

# AutoMod를 활용한 효율적 작업배정에 관한 연구 - A Study on the Job Dispatching using AutoMod -

김 봉 선 \*\*

Kim Bong-Sun

이 승 무 \*

Lee Seung-Moo

이 석 환 \*

Lee Seog-Hwan

## Abstract

The purpose of this paper is to develop an efficient production strategy with changing factors to influence the productivity. The factors would be the number of Multi-Function worker, the method of job dispatching, and lot size.

A simulation model has been developed for this study. We used AutoMod simulation and the process activity was animated to follow the flow of process easily. The alternatives have been tested through the simulation model, and the various alternatives is proposed for the efficient production strategy.

We hope that the system is applied to similar types of small and medium-sized enterprises to develop an efficient production strategy and to achieve the satisfactory result.

**Keywords : Simulation, Dispatching**

---

† 이 논문은 인하대학교 교내 연구비 지원에 의해 연구되었음.

\* 인하대학교 산업공학과

\*\* 인하대학교 산업공학과 교수

## 1. 서 론

기업들은 경쟁력을 높이기 위하여 경영혁신을 추구하고 있으며, 품질향상과 제조원가를 절감하기 위하여 다양한 생산관리 기법을 사용하고 있다. 생산관리의 목표는 기업의 형태·제품 특성·경영 목표·경영자 철학 등에 따라 생산관리의 목표가 상이할 수도 있지만, 생산관리의 목표는 일반적으로 수량·품질·기간·비용이라는 4가지 측면에서 최적 수량, 최적 품질, 적기 공급, 최소 비용을 조화 있게 달성하는 것이라고 할 수 있다. 이 4가지 목표는 경우에 따라서 서로 상치되기 때문에 그 균형을 맞추는 노력이 필요하게 된다. 기업은 이러한 노력의 일환으로 수동 조립라인에서 자동 생산 라인으로의 전환을 시도하거나, 현재의 생산관리정책이나 제조 작업방법 등을 개선하여 나가고 있다.

특히 인력 부족 현상을 겪고 있는 중소기업들에 있어서는 정해진 납기에 목표한 생산량을 달성하기 위한 최소 작업인원, 작업방법 등을 발견하는 것이 중요한 과제가 되고 있다. 이러한 효율적 생산방법의 발견과 생산시스템의 분석에 시뮬레이션 기법이 효과적으로 활용되고 있다.

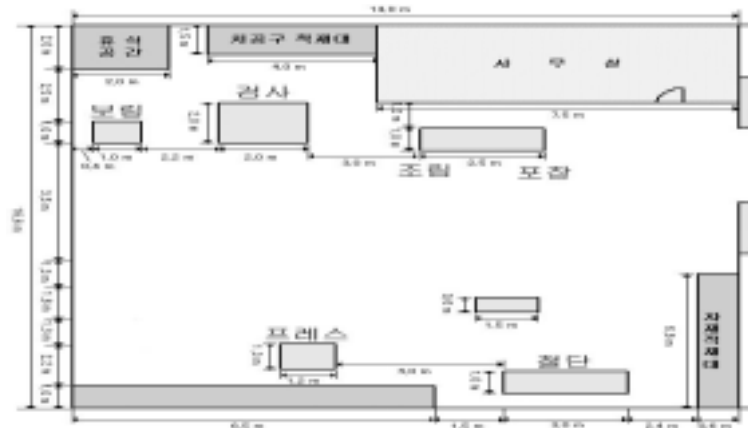
본 연구에서는 D산업의 생산 라인을 사례로 하여 작업자 수, 작업 배정방법, 그리고 생산 로트 크기가 생산량 변화에 주는 영향을 분석하고, 그 결과에 따라 효율적 생산 방법을 제시하고자 한다. 본 연구의 시뮬레이션 모델을 구축하기 위하여 생산 및 물류 전용 시뮬레이션 언어인 AutoMod(v. 10.0)를 사용하였다.

## 2. 연구방법

본 연구의 사례 모델로 선정된 D산업은 현재 알루미늄을 사용하여 창과 사무용 가구의 기둥을 생산 납품하는 중소기업이다. D산업은 전적으로 고객의 주문량에 의존하여 제품을 생산하는 실정이며, 수요를 미리 예측하여 제품을 생산하기는 어려운 상황이다. 이에 D산업은 수요변화에 빠르게 대응하기 위하여 생산시스템의 효율적인 운영을 모색하고 있다.

현재 D산업에서는 생산능력, 작업자, 작업기계의 효율 등을 고려하지 않고 주문량에 따라서 3대의 기계와 작업대를 사용하여 주문이 들어오는 순서와 납기를 고려하여 작업을 배정하고 있다. 전형적인 단속생산 공정으로서 생산능력, 작업자, 작업기계의 효율 등이 파악되지 않아 경험에 의한 추정으로 작업량을 결정하고 있다. D산업은 생산시스템을 효율적으로 운영하기 위하여 주문량에 따라 적정 작업자 수, 작업 배정방법 등을 해결해야하는 과제를 안고 있다.

D산업의 축소된 설비배치를 도시하면 다음과 같다.



<그림 1> 설비배치

D산업에서 생산되는 알루미늄 창 의 제조과정과 작업방법은 다음과 같다.

<표 1> 제조공정표

공정 절차	기호	공정 설명
1. 운반 준비 공정	○	·작업에 필요한 자재를 이동구에 넣음 ·이동구에 로트크기의 1/2만큼의 자재를 실음
2. 자재를 절단공정으로 운반	⇨	·이동구로 알루미늄 자재를 절단공정으로 운반
3. 절단 공정	○	·창틀을 45°로 절단(2가지크기) ·2개로 절단 된 재공품을 이동구에 실음.
4. 절단 재공품 프레스공정으로 운반	⇨	·절단공정이 끝난 재공품을 프레스로 운반
5. 프레스 공정	○	·창틀의 연결부위를 가공하는 공정 ·프레스 후 재공품을 이동구에 실음.
6. 절단 재공품 보링공정으로 운반	⇨	·프레스공정이 끝난 제품을 보링공정으로 운반
7. 보링 공정	○	·절단된 재공품에 나사구멍의 위치를 사람이 직접 표시하고 표시된 곳에 구멍을 뚫음. ·보링 후 재공품을 이동구에 실음.
8. 보링 재공품 검사공정으로 운반	⇨	·보링이 끝난 재공품을 검사로 이동
9. 검사 공정	□	·절단된 재공품에 나사구멍의 크기, 위치, 이음새 부분의 위치를 검사하고 공기청소기로 찌꺼기 제거. ·검사 후 재공품을 이동구에 실음.
10. 검사 재공품 조립 작업대로 운반	⇨	·검사가 끝난 제품을 조립 작업대로 운반
11. 조립 공정	○	·외관을 검사하면서 돌출된 부분이 있는가를 찾아 샌딩 작업 ·유리를 끼워 넣은 작업 ·나사를 조립품에 집어 넣어 연결
12. 조립 재공품을 포장대로 운반	⇨	·조립이 끝난 제품을 포장하기 위해 운반
13. 포장공정	○	·조립을 마친 제품과 외주로 들어온 부속품(나사구멍에 끼는 나사들)을 같이 포장지에 하나씩 넣고 포장
14. 완제품 저장	▽	·완제품을 저장

### 3. 시뮬레이션 모델링

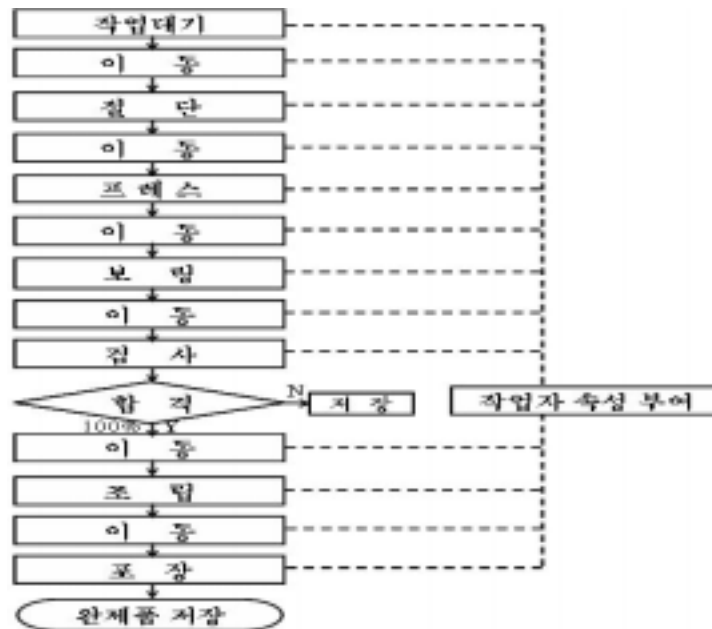
#### 3.1 개 요

본 연구의 실제 모델인 D산업은 평일은 오전 9시에 작업이 시작되고 오후 6시에 작업이 종료 된다. 토요일은 오전 9시에 작업이 시작되고 오후 1시에 끝나며, 일요일은 휴무이다. 일일 작업 중 오후 12시에서 1시까지 1시간의 점심시간과 오전, 오후 각 10분씩의 휴식시간이 주어지므로 하루의 실제작업시간은 평일에는 7시간 40분, 토요일에는 3시간 50분이 된다. 하루 평균 8시간을 근무하는 주5일근무제(주40시간근무제)가 공기업을 비롯한 많은 기업에서 시행되고 있으므로 본 연구에서도 이를 반영하여 토요일과 일요일은 휴무로 시뮬레이션을 모델링하였다.

각 공정의 작업 시간 분포는 <표 2>와 같이 조사되었다. 시뮬레이션은 1일, 2일, 그리고 5일(일주일)의 생산 기간에 대하여 실행하였고, 각각의 생산 기간에 따른 생산량의 변화를 관찰하였다. 또한 시뮬레이션의 실험횟수는 각 대안마다 5회씩 실행하였다.

본 연구에서는 다음과 같은 가정 하에 모델을 구축하였다.

- 시뮬레이션을 실행하는 동안 기계 고장률은 0%이다.
- 시뮬레이션을 실행하는 동안 공정 불량률은 0%의 값으로 주어진다.
- 공정 시간은 작업 준비 시간을 포함한다.
- 공정 간 운반 시간은 거리에 따라 15초, 20초, 40초로 가정하였다.
- 모든 작업자는 동일한 작업 능력을 지닌 다기능공이다.



<그림 2> 시뮬레이션 흐름도

&lt;표 2&gt; 공정별 작업시간 분포

공정	공정의 가공시간 분포
절단	N( 44.409, 6.237)
프레스	N( 27.527, 3.773)
보링	N( 8.891, 0.844)
검사	C( 5 )
조립	N( 76.245, 2.661)
포장	N( 61.807, 4.061)

### 3.2 모델링 변수

본 연구에서는 작업 배정 방법과 작업자 수, 그리고 생산 로트 크기를 모델링 변수로 하여 시뮬레이션을 실시하였다.

#### 3.2.1 작업 방법

##### ① 작업 할당 방법

작업 할당 방법은 작업자 수에 따라 각 작업자에게 균등하게 공정을 할당하며, 각 작업자는 할당된 하나 또는 그 이상의 공정을 작업하게 된다. 작업을 균등하게 할당하는 방법으로는 라인밸런싱을 고려하여 각 작업자에게 할당된 총 공정시간이 균일하게 되도록 배정하였다.

<표 3>은 생산 로트 크기가 40인 경우의 각 공정별 소요 시간을 보여준다. 이 경우에 만일 2명의 작업자가 투입된다면, 총 공정 시간은 4070.42(초)이므로 각 작업자는 2035.21(초), 즉  $4070.42 \div 2$ (초)의 공정 시간을 담당해야 한다. 따라서 두 작업자 중 한명은 절단 공정과 프레스 공정을 나머지 한명은 보링 공정, 검사 공정, 조립 공정, 그리고 포장 공정을 작업하게 된다.

##### ② 순회 작업 방법

순회 작업 방법은 각 작업자가 6개의 모든 공정을 순회하며 생산 활동을 수행하는 방법이다. 각 작업자는 절단 공정부터 포장공정까지 모든 공정을 반복적으로 순회하며 생산 활동을 한다.

각 공정에서는 두 명 이상의 작업자가 동시에 작업을 할 수 없으므로, 만일 다음 공정에서 다른 작업자가 작업을 하고 있다면 다른 작업자의 작업이 끝날 때까지 현재 공정에서 대기하여야 한다. 작업 할당 방법에 있어 생산 로트 크기와 작업자의 수를 변화시켜가며 생산량 추이를 관찰 하였다.

<표 3> 공정 시간 : 생산 로트 크기(40개)

공정	공정시간(초)	작업자(명)	시간(초)
운반 준비 공정	1	20	20
절단 공정으로 운반	20	1	20
절단 공정	44.409	20	888.18
<b>절단 공정시간 합계</b>			<b>928.18</b>
프레스 공정으로 운반	15	1	15
프레스 공정	27.527	40	1101.08
<b>프레스 공정시간 합계</b>			<b>1116.08</b>
보링 공정으로 운반	40	1	40
보링 공정	8.891	40	355.64
<b>보링 공정시간 합계</b>			<b>395.64</b>
검사 공정으로 운반	15	1	15
검사 공정	5	40	200
<b>검사 공정시간 합계</b>			<b>215</b>
조립 공정으로 운반	20	1	20
조립 공정	76.245	10	762.45
<b>조립 공정시간 합계</b>			<b>782.45</b>
포장 공정으로 운반	15	1	15
포장 공정	61.807	10	618.07
<b>포장 고정시간 합계</b>			<b>633.07</b>
<b>총 공정시간 합계</b>			<b>4070.42</b>

### 3.2.2 작업자 수

D산업에서 근무하고 있는 작업자들은 모든 공정의 작업을 수행할 수 있도록 교육과 훈련을 받고 있다. 따라서 각 공정에 투입되는 작업자는 모두 동일한 작업 수행 능력을 지닌 다기능공이다. 시뮬레이션 대상으로 선정된 생산 모델은 6개의 공정으로 구성되어 있어, 각 공정마다 작업자를 배치하는 경우에 작업자 수를 최대 6명까지 증가시킬 수 있다.

작업 배정 방법과 생산 로트 크기의 조합에 따라 작업자수를 1명에서 시작하여 최대 6명까지 한명씩 증가시켜가며 시뮬레이션을 실행하였다.

### 3.2.3 생산 로트(이동구) 크기

생산 로트 크기를 작게 하는 것은 생산을 평준화하는데 도움이 된다. 소 로트 생산은 생산의 평준화와 생산시스템내의 재공품수를 줄이기 위한 방법으로 여러 분야에서 적용되어지고 있다. 그러나 로트의 크기가 작아지면 작업 준비 횟수가 증가하게 되고, 준비 시간을 증가시키기 때문에 소 로트 생산에서는 준비 시간을 단축하는 것이 중요한 과제이다.

본 연구에서는 생산 로트 크기의 변화에 따라 주어진 생산 기간 동안의 총 생산량을 비교 하였다. 로트의 크기는 총 5단계로 구분하여 40개, 80개, 120개, 160개, 200개로 하여 시뮬레이션을 실행하였다.

#### 4. 시뮬레이션 결과 분석

<표 4>과 <표 5>는 작업자 수, 생산 로트 크기, 작업 배정 방법의 조합에 따른 시뮬레이션 실행 결과이다.

<표 4> 시뮬레이션 결과 : 작업 할당 방법

작업자수	작업 배정 방법								작업 할당비고
	비율구크기	분할량(일)	1	2	3	4	5	6	
1	40	01011002	1.000	---	---	---	---	---	---
		10000002	1.000	---	---	---	---	---	
	80	010	1.000	---	---	---	---	---	
		1000	1.000	---	---	---	---	---	
	120	010	1.000	---	---	---	---	---	
		1000	1.000	---	---	---	---	---	
	160	010	1.000	---	---	---	---	---	
		1000	1.000	---	---	---	---	---	
	200	010	1.000	---	---	---	---	---	
		1000	1.000	---	---	---	---	---	
2	40	01001002	1.000	0.000	---	---	---	---	
		00000002	1.000	0.000	---	---	---		
	80	110	1.000	0.000	---	---	---	---	
		0000	1.000	0.000	---	---	---	---	
	120	0000	1.000	0.000	---	---	---	---	
		0000	1.000	0.000	---	---	---	---	
	160	0000	1.000	0.000	---	---	---	---	
		0000	1.000	0.000	---	---	---	---	
	200	0000	1.000	0.000	---	---	---	---	
		0000	1.000	0.000	---	---	---	---	
3	40	10001002	1.000	0.000	0.000	---	---	---	
		00000002	1.000	0.000	0.000	---	---		
	80	0000	1.000	0.000	0.000	---	---	---	
		0000	1.000	0.000	0.000	---	---	---	
	120	0000	1.000	0.000	0.000	---	---	---	
		0000	1.000	0.000	0.000	---	---	---	
	160	0000	1.000	0.000	0.000	---	---	---	
		0000	1.000	0.000	0.000	---	---	---	
	200	0000	1.000	0.000	0.000	---	---	---	
		0000	1.000	0.000	0.000	---	---	---	
4	40	10001002	1.000	0.000	0.000	0.000	---	---	
		00000002	1.000	0.000	0.000	0.000	---		
	80	0000	1.000	0.000	0.000	0.000	---	---	
		0000	1.000	0.000	0.000	0.000	---	---	
	120	0000	1.000	0.000	0.000	0.000	---	---	
		0000	1.000	0.000	0.000	0.000	---	---	
	160	0000	1.000	0.000	0.000	0.000	---	---	
		0000	1.000	0.000	0.000	0.000	---	---	
	200	0000	1.000	0.000	0.000	0.000	---	---	
		0000	1.000	0.000	0.000	0.000	---	---	
5	40	01001002	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	---	
		00000002	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	---	
	80	0000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	---	
		0000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	---	
	120	0000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	---	
		0000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	---	
	160	0000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	---	
		0000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	---	
	200	0000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	---	
		0000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	---	
6	40	00001002	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		10000002	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	80	0000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		0000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	120	0000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		0000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	160	0000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		0000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
	200	0000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
		0000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

<표 5> 시뮬레이션 결과 : 순회 작업 방법

작업자수	작업배정방법							
	순회 작업 방법							
	로트 크기	생산량(일)	작업자효율					
		1	2	3	4	5	6	
1	40	60 (1일)	1.00	-	-	-	-	-
		130 (2일)	1.00	-	-	-	-	-
		337 (5일)	1.00	-	-	-	-	-
	80	60	1.00	-	-	-	-	-
		128	1.00	-	-	-	-	-
		340	1.00	-	-	-	-	-
	120	60	1.00	-	-	-	-	-
		120	1.00	-	-	-	-	-
		330	1.00	-	-	-	-	-
	160	40	1.00	-	-	-	-	-
		120	1.00	-	-	-	-	-
		320	1.00	-	-	-	-	-
200	50	1.00	-	-	-	-	-	
	100	1.00	-	-	-	-	-	
	316	1.00	-	-	-	-	-	
2	40	120 (1일)	1.00	0.96	-	-	-	-
		260 (2일)	1.00	0.98	-	-	-	-
		669 (5일)	1.00	0.99	-	-	-	-
	80	120	1.00	0.92	-	-	-	-
		249	1.00	0.96	-	-	-	-
		673	1.00	0.98	-	-	-	-
	120	120	1.00	0.88	-	-	-	-
		240	1.00	0.94	-	-	-	-
		660	1.00	0.97	-	-	-	-
	160	80	1.00	0.83	-	-	-	-
		240	1.00	0.91	-	-	-	-
		640	1.00	0.97	-	-	-	-
200	100	1.00	0.80	-	-	-	-	
	200	1.00	0.90	-	-	-	-	
	637	1.00	0.96	-	-	-	-	
3	40	180 (1일)	1.00	0.96	0.92	-	-	-
		389 (2일)	1.00	0.98	0.96	-	-	-
		996 (5일)	1.00	0.99	0.98	-	-	-
	80	166	1.00	0.92	0.83	-	-	-
		367	1.00	0.96	0.91	-	-	-
		990	1.00	0.98	0.96	-	-	-
	120	139	1.00	0.87	0.75	-	-	-
		360	1.00	0.94	0.88	-	-	-
		978	1.00	0.98	0.95	-	-	-
	160	120	1.00	0.84	0.68	-	-	-
		337	1.00	0.92	0.84	-	-	-
		960	1.00	0.97	0.93	-	-	-
200	180	1.00	0.96	0.92	-	-	-	
	389	1.00	0.98	0.96	-	-	-	
	935	1.00	0.99	0.98	-	-	-	
4	40	210 (1일)	0.89	0.86	0.81	0.78	-	-
		450 (2일)	0.89	0.86	0.85	0.83	-	-
		1165(5일)	0.88	0.87	0.86	0.86	-	-
	80	192	0.91	0.85	0.77	0.69	-	-
		440	0.90	0.87	0.83	0.79	-	-
		1163	0.89	0.88	0.87	0.85	-	-
	120	161	0.92	0.82	0.70	0.58	-	-
		412	0.91	0.86	0.79	0.74	-	-
		1144	0.89	0.88	0.85	0.83	-	-
	160	133	0.93	0.77	0.64	0.52	-	-
		386	0.91	0.85	0.77	0.69	-	-
		1120	0.90	0.87	0.84	0.81	-	-
200	100	0.91	0.76	0.60	0.40	-	-	
	350	0.91	0.82	0.74	0.65	-	-	
	1100	0.90	0.87	0.83	0.79	-	-	
5	40	210 (1일)	0.74	0.71	0.67	0.63	0.59	-
		450 (2일)	0.72	0.70	0.68	0.66	0.67	-
		1165(5일)	0.71	0.70	0.70	0.69	0.68	-
	80	192	0.77	0.69	0.62	0.58	0.56	-
		440	0.72	0.72	0.69	0.64	0.61	-
		1163	0.72	0.70	0.70	0.69	0.68	-
	120	161	0.82	0.69	0.59	0.48	0.44	-
		412	0.73	0.69	0.65	0.64	0.58	-
		1144	0.72	0.70	0.69	0.68	0.66	-
	160	133	0.77	0.64	0.58	0.52	0.36	-
		386	0.77	0.69	0.62	0.58	0.56	-
		1120	0.72	0.70	0.69	0.67	0.64	-
200	100	0.75	0.72	0.60	0.40	0.20	-	
	350	0.74	0.72	0.66	0.55	0.46	-	
	1100	0.72	0.72	0.69	0.65	0.61	-	
6	40	210 (1일)	0.60	0.59	0.59	0.57	0.52	0.48
		450 (2일)	0.59	0.59	0.59	0.57	0.55	0.53
		1165(5일)	0.59	0.59	0.59	0.58	0.57	0.56
	80	192	0.62	0.58	0.58	0.56	0.48	0.40
		440	0.61	0.58	0.58	0.58	0.54	0.50
		1163	0.60	0.59	0.58	0.58	0.58	0.56
	120	161	0.70	0.58	0.49	0.43	0.44	0.39
		412	0.65	0.64	0.58	0.52	0.47	0.43
		1144	0.61	0.61	0.59	0.57	0.55	0.53
	160	133	0.64	0.58	0.57	0.52	0.36	0.20
		386	0.63	0.58	0.57	0.57	0.48	0.40
		1120	0.61	0.58	0.58	0.58	0.56	0.53
200	100	0.72	0.72	0.60	0.40	0.20	0.04	
	350	0.72	0.66	0.56	0.46	0.37	0.36	
	1100	0.61	0.58	0.58	0.58	0.54	0.51	

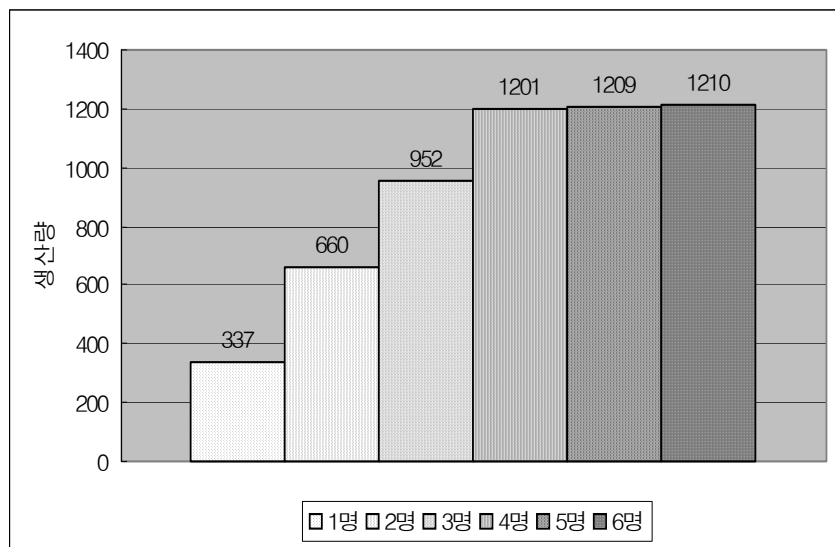


## 4.1 작업자 수에 따른 비교

### 4.1.1. 작업 할당 방법의 경우

작업 할당 방법에서는 전체 작업을 작업자 수에 따라 균등하게 배정하며, 작업자 수와 생산 로트 크기를 변경시켜가며 시뮬레이션을 실행하였다.

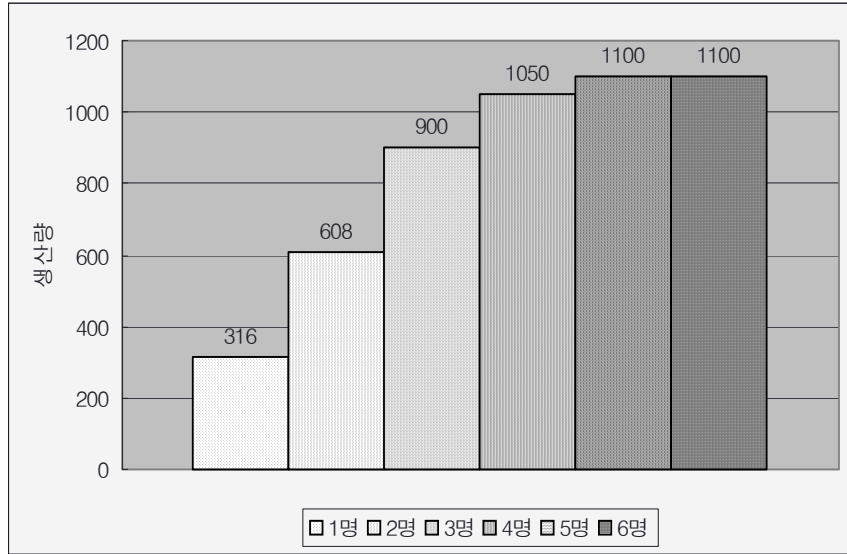
<그림 3>은 생산 로트 크기가 40개, 생산기간이 5일인 경우의 작업자 수에 따른 완제품 생산량을 나타내며, <그림 4>는 생산 로트 크기가 200개, 생산 기간이 5일인 경우의 작업자 수에 따른 완제품 생산량을 나타낸다.



<그림 3> 작업자 수에 의한 생산량 : 작업 할당, 로트 크기(40개)

시뮬레이션 실행 결과에 의하면 작업자의 수가 증가함에 따라 생산량은 증가하지만, 작업자가 4명, 5명, 6명인 경우의 총 생산량은 큰 차이가 없음을 볼 수 있다. 이것은 작업자의 수가 4명 이상의 경우에는, 라인밸런싱을 고려하여 각 작업자에게 배정되는 공정 시간이 프레스 공정 작업 시간보다 짧게 나타나기 때문이다.

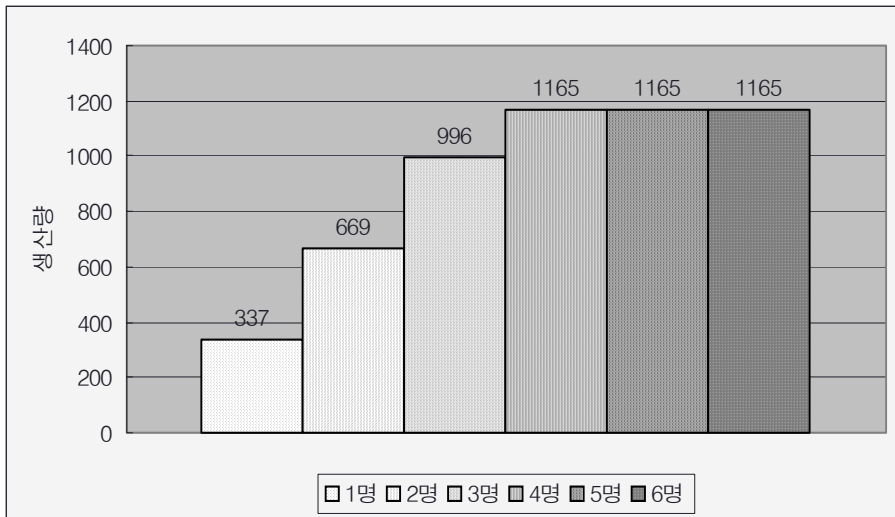
즉, 프레스 공정이 애로공정이 되므로 프레스 공정의 개선 없이는 작업자의 수가 증가되더라도 완제품 생산량에는 도움을 주지 못한다. 작업자의 수가 5명, 6명일 때는, 작업자의 수가 4명일 때보다 작업자의 효율이 크게 떨어짐을 볼 수 있다. 생산 로트 크기가 커질수록 공정간 대기 시간이 길어지므로 완제품 생산량은 감소하게 된다.



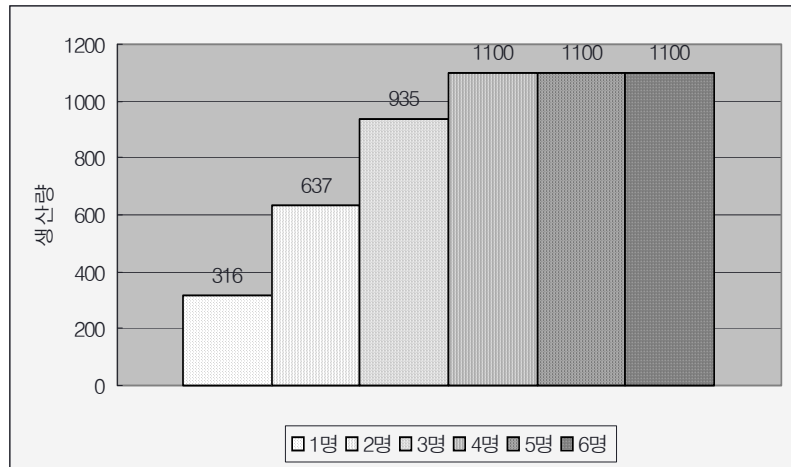
<그림 4> 작업자 수에 의한 생산량 : 작업 할당, 로트 크기(200개)

#### 4.1.2 순회 작업 방법의 경우

순회 작업 방법에서는 각 작업자가 전 공정을 순회하면서 작업하며, 작업 할당 방법의 경우에서처럼 작업자 수와 생산 로트 크기를 변경시켜가며 시뮬레이션을 실행하였다. <그림 5>은 생산 로트 크기가 40개, 생산기간이 5일인 경우의 작업자 수에 따른 완제품 생산량을 나타내며, <그림 6>는 생산 로트 크기가 200개, 생산기간이 5일인 경우의 작업자 수에 따른 완제품 생산량을 나타낸다.



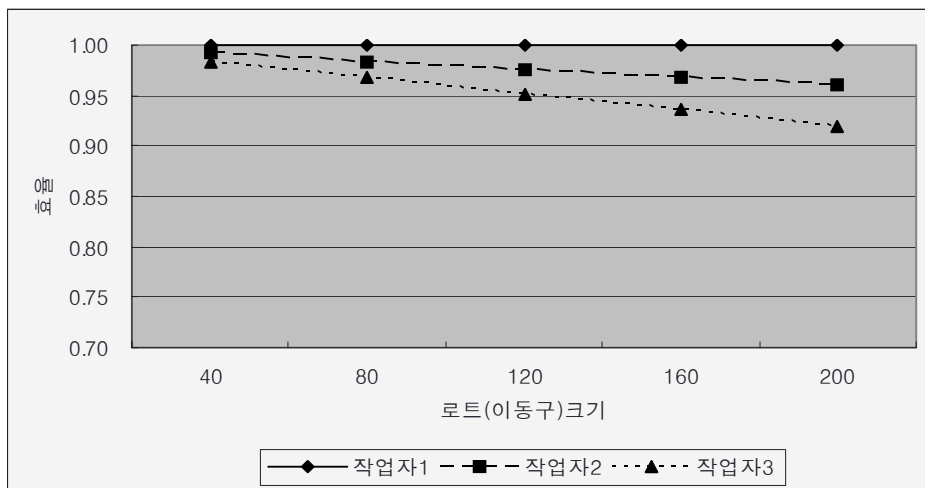
<그림 5> 작업자 수에 의한 생산량 : 순회 작업, 로트 크기(40개)



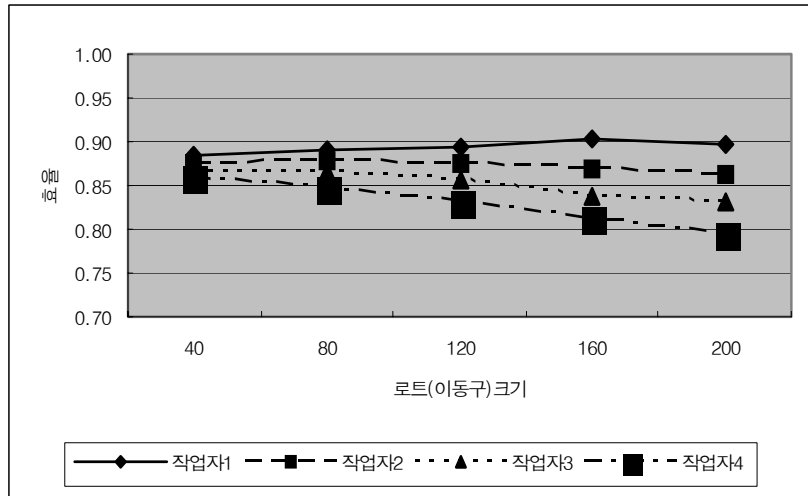
<그림 6> 작업자 수에 의 생산량 : 순회 작업, 로트 크기(200개)

시뮬레이션 실행 결과에 의하면 작업자의 수가 증가함에 따라 생산량은 증가하지만, 작업자가 4명, 5명, 6명인 경우의 총 생산량은 큰 차이가 없음을 볼 수 있다. 작업자의 수가 4명 이상인 경우에는 작업 할당 방법에서처럼 프레스 공정이 애로공정이 되므로 프레스 공정의 개선 없이는 작업자의 수가 증가되더라도 완제품 생산량에는 도움을 주지 못한다.

또한 애니메이션을 통하여 각 공정에서 발생하는 대기현상을 확인 할 수 있다. <그림 7>에서는 작업자 수가 3명인 경우, <그림 8>에서는 작업자 수가 4명인 경우의 작업자 효율을 볼 수 있다. 작업자의 수가 3명 일 때보다 작업자의 수가 4명 일 때 작업자 효율이 크게 떨어짐을 볼 수 있다.



<그림 7> 작업자 효율 : 순회 작업, 작업자 수(3명)

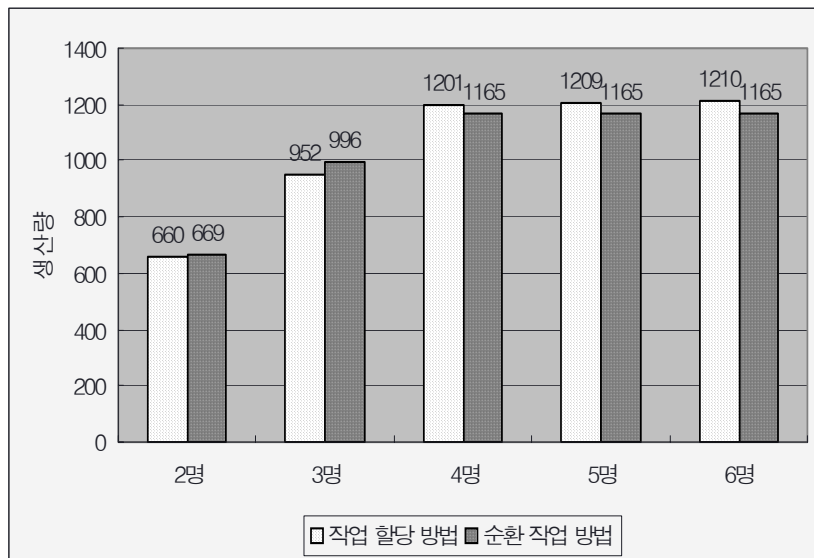


<그림 8> 작업자 효율 : 순회 작업, 작업자 수(4명)

작업 할당 방법에서처럼 생산 로트 크기가 커질수록 공정간 대기 시간이 길어지므로 완제품 생산량은 감소하게 된다.

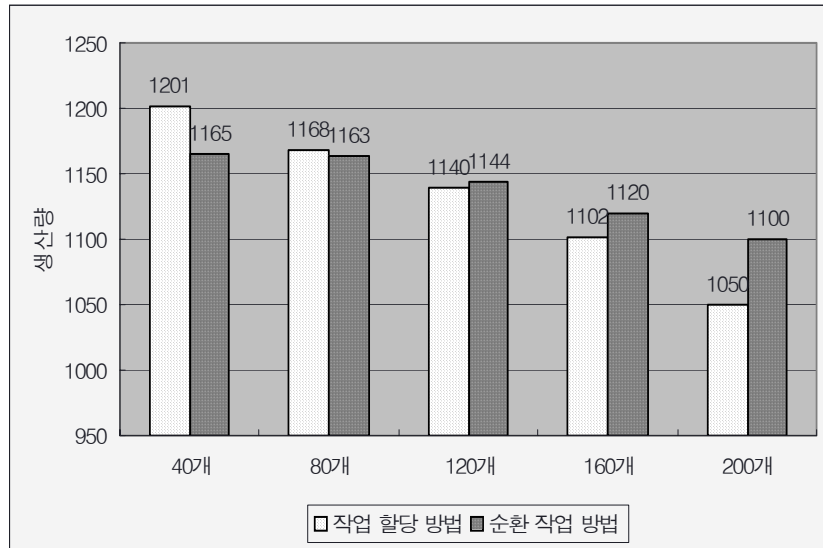
## 4.2 작업 배정 방법의 비교

### 4.2.1 생산량의 비교



<그림 9> 작업 할당과 순회 작업 비교 : 로트 크기(40개)

<그림 9>에서와 같이 작업자 수가 3명 이하인 경우에는 순회 작업 방법, 작업자 수가 5명 이상인 경우는 작업 할당 방법에 의하여 생산 로트 크기에 관계없이 더 많은 완제품 생산량이 산출됨을 볼 수 있다.



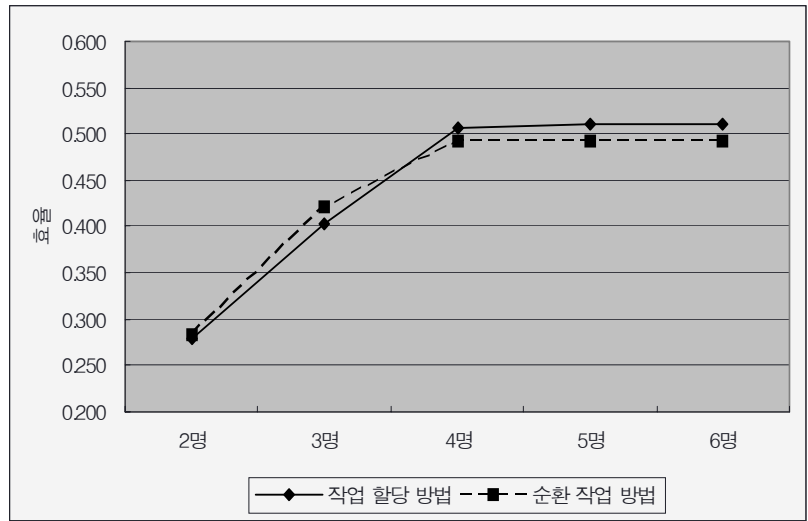
<그림 10> 작업 할당과 순회 작업 비교 : 작업자 수(4명)

그러나 작업자 수가 4명인 경우에는 <그림 10>과 같이 생산 로트 크기가 큰 경우는 순회 작업 방법의 생산량이 많았고, 생산 로트의 크기가 작은 경우에는 작업 할당 방법의 생산량이 많음을 볼 수 있다.

#### 4.2.2. 설비 효율의 비교

<그림 11>에서와 같이 작업자 수가 3명 이하인 경우에는 순회 작업 방법, 작업자 수가 5명 이상인 경우는 작업 할당 방법에 의하여 생산 로트 크기에 관계없이 설비 효율이 더 높게 나타남을 볼 수 있다.

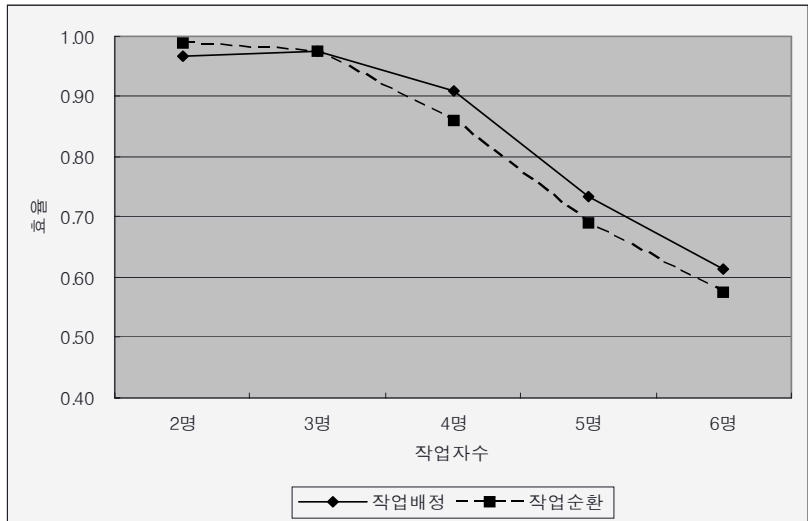
그러나 작업자 수가 4명인 경우에는 생산 로트 크기가 큰 경우는 순회 작업 방법의 설비 효율이, 생산 로트의 크기가 작은 경우에는 작업 할당 방법의 설비 효율이 높음을 볼 수 있다.



<그림 11> 설비 효율 : 로트 크기(40개)

### 4.2.3 작업자 효율의 비교

<그림 12>에서와 같이 작업자 수가 3명 이하인 경우에는 순회 작업 방법, 작업자 수가 5명 이상인 경우는 작업 할당 방법에 의하여 생산 로트 크기에 관계없이 작업자 효율이 더 높게 나타남을 볼 수 있다. 그러나 작업자 수가 4명인 경우에는 생산 로트 크기가 큰 경우는 순회 작업 방법의 작업자 효율이, 생산 로트의 크기가 작은 경우에는 작업 할당 방법의 작업자 효율이 높음을 볼 수 있다.

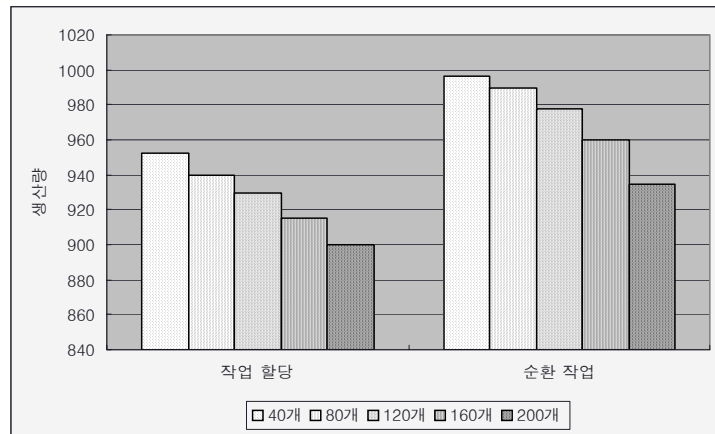


<그림 12> 평균 작업자 효율

### 4.3 생산 로트 크기에 따른 비교

#### 4.3.1. 생산 로트 크기에 따른 생산량

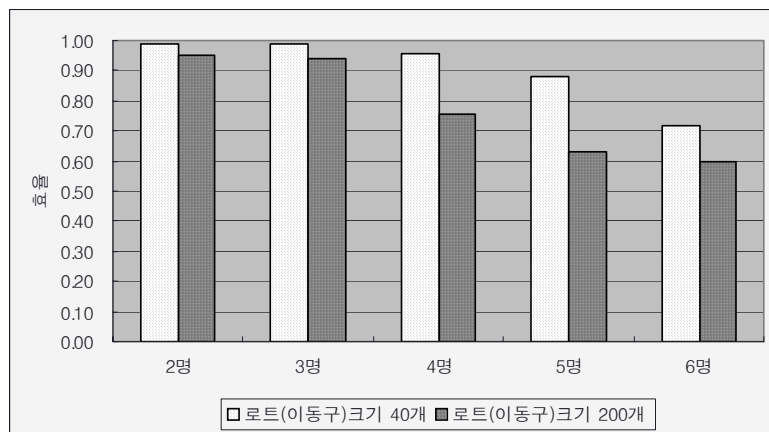
생산 로트 크기가 40개부터 200개로 증가함에 따라 완제품 생산량은 감소하는 것을 <그림 13>로부터 확인할 수 있다. 작업 배정 방법과 작업자 수에 관계없이 생산 로트 크기가 증가함에 따라 완제품의 생산량은 감소하는 것을 알 수 있다.



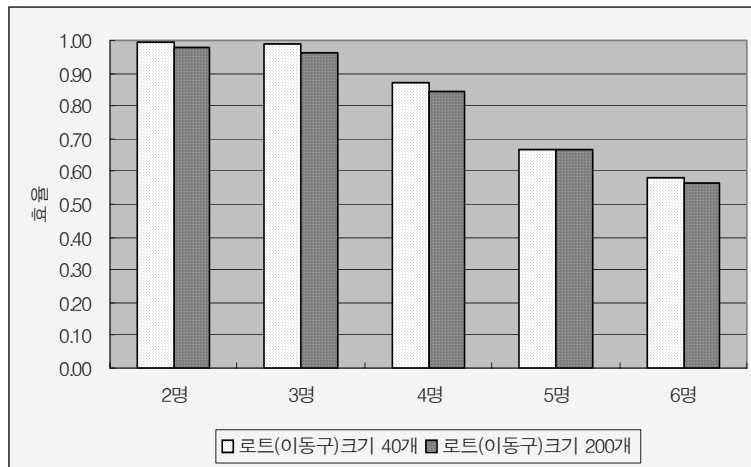
<그림 13> 로트 크기에 의한 생산량 변화 : 작업자 수(3명)

#### 4.3.2. 생산 로트 크기에 따른 작업자 효율

생산 로트 크기가 증가함에 따라서 작업자 효율은 <그림 14>과 <그림 15>와 같이 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 순회 작업의 경우가 작업 할당의 경우보다 생산 로트 크기에 따른 작업자 효율의 감소폭이 작은 것을 알 수 있다.



<그림 14> 로트 크기에 의한 작업자 효율 : 작업 할당



<그림 15> 로트 크기에 의한 작업자 효율 : 순회 작업

#### 4.4 시뮬레이션 결과 활용 방안

본 연구에서는 작업자 수, 작업 배정 방법, 그리고 생산 로트 크기를 변화시켜가며 완제품의 총 생산량의 변화를 확인 할 수 있었다. 시뮬레이션 결과는 모델로 선정된 D산업의 경우 제한된 기간(납기) 안에 주문된 양의 완제품을 효율적으로 생산하기 위한 전략 대안을 수립하는데 다음과 같이 활용할 수 있다.

D산업이 500개의 완제품을 일주일(5일) 동안 생산하여야 하는 경우, 대안은 다음과 같다. (로트 크기는 40개 이다)

##### 4.4.1 대안 1

4명의 작업자가 2일 동안 작업 할당 방법을 사용하여 460개의 완제품을 만들고, 1명의 작업자를 활용하여 하루 동안 60개의 완제품을 생산할 수 있는 것을 <표 4>에서 알 수 있다. 이 경우 총 3일의 생산 기간 동안 총 9명의 작업자가 요구된다.

##### 4.4.2. 대안 2

3명의 작업자가 순회 작업 방법으로 2일 동안 작업하여 389개의 완제품을 생산하고, 2명의 작업자가 순회 작업 방법으로 하루 동안 120개의 완제품을 생산할 수 있는 것을 <표 5>에서 알 수 있다. 이 대안은 총 3일의 생산 기간 동안 총 8명의 작업자가 요구된다.

##### 4.4.3. 대안 3

작업 배정 방법에 관계없이 2명의 작업자가 4일의 생산 기간 동안에 500개의 완제품을 생산 할 수 있음을 <표 4>와 <표 5>에서 알 수 있다.



&lt;표 6&gt; 전략 대안

방법		1일	2일	3일	4일
대안 1	작업 배정 방법	작업할당방법			-
	작업자 수(명)	4	4	1	-
	누적 작업자 수(명)	4	8	9	-
	생산량(개)	460		60	-
대안 2	작업 배정 방법	순회작업방법			-
	작업자 수(명)	3	3	2	-
	누적 작업자 수(명)	3	6	8	-
	생산량(개)	389		120	-
대안 3	작업 배정 방법	순회작업방법			-
	작업자 수(명)	2	2	2	2
	누적 작업자 수(명)	2	4	6	8
	생산량(개)	260		260	

대안 1과 대안 2의 경우에 3일 동안 총 생산량은 500개 이상을 생산하므로 납기와 생산량 모두를 만족시키나, 대안 2에 있어서 필요 작업자 수가 1명 적게 된다. 대안 2와 대안 3의 경우에 필요한 작업자 수는 8명으로 동일하나 대안 3의 생산 기간이 하루 더 필요하게 된다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 알루미늄 창을 생산하는 중소기업인 D산업의 생산시스템을 AutoMod를 이용하여 시뮬레이션 모델을 구축하였고, 작업자 수, 작업 배정 방법, 그리고 생산 로트 크기를 변화시켜가며, 완제품 생산량의 변화, 작업자 효율, 설비 효율 등을 비교 분석하였다.

작업자 수가 적은 경우에는 순회 작업 방법이, 작업자 수가 많은 경우에는 작업 할당 방법이 생산량, 설비효율, 작업자효율의 증가를 가져옴을 볼 수 있었다. 생산량은 작업 배정 방법과 작업자 수에 관계없이 생산 로트 크기가 증가함에 따라 감소하였다. 생산 로트 크기의 증가는 순회 작업 방법과 작업 할당 방법에서 모두 작업자 효율을 감소시켰으나, 순회 작업의 경우가 작업 할당의 경우보다 생산 로트 크기에 따른 작업자 효율의 감소폭이 적었다.

시뮬레이션 결과를 활용하여 생산량, 납기, 활용 가능한 작업자 수, 작업 배정 방법, 생산 로트 크기 등을 고려한 생산 전략 대안을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

주후 연구 과제로는 설비 고장률과 공정 불량률을 고려한 보다 현실적인 모델 구축, 공정 간의 이동 시간과 공정 준비 시간을 공정 시간과 분리시킨 연구가 수행되어야 하겠다.

## 6. 참 고 문 헌

- [1] 박영택, “시물레이션을 이용한 Harness 조립공정의 개선에 관한 연구”, 인하대학교 산업공학과 석사학위논문, 1999
- [2] 손은일, 임성욱, “AutoMod 기초 및 실습”, 한경사, 2004
- [3] 이동한, 이성덕, 황강진, “시물레이션 이론과 실제”, 교학사, 1993
- [4] 이순용, “생산관리론”, 법문사, 1994
- [5] 최성준, “다기능공의 효율적 배치에 관한 연구”, 인하대학교 산업공학과 석사학위 논문, 2001
- [6] Jerry Banks, “Getting Started with AutoMod”, Brooks Automation, 2001
- [7] Jernigan, S. R., S. Ramaswamy, and K. S. Barber, “A Distributed Search and Simulation Method for Job Flow Scheduling”, SIMULATION, Vol.68, No.6, 1997
- [8] Law, A. M., “Simulation Modeling & Analysis”, McGRAW-HILL, 2000
- [9] Morgan, B. J. T., “Elements of simulation”, Chapman & Hall, London
- [10] Schmeiser, B., “Batch Size Effects in the Analysis of Simulation Output”, Operations Research, Vol.30, No.3, 1982

## 저 자 소 개

이 승 무 : 인하대학교 산업공학과에서 학사 및 석사취득.

김 봉 선 : 현재 인하대학교 산업공학과 교수로 재직 중. 인하대학교 산업공학과 학사 및 석사, 독일 Karlsruhe 대학교에서 경제학박사 취득.

이 석 환 : 인하대학교 대학원 산업공학과 박사과정 수료.

## 저 자 주 소

이 승 무, 김 봉 선, 이 석 환 : 인천광역시 남구 용현동 253, 인하대학교 산업공학과