

## 코아제품의 생산일정계획 수립 사례연구

김봉진\* · 김춘식\*\*

### A Case Study of Production Scheduling for Core Products

Bongjin Gim\* and Chun-Sik Kim\*\*

**요 약** 본 연구에서는 코아제품의 일정계획시스템을 개발한 사례연구를 다룬다. 각 제품의 납기를 준수하기 위하여 작업배정과 작업처리순서의 결정을 하는 일정계획 알고리즘과 일정계획시스템을 개발하였다. 개발된 일정계획시스템은 클라이언트/서버 환경에서 작동되며, 중요한 정보는 필요할 때마다 사용할 수 있도록 데이터베이스로 저장되었다. 대상업체에 대한 일정계획시스템의 개발로 수작업의 배제, 생산계획과 관련된 업무처리시간의 단축, 재고량의 감축 등과 같은 성과를 얻을 수 있었다.

**Abstract** This paper deals with a case study on the development of computerized scheduling system for core products. We propose a heuristic algorithm which is based on the sequencing rules and the allocation rules to satisfy the due date for each product, and develop a scheduling system for the manufacturer of core products. The system operates under a client/server circumstance. The important information constitutes a database, and it can be retrieved whenever it is needed. The benefits of the scheduling system are the exclusion of hand operations of data, the reduction of execution time for production planning and the reduction of average inventories.

**Key Words** : scheduling system, core products, heuristic algorithm, client/server

#### 1. 서 론

코아제품은 규소강관을 얇게 가공한 후 수십 겹을 프레스로 압착하여 접착제를 사용하지 않고 붙여 만들며 전자제품용 트랜스포머의 E&I 코아, 자동차 및 가전제품용 모터 코아, 퍼멀로이 등의 기타 코아 제품으로 구분할 수 있다. 코아제품의 생산업체들은 주로 자동차 및 전자회사의 1차 또는 2차 협력업체이며, 코아제품은 원료비의 비중이 67%에 이르고 몰류비의 비중이 커서 생산시스템의 관리효율이 매우 중요한 과제가 된다. 대부분의 코아제품 생산업체들은 코일 등의 원자재를 해외기업이나 P사와 같은 대기업으로부터 공급받고 있으며, 생산한 최종제품도 주로 대기업에 납품하기 때문에 수요처 및 공급처의 요구를 모두 만족시켜야 하는 어려운 입장에 처해 있다.

국내 제조업체들은 고객요구의 다양화 및 신속성의 추구, 대외 개방의 가속화, 정보 및 통신기술의 발전, IMF 체제에 따른 수요의 감소 등의 동적인 환경에 처해 있다. 따라서 컴퓨터를 이용한 생산정보시스템의 구

축은 경쟁사에 대한 우위 확보에 필수적인 요소로 대두되고 있다. 생산정보시스템은 수주에서 완성된 제품의 출하까지를 컴퓨터에 의해 계획하고 통제하는 정보시스템으로서 수주, 재고, 생산, 구매, 출하 등에 관한 실행 계획 및 정보를 제공한다.

코아제품의 생산업체는 재고수준을 최소로 유지하며 수요처의 부품 납품일정에 차질이 생기지 않도록 일정계획을 수립하는 것이 요구되고 있다. 일정계획시스템은 생산정보시스템의 주요 하부시스템으로서 각 수요처에서 요구한 주문량을 납기 내에 생산하여 인도하기 위하여 각 제품들의 생산시점 및 생산량과 공정 및 기계에의 작업할당을 결정하는 것을 목적으로 한다. 또한 일정계획 시스템은 생산계획 단계에서 결정된 생산물량을 단위공정에서 어떠한 순서로 투입할 것인가를 결정한다.

현재 국내외의 많은 기업들이 주문관리, 일정계획, 재고관리, 몰류관리, 판매관리 등의 전산화를 구축함으로써 자원의 효율적 관리와 생산성 향상을 이루고 있다. 본 논문과 관련된 연구로는 김갑환[1]이 자동차 부품업체에 대한 일정계획시스템을 구축한 사례를 들 수 있으며, 최근에는 김창현[2]이 냉연공정에서의 일정계획시

\*단국대학교 공학부 산업공학전공

\*\* 한국코아 전산팀장

시스템을 개발한 바 있다. 이들은 실시간 정보에 의한 생산일정계획 및 생산정보시스템의 구축을 통하여 많은 성과를 이룬 것으로 보고하고 있다[3-9].

본 논문에서는 코아제품을 생산하는 H사를 대상으로 생산일정계획시스템을 개발한 사례를 소개하고자 한다.

## 2. 생산시스템 개요

연구대상인 H사는 약 50종류의 코아제품을 생산하고 있으며, 생산상의 특징은 흐름생산(flow shop) 형태를 취하고, 모든 제품이 중량 단위로 취급된다는 점이다.

코아제품의 첫 번째 공정은 후프(hoop) 공정으로서 철강회사로부터 구입한 다양한 종류의 강판(원단)을 원하는 규격으로 잘라 스트립(strip)으로 만드는 과정이다. 코아제품의 두 번째 공정은 스트립 수습 결을 접착제를 사용하지 않고 프레스로 압착하여 붙이는 공정이다. 대부분의 코아제품들은 프레스 공정을 마지막으로 최종 제품이 되나, 일부 제품은 세 번째 공정인 열처리 또는 다이캐스팅(die casting) 공정을 거쳐 최종 제품이 된다. 생산이 완료된 제품은 대기 구역으로 이동되어 입고검사를 마친 후 불량이 없으면 창고로 이동되고, 불량품은 재작업 또는 폐기를 한다. 한편 입고검사를 마친 제품 중에서 소수의 제품은 도장외주 과정을 거쳐 최종 제품으로 출하된다.

한편 대상업체의 애로 공정은 프레스 공정이며, 프레스 공정에는 다양한 코아제품을 생산하는 10 여기의 프레스가 설치되어 있다. 또한 매출액의 비중이 높은 중요한 제품들은 전용 프레스에서 생산하며, 기타 제품들은 생산시점에 따라 처리하는 프레스가 결정된다. 프레스 및 후프 공정은 각기 다른 금형교체와 원단을 자르는 칼의 교체 등으로 인하여 한 제품에서 다른 제품으로 생산이 전환될 때마다 30분에서 1시간 정도의 생산 전환시간이 소요되어, 이러한 생산전환시간을 최소화하여 전체 시스템의 효율을 높이는 것이 일정계획에서의 중요한 과제이다.

## 3. 일정계획시스템

코아제품의 생산관리에서 가장 중요한 부분은 적절한 생산계획의 수립이다. 효과적인 생산계획을 수립함

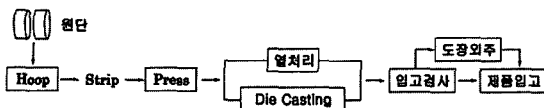


그림 1. 코아제품의 생산공정

으로써 재고수준의 감소, 자재의 적시구매, 인력배치계획의 합리화, 적절한 출하계획의 수립 등의 효과를 얻을 수 있다. 한편 생산계획은 계획기간에 따라 연간 생산계획, 월간 생산계획, 주간 생산계획으로 구분할 수 있다. 연간 생산계획은 연간 판매계획에 기초하여 설비 부족 등의 특별한 예외 사항이 없으면 연간 판매계획과 동일하게 수립된다. 월간 판매계획은, 영업부서가 수립한 월간 판매계획과 재고 현황을 참조하여 작성되며, 비교적 간단한 방식으로 수립된다. 주간 생산계획은 본 논문에서 다루는 일정계획을 의미한다.

공장 전체의 생산성을 높이기 위해서는 적절한 일정계획의 수립이 중요하며, 애로공정인 프레스 공정을 중심으로 일정계획을 수립하는 것이 바람직하다. 프레스 공정의 일정계획이 수립되면 이러한 계획에 맞추어 상위 공정인 후프 공정의 일정계획과 하위 공정인 다이캐스팅 및 열처리 공정의 일정계획을 차례대로 수립한다.

본 논문에서 제시하는 코아제품에 대한 일정계획의 첫 번째 과정은 각 제품의 필요 생산량과 생산 우선순위를 결정하는 것이다. 각 제품의 필요 생산량은 해당 기간 동안의 수요량, 현재고량, 안전재고량을 고려하여 결정한다. 여기서 현재고량은 정보시스템에서 파악한 각 제품의 가용 재고량을 의미하며, 안전재고량은 주문 기간 동안에 발생할 지도 모르는 각 제품의 결품을 방지하기 위하여 사전에 산출한 최소재고량을 의미한다. 각 제품의 필요 생산량이 결정되면 최소납기 우선규칙, 최소처리시간 우선규칙, 최소소진기간 우선규칙 등을 적용하여 각 제품의 생산 우선순위를 결정한다.

일정계획의 두 번째 과정은 각 제품의 생산량(로트크기)을 결정하는 것이다. 각 제품의 생산량은 최소 로트 크기, 주간 수요량, 최대 재고량, 현재고량 등을 고려하여 결정한다. 각 제품은 주간 수요량이 최소 로트크기 이하이고 현재고량보다 작으면 생산하지 않고, 그렇지 않으면 최대재고량과 주간 수요량의 합에서 현재고량을 차감한 값과 최소로트크기 중의 최소값을 생산량으로 결정한다. 여기서 각 제품의 최대재고량은 해당 제품의 창고면적에 보관할 수 있는 재고량의 최대치를 의미한다.

일정계획의 세 번째 과정은 각 기계의 생산능력계획을 수립하는 것이다. 각 제품의 생산량에 필요한 타발수 및 작업일수를 계산하여 각 기계에서의 작업처리시간을 산정하고, 이러한 작업처리시간과 작업가능일수를 비교하여 각 기계의 생산능력범위 내에 있는 지를 조사한다. 여기서 타발수는 각 기계에서 스트립을 단위 시간당 압착하는 회수를 의미한다. 만약 어떤 기계의 작업부하가 생산능력을 초과하는 경우에는 생산량을 감소시키거나, 해당 기계에 대하여 잔업을 하거나, 부하가 초과된 기계에서 부하가 작은 기계로 이동하여 생산하

는 방법을 통하여 작업부하 및 생산능력을 조정한다.

일정계획의 마지막 과정은 위와 같이 결정된 각 제품의 생산량 및 작업처리순서에 근거하여 각 기계에 할당된 모든 제품들의 생산개시시간 및 생산완료시간을 계산한다. 또한 이러한 결과를 정리한 작업할당표를 작성한다. 코어제품의 일정계획 수립과정을 단계별로 요약하면 다음과 같다:

단계 1) 매 주말(금요일)에 제품별로 주문량, 수요예측량, 현재고량을 파악하여 각 제품의 필요생산량을 산출한다.

$$\text{수요량} = \text{주문량} + \text{수요예측량}$$

$$\text{필요생산량} = \text{안전재고량} + \text{수요량} - \text{현재고량}$$

단계 2) 각 기계에 대해서 처리할 제품을 선택한다. 이 단계에서는 각 기계에서 처리할 제품종류, 수량, 납기가 한시적으로 정해져 있는 상태이며, 각 기계는 최소납기 우선규칙, 최소처리시간 우선규칙, 최소소진기간 우선규칙 등을 적용하여 납기를 만족시키는 제품들의 생산 우선순위를 결정한다.

단계 3) 각 제품별로 주간 수요량, 생산 우선순위, 최소 로트크기(MLS) 등을 고려하여 생산량(EPQ)을 결정한다.

$$\text{If(주간 수요량} < \text{MLS and 주간 수요량} < \text{현재고량) then EPQ} = 0$$

$$\text{else EPQ} = \min(\text{MLS, 최대재고량} + \text{주간 수요량} - \text{현재고량})$$

단계 4) 각 제품 i의 필요한 타발수  $\text{Tabal}(i)$  및 작업일수  $\text{Day}(i)$ 를 계산한다. 여기서  $\text{SPM}(i)$ 는 제품 i의 각 기계에서의 1분당 타발수를 나타내며,  $\text{Tmin}(i)$ 는 유희시간 및 고장시간 등을 고려한 실제타발율을 기준한 작업소요시간(분)을 나타낸다.

$$\text{Tabal}(i) = \text{제품 } i \text{의 단위당 타발 수} \times \text{제품 } i \text{의 로트크기}$$

$$\text{Tmin}(i) = \text{Tabal}(i) / \text{SPM}(i) / \text{실제타발율}$$

$$\text{Day}(i) = \text{Tmin}(i) / 60 / 1 \text{일 작업시간}$$

단계 5) 각 기계 k에 대하여 필요작업일수  $T_k$ 를 계산한다.

$$T_k = \text{기계 } k \text{에서 처리되는 제품 } i \text{의 작업일수의 합계}$$

단계 6) 각 기계의 주간 필요작업일수( $T_k$ )와 주간작업일수(WD)를 비교한다. 만약 모든 기계 k에서  $T_k$ 가 WD보다 작거나 같으면 단계 7로 간다. 그렇지 않으면, 생산량을 감소시키거나, 해당 기계에 대하여 잔업을 하거나, 부하가 초과된 기계에서 부하가 작은 기계로 이동하여 생산한다.

단계 2로 되돌아 간다.

단계 7) 위와 같이 결정된 각 제품의 로트크기, 생산순서에 근거하여 각 기계에 할당된 모든 제품들의 생산개시시간 및 생산완료시간을 계산한다. 또한 이러한 결과를 정리한 작업할당표를 작성한다.

위와 같은 일정계획의 작업할당표에 의거하여 각 기계 및 작업자에 대한 제품의 생산 개시시간 및 생산량을 지시하는 작업지시서가 생산부서에 전달된다. 한편 작업계획과 작업일지에 의한 생산실적을 비교하여 생산계획과 대비한 생산실적표를 작성하며, 계획과 실적과의 오차가 큰 경우에는 이에 대한 대책 수립을 통하여 재계획을 수립한다.

#### 4. 일정계획시스템 설계 및 구현

대상업체의 일정계획시스템 개발은 사용자의 편의성을 최대화하는데 초점을 맞추었다. 자료는 분산데이터 처리 및 클라이언트/서버 환경에서 이루어지도록 구축되었다. 서버는 각 부서에서 공유해야 하는 데이터베이스를 위한 파일의 서버 역할을 수행하며, 이러한 공유 데이터베이스와 각 클라이언트의 응용 프로그램을 결합하여 제반 관리활동에 필요한 정보들을 공유하도록 하였다. 서버로는 펜티엄 PC를 사용하였고, 각 클라이언트는 586급 PC로 구성하였다. 개발 언어는 Powerbuilder 6.0을 사용하였고, 데이터베이스는 Oracle을 사용하였다.

대상업체의 일정계획시스템 개발을 위한 정보흐름은 주문의 접수부터 시작한다. 매 주말 또는 월말에 모든 주문을 취합하고 다음 기의 수요예측량을 예측하여 각 제품의 수요량을 산출한다. 주문에는 주문서 등록, 긴급주문, 주문진행 현황, 제품별 또는 업체별 주문실적 현황 등이 포함되며, 이 중에서 그림 2에는 업체별 주문 실적 현황의 화면구성도를 수록하였다.

한편 각 자재 및 완제품의 현재고량을 파악하여 각 제품의 필요생산량을 계산하며, 그림 3을 보면 각 제품의 거래처별 완제품의 입출고 및 현재고량에 대한 정보를 보여주는화면구성도가 수록되었다.

대상업체의 일정계획시스템에는 단기간에 크게 변화하지 않는 정보들이 있으며, 여기에는 설비, 거래처, 월력, 제품, 금형, 다이캐스팅 등의 기본 정보가 포함된다. 이러한 기본정보와 각 제품의 필요생산량에 근거하여 단계 2부터 단계 7까지의 단계를 거쳐 각 제품의 작업처리순서와 생산량을 결정하고 각 기계에서의 생산개시시간 및 생산완료시간을 지정한 작업할당표를 작성한다. 일정계획에는 업체별 생산계획, 기계별 생산계획, 작업조별 생산계획 등이 포함된다.

과목	과목코드	날기일자	수량	단가	금액	잔량	비고
과목	074-125	1999.11.01	19.00	1.00	19.00	0.00	정형
과목	083-028	1999.11.05	5.00	1,176.00	5,880.00	0.00	정형
과목	083-155	1999.11.05	23.00	658.00	15,134.00	0.00	정형
과목	095-045	1999.11.05	45.00	178.00	8,010.00	0.00	정형
과목	095-045	1999.11.05	9.00	197.00	1,773.00	0.00	정형
과목	095-045	1999.11.05	5.00	233.00	1,165.00	0.00	정형
과목	095-045	1999.11.05	112.00	9.30	1,041.60	0.00	정형
과목	095-045	1999.11.05	126.891	420.00	53,294.62	0.00	정형
과목	095-045	1999.11.05	03.00	200.19	600.57	0.00	정형
과목	095-045	1999.11.05	500.00	260.19	130,095.00	0.00	정형
과목	095-045	1999.11.05	20.00	234.40	4,688.00	0.00	정형
과목	095-045	1999.11.05	20.00	284.40	5,688.00	0.00	정형

그림 2. 주간실적 현황의 화면구성도

과목	과목코드	날기일자	수량	단가	금액	잔량	비고
과목	074-125	1999.12.01	19.00	1.00	19.00	0.00	정형
과목	083-028	1999.12.05	5.00	1,176.00	5,880.00	0.00	정형
과목	083-155	1999.12.05	23.00	658.00	15,134.00	0.00	정형
과목	095-045	1999.12.05	45.00	178.00	8,010.00	0.00	정형
과목	095-045	1999.12.05	9.00	197.00	1,773.00	0.00	정형
과목	095-045	1999.12.05	5.00	233.00	1,165.00	0.00	정형
과목	095-045	1999.12.05	112.00	9.30	1,041.60	0.00	정형
과목	095-045	1999.12.05	126.891	420.00	53,294.62	0.00	정형
과목	095-045	1999.12.05	03.00	200.19	600.57	0.00	정형
과목	095-045	1999.12.05	500.00	260.19	130,095.00	0.00	정형
과목	095-045	1999.12.05	20.00	234.40	4,688.00	0.00	정형
과목	095-045	1999.12.05	20.00	284.40	5,688.00	0.00	정형

그림 4. 생산계획의 화면구성도

과목	과목코드	날기일자	수량	단가	금액	잔량	비고
과목	074-125-50	1999.11.01	19.00	1.00	19.00	0.00	정형
과목	083-028-004	1999.11.05	5.00	1,176.00	5,880.00	0.00	정형
과목	083-028-004	1999.11.05	23.00	658.00	15,134.00	0.00	정형
과목	095-045-000	1999.11.05	45.00	178.00	8,010.00	0.00	정형
과목	095-045-000	1999.11.05	9.00	197.00	1,773.00	0.00	정형
과목	095-045-000	1999.11.05	5.00	233.00	1,165.00	0.00	정형
과목	095-045-000	1999.11.05	112.00	9.30	1,041.60	0.00	정형
과목	095-045-000	1999.11.05	126.891	420.00	53,294.62	0.00	정형
과목	095-045-000	1999.11.05	03.00	200.19	600.57	0.00	정형
과목	095-045-000	1999.11.05	500.00	260.19	130,095.00	0.00	정형
과목	095-045-000	1999.11.05	20.00	234.40	4,688.00	0.00	정형
과목	095-045-000	1999.11.05	20.00	284.40	5,688.00	0.00	정형

그림 3. 재재수불 및 재고량의 화면구성도

과목	과목코드	날기일자	수량	단가	금액	잔량	비고
과목	074-125	1999.10.01	19.00	1.00	19.00	0.00	정형
과목	083-028	1999.10.05	5.00	1,176.00	5,880.00	0.00	정형
과목	083-155	1999.10.05	23.00	658.00	15,134.00	0.00	정형
과목	095-045	1999.10.05	45.00	178.00	8,010.00	0.00	정형
과목	095-045	1999.10.05	9.00	197.00	1,773.00	0.00	정형
과목	095-045	1999.10.05	5.00	233.00	1,165.00	0.00	정형
과목	095-045	1999.10.05	112.00	9.30	1,041.60	0.00	정형
과목	095-045	1999.10.05	126.891	420.00	53,294.62	0.00	정형
과목	095-045	1999.10.05	03.00	200.19	600.57	0.00	정형
과목	095-045	1999.10.05	500.00	260.19	130,095.00	0.00	정형
과목	095-045	1999.10.05	20.00	234.40	4,688.00	0.00	정형
과목	095-045	1999.10.05	20.00	284.40	5,688.00	0.00	정형

그림 5. 생산계획 대비 실적현황의 화면구성도

주간 생산계획에 의해 각 기계별, 작업자별 제품의 생산개시시간과 생산량을 지시하는 작업지시서가 작업장에 전달된다. 한편 작업일지는 주야간 교대작업시 생산담당자에게 보고되는 내용이며, 일정기간 동안의 작업일지를 취합하여 작업의 진행현황, 작업량, 재공품의 재고현황, 각 작업자의 생산성, 각 기계의 가동률 및 생산성 등에 대한 정보를 수집할 수 있다. 이러한 작업일지와 생산계획을 비교하면 각 작업의 진행현황을 나타내는 생산계획대비 생산실적 현황을 파악할 수 있으며, 그림 5에는 각 제품의 생산계획 대비 실적현황의 화면구성도를 수록하였다.

### 5. 결 론

본 논문에서는 코아제품을 생산하는 업체를 대상으로 일정계획시스템을 개발하였다. 이러한 일정계획시스

의 구축으로 재고비용의 감소, 수작업 배제, 자재 수불 데이터처리의 간편화, 업무 처리시간의 단축, 중복업무 배제 등의 도입 효과를 얻을 수 있었다. 특히 원자재의 평균보유일수는 종전의 약 45일에서 생산일정계획 시스템을 도입한 이후에 약 30일 정도로 감축되어 약 34억원의 평균재고금액이 감소된 것으로 분석되었다. 본 연구의 또 다른 중요 성과 중의 하나는 수불관리의 정착이다. 많은 자리수로 표현이 되던 재공품 및 완제품의 수불 정보가 클라이언트/서버 환경에서 처리되면서 제품의 정확한 수불 정착 및 자료처리에 필요한 인력이 감축되는 효과를 동시에 얻을 수 있었다.

본 논문에서는 대상업체의 일정계획시스템을 개발하였으나 향후에는 대상업체의 제품생산과 관련된 모든 부문을 대상으로 하는 생산정보시스템을 개발하는 것이 필요하며, 전사적자원관리 시스템으로 확장하는 것이 필요할 것으로 사료된다.

## 감사의 글

본 연구는 2002년도 단국대학교 연구비 지원으로 연구되었음.

## 참고문헌

- [1] 김갑환, 박순오, 김기영, 옥충석, “흐름생산방식의 자동차 부품업체를 위한 생산계획시스템 개발”, 산업공학, 제11권 2호, pp. 1-13, 1998.
- [2] 김창현, 박상혁, “냉연 일정계획 시스템의 개발 및 적용”, 산업공학, 제16권 2호, pp. 201-210, 2003.
- [3] 나혁준, 백종관, 김성식, “TFT-LCD 공장의 생산계획 수립에 관한 연구”, 제15권 4호, pp. 325-337, 2002.
- [4] 송준엽, 김동훈, 차석근, “생산현장의 실시간 통제 및 정보관리 시스템 개발”, 산업공학, 제7권 3호, pp. 70-76, 1994.
- [5] 안재경, “제조시스템을 위한 통합형 생산관리모형 구축”, 산업공학, 제16권 1호, pp. 111-116, 2003.
- [6] 이순구, 이영훈, “주문생산 방식하에서 ERP를 응용한 일정계획 수립 사례연구”, 산업공학, 제12권 3호, pp. 424-436, 1999.
- [7] 이철수, 배상윤, 이강주, “실시간 제어가 가능한 일정계획 시스템 개발”, 경영과학, 제10권 2호, pp. 61-78, 1993.
- [8] 이화기, 이승우, “식품산업의 자재관리 전산화에 관한 연구”, 전산활용연구, 제4권 1호, pp. 92-112, 1991.
- [9] 정남기, 유철수, 김종민, 최정길, “대규모 병렬기계 흐름생산의 제일정계획”, 산업공학, 제9권 2호, 1996.