

一般論文

발견적 기법에 의한 Group Scheduling의 실용화

전태준* · 유철수**

1. 서 론

일정기간에 대한 생산계획이 수립되면, 작업현장의 각 공정에서 어떤 부품이 언제 가공되어야 하는가 하는 구체적인 작업지시를 하기 위하여 각 품목의 가공 우선순위를 결정하여야 한다. 이와 같은 생산일정계획은 실제 생산현장에서 매우 중요한 것이기 때문에 이에 대한 많은 연구가 수행되고 있지만[2, 3], 계산의 복잡성 때문에 실제로 현장에서 적용하기에는 어려움이 많다.

Group Technology(GT)에서는, 부품특성의 유사성에 근거하여, 가공되는 부품들을 부품그룹(part family)으로 분류한다. 생산일정 계획에 GT를 적용하면, 부품들에 대한 가공순서를 일회적으로 결정해야 하는 매우 복잡한 문제는 부품그룹에 의하여 단계적으로 결정하는 문제로 축소되어 절차가 간단하여진다. 즉, 부품그룹의 가공순서(그룹간 순서)를 결정하고, 다시 그룹내에서 공정별로 주어진 부품들의 가공순서(그룹내 순서)를 결정한다[4].

이와 같은 일정계획 수립의 용이성은 차치하더라도, GT 개념을 일정계획에 도입하는 가장 중요한

이유는, 유사한 부품들이 그룹화되어 그룹단위로 가공되므로 각 부품을 가공하는데 소요되는 준비시간은 감소되거나 제거될 수 있다는 잇점을 들 수 있다[1].

본 연구에서는 V.A. Petrov가 제시한 흐름 생산형태에 있어서의 가공순서 결정규칙[5]을 그룹간 순서와 그룹내 순서의 결정에 적용하여 Group Scheduling 기법으로 활용한다. 이 때 사용되는 부품별 가공시간은 해당 기간의 부품별 생산량을 고려하여 설정한다. 그리고, Gantt Chart를 통하여 작업을 기간별로 할당할 뿐 아니라 진도를 파악하여 실제 현장에서 적용하기에 용이하도록 하고 있다.

2. Group Scheduling의 개념 및 조건

GT에 의하여 형성된 부품그룹들의 가공공정이 유사하여, 그 흐름이 동일하여지는 경우에 흐름 생산형의 GT 라인(line)을 형성할 수 있다. 이러한 설비배치는 GT 설비배치에서 매우 바람직한 형태로서 생산능률을 높이게 된다[1]. 본 연구에서는 이와 같은 흐름 생산형의 GT 라인을 구축한 경우를 대상으로 하고 있다.

* 전남대학교 산업공학과

** 동신전문대학 산업경영과

일반적으로 3단계 이상의 흐름생산형 일정계획 문제는, 총 소요시간을 최소화 하는 간단한 평가 기준을 사용한다 할지라도 NP complete로 알려져 있다[4]. 따라서 Dynamic Programming과 Branch-and-Bound Method와 같은 방법들이 이 문제의 해결을 위하여 이용되고 있으나, 규모가 커짐에 따라 계산량이 매우 방대하여 실제로 적용하기에는 어려움이 있다. 따라서 이러한 계산상의 어려움을 해결하고 근사 최적해를 구하는 발견적 방법(heuristic method)들이 많이 연구되고 있다.

다단계 흐름생산 형태의 일정계획에 있어서 총 가공시간을 최소화하는 발견적 방법중 하나는 Johnson's algorithm[4]을 확장시킨 Petrov's method [1]를 들 수 있다. 본 연구에서는 Petrov가 제시한 알고리즘[5]을 응용하여 다단계 흐름생산에 대한 scheduling 기법을 실용화하였다.

본 연구에서 실용화한 기법의 적용을 위하여서는 다음과 같은 생산형태의 조건을 갖추는 것이 타당하다.

- 1) 총일정계획 수준의 생산계획이 수립되어야 한다. 예로서, MRP 시스템에 의한 출력, 즉 계획오더(planned order)는 직접 입력항목이 된다.
- 2) 가공되는 부품은 GT 개념에 의하여 부품그룹을 형성하여야 한다.
- 3) 부품그룹을 가공하는 공정(또는 가공기계)은 흐름생산형의 GT 라인을 형성하여야 한다.
- 4) 부품의 이동은 batch 단위로 이루어지는 연속이동(successive transfer) 형태이다.

3. 발견적 기법에 의한 Group Scheduling

Petrov가 제안한 발견적 방법은 부품의 전체 가공공정을 양등분하여 계산한 결과를 이용하여 가공순서를 결정한다. 이 알고리즘을 설명하기 위하여 먼저 필요한 용어를 정리하면 다음과 같다.

s : 총 공정수

t_{ij} : i 부품의 j 번째 공정에서의 가공시간(가공시간 행렬표: 각 공정에서 가공되는 부품별 가공시간을 t_{ij} 로 나타낸 행렬표)

T_{i1} : 가공시간 행렬표에서 i 부품의 앞절반 공정의 총 가공시간

T_{i2} : 가공시간 행렬표에서 i 부품의 뒷절반 공정의 총 가공시간

\bar{T}_{i1} : 가공시간 행렬표에서 i 부품의 앞절반 공정의 평균 가공시간

\bar{T}_{i2} : 가공시간 행렬표에서 i 부품의 뒷절반 공정의 평균 가공시간

s_{i1} : 가공시간 행렬표에서 i 부품이 가공되는 앞절반 공정수

s_{i2} : 가공시간 행렬표에서 i 부품이 가공되는 뒷절반 공정수

s 가 짝수이면,

$$T_{i1} = \sum_{j=1}^k t_{ij}$$

$$T_{i2} = \sum_{j=k+1}^s t_{ij}$$

단, $k = s/2$

이고, s 가 홀수이면,

$$T_{i1} = \sum_{j=1}^k t_{ij}$$

$$T_{i2} = \sum_{j=k}^s t_{ij}$$

단, $k = (s+1)/2$

이다. 또한,

$$\bar{T}_{i1} = T_{i1} / s_{i1}$$

$$\bar{T}_{i2} = T_{i2} / s_{i2}$$

이 된다.

가공순서 결정규칙(rule)은 다음과 같다.

(A) Rule-I

(a) $(T_{i2} - T_{i1}) \geq 0$ 인 값을 가진 부품들은 T_{i1} 의

값이 작은 것부터 순서대로 가공한다.

(b) $(T_{12} - T_{11}) < 0$ 인 값을 가진 부품들은 T_{12} 의 값이 큰 것부터 순서대로 가공한다.

(B) Rule-II

$(T_{12} - T_{11})$ 값이 큰 부품부터 순서대로 가공한다.

(C) Rule-III과 Rule-IV

Rule-I과 Rule-II는 각 부품이 모든 공정을 거치는 경우에 사용된다. 그러나, 어떤 부품들은 어떤 공정을 거치지 않고 가공되는 경우가 있는데, 이 때 Rule-III과 Rule-IV를 적용한다. Rule-III과 Rule-IV에서는 T_{11} 과 T_{12} 대신에 이들의 평균치인 \bar{T}_{11} 과 \bar{T}_{12} 를 사용하는 것을 제외하고, Rule-I과 Rule-II에서의 가공순서 결정방법과 동일하다.

본 연구에서는 가공시간 행렬표의 t_{ij} 값을 부품별 생산량을 고려하여 설정한다. 그룹간 순서결정과 그룹내 순서결정에 이용되는 가공시간 행렬표의 t_{ij} 를 구하기 위하여, 필요한 용어를 정리하고, 그 값을 정의하면 다음과 같다.

Q_i : i 부품의 생산량

p_{ij} : i 부품이 j번째 공정에서 가공되는 단위 가공시간

S_{mj} : 부품그룹 m의 가공을 위하여 j번째 공정에서 소요되는 그룹 준비시간

N_m : 부품그룹 m에 속한 부품수

그룹내 순서결정을 위한 가공시간 행렬표에서

$$t_{ij} = p_{ij} \times Q_i$$

이고, 그룹간 순서결정을 위한 가공시간 행렬표에서

$$t_{ij} = S_{mj} + \sum_{i=1}^{N_m} (p_{ij} \times Q_i)$$

이다.

본 연구에서는 위에서 소개한 Rule-I부터 Rule-IV까지를 모두 반영한다. 먼저, 부품별로 가공되는 공정을 검토하여 모든 공정을 거치는 경우는 Rule-I과 Rule-II를, 그렇지 않는 경우는

Rule-III과 Rule-IV를 모두 적용한다. 이렇게 중복 선정된 두가지 rule 모두에 대하여 그룹간 가공순서와 그룹내 가공순서를 구하고, 이 순서에 의한 총가공시간을 계산한 후, 그 총가공시간이 최소가 되는 규칙에 의한 결과를 최적으로 선택한다.

4. Group Scheduling의 적용

실질적인 활용을 위하여 이 기법을 컴퓨터 프로그램화하였다. 그리고 사용자가 쉽게 이해하고 효과적으로 이용할 수 있도록 그 결과를 Gantt Chart로 작성하여, 시간별로 각 공정에서 부품의 가공상태를 알 수 있도록 화면에 보여 주도록 하였다. 따라서 각 부품의 공정별 가공순서 뿐만 아니라, 공정별 각 부품의 가공 시작시간과 가공 완료시간을 쉽게 파악하여 작업지시를 할 수 있고, 실제 작업이 진행되는 동안 작업의 진행상황을 체크하고, 적절한 대응을 할 수 있는 근거를 제시한다.

그림 1은 전산화 과정을 나타내고 있다.

프로그램은 사용자가 쉽게 사용할 수 있도록 메뉴방식으로 작성하였다. 그림 2는 주메뉴를 나타낸다. 1항과 2항은 데이터를 입력하기 위한 선택항목으로 수정이 가능하고 다양하게 출력하여 볼 수 있다. 3항은 Group Scheduling에 의한 가공순서를 결정하기 위한 선택항목이며, 4항은 그 결과를 Gantt Chart로 화면에 보기 위한 선택항목이다. 1항에서 부품그룹수, 가공공정수 및 그룹내 부품수가 입력되고 가공시간이 입력된다. 따라서 1항이 선택되어 데이터가 입력되지 않으면 그 이하항의 작업이 불가능하다. 마찬가지로 4항을 위하여는 3항이 미리 수행되어야 하고, 3항을 위하여는 2항의 데이터가 미리 입력되어야 한다. 프로그램에서는 이와 같이 미리 필요한 항의 수행이 없이는 프로그램이 수행이 되지 않도록 하였으며, 이러한 경

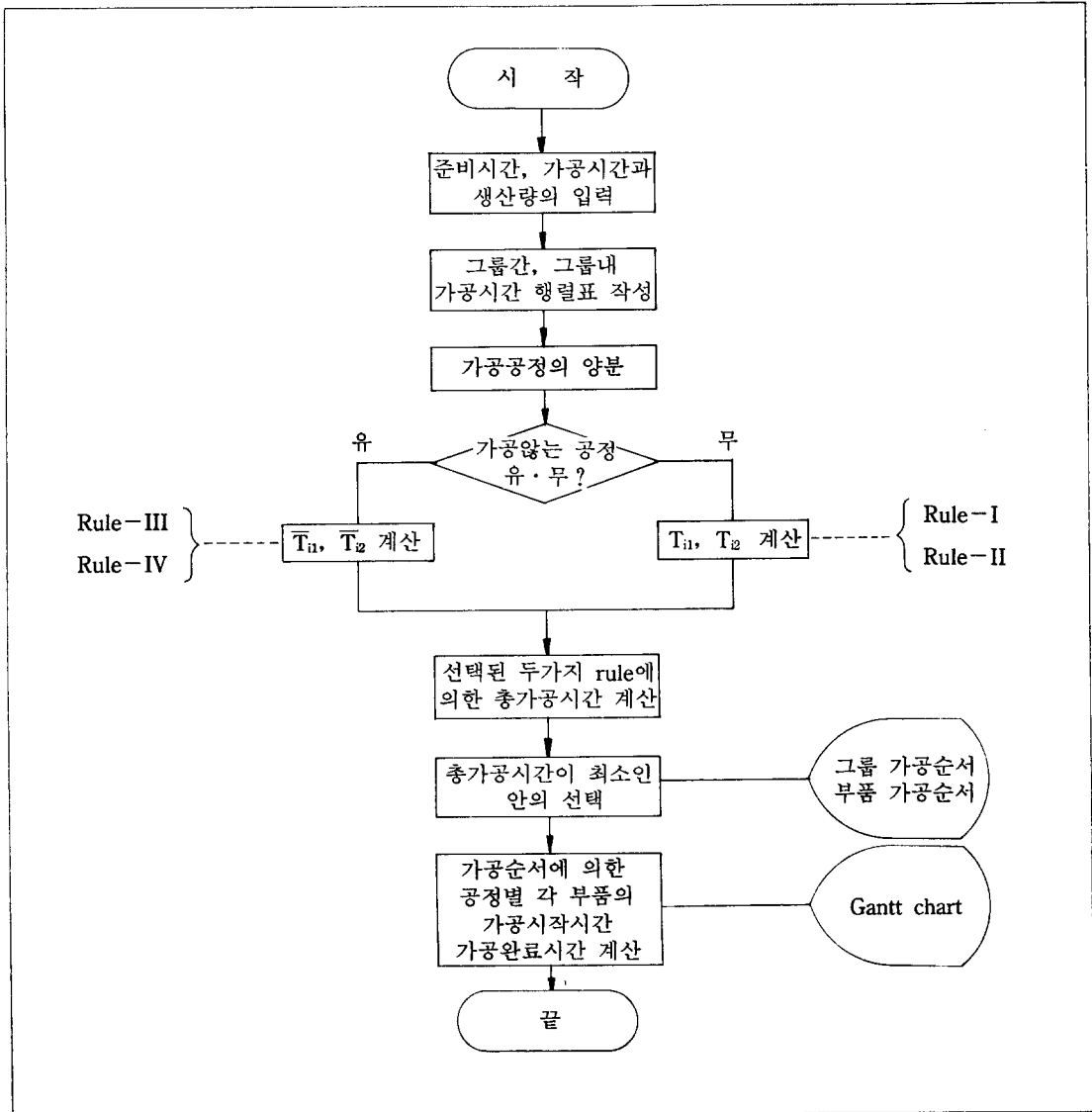


그림 1. 전산화 과정

우에 메시지를 주도록 하였다.

그림 3은 프로그램의 구성을 나타내고 있다. 그림속에 나타난 그림번호는 (뒤에 첨부되는) 예로서 수행한 경우의 화면 또는 인쇄된 양식의 번호이다.

그림 4는 주메뉴의 선택항목 1을 택하였을 경우

나타나는 화면이다. 첫번째 항목에서는 부품그룹의 수와 가공공정의 수를 입력하고, 각 그룹별로 가공되는 부품의 수를 입력할 수 있도록 하고 있다. 가공과 관련되는 시간입력을 위한 항목을 선택하면, 이미 입력한 그룹수와 그룹에 속한 부품수에 맞도록

부품생산을 위한 부품가공시점의 결정

다음 항목을 단계적으로 수행하십시오 !

1. 가공시간의 입력 및 조회
2. 생산계획량의 입력 및 조회
3. 부품가공 순서의 결정 및 총가공시간의 계산
4. Gantt chart의 작성
0. 끝

* 선택 < >

그림 2. 프로그램의 주메뉴

시간을 입력할 수 있다. 시간은 그룹별로 입력하게 되는데, 먼저 각 부품그룹에 대한 공정별 그룹 준비시간의 입력을 요구하게 된다. 그룹 준비시간이

입력되면 이미 입력한 그룹내의 부품수에 맞도록 부품별 가공시간의 입력을 프로그램은 요구한다.

선택항목 2를 선택하여 입력한 데이터가 정확함을 확인하고, 잘못 입력된 것을 수정한다. 또한 필요에 따라 입력한 데이터를 프린터를 통하여 인쇄하기도 한다. 그림 5는 위 사항에 대하여 인쇄한 것으로, 이하에서는 이 데이터를 예로서 사용한다.

그림 6은 주메뉴에서 두번째 항목을 선택하여 입력한 부품별 생산량을 보여 주고 있다. 이 생산량은 일정기간에 생산하여야 할 양을 그룹별로 입력하도록 하고 있다. MRP 시스템을 사용하는 경우, MRP 계산결과로 얻어지는 계획오더가 이 값에 해당된다.

그림 7은 주메뉴에서 세번째 항목을 선택한 경우로서, 입력한 정보에 근거한 Group Scheduling의

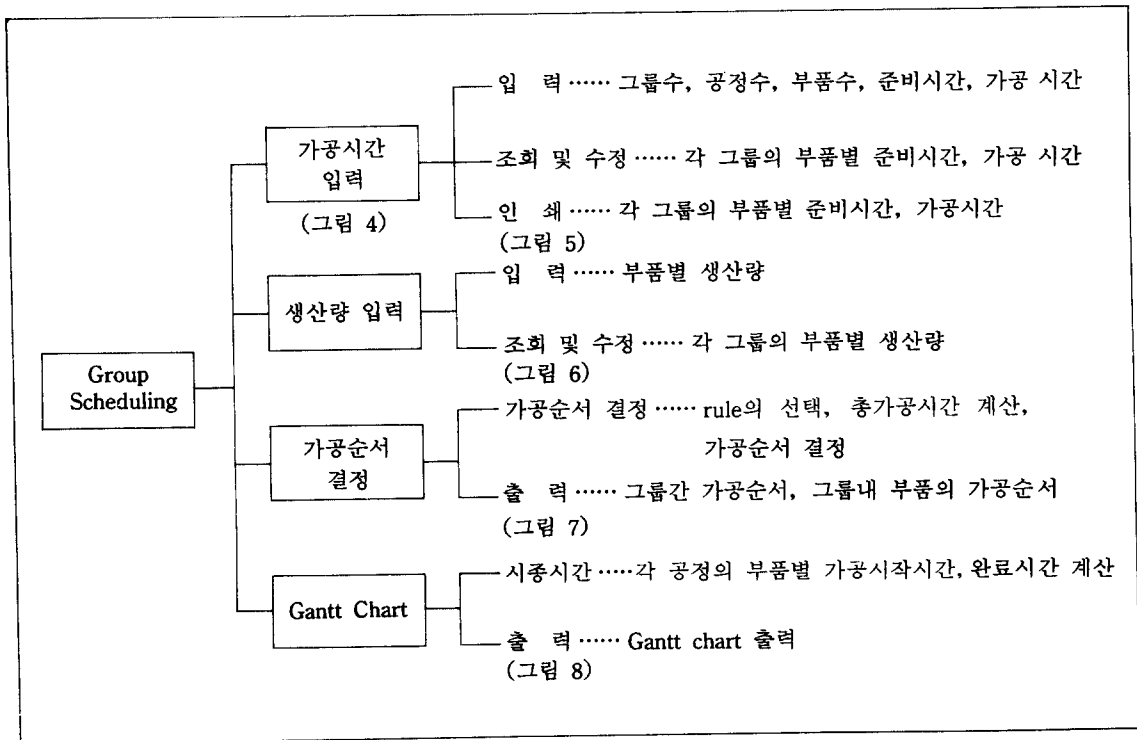


그림 3. 프로그램의 구성

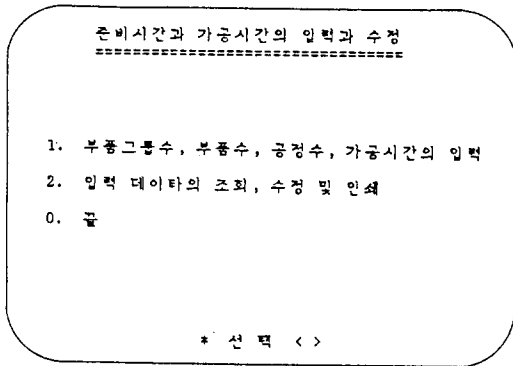


그림 4. 가공시간 입력 메뉴

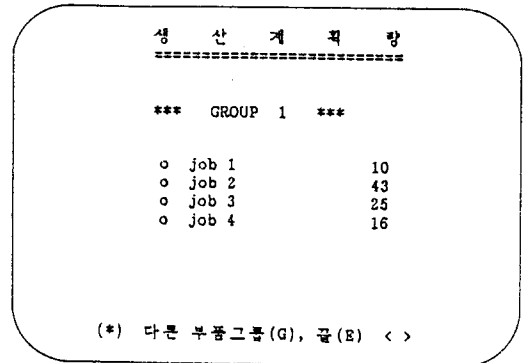


그림 6. 그룹별 부품의 생산량 조회

준비시간 및 가공시간

	MA 1	MA 2	MA 3	MA 4	MA 5
< GROUP 1 >					
setup	7	6	8	6	9
JOB 1	5	7	4	9	3
JOB 2	5	6	7	8	4
JOB 3	5	7	9	5	6
JOB 4	7	9	4	5	8
< GROUP 2 >					
setup	7	6	9	8	8
JOB 1	7	4	5	5	8
JOB 2	7	5	4	3	9
JOB 3	9	6	5	7	4
JOB 4	8	5	7	8	9
JOB 5	8	7	5	7	4
< GROUP 3 >					
setup	8	8	7	6	9
JOB 1	5	4	7	8	9
JOB 2	4	3	5	3	8
JOB 3	4	7	3	6	8
JOB 4	5	7	9	4	3

그림 5. 가공시간 정보의 인쇄

결과를 보여준다. 전술한 네가지 규칙에서 두가지를 선택하여 총가공시간을 계산한 후 그 값이 최소인 것을 해로 선택한 결과이다.

화면에서 보면, 먼저 그룹의 가공순서가 나타나고 있다. 그룹 3을 먼저 가공하고, 다음에 그룹 2,

마지막으로 그룹 1을 가공하도록 제시하고 있다. 그리고 각 그룹내에서 가공되는 부품의 가공순서가 그룹별로 나타나고 있다. 화면의 아래에는 이러한 순서에 의하여 가공하였을 때의 총가공시간을 보여주고 있다.

그림 7에서와 같이 가공순서만을 나타내면 어떤 공정에서 어떤 부품을 언제부터 가공하여 언제 끝나는지를 쉽게 파악하기 힘들다. 그림 8은 이러한 정보를 나타내는 화면이다. 이 Gantt Chart를 통하여 비로소 구체적인 작업지시를 할 수 있고, 또한 작업이 진행되는 중에는 작업의 진도를 파악하여 관리할 수 있다. 각 그룹의 작업준비 단계와 부품별 작업시작 단계는 구별이 용이하도록 화면에 나타내고 있다. 또한, 총가공시간이 변화함에 따라 X축 방향의 끝까지 화면을 충분히 나타내도록 프로그램을 작성하였다.

5. 결 론

생산계획이 수립되어 있는 상태에서 각 공정에 대한 구체적인 일정계획을 수립하였다. Group Te-

프롬생산을 위한 작업순서의 결정
 =====

○ 그룹가공의 순서 : 3 - 2 - 1

○ 1 그룹내 부품가공의 순서 : 2- 1- 3- 4
 ○ 2 그룹내 부품가공의 순서 : 1- 2- 4- 3- 5
 ○ 3 그룹내 부품가공의 순서 : 1- 3- 2- 4

* 총 가 공 시 간 : 3221.00

< 끝내고자 할 때는 "RETURN" key를 누르시오 >

그림 7. 가공순서의 출력

****** GANTT CHART ******
 < 총 가 공 시 간 : 3221 >

	G3	G2	G1					
	1 3 2 . 4 1 . 2 . 4 . 3 .		. 5 2 13 4					
M 1	O O O O N N N O O O N N N O O O N N N O O O N N N O O O N N N O O O N N N						
	. G3 . . . G2 . . . G1							
	. 1 3 . 2 . 4 1 . 2 . 4 .		. 3 . 5 2 1 3 . 4					
M 2	I O O O N N N O O O N N N O O O N N N O O O N N N O O O N N N						
	. G3 . . . G2 . . . G1							
	. 1 . 3 . 2 . 4 1 . 2 . 4 .		. 3 5 2 . 13 . 4					
M 3	I O O O N N N O O O N N N O O O N N N O O O N N N O O O N N N						
	. G3 . . . G2 . . . G1							
	. 1 3 . 2 . 4 1 2 . . 4 .		. 3 . 5 . 2 . 13 4					
M 4	I . O O O N N N . O O O N N N O . O O O N N N O O O N N N O O O N N N						
	. G3 . . . G2 . . . G1							
	. 1 . 3 . 2 . . 4 1 . 2 . 4 .		. 3 5 . 2 . 13 . 4					
M 5	I . O O O N N N N O O O N N N O O O N N N N O O O N N N N O O O N N N						
	. G3 . . . G2 . . . G1							
	. 1 . 3 . 2 . . 4 1 . 2 . 4 .		. 3 5 . 2 . 13 . 4					
	----- ----- ----- ----- ----- ----- ----- -----							
	0	460	920	1380	1840	2300	2760	3220

< 끝내고자 할때는 "RETURN" key를 지시오 >

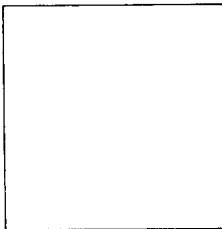
그림 8. Gantt Chart의 출력

chnology를 이용하여 부품그룹을 형성하고, 흐름 생산형태의 GT 라인으로 가공공정을 배치한 상태에서, Group Scheduling 기법을 활용하였다. 가공순서 결정 규칙으로 Petrov의 방법을 이용하였으며, 부품의 생산량을 고려하여 그룹간 가공순서와 그룹내 각 부품의 가공순서를 결정하였다.

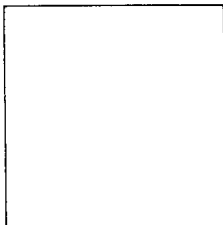
이 과정을 전산화하여 실제로 이용할 수 있도록 하였다. 또한, Gantt Chart를 작성하여 각 공정의 부품별 가공 시작시간과 가공 완료시간을 계산하여, 작업지시는 물론 공정관리에 효과적으로 활용할 수 있도록 하였다.

컴퓨터 프로그램은 쉽게 실질적으로 활용할 수 있도록 하는데 중점을 두었다. 준비시간 및 가공 시간에 대한 데이터는 업체에서 이미 사용하고 있는 생산정보 파일을 그대로 이용하거나, 그렇지 않는 경우 여러 용도에 맞도록 이 데이터를 파일로 작성하면 프로그램을 더욱 효율적으로 사용할 수 있으리라 기대된다.

저자소개



저자(전태준)은 현재 전남대학교 산업공학과 조교수로 재직 중이다. 그는 서울대학교에서 산업공학 전공으로 학사과정을 이수하고, 한국과학기술원에서 산업공학 전공으로 석사과정을 마쳤으며, 이어 동 기술원에서 경영과학 전공으로 박사학위를 취득한 바 있다. 그의 주관심 연구분야는 생산 및 재고관리, 시계열 분석, 품질공학 등이다.



저자(유철수)는 현재 동신전문대학 산업경영과에 재직 중이다. 그는 아주대학교 산업공학과에서 학사과정을 이수하고, 조선대학교에서 산업공학 전공으로 석사학위 과정을 마쳤으며, 현재 전남대학교 산업공학과에서 박사학위 과정 중이다. 그는 한국기계연구소에서 Group Technology 및 생산계획 기법에 대하여 연구한 바 있으며, 주요 관심분야는 생산계획, 컴퓨터 시뮬레이션 및 공장자동화이다.

참고문헌

- [1] 한국기계연구소, 「Group Technology의 도입 및 적용」, 한국기계연구소, 1983.
- [2] Baker, K. R., *Introduction to Sequencing and Scheduling*, John Wiley and Sons, New York, 1974.
- [3] Conway, R. W., Maxwell, W. L., and Miller, L. W., *Theory of Scheduling*, Addison-Wesley Publishing Co., Reading, 1967.
- [4] Ham, I., Hitomi, K., and Yoshida, T., *Group Technology ; Applications to Production Management*, Kluwer-Nijhoff Publishing, Boston, 1985.
- [5] Petrov, V. A., *Flowline Group Production Planning*, Translated by Bishop, E., Business Publications Ltd., London, 1968.