

생산평준화에 관한 연구 (I) A study on the smothed production (I)

김 학 철*
Kim, Hak-Cheol
강 경 식**
Kang Kyung-Sik
박 상 민***
Park, Sang-Min

Abstract

Even though Just-In-Time Production System is introduced to industry in order to strengthen competition, applying this production system to field is hard and some problems are occurred. On this study, the algorithm which become smoothed production, one of the prerequisite condition for implementing Just-In-Time, are developed. On the other word. it is possible to become smoothed production based on keeping Lot Production System. The possibility of establishing more stable smoothed production scheduling are proved on this study by comparing with previous researches.

1. 서 론

기업의 생산활동에서 발생하는 낭비를 제거하는 JIT(Just-In-Time) 시스템은 최근 들어 기업의 새로운 경영철학으로서 인식되어짐과 동시에 저성장시대의 기업의 발전을 위해 적극 도입하여야 하는 사상으로 새로이 자리하고 있다. 국내에서도 기업의 경쟁력 강화 및 필요성을 인식하여 1980년대 이후부터 JIT 시스템을 연구하고 도입하는 기업들이 늘어나고 있으나 JIT가 일본의 생산환경에 적합한 생산방식인 만큼 국내의 제조환경에 적용하는데는 여러 가지 문제점들이 나타나고 있는 과도기라 하겠다. 이러한 과도기적 상태에서 나타나는 문제점들 중의 하나는 바로 JIT 생산방식을 유지하는 기초가 되는 전제조건인 평준화 생산의 수준이 낮다는 점이다. 평준화 생산이란 매일의 각 제품들을 균등한 양으로 생산하는 것을 의미하는 것으로 이것은 생산현장의 재고를 최소한으로 유지하며 변화하는 수요에 적극적으로 대처하는 기본적인 수단이 된다[3]. 본 연구에서는 국내 기업들의 JIT 도입에 있어서 나타나는 문제점들을 해결하기 위한 하나의 방안으로서 평준화된 생산계획을 수립하는 방법을 개발하고자 한다. 완벽한 생산 평준화를 이루기 위해서는 작업준비시간(Setup-Time) 및 생산리드타임(Production Lead-Time)의 단축이 가능한 상태에서 소로트생산 혹은 단위생산이 실시되는 상태에서만 가

* 현대정보기술(주)

** 명지대학교 산업공학과

*** 인천대학교 산업공학과

능하다. 그러나, 국내 기업의 생산은 아직도 JIT에서 요구하는 수준의 소로트화 생산이 불가능한 실정이므로 현실적으로 가능한 로트크기를 구한 후 이에 맞는 평준화된 생산계획 수립 방법의 개발이 필요하다.

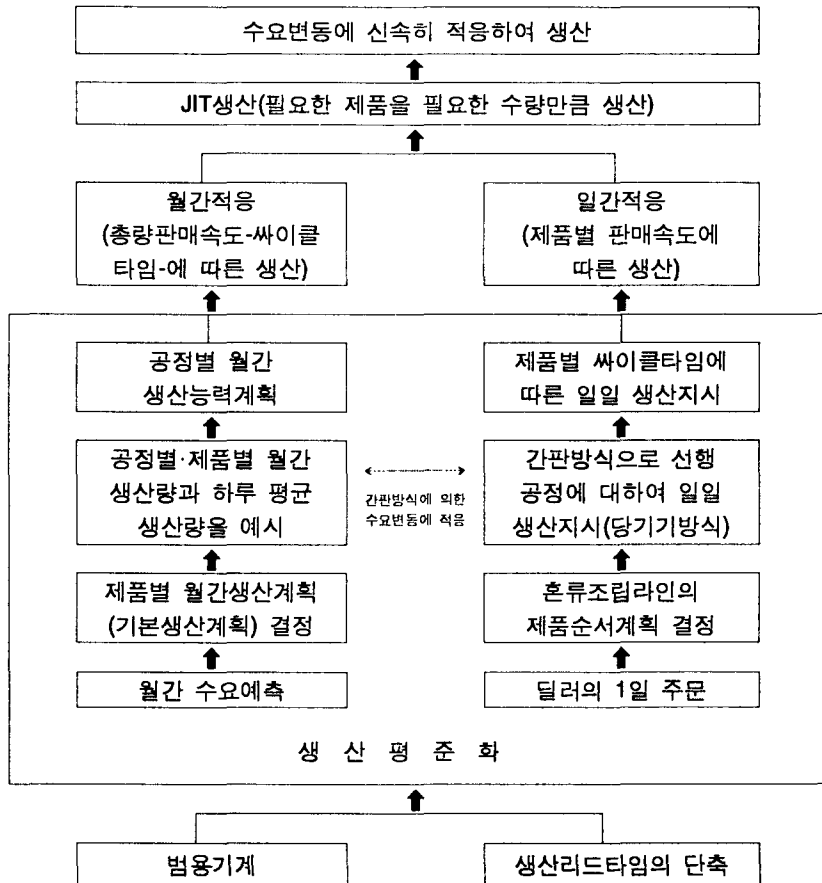
평준화생산 계획의 수립은 혼류 조립라인(Mixed-Model Assembly Line)에 각 제품의 투입 순서를 결정하는 순서계획(Sequencing Planning)과 밀접한 관계를 갖는다. 즉, 여러 제품을 어떠한 순서로 최종 조립라인에 투입하느냐에 따라 평준화생산의 수준이 변한다는 것이다. 혼류 조립라인에서 제품의 투입순서는 라인을 관리하는 목표에 따라 두 가지로 나뉜다. 첫째는 라인내의 각 공정에 대한 부하(총조립시간)를 균등하게 하는 것이며, 둘째는 라인에서 부품을 사용하는 속도를 일정하게 유지하는 것이다. 그러므로 평준화 생산 계획에 관한 기존 연구들 또한 이러한 목표들을 실현하는 방법들을 제시하고 있다. Monden(1983)은 혼류생산라인에서 최종 조립 제품에 대한 각 부품의 시간당 사용량을 가능한 한 일정하게 유지하도록 각 제품의 투입순서를 결정함으로써 생산평준화가 가능하게 하는 수학적 해법인 목표추적법(Goal-Chasing Method)을 제안하였다[6]. 이 목표추적법은 생산 평준화의 정도를 상당히 양호하게 하나 계산시간이 오래 걸린다는 단점이 있다. Miltenburg(1989)는 단 단계(Single Level) 혼류조립라인에서 모든 부품의 사용비율을 일정하게 유지하는 제품 투입 순서에 관한 알고리즘을 개발하였다[1]. 그러나 이 알고리즘은 제품의 투입순서를 결정함에 있어서 투입순서를 수정해야 하는 경우가 빈번히 발생한다는 단점이 있다. Miltenburg, Sinnamon(1989)은 다단계(Multi-Level)혼류 생산 라인에서의 제품 투입 순서에 대한 알고리즘을 부품 사용율의 일정화에 목표를 두고 개발하였다. 여기서 다단계는 Product, Sub-Assembly, Component, Raw-Material을 의미한다[2]. 노인규와 김준석(1991)은 Miltenburg의 알고리즘을 보완한 새로운 알고리즘을 개발하고 이를 다단계 생산시스템으로 확장하였다[5]. 장영기(1990)는 Groeflin의 연구를 보다 일반화시키는 수학적 모델을 제시하였다[7]. 위에서 논한 연구들의 공통점은 제품의 생산에 있어서 단위생산(Unitary Production)이 가능하다는 전제조건하에 개발된 알고리즘들이다. 그러므로 JIT를 도입하고 있는 국내의 로트생산 형태에서는 현실성이 없다고 할 수 있다. M기계(1994)에서는 부품 사용율의 균등화에 목표를 두고 휴리스틱 알고리즘을 개발하였다[4]. 이 알고리즘은 국내 현실을 고려하여 로트생산시의 평준화에 대한 알고리즘을 개발하였으나 완벽한 부품 사용의 균등화를 이루지 못하고 있다.

본 연구에서는 자동차부품 생산업체인 M기계에서 개발한 알고리즘을 기초로 하여 부품 사용의 균등화에 목표를 두고 총량평준화와 제품별 수량평준화를 동시에 만족시키는 새로운 알고리즘을 제시하고 이를 기존연구와 비교해 봄으로서 본 연구에서 개발한 알고리즘이 평준화 생산계획을 수립함에 있어서 보다 우수함을 증명한다.

2. 생산평준화의 개요

간판을 이용하여 제품을 생산할 경우나 노동력과 설비의 유희시간, 또는 재공품 재고를 최소화할 경우에는 생산 평준화가 가장 중요한 전제조건이다[5]. 그 이유는 이러한 Pull System에서의 기본적인 생산원칙은 만일 후속 공정이 부품을 불규칙하게 인수해 가더라도 선행공정에서는 최고(peak)치의 인수량에 대응할 수 있는 재고, 설비, 노동력을 준비해 두어야 하기 때문이다. 그러므로 외부의 공급자(협력업체)를 포함한 모든 생산공정에서 인수하는 수량의 변동폭을 작게 하려면, 최종 조립라인에서는 1일 생산량의 편차를 최소화하기 위해 노력해야 한다. 따라서 JIT 생산을 하는 공장의 최종 조립라인에서는 사이클타임마다 각종 제품이 '한 단위호름'으로 생산과 운반이 되는 것을 이상으로 하고 있다. 이를 위해서는 로트를 최대한 작게 해서 각종 제품을 흐르게 하여야 한다. 결국 생산평준화는 최종 조립라인에서 각종 제품을 그날 그날의 사이클타임에 맞추어 균등한 양으로 생산하는 것을 말한다. 생산평준화에 의해서 각각

의 하위 조립라인의 인수량에 대한 편차를 최소한으로 억제하여, 각 조립라인이 부품을 일정한 속도, 혹은 일정한 양으로 생산하게 된다. 다음의 [그림 1]은 JIT 생산에 있어서의 생산평준화 구조를 나타낸다.



[그림 1] 생산 평준화의 구조

제품의 다양성에 대응하면서 생산을 평준화하면 여러 가지 장점이 있다.

첫째, 각 제품을 매일 소량씩 균등하게 만들기 때문에 월중에도 매일의 수요변동에 대해서 신속하게 대응할 수 있다.

둘째, 완제품 재고가 없어도 매일 고객의 주문에 대응할 수 있다.

셋째, 모든 공정이 사이클타임에 따라 제품을 만들어가면 균형도 향상되고 공정간의 제공품 재고도 없어진다.

3. 평준화생산계획 수립 알고리즘

JIT 생산방식에서는 작업준비시간의 단축을 통해서 한단위 흐름생산 및 생산 리드타임의 단축을 실현하고 있으므로 평준화된 생산계획의 수립이 가능하다. 또한 이러한 평준화된 생산계획을 기초로 하여 수요변동에 대응하고 있다. 그러나 JIT를 도입하는 현 시점에서의 국내 기업들은 작업준비시간이 길게 소요되므로 아직도 로트생산 방식을 유지하고 있으며 이에 따른

JIT 생산방식의 평준화생산계획과는 구별되는 현실을 고려한 로트생산에서의 평준화생산 계획 수립이 필요하다.

3.1 로트생산과 평준화

로트생산 하에서 평준화생산계획을 수립하는데 있어서는 두 가지 요소를 고려해야 한다. 첫째로, 로트생산시에는 과잉생산량이 존재한다는 점이다.

[표 1] 로트크기와 과잉생산

로 트 크 기	60	30	10		1
생 산 량	550	550	550	555	550
로 트 수	9.2	18.3	55	55.5	550
실제생산로트수	10	19	55	56	550
과 잉 생 산 량	50	20	0	5	0

위의 [표 1]에서 로트크기가 1인 단위생산 방식과는 다르게 로트생산 방식을 유지할 경우에는 과잉 생산량을 갖게 된다. 이것은 로트생산시에 발생하는 피할 수 없는 재고가 되며 이는 차기 생산계획수립시 고려해야 한다.

둘째로, 로트생산시에는 단위기간의 크기에 따라 평준화 생산계획 수립이 변한다는 점이다.

[표 2] 로트생산과 단위기간

단 위 기 간	1 일	1/2 일	1시간	비 고
로 트 수	10	10	10	작업일수 : 7일
단위 기간의 수	7	14	56	
평균생산로트수	1.429	0.714	0.179	로트크기 : 60

위의 [표 2]에서 단위기간이 1일인 경우 7일 동안 1.429로트씩 생산을 하면 바로 평준화 생산이 가능하다. 그러나 현실적으로는 1.429로트씩 생산한다는 것은 불가능하다. 그러므로 7일 중 3일은 2로트씩 생산하고 4일은 1로트씩 생산하여야 한다. 여기서 중요한 점은 어느날에 2로트씩을 생산하는가에 따라서 생산평준화의 수준이 달라질 수 있다는 것이다. 그러나 단위생산 체제일 경우에는 이러한 문제는 고려되지 않아도 된다. 그러므로 JIT 생산방식에서는 평준화생산을 위해 단위생산 체제를 유지하고 있다.

3.2 평준화생산계획 수립 알고리즘의 개요

3.2.1 알고리즘의 가정

평준화 생산계획을 수립하기 위한 가정은 다음과 같다.

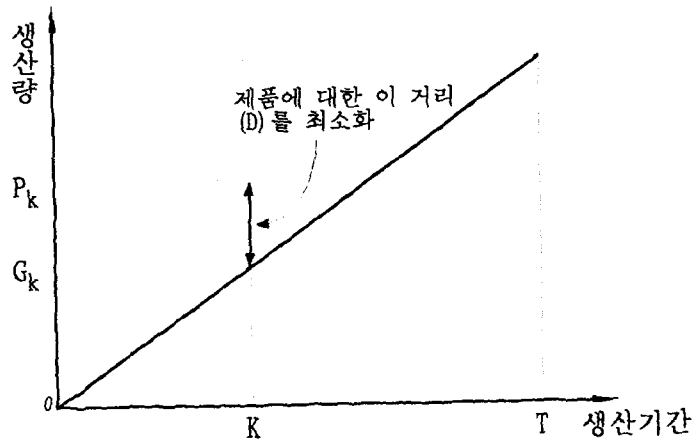
1) 단위기간의 크기는 사전에 결정되어 있다.

단위기간이란 평준화생산계획 수립시 기준이 되는 시간의 길이를 의미한다. 예를들어 단위기간의 크기를 1일로 한다면, 제품의 생산순서에 상관없이 1일간의 생산되는 제품의 생산량만 동일하면 평준화 생산계획이 수립된 것으로 한다. JIT에서는 단위기간의 크기를 1시간으로 하고 있다.

- 2) 모든 제품의 총생산량은 생산라인의 최대 생산능력보다 적다.
- 3) 생산하는 제품의 종류가 바뀔때에 필요한 작업준비시간 또는 준비교체시간은 단위기간 당 생산되는 생산량에 영향을 미치지 않는다.
- 4) 각 제품의 생산 가능한 최소로트사이즈는 이미 결정되어 있으며 동일하다.

3.2.2 평준화생산계획 수립 단계

본 연구의 평준화생산계획 수립 방법은 단위기간별 평균 생산량과 실제 생산량사이의 차이를 최소화하는 것에 기초를 두고 있다. 이를 도식화하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.



P_k : 단위기간 k 에서의 실제 생산량

G_k : 단위기간 k 에서의 평균 생산량

[그림 2] 평균생산량과 실제생산량과의 관계

[표 3] 평준화 생산계획

단 위 기 간 (일)	1	2	3	4	5	6	7
누적 평균 로트수	1.429	2.858	4.287	5.716	7.145	8.574	10
누적 생산 로트수	1	3	4	6	7	9	10
단위기간별 생산로트수	1	2	1	2	1	2	1

위의 [표 3]은 단위기간은 1일이고 총 10로트를 7일동안 생산한다는 가정하에 단위기간별 평균생산량과 실제생산량 사이의 최소화에 기초를 두고 수립된 평준화 생산계획을 나타낸 것이다. 평준화생산계획 수립은 두 단계로 이루어진다. 첫단계는 이미 설정된 단위기간에 대하여 전체 생산량의 평준화를 이루는 것이며 이를 총량평준화라 한다. 두번째 단계는 총량평준화가 된 상태에서 다시 각각의 제품에 대하여 단위기간별 평준화를 성취하며 이를 제품별 수량평준화라 한다. 이를 수학적 모델로 표시하면 다음과 같다.

1) 총량평준화

$$\text{Minimize } \sum_{k=1}^t |Q_k - k\bar{Q}|$$

여기서, k : 단위기간의 수 ($k = 1, 2, 3, \dots, t$)

Q_k : k 번째 기간까지의 총생산로트수

\bar{Q} : 평균 생산로트수

2) 제품별 수량평준화

$$\text{Minimize } \sum_{k=1}^t \sum_{i=1}^n |a_{ik} - kr_i|$$

여기서, k : 단위기간의 수 ($k = 1, 2, 3, \dots, t$)

i : 제품의 종류 ($i = 1, 2, 3, \dots, n$)

a_{ik} : 제품 i 의 k 번째 기간까지의 생산로트수

r_i : 제품 i 의 평균 생산로트수

3.3 알고리즘의 전개

3.3.1 기호설명

k : 단위기간의 수 ($k = 1, 2, 3, \dots, t$)

i : 제품의 종류 ($i = 1, 2, 3, \dots, n$)

l : 최소 로트 크기

Q_i : 제품 i 의 생산량

Q_T : 모든 제품의 총생산량, $Q_T = \sum_{i=1}^n Q_i$

a_i : 제품 i 의 생산로트수, $a_i = \frac{Q_i}{l}$ (단, 소수점 이하 올림)

Q : 모든 제품의 총 생산로트수, $Q = \sum_{i=1}^n a_i$

r_i : 제품 i 의 평균 생산로트수, $r_i = \frac{a_i}{t}$

\bar{Q} : 평균 생산로트수, $\bar{Q} = \frac{Q}{t}$

Q_k : $k\bar{Q}$ 에 가장 가까운 정수단위 생산로트수

Q_k^i : 단위기간 k 의 생산로트수

m_i : r_i 를 초과하지않는 제품 i 의 정수단위 최대 생산로트수

a_{ik} : 제품 i 의 k 번째 기간까지의 생산로트수

R_k : 단위기간 k 에서의 Q_k^i 와 $[m_i]$ 의 합과의 차

$$R_k = Q_k^i - \sum_{i=1}^n [m_i]$$

P_{ik} : 단위기간 k 에서 제품 i 의 최종생산로트수

3.3.2 Algorithm의 전개

단계 1] 최소 로트사이즈 (l), 단위기간의 수 (t), 제품의 종류 (n) 결정

단계 2] 각 제품별 생산계획량 (Q_i) / 총생산계획량 (Q_T) 산출

단계 3] 각 제품별 생산로트수 (q_i), 총생산로트수 (Q),
 각 제품의 단위기간당 평균생산로트수 (r_i),
 총생산로트의 단위기간당 평균생산로트수 (\bar{Q}) 산출

단계 4] 총량 평준화

단계 4-1) Minimize $\sum_{k=1}^t |Q_k - k\bar{Q}|$ 을 만족하는
 정수단위 생산로트수 Q_k ($k=1,2,\dots,t$) 를 구한다.

단계 4-2) 단위기간 k 의 생산로트수 Q_k 를 계산
 $Q_1 = Q_T, Q_k = Q_k - Q_{k-1}$ ($k=2,3,\dots,t$)

단계 5] 제품별 수량 평준화

단계 5-1) 각 제품별 평균생산로트수를 초과하지 않는 최대 정수단위 로트수 m_i 산출
 $m_i \leq [r_i]$ 단, m_i 는 정수

단계 5-2) 제품 i 에 대한 m_i 를 $k(k=1,2,\dots,t)$ 기간에 할당한다.

단계 5-3) R_k 를 계산한다.

$$R_k = Q_k - \sum_{i=1}^n m_i \quad (k=1,2,3,\dots,t)$$

단계 5-4) $k = 1$

단계 5-5) $k = t + 1$ 이면 종료한다.

단계 5-6) $Max_{i=1}^n |q_{ik} - kr_i|$ 하는 제품 i 들을 R_k 수 만큼 선택
 (단, 최대값이 같은 제품이 둘 이상인 경우 평균생산로트수
 r_i 가 큰 제품부터 선정한다)

단계 5-7) 선정된 i 들에 대하여, $P_{ik} = m_i + 1$ (lot) 계산

단계 5-8) $k = k + 1$, GOTO 단계 5-5)

3.4 수치 예제

[표 4] 일반적인 생산계획 수립표

일수	제품 구분									
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
1	971	541	190	0	0	0	0	0	0	0
2	729	480	354	254	0	0	0	0	0	0
3	998	423	0	0	274	0	0	0	0	0
4	420	624	397	252	64	0	0	0	0	0
5	245	1458	0	75	0	0	0	0	0	0
6	998	480	351	0	0	0	0	0	0	0
7	786	230	407	213	130	0	0	0	0	0
8	614	788	0	211	192	0	0	0	0	0
9	419	893	238	209	0	0	0	102	0	0
10	470	490	418	210	0	0	202	0	0	40
11	1246	316	39	210	0	0	0	0	0	0
12	1159	0	445	0	0	0	0	233	0	0
13	440	575	116	225	269	0	0	0	0	0
14	333	1039	80	270	0	0	0	0	0	0
15	714	437	0	0	0	0	348	0	267	0
16	735	1077	80	0	0	0	0	4	0	0
17	516	643	537	0	0	210	0	58	0	0
18	456	894	0	0	159	350	0	0	0	0
19	636	1022	0	0	96	0	0	153	0	0
20	937	998	0	0	0	0	0	0	0	0
21	816	908	0	0	0	175	0	0	0	55
합계	14638	14316	3652	2129	1184	735	550	550	267	95

위의 [표 4]의 데이터는 평준화 생산계획 수립을 위한 예제로서 M기계의 연구논문에서 발췌한 것이다. 생산계획량은 10개 제품에 대하여 총 38,116개를 생산하는 것이며, 각 제품의 생산 로트의 크기는 60으로 한다. 그리고 작업일수는 공휴일을 제외한 21일로서 한 달의 생산계획을 수립하며 단위기간의 크기는 1일로 한다. 즉, 일일간의 생산평준화된 생산계획을 수립한다.

단계 1] $l = 60$, $t = 21$ (일), $n = 10$ (종류)

단계 2] Q_i , Q_T 산출

제품(i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
생산량(Q_i)	14,634	14,316	3,652	2,129	1,184	735	550	550	267	95

$$Q_T(\text{월간총생산량}) = \sum_{i=1}^n Q_i = 38,116$$

단계 3] a_i , Q , r_i , \bar{Q} 계산

제품(i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
a_i	244	239	61	36	20	13	10	10	5	2
r_i	11.62	11.38	2.90	1.71	0.95	0.62	0.48	0.48	0.24	0.10

$$\text{예) } a_1 = \frac{Q_1}{l} = \frac{14634}{60} = 243.9(\text{소수점이하 올림}) \approx 244(\text{lot})$$

$$Q = \sum_{i=1}^n a_i = 640(\text{lot})$$

$$\bar{Q} = \sum_{i=1}^n r_i = 30.48(\text{lot})$$

단계 4] 총량평준화 단계

단계 4-1) Q_k 계산

기간(k)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$k\bar{Q}$	30.48	60.95	91.43	121.90	152.38	182.86	213.33	243.81	274.29	304.76	335.24
Q_k	30	61	91	122	152	183	213	244	274	305	335

기간(k)	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
$k\bar{Q}$	365.71	396.19	426.67	457.14	487.62	518.10	548.57	579.05	609.52	640
Q_k	366	396	427	457	488	518	549	579	610	640

단계 4-2) Q_k 계산

$$Q_1 = Q_1 = 30, \quad Q_2 = Q_2 - Q_1 = 31,$$

$$Q_3 = Q_5 = Q_7 = Q_9 = Q_{11} = Q_{13} = Q_{15} = Q_{17} = Q_{19} = Q_{21} = 30$$

$$Q_4 = Q_6 = Q_8 = Q_{10} = Q_{12} = Q_{14} = Q_{16} = Q_{18} = Q_{20} = 31$$

단계 5] 제품별 수량 평준화

단계 5-1) 각 제품의 m_i 계산

제품(i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
r_i	11.62	11.38	2.90	1.71	0.95	0.62	0.48	0.48	0.24	0.10
$[m_i]$	11	11	2	1	0	0	0	0	0	0

단계 5-2) 단계 5-1)에서 구한 각 제품의 m_i 를 각 단위기간에 할당

제품 \ 기간	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Q_k
1	11	11	2	1	0	0	0	0	0	0	30
2	11	11	2	1	0	0	0	0	0	0	31
3	11	11	2	1	0	0	0	0	0	0	30
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
20	11	11	2	1	0	0	0	0	0	0	31
21	11	11	2	1	0	0	0	0	0	0	30

단계 5-3) R_k 계산

$$R_1 = Q_1 - (11 + 11 + 2 + 1) = 30 - 25 = 5$$

$$R_3 = R_5 = R_7 = R_9 = R_{11} = R_{13} = R_{15} = R_{17} = R_{19} = R_{21} = 5$$

$$R_2 = R_4 = R_6 = R_8 = R_{10} = R_{12} = R_{14} = R_{16} = R_{18} = R_{20} = 6$$

단계 5-4) $k = 1$

단계 5-5) $k = 1 \neq 22$ 이므로 단계 5-6) 으로 진행한다.

단계 5-6) 제품 i 에 대하여 평균생산량과 실제생산량의 차이가 가장 큰 제품부터 R_k 수만큼 선정 (단, $R_1 = 5$)

제품(i)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
q_{ik}	11	11	2	1	0	0	0	0	0	0
kr_i	11.62	11.38	2.90	1.71	0.95	0.62	0.48	0.48	0.24	0.10
$ q_{ik} - kr_i $	0.62	0.38	0.90	0.71	0.95	0.62	0.48	0.48	0.24	0.10

$i = 1, 3, 4, 5, 6$ (총 5제품이 선정)

단계 5-7) 선정된 제품에 대하여 1로트씩 추가 할당

$i=1, P_{11}=11+1=12 \quad i=3, P_{31}=2+1=3$

$i=4, P_{41}=1+1=2 \quad i=5, P_{51}=0+1=1$

$i=6, P_{61}=0+1=1$

단계 5-8) $k=k+1=2, GOTO$ 단계 5-5)

이러한 과정을 $k=21$ 까지 반복한다.

[표 5]는 전체 단위기간에 대하여 평균화 생산계획 수립 단계를 거쳐 작성된 평균화 생산계획을 나타낸다. 각각의 수치는 로트수를 의미한다.

[표 5] 평균화생산계획 수립 결과표

제품 일수	제품 1	제품 2	제품 3	제품 4	제품 5	제품 6	제품 7	제품 8	제품 9	제품 10	Q_k
1	12	11	3	2	1	1					30
2	11	12	3	1	1		1	1	1		31
3	12	11	3	2	1	1					30
4	11	12	3	2	1		1	1			31
5	12	11	3	2	1	1					30
6	12	11	2	1	1	1	1	1		1	31
7	11	12	3	2	1				1		30
8	12	11	3	2		1	1	1			31
9	12	12	3	1	1	1					30
10	11	11	3	2	1		1	1	1		31
11	12	11	3	2	1	1					30
12	11	12	3	2	1		1	1			31
13	12	11	3	1	1	1				1	30
14	12	11	3	2	1	1	1				31
15	11	12	3	2	1			1			30
16	12	11	2	1	1	1	1	1	1		31
17	12	11	3	2	1	1					30
18	11	12	3	2	1		1	1			31
19	12	11	3	2	1	1					30
20	11	12	3	1	1		1	1	1		31
21	12	12	3	2	1	1					30
계	244	239	61	36	20	13	10	10	5	2	640

3.5 평준화 생산계획의 비교/분석

본 절에서는 M기계에서 제안한 기존의 평준화 생산계획과 본 연구에서 개발한 평준화 생산계획의 결과를 비교 분석한다. 평준화 생산계획의 비교는 총량평준화와 제품별 수량 평준화의 두 단계로 나누어 비교한다.

3.5.1 총량평준화 비교

[표 6] 일반적인 생산계획의 총량평준화 수준 분석

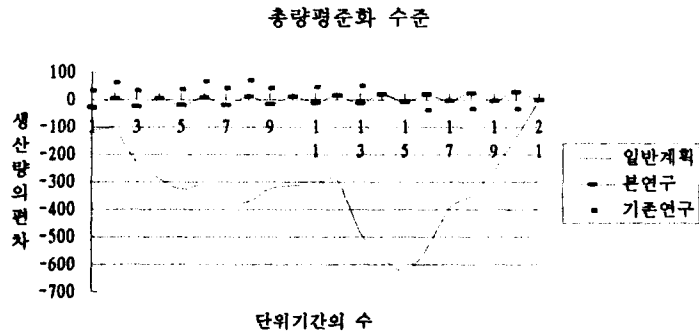
단 위 기 간	1	2	3	4	5	6	7	8
평균생산량의 누적	1815	3630	5445	7260	9075	10890	12705	14520
생산계획량의 누적	1702	3519	5214	6971	8749	10578	12344	14149
차 이	-113	-111	-231	-289	-326	-312	-361	-371
단 위 기 간	9	10	11	12	13	14	15	16
평균생산량의 누적	16335	18150	19966	21781	23596	25411	27226	29041
생산계획량의 누적	16010	17840	19651	21488	23113	24835	26601	28497
차 이	-325	-310	-315	-293	-483	-576	-625	-544
단 위 기 간	17	18	19	20	21	차이의 평균		
평균생산량의 누적	30856	32671	34486	36301	38116	-320.429		
생산계획량의 누적	30461	32320	34227	36162	38116	차이의 편차		
차 이	-395	-351	-259	-139	0	155.057		

[표 7] 총량 평준화의 비교

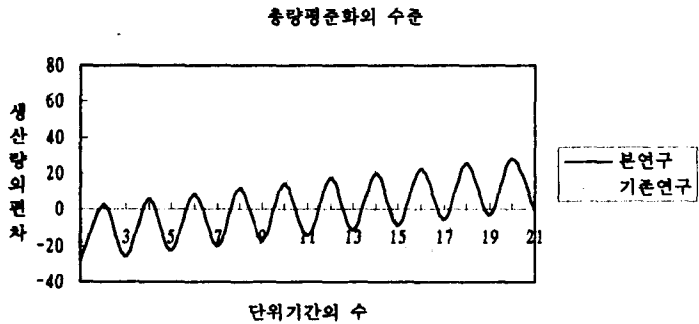
	평 균 생 산 로트수의 누적	본 연구		기존 연구	
		누적생산로트	차이	누적생산로트	차이
1	30.48	30	-0.48	31	+0.52
2	60.95	61	+0.05	62	+1.05
3	91.43	91	-0.43	92	+0.57
4	121.90	122	+0.10	122	+0.10
5	152.38	152	-0.38	153	+0.62
6	182.86	183	+0.14	184	+1.14
7	213.33	213	-0.33	214	+0.67
8	243.81	244	+0.19	245	+1.19
9	274.29	274	-0.29	275	+0.71
10	304.76	305	+0.24	305	+0.24
11	335.24	335	-0.24	336	+0.76
12	365.71	366	+0.29	366	+0.29
13	396.19	396	-0.19	397	+0.81
14	426.67	427	+0.33	427	+0.33
15	457.14	457	-0.14	457	-0.14
16	487.62	488	+0.38	487	-0.62
17	518.10	518	-0.10	518	-0.10
18	548.57	549	+0.43	548	-0.57
19	579.05	579	-0.05	579	-0.05
20	609.52	610	+0.52	609	-0.48
21	640	640	0	640	0
		차의 평균	0	차의 평균	7
		차의 편차	0.29	차의 편차	0.54

[표 6]은 일반적인 생산계획의 평준화 수준을 나타낸 것으로서, 각 단위기간까지의 누적생산량과 평준화된 누적생산량과의 차이를 비교한 결과 일반적인 생산계획이 평준화된 생산계획

과 평균 -320.429개의 차이를 보이고 있음을 알 수 있다. 여기서 음수는 바로 평준화생산량보다 부족하게 생산계획이 수립되고 있음을 나타내는 것이다. 그 차이에 대한 편차 또한 155.057개로 크게 나타나고 있다. [표 7]은 기존연구와 본연구에서 제안한 평준화 생산계획의 수립상태를 비교한 것으로서, 본 연구에서 제안한 알고리즘이 평준화의 정도에 있어서 우수하게 나타남을 알 수 있다.



[그림 3] 총량평준화의 비교(I)



[그림 4] 총량평준화의 비교(II)

[그림 3]은 총량평준화에 대하여 일반적인 생산계획, 기존연구와 본 연구를 이용하여 단위기간별 누적생산량의 차이를 비교한 것이다. 위의 그림에서 보는 바와 같이 일반적인 생산계획보다는 평준화된 생산계획의 수립이 생산량의 차이에 있어서 좋게 나타남을 알 수 있다. [그림 4]는 기존연구와 본 연구의 총량평준화의 정도를 비교한 것이다. 그림에서 보는바와 같이 본 연구의 평준화 생산계획이 보다 우수한 평준화 정도를 갖고 있음을 알 수 있다.

3.5.2 제품별 수량평준화 비교

다음은 기존연구와 본 연구에 대하여 제품별 수량평준화의 수준을 비교한 것이다. 이의 비교는 각 단위기간까지의 누적 평균생산량과 실제생산량 사이의 차이를 산출하고 이에 대한 평균과 편차를 고려한다.

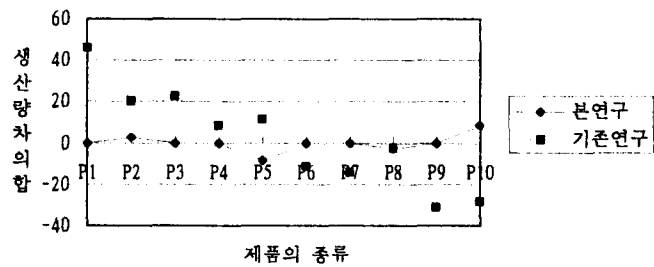
[표 8] 제품별 평준화의 비교

제품의 종류		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
차의 평균	본 연구	0	2.86	0	0	-8.57	0	0	-2.86	0	8.57
	기존연구	45.71	20	22.86	8.57	11.43	-11.43	-14.29	-2.86	-31.42	-28.57
차의 편차	본 연구	17.73	18.21	17.73	17.57	17.73	17.73	17.73	19.23	20	20.42
	기존연구	23.54	18.67	17.73	22.68	17.73	17.73	17.73	24.26	26.3	19.12

위의 [표 8]에서 보듯이와 같이 제품별 수량평준화에 있어서도 본 연구의 알고리즘이 우수한 결과를 나타내고 있음을 알 수 있다.

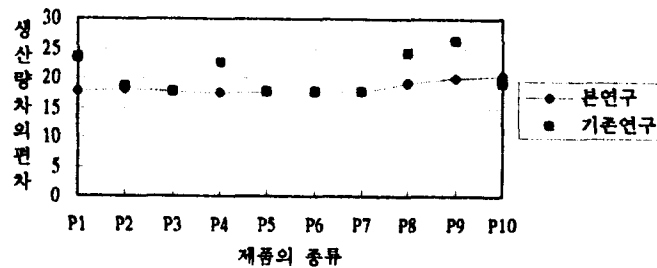
다음의 [그림 5]와 [그림 6]은 제품별 수량평준화에 대하여 기존연구와 본 연구의 비교를 알기 쉽게 그림으로 나타낸 것이다. 위에서 알 수 있는 것처럼 본 연구의 평준화 생산계획이 생산량의 차이에 대한 평균 및 편차에 있어 모두 우수함을 알 수 있다.

제품별 수량평준화(평균)



[그림 5] 제품별 수량평준화 비교(I)

제품별 수량평준화(편차)



[그림 6] 제품별 수량평준화 비교(II)

4. 결론 및 제언

JIT 생산방식을 유지하는 기초가 되는 전제조건인 생산의 평준화를 이루도록 하기 위하여, 현실적인 로트생산 방식을 유지하면서 평준화 생산을 가능하도록 하는 평준화생산계획에 대한 수립 방법을 개발하고 이를 기존연구와 비교해 봄으로써 보다 나은 평준화생산계획 수립이 가능해졌다. 이로써 수요변화에 신속한 대응이 가능해지고, 공정간의 균형향상 및 재공제고 감소 등의 낭비요소가 줄어들게 되었고, 협력업체의 부담을 줄이는 효과를 가져오게 되었다.

참 고 문 헌

- [1] Miltenburg, J., "Leveling schedules for Mixed-model Assembly Lines in Just-In-Time Production", *Management Science*, Vol. 35, No. 2, pp. 192-207, 1989.
- [2] Miltenburg, J. & Sinnamon, G., "Scheduling Mixed-model Multi-level Just-In-Time Production", *Int. J. Production Research*, Vol. 27, No. 9, pp. 1487-1509, 1989.
- [3] Schniederjans, Mark J., *Topics in Just-In-Time Management*, Allyn & Bacon, 1993.
- [4] 김종익, "평준화생산 수준과 재고량과의 관계에 관한 분석", *만도기계*, pp. 321-375, 1994.
- [5] 노인규외 1명, "JIT생산 시스템에서의 혼합모델 조립라인을 위한 일정계획", *대한산업공학 회지*, 제17권 1호, pp. 83-94, 1991.
- [6] 송한식의 1명 역, *신 도요타시스템*, 기아경제연구소, 1994.
- [7] 장영기, *적시생산(JIT)에서 최종 조립라인에 투입되는 부품의 생산평준화기법*, 숭실대학교 대학원 석사학위논문, 1990.