

다품종흐름생산 시스템의 물류개선에 관한 연구†

이 화 기* · 성 연 호*

A study on Material Flow Improvement of Multiproduct Flow Line Production System†

Hwa-ki Lee*, Youn-ho Seong*

Abstract

This study deals with analysis of material flow in Tube manufacturing line. This line is a multi product flow shop type production line, which consists of 5 steps of work stations. Some work stations involve in unnecessary moving activities of workers and much work-in-process storage due to the non-systematic material flow with respect to the different lot size production of multi-items.

To improve productivity for this line, one alternative is considered such as grouping two work stations by using GT and JIT concepts.

Also, feasibility analysis for this alternative is performed using an simulation model built by SIMAN IV simulation language.

I. 서 론

재고관리 및 생산관리등 생산성 향상과 원가 절감에 관한 문제를 해결하는데 있어서 가장 효율적인 방법중 하나는 작업자 혹은 제반 설비의 모든

불필요한 행동을 없애야 한다. 이를 설비 배치문제에서는 물자 운반, 작업자 및 기계의 가동률과 재고의 감소 등과 같은 측면에서 성취되어질 수 있다. 과거의 제품의 종류가 다양하지 않던 시대의 물에 대한 요구는 양산기술로써 연속생산을 하였으

† 본 연구는 부분적으로 인하대학교 산업과학기술연구소의 연구비 지원에 의해 이루어졌음

* 인하대학교 산업공학과

나, 산업 사회가 고도화됨에 따라 소비자의 제품 종류에 대한 다양한 요구에 발맞추어 다품종 소량 또는 중량생산체제로의 전환은 불가피하였으며, 이는 재고관리 및 생산관리등 어려운 문제를 유발시켰다. 이러한 문제를 해결하고자, GT 및 JIT시스템의 이론을 개발, 발전시켜 나가고 있다.

이러한 취지에서 본 연구는 튜브 생산라인의 일부 공정을 대상으로 하여 공정 및 공정 간의 물류 시스템을 분석하여 물류합리화를 위한 이상적시스템을 제시하고자 한다.

튜브제조라인은 5개 단계의 작업으로 이루어지는 단순한 흐름생산라인이다. 그러나, 시장구조상 수백종의 품종을 요구하며 각 품종별로 다품종은 월간 수만개, 적게는 수십개 정도를 요구하는 특성으로 인해 일종의 흐름작업장 생산방식을 따르게 된다. 각 작업장에서의 생산은 설비특성상 각 품종별 크기별로 다른 로트로 분리해 한번에 한 품종을 로트단위로 운반하고 생산하여 다음 공정으로 이동시킴으로 인해 막대한 중간재고 및 작업자의 불필요한 운반작업이 포함되고 있다. 이는 현 제조라인이 체계화되지 못한 정보 및 물자 흐름에 의해 운영되고 있기 때문이라 할 수 있다.

본 연구는 GT와 JIT이론을 적용한 사례로서 다음과 같은 절차로 구성된다.

첫번째 대상 공정 시스템 분석에서는 각 공정별 설비 능력과 설비별로 상당한 호환성을 갖는 품종군의 분석 및 규격별 생산실적을 분석하여 데이터베이스를 구축하였으며, 현재의 작업인원에 따른 각 작업자의 유휴시간을 검증하기 위한 직무 분석과 과거 생산실적등을 검토하는 P-Q분석을 하여 GT의 기본사상이라 할 수 있는 그룹배치를 위한 기초 자료를 생성하였다.

다음 대안구축 단계에서는 신설비 구입등과 연계된 그룹배치안을 제시하고, 운반용구의 표준화를 통해 새로운 간판(KANBAN)시스템을 제시한다.

세번째로 컴퓨터 시뮬레이션단계에서는 SIMAN

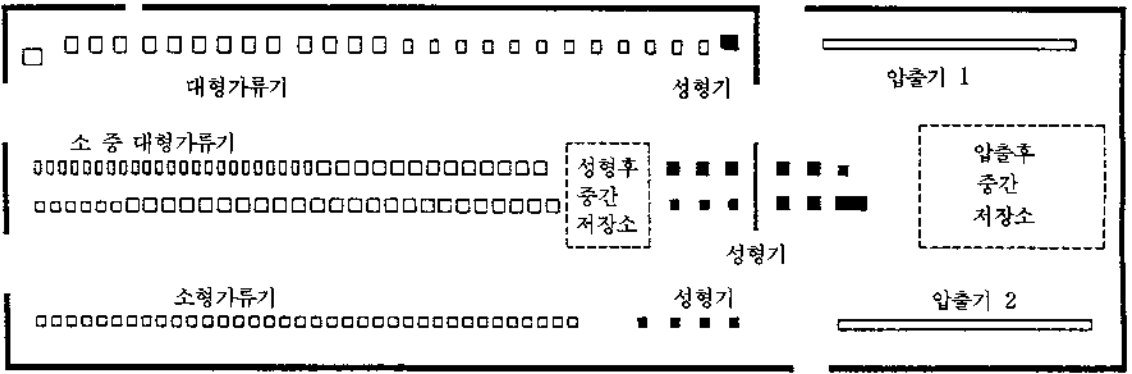
IV를 이용, 기존 시스템과 대안을 모델링하여 5주에 걸쳐 생산 계획을 변화시켜 가며 모의실험하여 대안의 妥當性을 입증하고자 하였다.

마지막으로, 시뮬레이션결과를 평가하기 위하여 기존 시스템 대비 개선 시스템의 중간 재고량, 제품생산시간, 생산량 및 경제성등을 비교 분석하였다.

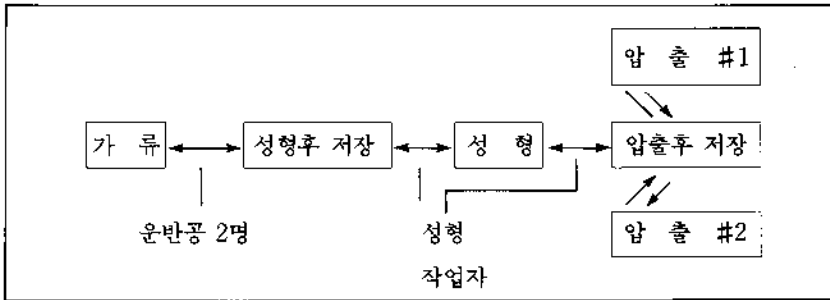
II. 대상 공정 시스템 분석

2.1 현시스템의 개요

대상 업체로는 크게 소·중·대·초대형으로 구분되는 수백 종의 튜브를 생산하고 있는 H사의 튜브생산공장을 사례로 다룬다. 생산 공정은 우선 원재료인 고무를 믹서(mixer)를 이용, 혼합하는 정련, 혼합된 고무를 구금에 따라 크기별로 그린 튜브(green tube)를 뽑아내는 압출(Extruding), 압출된 그린튜브의 양쪽을 붙이는 성형(Joint), 이에 황을 가하여 단단한 성질을 갖게 하는 가류(Vulcanizing), 마지막으로 조립의 단계로 5단계의 공정이 있다. 모든 튜브는 동일한 순서의 공정을 거치나, 같은 공정에서도 튜브크기별로 사용되는 설비의 규격이 다르며, 튜브크기별로 더욱 세분화된 품종에 따라 압출설비에서는 구금, 성형설비에서는 홀더, 가류설비에서는 금형등이 교체되어야 하며, 물론 튜브크기별 공정소요시간은 다르다. 본 연구에서 세부적으로 다루고자 하는 공정은 압출 이후 가류까지의 공정으로써 [그림 1]은 각 설비의 배치도면을 보여주며, 중간품들의 물자흐름은 [그림 2]에서 화살표로 표시되어져 있다.



[그림1] 현재의 설비배치도



[그림 2] 현 시스템의 물류 흐름 개념도

H회사는 1일 3교대 작업을 실시하며, 전 생산량은 대부분 주문에 받아 처리하므로 마케팅 (marketing)에 대한 문제는 없다. 그러나, 납기관리를 위해 복잡한 생산일정계획이 요구된다. 한편, 각 공정별 작업원 현황을 보면 <표 1>과 같다.

<표 1> 현 시스템의 1교대조별 인원현황

공정	인원	기계
압출	6	2
성형	15	17
가류	23	132
성형 - 가류운반	2	

2.2 공정분석

(1) 압출공정

압출은 구름에 따라서 튜브의 크기가 정해지는데, 품종별 일정계획에 따라 그린튜브(튜브 중품)를 롯트단위로 생산하게 된다. 과거 압출기가 3대가 있었으나, 전력, 인원등 제반요인에 의해 2대로 감소되었다. 이에 따라 2대의 압출기에 상당한 부하가 걸려 480분 작업중 유휴시간도 없이 작업이 진행된다.

물류의 원활화와 압출후 중간 재고의 감소를 위해서는 1대의 증설이 절실히 요구되나 현실적으로 여러 가지 요인에 의하여 불가능하다.

압출공정에서 작업자가 압출된 튜브를 층으로 구분된 앨범카(album car)라는 운반 용구에 적재를 하여 압출후 저장소에 옮긴다. 저장은 고무의 품질 특성상 주요한 부분으로 약 4시간에서 8시간 가량

을 상온에서 냉각을 시킨다. 이런 장기간의 저장은 생산시스템이 2대의 압출기로 17종류의 성형기에 크기별 품종별로 다른 중간품을 원활하게 공급해야 하는 상황까지 감안하면, 막대한 양의 중간재고를 요구하게 된다. 생산속도는 중·대형 압출기의 경우 8시간당 4,300개, 소·중형은 약 7,860개이며, 구금의 교체를 통해 튜브크기가 조절되며, 구금교체에는 수분이 요구된다. 압출된 튜브를 앨범카에 적재시 튜브크기별로 적재 용량이 다르며, 4종류의 앨범카가 있다. 한편, 저장소에서의 저장방법은 빈공간을 찾아 무작위로 저장되고 있어 성형작업자가 성형작업을 위한 특정품종을 찾는데 불필요한 시간을 낭비하고 있다.

(2) 성형공정

성형작업은 초대·대·중·소형으로 분리된 튜브의 크기에 따라, 초대·대·중·소형용과 생산가능능력이 서로 다른 17대의 성형기를 작업원 15명이 작업을 하며, 특정 제품을 성형하는데 있어 다시 소분류된 품종에 따라서 튜브를 지탱하여 절단을 하는 다른 종류의 홀더가 요구된다. 따라서 다른 크기의 튜브를 작업하기 위해서는 홀더의 교체가 요구되며, 이에대한 수분의 교체시간 또한 필요하다. 그러나, 튜브마다 교체를 하는 것은 아니

고, 호환성을 갖고 있기 때문에 비슷한 계의 품종군을 기준으로 하여 홀더를 교체한다. 한편, 성형기 1대당 작업량은 성형기 종류 및 대·중·소에 따라 다르며, 대략 8시간기준 대형은 약 800개, 중형은 약 1,000개, 소형은 약 1,400개이다. 성형작업의 순서를 보면, 성형작업원이 압출후 저장소로가서 무작위로 저장되어 있는 앨범카를 가져다 작업을 하여 조인트카(Joint Car)로 불리는 운반용구에 성형후 작업물을 적재한다. 작업된 튜브는 이 운반 용구에 적재되어 성형후 저장소로 운반되고, 가류공정으로의 이송을 기다리게 된다. 앨범카와 조인트카의 적재 비율은 앨범카의 적재용량이 변화함에 따라서 다르나 약 1:2의 비율을 가진다. 성형 작업자가 1개의 앨범카 분량의 작업을 마친 후 다음 작업을 위해 다른 앨범카에 대한 탐색 및 운반시간을 조사해 보면 <표 2>와 같다.

성형 작업자가 탐색 및 운반시간에 할애하는 시간으로 인한 생산성의 저하로 결국 설비 가동률의 저하를 초래하게 된다. 이러한 작업자의 운반 공수를 계산할 경우 1교대조당 1,049분 즉, 2.19의 工數가 산출되었는데, 이는 전체 가용시간의 약 15%에 해당한다.

<표 2> 성형작업자의 직무분석

성분	형류	공수 (인)	표준시간 (초/개)	가능생산량 (개)	실생산량 (개)	실생산시간(분)	탐색 및 운반 시간 (분)
초대	형	0.5	80.2	80.2	284	383	62
	형	0.5	36.0	735	620	376	69
대	형	4	30.4	871	735	376	69
	형	2	36.1	733	618	375	70
소	형	8	23.1	1,144	966	376	69
			20.9	1,265	1,067	375	70
		15.6	1,692	1,391	366	70	
계		15		16,441	13,836	5,627	1,049

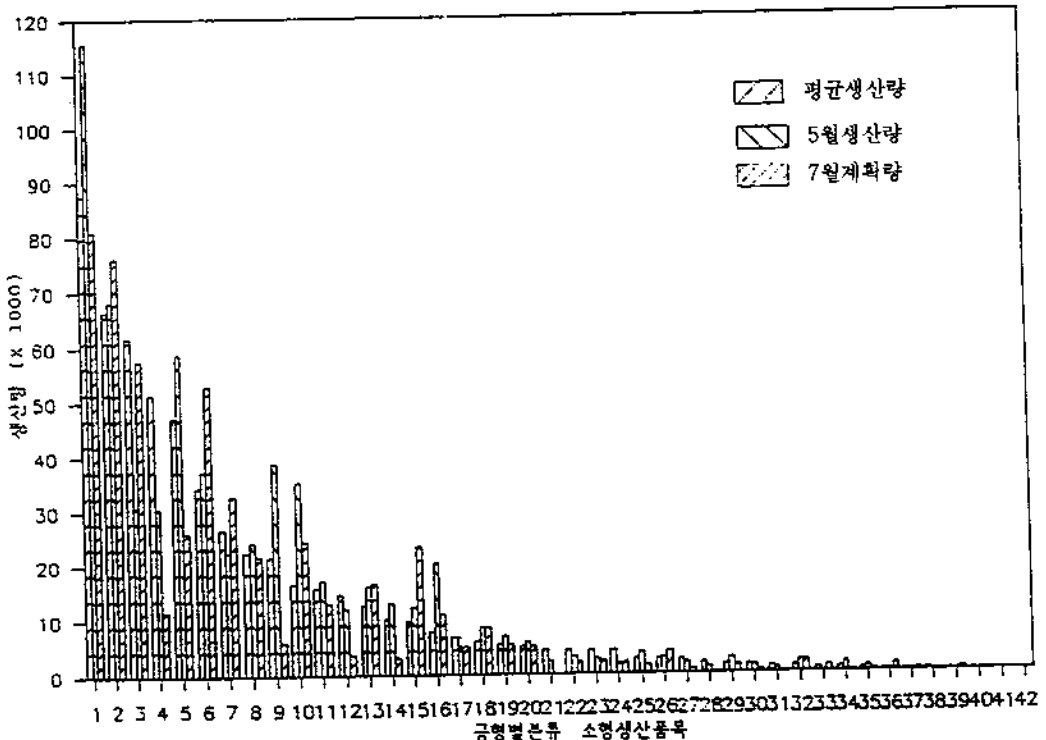
(3) 가류공정

가류에서는 생산품에 따라서 가류기에 금형이 교체되어야 하는데, 이러한 금형교체시간은 수시간대를 필요로 하므로 주로 주말을 이용, 다음주의 생산일정계획에 맞추어 교체를 한다. 이런 수시간이 필요한 금형교체는 수량이 적은 초대형을 제외하고는 대·중·소형의 경우 일단 정해진 주간일정계획의 변경을 거의 불가능하게 한다. 튜브의 크기에 따라 초대형은 작업자 1인당 1대, 대형은 4~6대, 중·소형은 6대의 가류기에서 작업시 생산량에 따라 최소 1종류에서 최대 6종류의 품종을 동시에 생산해야 한다. 한편, 대·중·소형의 경우 생산량은 1대당 8시간을 기준으로 대형은 120개, 중형은 160개, 소형은 240개이다. 또한 성형공정과 가류공정사이의 조인트카운터는 2명의 운반공이 가류에서 필요한 특정품종을 성형후 저장소에서 찾아

가류작업원에게 전달한다.

2.3 품종별 생산량 분석

소·중·대 및 초대형으로 분리된 튜브의 크기를 더욱 세분화하여 각 크기별 주력생산품목을 식별하고, 다양한 튜브크기에 대한 가류기의 금형 및 성형기의 홀더의 호환성을 고려한 그룹배치의 기초 자료를 위하여 품종별 생산량분석을 행한 결과, 크기별 데이터를 얻을 수 있었다. [그림 3]은 소형 튜브의 예로써, 가류기에 설치되는 특정 금형별로 분리한 월별 평균생산량, 특정달의 생산량 및 다음달의 생산 계획량의 품종별 수량을 나타낸 것으로서 다품종 생산시스템에서 나타나는 P-Q도표의 전형적인 예를 보여주고 있다. 품종별 주문량은 월별로 비슷한 패턴을 보이고 있으며, 이는 특정 제



품군을 중심으로 한 그룹배치의 적용이 가능함을 보이고 있다. 소량의 초대형을 제외하고는 대형, 중형제품의 경우도 비슷한 유형을 보이고 있다.

Ⅲ. 그룹배치(Group Layout)에 의한 개선시스템

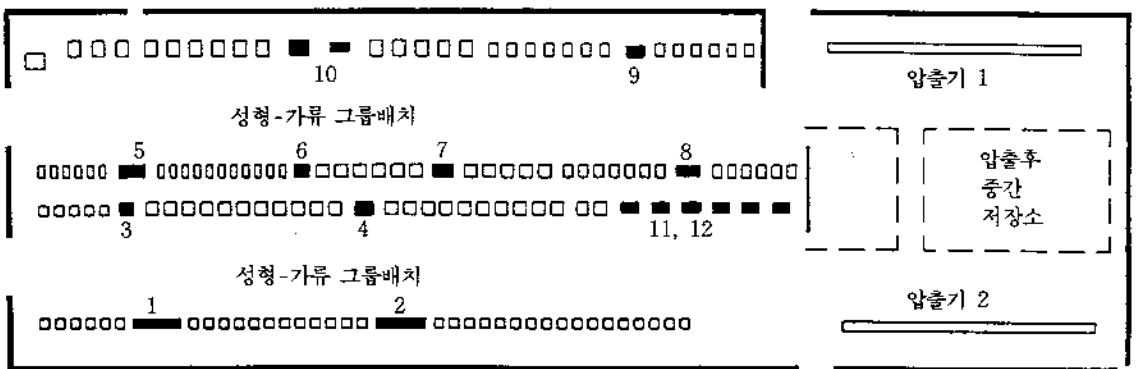
3.1 성형-가류 혼합공정으로의 그룹배치

성형작업자의 운반손실을 없애고 성형-가류공정 사이의 복잡한 정보흐름 및 운반공을 제거하기 위하여 성형-가류 혼합그룹배치를 한다. 이는 우선 현시스템에서는 일정계획에 따라 압출, 성형을 거쳐온 튜브는 특정제품에 맞는 금형이 설치된 가류기에서 가공을 하게 되는데 17대의 성형기에서 15명의 작업원이 특정 튜브용 홀더를 찾아 성형을 하게 됨으로써 가류공정에서 어느 특정품은 파다하게, 어떤 특정품은 가공할 것이 준비되지 못하는 등 일정상의 문제가 발생할 수 있다. 이를 개선시스템에서는 P-Q분석에서 얻은 자료를 근거로 많은 생산량이 이루어지고 같은 금형을 설치할 수 있는 가류기와 이런 특정품을 생산하는 홀더를 부착할 수 있는 성형기를 같이 묶어 버리는 것이다. 이는 전 생산품목을 12개의 그룹으로 나누어 성형과 가류

의 일정계획을 동시에 수립함을 의미하며, 같은 그룹에서는 전혀 앞공정에 정보전달이 필요없게 되며, 운반공도 필요없는 생산방식을 의미한다. 순 생산품목은 12개의 그룹으로 나누어져 책임생산하게 되는데, 9개조들은 성형기에서 홀더의 빈번한 교체없이 주간으로 일정한 양을 계속 생산하게 되며, 3개조만이 일정계획에 따라 소량의 제품을 성형기의 홀더를 수시로 교체하며 생산하게 그룹들이 배치된다. 이 3개조는 월간으로 변화된 주문에 의해 특정품들을 생산할 수 있게 배치되었다.

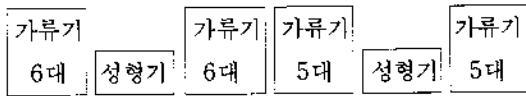
이러한 조별생산에서는 기초정보로 특정 성형기와 가류기의 생산가능 규격을 맞추고, 또한 성형기마다 다른 생산능력과 가류기의 능력을 서로 맞추어 주어야만 한다. 이는 서로의 개당 사이클타임을 맞춤으로써 가능한데, 이를 위해서는 수백종의 전 생산품목에 대한 정확한 자료수집이 필요하다. 이런 자료의 데이터베이스는 방대한 양으로 본 논문에서는 생략한다.

현재 성형기의 생산능력은 성형기의 종류 및 튜브크기인 대·중·소형에 따라 다르며, 기존의 성형기로는 전체 12개 그룹중 성형기의 작업속도가 저조한 2개 그룹에서 각 그룹에 해당된 가류기의 능력을 소화하지 못하게 된다. 이에 따라 개선안을 위하여, 성형기 17대중 생산능력이 적은 2대의 기



[그림 4] 개선시스템의 설비배치도

제를 생산능력이 뛰어난 신설비로 교체하며, 이에 맞는 성형기 : 가류기 비율에 의한 그룹배치조를 제안하였다. 이런 그룹배치는 기존시스템에서의 설비 이동을 의미하는데 [그림 4]에 이에 대한 배치안이 제시되어 있다.



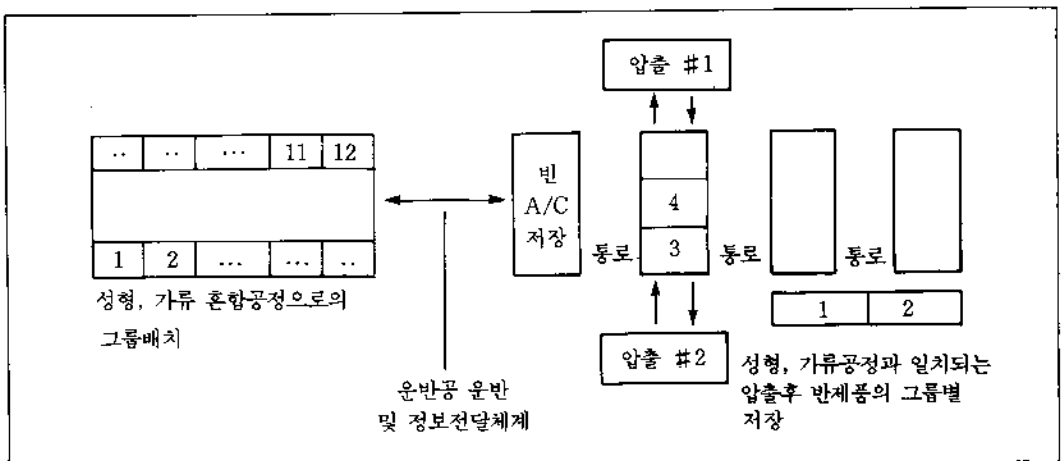
금형	금형수	홀더
165R13	10.3	560-13
560-13	7.3	560-13
590-14	2.3	560-13
	0.8	560-10
155R12	0.6	560-13
550-16	0.5	560-13
소계	22	

[그림 5] 그룹 1-2의 배치상황 및 설치가능 금형종류

그림에서 보듯이 생산이 균형을 이루는 12개의조를 이룬 혼합배치가 되는데 1-9조까지는 대·중·소에 따른 주간일정계획으로는 금형이 교체되지 않는 품종들을 생산하게 하며, 10조는 1명의 성형

작업원이 초대형과 대형, 2대의 성형기에서 번갈아 작업하며, 11,12조에는 2명이 5대의 성형기를 번갈아 작업하게 되는데 이들 품종은 소량으로 주간 일정계획에 따라서는 가류기에서의 금형의 교체도 이루어 질 수 있는 품목들이다. 이렇게 12개의조로 나누어진 그룹배치의 특징은 성형작업원의 운반이 제거되고, 성형작업원 1명이 10-12대의 가류기 능력을 소화할 수 있게 배치된 것이다. [그림 5]는 1-2조의 그룹배치 상황과 설치된 금형종류 및 월별로 설치되는 평균수량과 성형기에서 사용될 홀더종류의 예를 보여 준다.

이렇게 조로 나누어진 그룹배치는 압출후 저장되는 튜브들의 저장공간에 대한 효율화도 같이 고려하게 된다. [그림 6]은 개선시스템의 물류흐름을 보여 주는데 [그림 6]에서 보듯이, 2대의 압출기에서 각각 압출된 튜브는 앨범카에 적재되어 저장소로 보내지게 되는데, 저장소는 각 그룹1에서 필요로 하는 영역으로 事前 분할이 되어 있어, 성형-가류 혼합 그룹배치조에 맞는 튜브를 그룹별로 저장할 수 있게 된다. 이에 뒤에서 설명할 정보전달체계에 의하여 후속 공정으로의 운반을 수행하게 되며, 빈 앨범카를 별도로 저장, 관리하여 압출 적재원의 적재를 위한 앨범과 교체시간동안 발생하는 탐색 및 운반손실을 줄이고자 하였다.



[그림 6] 개선시스템의 물류 개념도

3.2 情報傳達體系 및 작업원의 배치

기존 시스템에서 성형후 저장소에서 가류공정까지의 운반을 담당하던 운반작업자를 개선 시스템에서는 압출후 저장소를 관리하고, 성형공정까지의 운반을 책임지도록 하여야 한다. 따라서 운반 작업자와 성형작업원간의 정보전달방법이 필요하게 된다. 이러한 두 작업자 사이의 정보전달방법은 호출 신호등 方式이라 하는데, 이는 하이어 방식과 택시 방식으로 나눌 수 있다.

하이어 방식이란, 어떤 공정에서 부품청구버튼을 누르면 각 성형 작업자의 작업장을 일괄하여 표시한 집중 신호등에 그 작업장번호가 점등된다. 운반자는 그 위치를 확인하고, 청구된 부품을 운반한 후, 빈 운반 용구를 결정된 장소로 옮기고, 부품청구버튼을 해제하여 신호등을 끄는 방식이다. 그러나, 꼭 신호등이어야 하는 法은 없다. 주요한 것은 부품 청구의 정보 전달을 분명하게 할 수 있다는 것이 요지이다.

본 연구에서 디지털방식을 이용한 호출 신호등 방식을 제시한다. 계산기의 액정화면같은 디지털을 이용, 성형작업원의 입력에 따라 운반작업원에게 신호 전달을 하는 방법이다. 또한, 저장소를 관리하는 운반작업자는 성형작업원의 입력에 따라 운반을 수행하기 위해, 운반 작업자 위치에는 표시창 (Display Panel)을 설치한다.

<표 3> 두 시스템의 인원배치 비교 (단위:명)

공 정	기존시스템	개선시스템
성형-가류운반	2	
가 류	23	23
성 형	15	12
압출-성형운반		2
합 계	40	37

기존시스템과 비교한 개선시스템에서의 작업원

배치를 보면 <표 3>과 같다. 개선시스템에서는 1교대조(8시간)동안의 3명의 성인화를 의미하는 것으로 1일 3교대를 근거로 해서 총 9명의 작업원을 감소시킬 수 있게 된다.

3.3 운반용구의 표준화

위와 같은 시스템으로의 변환은 운반용구의 표준화가 선행되어야 한다.

이는 압출-성형-가류간의 생산일정계획을 원활히 하고, 운반공이나 작업원간의 생산수량을 점검하는, JIT에서 이용되는 간판(kanban)의 역할을 운반용구가 동시에 하기 위함이다. 기존에 초대·대·중·소형별로 구분되는 엘범카는 1종류로 표준화한다. <표 4>는 표준화된 엘범카의 튜브크기별 적재 가능량으로서 작업자가 다루기 쉽게 사람의 키 크기와 비슷한 높이로 제작되며, 12단으로 구성하여 초대형의 경우는 1층에 1개씩, 이외의 크기는 한층에 튜브형상에 영향을 주지않는 범위내에서 적당한 형태로 적재한다. 이런 엘범카 1대당의 적재분량은 대·중·소형 가류기별로 1대당 8시간(1교대조)동안의 생산수량이 되며, 성형기에서는 그룹별로 성형기 1대가 담당하는 가류기 숫자인 10-12개의 엘범카 분량을 생산함으로써 계획 운반량이나 생산량을 쉽게 파악할 수 있게 된다.

<표 4>엘범카 적재기준

			용 량
초	대	형	12
대		형	120
중		형	160
소		형	240

한편, 조인트카 역시 표준화되는데, 작업원의 운반 용이성 및 성형-가류간의 생산흐름 연계성, 즉 성형기 1대가 가류기 10~12대에 중간품을 원활

히 공급하기 위해서는 특별히 적재되는 수량에 대한 검토가 필요하다. 또한 성형작업자와 가류작업자사이의 간판의 역할도 하여야 하기 때문이다. <표 5>는 조인트카의 성형후 튜브의 적재가능량으로, 빈번한 교체가 필요없는 초대형을 제외하고는 앨범카의 1/2의 용량을 가지게 된다. 이는 성형작업자가 생산되는 수량을 1개씩 선택보지 않고도 생산된 수량을 쉽게 알 수 있게 하기위함이다.

<표 5> Joint Car 적재기준

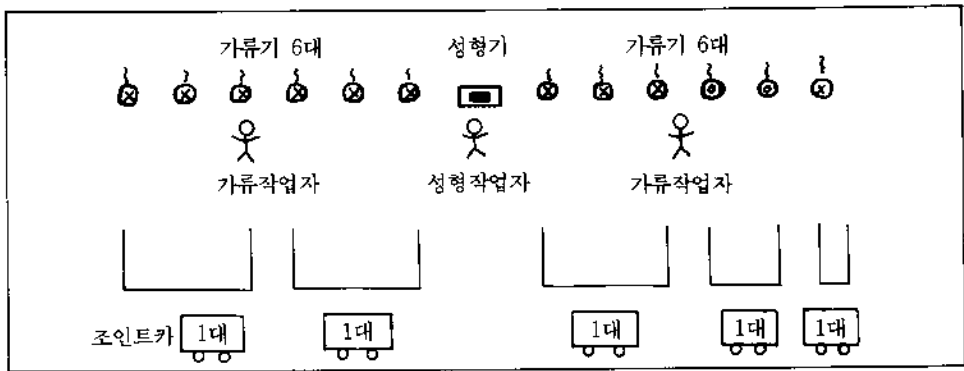
			용 량
초	대	형	15
대		형	60
중		형	80
소		형	120

또한 신제작되는 앨범카와 조인트카의 필요 댓수는 다음절에 설명할 성형-가류 그룹배치조내에서의 순서계획과 연관되어 고려되어야 하는데 현 시스템에서 필요없는 많은 댓수의 운반차로 인해 혼

잡해지는 현장상황을 피하고, 최소한의 필요댓수로 생산일정을 운영해 나가는 것이 필수적이기 때문이다. 이의 필요댓수는 다음장에서 개선시스템의 시뮬레이션 모델링을 통해 제시하려 한다.

3.4 그룹배치내에서의 성형공정 순서계획

성형-가류 그룹배치된 각 조에서는 1대의 성형기가 10~12대의 가류기, 즉 다시 말하면, 가류기에 부착되는 금형에 맞는 각 크기의 그린튜브를 성형하여야 한다. 같은 금형을 사용하여 많은 양을 계속 생산하는 어떤 조에서는 성형기 홀더의 교체 없이 같은 종류의 금형에 맞는 제품을 계속 공급할 수 있지만, 수개씩의 다른 종류의 금형으로 여러가지 품종을 생산해야 하는 조에서는 1대의 성형기가 금형의 수에 맞게 그린튜브를 일정양의 롯트(lot)로 공급해야 한다. [그림 7]은 어떤 조에서 주간으로 계획된 수량을 생산하기 위한 가류기와 성형기의 배치상황에 특정 금형을 부착한 상황을 묘사한 것이다.



[그림 7] 그룹배치조의 작업상황

[그림 7]에서 보듯이 성형기는 금형유형 1이 설치된 가류기에 앨범카 분량으로 8시간동안 9대분량의 생산량, 금형유형 2가 설치된 가류기에 2대분의 생산량, 금형유형 3의 가류기에 1대분의 생산량을 원활히 공급해 주어야 한다. 금형 1과 2에 필요한 품종들은 성형기에서 같은 홀더를 사용하고

금형3에는 홀더의 교체가 요구된다. 최소한의 홀더 교체로 각 금형에 요구되는 3종류의 그린튜브를 원활히 공급하기 위해서는 성형작업원이 성형기에서 작업시 적절한 순서계획이 요구된다. 또한 앨범카나 조인트카의 필요댓수를 최소화하는 것은 이 순서계획과도 밀접한 관계가 있으며, 압출 일정계

획과도 연관이 있다. 성형기 1대는 1교대 8시간(1 shift)당 가류기 12대분량의 튜브를 공급해야 되므로, 이것을 앨범카 댓수로 환산하면 12대 분량이 되며 조인트카 댓수로는 24대이며, 가류기 1대는 앨범카 분량으로 1대, 조인트카분량으로 2대가 된다.(가류된 튜브는 완제품운반차에 모아져 조립으로 보내진다.) 이런 계산으로는 각조별로 앨범카가 총 12대, 조인트카가 총 24대가 필요한 것이 되지만, 앨범카는 압출 저장소에서 성형기사이를 순환하게 되며, 조인트카는 그룹배치내에서만 순환하게 되므로 적재되었다가 빈 운반용구가 되는것을 고려하면 훨씬 작은 숫자로서 충분히 원활히 순환될 수 있으며, 저장공간의 제약등으로 인하여 숫자를 최소화시킬 필요가 있다. [그림 7]에서, 같은 금형을 사용하는 가류기 6대에는 가류기 1대마다 하나씩의 적재된 조인트카는 필요가 없다. 6대의 조인트카가 8/6시간 간격으로 원활히 1대씩 공급만 되면 된다. 그러나, 가류작업자가 조인트카에서 튜브 1개를 꺼내 각각의 가류기에서 작업을 하려면 운반거리로 인하여 불필요한 운반동작이 소요되며, 이는 생산시간의 감소를 의미하게 된다. 현장에서의 가류기間배치상황을 살펴보면, 3대정도의 가류기 사이의 이동은 별 무리가 없는 것으로 판명되었다. 한편, 금형 2에서 요구되는 튜브품종은 금형 1과는 다른 것이므로 금형 2에 다른 품종이 적재된 1대의 조인트카가 필요하며, 금형 3에서는 종류가 다르므로 부득히 또다른 품종이 적재된 1대의 조인트카가 필요하다.

압출기는 2대가 가류기 132대의 분량(금형 종류수로는 30~40종류)의 품목을 생산일정에 지장 없이 공급하려면 8시간정도 선행하여 생산하지만, 성형기는 1대가 10~12대의 분량(금형 종류수로는 1~6종류, 그룹 11~12의 경우 최대 12종류)을 생산일정에 지장없이 공급하려면 3~4시간정도 선행하여 생산하면 된다. 이 선행작업시간은 적을수록 좋으며, 즉 중간재고를 줄이게 되며, 이것은

또한 필요한 조인트카의 댓수를 줄이게 된다. 위에서 예로 제시된 조에서도, 적당한 시간간격으로 3종류의 품종의 제품을 적절히 공급해 주어야 한다. 이런 이유로 본 연구에서는 다음과 같은 성형공정의 순서계획을 제시한다.

- 1) 가류에 필요한 그린 튜브의 성형은 매 교대 조마다 최소 3.5시간전 부터 수행하게 된다.
- 2) 가류작업자가 5~6대의 가류기를 차례로 돌아가며 작업을 할 때, 같은 금형수가 4개이상인 경우는 2대의 조인트카를 배치하여 작업할 수 있게 하고, 3개이하일때는 1대의 조인트카를 배치하여 작업하게 한다.
- 3) 같은 금형의 수가 많은 품종의 순으로 조인트카 1대분씩의 성형물을 차례로 가공한다. (앨범카 1대분은 2대의 조인트카 분량이므로 동시에 2대의 앨범카가 성형기앞에 있을 수 있다.)
- 4) 금형의 수가 1대뿐인 품종의 경우 연속해서 2대분의 성형물을 한번에 작업한다. 이는 앨범카의 필요수를 줄이게 된다.

이러한 성형작업의 순서는 적정량의 조인트카 댓수로 가류공정에 요구되는 모든 품종을 원활하게 공급하며, 성형-가류 공정내를 순환하게 될 것이다.

IV. 개선안의 타당성 검증을 위한 시뮬레이션

본 장에서는 기존시스템에서의 물자흐름으로 인한 효과와 개선시스템에서의 물자흐름으로 인한 효과의 비교를 통해, 개선시스템이 효과 지표면에서나 경제성면에서 우월하다는 것을 검토하려한다. 개선시스템에서 그룹배치를 가능케 한 근거자료는 이제까지의 월별평균 생산량을 근거로 이루어 진것으므로 미래의 특정달의 주문에 의한 생산계획량을 검토하여, 개선시스템이 납기관리 및 물류면에서

우월하다는 것을 증명하는 것이 타당하다고 생각된다. 현 시스템 및 개선시스템의 물류를 SIMAN IV 시뮬레이션 언어를 사용하여 모델링하였으며, 특정달의 생산계획량의 자료를 사용하여 물자흐름에 대한 모의실험을 하였다.

4.1 모의실험을 위한 입력자료

〈표 6〉은 7월달에 생산되어야할 주문량을 근거로 하여 튜브 크기별 주문서에 표시된 납기일의 1주일전 생산완료를 원칙으로 하여 분류를 하고, 각 주별로 생산되어야할 대·중·소형 튜브의 수량이다. 한편, 납기일에 OEM이라표기한 것은 납기에 충분한 여유가 있는 수량을 모아 놓은 것이다.

〈표 6〉 납기에 따른 주문현황

납기	-7/14	7/15-7/21	7/22-7/28	7/29-8/4	8/5-8/11	8/21-	OEM (납기관제없음)	합계
소형	30,240	70,416	165,456	100,872	35,424	89,208	124,416	616,032
중형	18,720	7,344	39,168	15,840	15,939	17,181	40,608	154,800
대형	1,782	9,999	33,858	10,692	10,989	13,068	64,251	144,639
초대형	72	0	2,304	1,404	720	468	1,440	6,408

한편, 〈표 6〉의 자료는 주문현황표에 표시된 납기일에 근거하여 크기별로 대분류를 한것으로서, 자세한 품종별 주문현황표는 본 논문에는 생략하며, 품종별 주문현황 자료를 근거로 매주 가류기별 금형배치계획이 수립된다.

〈표 7〉은 소형 튜브중 성형-가류 그룹배치 1~2조에서 생산될 품종들에 대한 월별 주간 금형배치 계획으로서, 가류기에 설치되는 금형유형 및 성형기에서 사용되는 홀더의 종류와 주별 설치될 금형수를 표시하고 있다.

〈표 7〉 그룹 1-2조의 월간 주별 금형배치 계획

금형	홀더	1주	2주	3주	4주	5주
165R13	560-13	9	9	9	9	9
560-13	560-13	7	7	7	7	7
590-14	560-13	4	4	3	1	4
	560-10	0	0	1	3	0
155R12	560-13	1	1	1	1	1
550-16	560-13	1	1	1	1	1
	합계	22	22	22	22	22

총 12개조의 성형-가류 그룹에 대한 금형배치계획이 완료되면 매주별로 설치된 금형에서 생산될 품종들의 압출공정 일정계획이 수립된다. 압출은 12개조에서 생산될 품종들을 2개의 압출기계에서

생산하게 되므로 공정간 균형을 위해 8시간 단위(1교대조별 분량)로 각 품종들을 1번씩 룯트단위로 생산하는데, 구금교체시간을 줄이기 위해 같은 구금을 사용하는 품종을 모아, 차례로 생산하게 된

다. 중간재고를 줄이기 위해서는 수량이 많은 품종들은 소롯트로 나누어 순서를 반복하면 되지만, 압출에서의 구금요체시간으로 인해 압출기 1대가 증설되지 않는 한 현재로써는 불가능하며, 계산상으

로 압출기 1대의 증설은 2시간분의 중간재고를 줄일 수 있다. <표 8>은 1번 압출기에서의 압출순서 일정의 초기 190분간을 보여주고 있다.

<표 8> 압출기 1의 품종별 압출일정계획

금형유형	품 종	출 더	구금유형	생 산 계획량	배 치 금형수	압출생산 시간(분)
600-16	600R16	600-14	2-17	120	6	28
600-16	600-16	600-14	2-17	600		
165/175R14	175R14	600-14	2-17	120	1	16
155R12	155R12	560-13	2-18	120	1	6
165R13	155R13	560-13	2-18	720	9	45
165R13	155/165R13	560-13	2-18	360		
500-16	550-16	560-13	2-18	90	1	7
500-16	550/600-16	560-13	2-18	30		
560-13	560-13K	560-13	2-18	840	7	34
590-14	155/165R14	560-13	2-18	480	4	21
600-14	600-14	600-14	2-18	480	4	20
600-9	600-9	600-9	2-18	240	2	10
650-10	650-10	FR13	2-18	120	1	5

4.2 시뮬레이션 결과분석 및 경제성 평가

5주간 수립해 놓은 생산일정계획자료를 토대로 현재 시스템 및 개선시스템에 적용하여 시뮬레이션한 결과를 <표 9>에 요약하였다.

<표 9>에서 볼 수 있듯이 제품 생산량에서 개선시스템이 상당한 우위를 보여주고 있다. 이런 결과는 비록 성형작업원수는 감소되었지만, 성형작업에 전념할 수 있게 운반작업이 제거되고, 신설비 대체에 의한 성형생산능력의 향상이 가류공정의 가동률까지 높은 결과로 해석할 수 있다. 생산실적을 1달간의 계획량과 비교해 볼 때, 실적생산량면에서 기존시스템은 계획량의 97%를, 개선시스템은 99%를 완료한 것으로 분석할 수 있다. 또한 압출후 중

간저장소에서 엘범카의 댓수로 환산한 중간대기량이 14% 정도 감소하였음을 볼 수 있는데, 이런 결과는 성형-가류 생산능력의 증가로 인해 압출공정의 중간품의 흐름이 원활해진 것으로 분석할 수 있으며, 평균 제품생산기간이 감소된 결과치를 통하여서도 알 수 있다. 반면, 성형후 조인트카의 평균 대기수량은 6% 정도 증가하고 있는데, 이런 결과는 성형작업원수의 감소가 동시에 성형될 수 있는 품종의 종류의 수를 제한시켜, 어떤 조에서 가류생산일정에 지장을 주지 않기 위해서는 선행생산을 늘려야 하는 부담을 나타내는 것이라 해석할 수 있다. 한편 개선시스템에서 사용된 엘범카 및 조인트카의 적정댓수는 사용중인 댓수의 최대수량으로 파악할 수 있는데, 총 5주중 최대치를 갖는 3주째의

앨범카와 조인트카 수량에 약간의 여유분을 주어 결정할 수 있을 것이다.

<표 9>시뮬레이션 결과의 요약

주		1	2	3	4	5	평균
평균제품생산시간(시간)	기존시스템	18.4	19.3	18.6	17.7	18.7	18.4
	개선시스템	16.9	16.7	16.2	16.5	17.0	16.7
압출후 적재된 앨범카의 평균 대기수량(대)	기존시스템	81	76	77	72	79	77
	개선시스템	64	66	72	62	67	66
사용중인 최대 앨범카댓수(대)	개선시스템	89	91	93	90	90	91
성형후 적재된 조인트카 의 평균대기수량(대)	기존시스템	60	64	72	42	50	58
	개선시스템	67	60	62	64	54	62
사용중인 최대 조인트카 댓수(대)	개선시스템	107	97	112	104	95	103
제품생산량(개)	기존시스템	178,139	182,113	171,477	186,402	180,382	179,703
	개선시스템	183,318	184,259	175,982	185,341	183,679	182,516

다음은 개선시스템이 운영될 때의 경제적 이익으로서, 기존시스템에서 개선시스템으로의 변경으로 인한 생산량 증가는 납기관리의 면에서나 재고관리의 면에서나 상당한 경제적 이익을 초래할 수 있을 것으로 예상된다. 또한 신설비 설치 대비 성인화에 대한 경제성 평가는 직접적인 원가절감 효과를 계산할 수 있다. 생산 능력부족으로 인해 그룹배치 개선안에 새로 추가되는 2대의 성형기 가격은 대당 8천만원으로 1억 6천만원이 요구된다. 그러나, 1교대조당 3명의 성인화는 하루기준 총 9명의 작업원 감소를 이루게 되는데 H회사 기준으로 1명 성인화시 설비수명(3년) 기준 4천만원으로 평가된다(총9명에 3억 6천만원). 이는 향후 3년간 약 2억원의 원가절감으로 연결된다.

V.결 론

본 연구에서는 다품종흐름생산체제인 튜브생산 공장에 대하여 공정분석을 통한 물류개선안을 구축

한 후 개선안의 타당성 및 효과를 추정하였다. 구체적으로는 기존 공정에 대해서 자세한 검토를 한 후, 공정간의 물류의 흐름을 원활히 하기 위하여 GT의 한 사상인 그룹배치를 이용, 선·후공정을 하나의 그룹으로 처리하고, 직접공이 운반 작업에 관여할 때 발생하는 시간의 낭비를 없애기 위해 운반작업자를 이동 배치시킴으로써 작업원의 성력화 및 성인화를 이룩하려 하였다. 또한, 개선시스템의 시뮬레이션 모형을 통하여 모의실험분석을 하고, 이를 생산량, 중간재고량, 경제성등으로 비교하여 평가한 결과, 현 시스템보다 여러 면에서 우월하다는 결론을 내릴 수 있다.

본 연구에서 유도된 개선안은 실제 적용시에 따르는 어려운 점을 고려한 것이므로 당장의 적용이 충분히 가능하리라 믿는다.

참 고 문 헌

- [1] 威仁英(監修), 人見勝人 著, 生産시스템工學, 1991, 喜重堂, pp.82-89
- [2] Arnaldo Hernandez, "Just-in-Time Manufacturing", Prentice-Hall, 1911-94
- [3] C. Dennis Pegden, "Introduction to SIMAN", 1987
- [4] John L. Burbidge, "The Introduction of Group Technology", Heinema 1975, pp.1-77
- [5] Mitrafanov S.P., "Scientific Principles of Group Technology, P1-3.(Engilsh translation from the Russian by E.Harris)," pp.119-120
- [6] Richard T.Lubben, "Just-in-Time Manufacturing", McGraw -Hill B Company, 1988, pp.3-50
- [7] Pyung-kyu Choi, "System Modeling and Simulation Study for the Analysis of Flow Lines", Journal of the Korea Institute of Indus Engineering, Vol.4, No.1, 1991.4
- [8] Damodar Y.Golhar, Carol Lee Stamm, "The just-in-time philosophy: A literature review", International Journal of Production Research, 1 Vol.29, No.4
- [9] K. Hitomi, I. Ham, "Group Scheduling Technique for Multiproduct, Multistage Manufacturing Systems", Journal of Industrial Engineeri 1977, August
- [10] Richard J. Schonberger, "Just-in-Time Production Systems: Replacing Complexity With Simplicity in Manufadturing Management", Journal of industrial Engineering, 1984, October.
- [11] Y. Sugimori, K. Kusunoki, F. Cho and S. Uchikawa, "Toyota Production System and Kanban System: Materialization of Just-in-Time and Respect-for-Human System", International Journal of Producti Research, Vol.15, No.6, 1977, p.555
- [12] Yasuhiro Mondem, "What Makes The Toyota Production System Really Tick?", Industrial Engineering, 1981, Vol.13, No.1

저 자 소 개



저자 이화기는 현재 인하대학교 산업공학과 부교수로 재직중이다. 주요관심분야는 OR, Simulation이다.



저자 성연호는 현재 인하대학교 산업공학과 박사과정에 있다. 주요관심분야는 Simulation, 인간공학 등이다.