 부품이나 금형에 생산의 우선순위가 부여된다.

(2) 안전재고

안전재고는 금형파손/금형고장, 기계고장, 소재 미공급에 따른 작업대기, 일시적인 고장 등으로 인하여 생산이 예정대로 이루어지지 못한 경우에 대비하기 위한 재고이다. 본 알고리즘에서는 안전재고가 각 부품소요량의 0.5일분으로 설정되어 있으나 생산시간의 여유나 부족시 조정된다

(3) 일별 부품별 시간당 평균 수요대수

이는 일별 부품별 소요대수를 차체공장의 작업시간으로 나눈 것으로 특정일에 차체공장에 시간당 평균적으로 투입되는 부품수량을 말한다. 이 평균 소요대수를 사용하여 생산시점에 있어서의 부품재고와 사용가능한 팔레트 수량을 파악할 수 있게 된다.

4.2 가정

- (1) 모든 금형은 매일 장착하는 것을 원칙으로 한다
- (2) 장착된 금형에서 매일 생산되지 않는 부품이 있을 수 있다.
즉, 생산주기가 2일 이상인 부품도 있다
- (3) 동일한 금형으로 생산되는 부품들의 IPPH는 모두 같고, 동일한 팔레트를 사용한다
- (4) 금형간의 금형교환시간은 고려하나 동일한 금형을 사용하는 부품간의 교환시간은 무시한다
- (5) 금형별 내부교환시간은 동일하지 않으나 투입순서에 관계없이 일정하다.
금형별 외부교환시간은 동일하지 않으나 투입순서에 관계없이 일정하다.

4.3 알고리즘의 제시

일고리즘을 상술하기 전에 알고리즘을 개략적으로 요약하면 다음과 같다

단계 [1]은 생산 가능한 금형들을 나열한다

단계 [2]는 각 금형으로 생산가능한 부품들의 재고소진기간이 짧은 순서대로 부품들을 나열한다. 즉, 결품예상시점이 빠른 순서대로 부품들을 나열하여 이 금형내에서의 생산순서를 결정한다 그리고, 금형의 재고소진기간을 각 금형에 속한 부품들 중에서 재고소진기간이 가장 짧은 것으로 결정한다.

단계 [3]에 의해 금형들의 생산순서가 결정된다 즉, 단계 [2]과 [3]에 의하여 금형과 부품들의 생산순서(sequencing)가 결정된다.

금형의 생산순서/시기를 결정하는데 있어서 금형에 속한 부품들 중에서 재고소진기간이 가장 짧은 부품에 의하여 결정된다 이는 긴급한 부품에 생산의 우선순위를 주어 이 부품을 생산할 수 있는 금형을 우선적으로 장착하여 이 부품을 생산하고 이 금형으로 생산할 수 있는 부품들도 역시 재고소진기간이 짧은 순서대로 생산한다. 이렇게 함으로써 부품의 결품을 방지하는 해를 구할 가능성이 높아진다.

단계 [4]는 최대 및 최소 생산량의 제약에 의하여 생산량(lot size)을 결정(lot-sizing) 한다.

구체적으로 설명하면 단계 [4.1]은 각 금형에서 생산가능한 부품별 일일 생산요구량을 팔레트 표준적재량의 배수가 되게끔 조정한 후 금형의 생산요구량과 팔레트 소요량을 계산한다

단계 [4.2]는 단계 [4.1]에서 산출된 팔레트 소요량이 사용가능한 팔레트 수량보다 많은 경우에는 이 금형의 생산요구량을 감소시킨다. 다시 말하면 사용가능한 팔레트 수량에 제약할 수 있는 양이 이 금형의 최대 생산량이 되는 것이다.

단계 [4.3]은 금형의 작업소요시간이 후속금형의 외부교환시간보다 짧은 경우에는 금형의 생산요구량을 증가시킨다.

단계 [4.4]는 현재 금형의 시작시각과 완료시각을 기록한다.

마지막으로 단계 [5]에서는 이러한 방식으로 생산일정계획을 수립하였으나 익일의 생산 시간에 있어서 여유 또는 부족이 발생한 경우를 다루고 있다.

생산시간의 여유 발생시에는 비생산계획시간을 설정하거나 생산주기 이후의 소요량을 추가로 생산할 수 있다. 생산시간이 부족할 경우에는 부품별 생산량을 조정하거나 안전재고 보유분을 조정할 수 있다.

프레스 부품들을 생산하는 프레스 라인을 대상으로 금형 및 부품들의 생산순서와 생산량을 결정하는 알고리즘을 상술하면 다음과 같다.

단계 [1]

이 라인에서 생산가능한 금형들을 나열한다.

단계 [2]

각 금형으로 생산가능한 부품들의 재고소진기간을 각각 계산하여 오름차순으로 정렬하며, 부품들의 재고소진기간 중 가장 짧은 것을 이 금형의 재고소진기간으로 한다. 나머지 금형들에 대하여 반복한다.

단계 [3]

금형의 재고소진기간에 따라 금형들을 오름차순으로 정렬한다.

단계 [4]

정렬된 각 금형에 대하여 다음을 반복한다.

(재고소진기간이 가장 짧은 금형부터)

금형의 생산요구량 = 0

금형의 팔레트 소요량 = 0

[4.1] 이 금형으로 생산가능한 정렬된 부품들에 대하여 다음을 반복한다.

(재고소진기간이 가장 짧은 부품부터)

[4.1.1] 부품별 익일 생산요구량을 산출한다

1. 생산주기가 1일인 부품의 경우

부품별 익일 생산요구량

= MAX [0, 익일 소요량 + 2일 소요량의 1/2 - 익일재고량]

2. 생산주기가 2일 이상인 부품의 경우

(1) 부품의 재고소진기간이 1.5일보다 작은 경우

부품별 익일 생산요구량

= MAX [0, 익일부터 생산주기간 소요량 + 생산주기 후일 소요량의 1/2 - 익일재고량]

(2) 부품의 재고소진기간이 1.5일 이상인 경우

부품별 익일 생산요구량 = 0

[4.1.2] 부품별 수정된 익일 생산요구량, 팔레트 소요량, 소요시간을 계산한다

수정된 부품별 익일 생산요구량
 = [부품별 익일 생산요구량/팔레트 표준적재량] * 팔레트 표준적재량
 (부품별 로트사이즈를 팔레트 적재량의 배수로 조정)
 부품별 팔레트 소요량 = 수정된 부품별 익일 생산요구량/팔레트 표준적재량
 부품별 소요시간 = 수정된 부품별 익일 생산요구량/표준 PPH

[4.1.3] 금형의 생산요구량과 팔레트 소요량을 계산한다

금형의 생산요구량 = 금형의 생산요구량 + 부품별 수정된 익일 생산요구량
 (부품별 수정된 익일 생산요구량의 합계)
 금형의 팔레트 소요량 = 금형의 팔레트 소요량 + 부품별 팔레트 소요량
 (부품별 팔레트 소요량의 합계)

[4.1.4] 이 금형으로 생산가능한 부품들이 남아 있으면 [4.1]로 간다.

[4.2] 사용가능한 팔레트수량의 부족시에는 금형의 생산요구량을 감소시킨다.
 (금형별 최대 생산량/보관장소의 제약을 고려)

작업시작가능시점에 사용가능한 팔레트수량을 계산

1. 금형의 팔레트 소요량 <= 사용가능한 팔레트수량인 경우
 단계 [4.3]으로 간다.
2. 금형의 팔레트 소요량 > 사용가능한 팔레트수량인 경우
 금형의 생산요구량을 다음과 같이 조정한다
 조정량 = (팔레트소요량- 사용가능한 팔레트수량) * 팔레트 표준적재량
 조정량/금형의 생산요구량의 비율 만큼 각 부품별 익일 생산요구량을
 감소시킨 후에 단계 [4.1.2]로 간다.
 (수정된 부품별 익일 생산요구량, 팔레트 소요량, 소요시간,
 금형의 생산요구량, 금형의 팔레트 소요량을 다시 계산한다)

[4.3] 금형작업소요시간을 계산한 후에 필요하면 금형의 생산요구량을
 증가시킨다
 (금형별 최소 생산량/외부 금형교환시간의 제약을 고려)

금형 작업소요시간 = 금형의 생산요구량/표준 PPH + 내부 금형교환시간
 실제 작업소요시간 = 금형 작업소요시간 - 내부 금형교환시간

1. 실제 작업소요시간 >= 외부 금형교환시간인 경우
 단계 [4.4]로 간다.
2. 실제 작업소요시간 < 외부 금형교환시간인 경우
 금형의 생산요구량을 다음과 같이 조정한다.
 조정량 = (외부금형교환시간 - 실제 작업소요시간)*표준PPH
 조정량/금형의 생산요구량의 비율 만큼 각 부품별 익일 생산량을
 증가시킨 후에 단계 [4.1.2]로 간다.

(수정된 부품별 익일 생산요구량, 팔레트 소요량, 소요시간,
금형의 생산요구량, 금형의 팔레트 소요량을 다시 계산한다)

[4.4] 후속 금형의 작업시작 가능시각을 계산한다.

금형별 작업시작시각 - 작업시작 가능시각

작업시작 가능시각 = 작업시작 가능시각 + 금형 작업소요시간 또는
= 작업시작 가능시각 + 금형 작업소요시간 + 유휴시간

금형별 작업완료시각 = 작업시작 가능시각

잔여금형이 있으면 단계 [4]으로 간다

(잔여금형이 없으면 단계 [5]로 간다)

단계 [5] 라인에서의 지부하 또는 과부하를 조정한다.

1 생산시간 여유 발생시

1) 비생산계획시간의 설정

2) 생산주기 이후의 소요량 고려하여 생산량을 추가

2 생산시간 부족 발생시

1) 부품별 생산량 조정

2) 안전재고 보유 기준 조정

프레스 라인에서의 익일 일정계획 수립을 위한 이 알고리즘에 필요한 입력 자료는 다음과 같다.

1) 익일 생산가능시간

2) 금형별

- 금형교환시간 (외부교환시간, 내부교환시간)

- 사용 팔레트의 종류, 표준저세당, 사용가능한 총팔레트수

- 시간당 생산량(PPH)

- 각 금형으로 생산가능한 부품들의 종류

3) 부품별

- 10 일간 소요량,

- 금일 기초재고, 금일생산, 금일 소요량

- 익일 기초재고

- 생산주기

그리고 이 알고리즘에 의해 출력되는 자료는 다음과 같다.

1) 부품별

- 작업시작, 완료, 소요시간

- 익일 생산요구량, 팔레트 소요량,

2) 금형별

- 작업시작, 완료, 소요시간

- 익일 생산요구량

5. 요약 및 결론

본 연구의 목적은 프레스 공장에 있어서 차체공장의 조립생산계획에 의거하여 소요되는 부품들을 필요한 시점에 필요한 양을 공급할 수 있도록, 한 프레스 라인을 위한 익일 생산일정계획의 합리적인 수립을 위한 알고리즘의 개발에 있다. 여기에서 익일 생산일정계획은 이 라인에서 생산될 부품들의 생산순서/시기와 Lot Size를 결정한다.

본 연구에서 개발된 알고리즘에서는 기존의 연구들([3],[6])과는 달리 부품별 생산량을 팔레트 표준적재량의 배수가 되도록 조정하였고, 후속금형의 외부교환시간을 고려하여 실행금형의 최소 생산량을 설정하였으며, 생산시점에 있어서 사용가능한 팔레트 수량을 고려하여 금형의 최대 생산량을 결정하였다. 그러나 본 연구에서 개발된 알고리즘은 일일 생산일정계획을 위한 것으로 주로 결품방지를 위한 작업지연(Tardiness)에 우선순위를 두고 금형교환/작업준비비용이나 재고유지비용은 고려하지 못했다. 보다 개선된 방법론으로는 작업준비비용과 재고비용을 고려한 중장기 일정계획으로부터 결품방지를 위한 단기일정계획은 체계적으로 유도하는 것이다. 이 경우에 중장기 일정계획으로부터 실행가능한(feasible) 단기일정계획으로의 분해(Disaggregation)가 관건이 될 것이다.

그러나 4장에서 제시된 가정들 하에서 제반비용을 고려하지 않는 상기의 알고리즘으로 일주일 또는 10일간의 생산일정계획을 미리 제시한다면, 이 기간 동안의 생산일정계획의 개략적인 실행가능성(feasibility)을 확인하는 방법으로 사용될 수 있다.

추후 당면한 연구과제로는 이미 언급하였지만 다수의 프레스 라인이 있는 프레스공장에서 생산여유가 없는 라인으로부터 생산여유가 있는 라인으로 이동하여 생산하는 알고리즘의 개발이 요구된다고 하겠다.

참 고 문 헌

- 1 김용진, 프레스 공장에서 판넬의 최적 생산량 결정에 관한 연구, 울산대학교 산업경영대학원 석사학위논문, 19948
- 2 김대웅, "농적 계획법을 이용한 다품종 소량생산 시스템하에서의 그룹 스케줄링에 관한 연구," 경영과학, 7권 1호, pp.86-94, 1990
- 3 백종권, 백준걸, 김성식, "혼류 조립 라인에 Batch 단위로 부품을 공급하는 단위 작업장의 생산계획 수립," 대한산업공학회/한국경영과학회 '96 춘계공동학술대회 논문집, pp.369-372, 1996
- 4 신현준, 전진, 김성식, "혼류 조립 생산 라인 계획 운영구조," 대한산업공학회/한국경영과학회 '96 춘계공동학술대회 논문집, pp.365-368, 1996
- 5 황희 외 6인, "상용차 Side Frame 공정의 생산계획 및 일정계획 수립 시스템 개발," 산업공학, 9권 2호, pp.3-17, 1996
6. Ahmadi, R.H, Sriram Dasu and Christopher S. Tang, "The Dynamic Line Allocation Problem," Management Science, Vol.38, No.9, pp.1341-1353, 1992
7. Bahl, H.C., L.P.Ritzman, and J.N.D Gupta, "Determining Lotsizes and Resource Requirements: A Review," Operations Research, Vol.35, No.3, pp.329-345, 1987

8. Gallego, G., "Reduced Production Rates in the Economic Lot Scheduling Problem," *International Journal of Production Research*, Vol.31, No.5, pp.1035-1046, 1993
9. Inman, R.R and P.C.Jones, "Decomposition for Scheduling Flexible Manufacturing Systems," *Operations Research*, Vol.41, No.3, pp.608-617, 1993
10. Lee,C.-Y, S.D. Liman and A. Wirakusumah, "Product Batching and Batch Sequencing for NC Punch Presses," *International Journal of Production Research*, Vol.31, No.5, pp.1143-1156, 1993
11. Stadtler, H., "Medium Term Production Planning with Minimum Lotsizes," *International Journal of Production Research*, Vol.26, No.4, pp.553-566, 1988
12. Trigeiro, W.W, L.J. Thomas & J.O. McClain, "Capacitated Lot Sizing with Setup Times," *Management Science*, Vol.35, No.3, pp.353-366, 1989
13. Webster, S. and K.R. Baker, "Scheduling Groups of Jobs on a Single Machine," *Operations Research*, Vol.43, No.4, pp.692-703, 1995