

새로운 개념의 타이어 제조공정 설계지원을 위한 시물레이션 모델

문덕희*, 장구길*, 이재중**, 신보성**, 이승우**,

* 창원대학교 산업시스템공학과, ** 한국기계연구원 자동화연구부

요 약

이 논문은 새로운 셀(Cell) 생산방식의 타이어 제조 시스템을 구축하는 경우 개발된 설비를 이용하여 시스템을 구성하는 과정을 지원하기 위한 시물레이션 모델에 대한 것이다. 개발된 모델을 이용하여 시스템 성능평가를 수행한 후, 그 결과를 다시 설비개발팀에 제시함으로써 설계에 반영토록 함으로써 동시공학 개념을 도입한 새로운 제조공정의 개발이 가능하다.

1. 서론

대부분의 자동차용 고무부품을 만드는 공장과 마찬가지로, 타이어를 만드는 공정은 전형적인 Job-shop 배치 형태를 따르고 있다. 따라서 하나의 공장을 만드는데 큰 부지와 많은 설비들이 투입되며, 설비와 설비간을 이동하는 반제품의 이동 형태가 아주 복잡하고 긴 동선을 가지게 된다.

최근 외국의 기업에서는 최근까지 진행하여왔던 작업 형태에서 탈피하여 새로운 작업형태, 즉 Job-shop배치에서 라인별 배치로 전환하려는 시도로 새로운 개념의 셀 생산방식을 도입하고 있다. 국내에서도 이에 관한 연구가 시작되어 새로운 개념의 타이어제조생산공정 (TMC : Tire Manufacturing Cell)을 개발하고 있다. TMC를 구성하려면 새로운 설비가 필요하고 개발된 설비를 이용해서 제조 시스템을 구축하는 기술이 필요한데, 최근에 동시공학(Concurrent Engineering) 개념이 확산되면서 설비 개발과 시스템 설계가 동시에 진행되고 있는 추세이다.

본 연구는 TMC 구축에 필요한 새로운 설비를 설계하고, 이를 시스템으로 구축하는 방법을 지원

하기 위한 시물레이션 모델을 개발하는 것으로, 이전의 타이어 생산공정을 분석하여 결정적 요소와 변동요소를 분리하여 변동요소를 바꾸었을 때 즉 시 시스템에 영향을 미칠 수 있도록 모델을 구성하였다. 대상으로 하는 공정들은 이전에 존재하는 설비들을 재배치하여 생산능력을 맞추는 것이 아니라, 새롭게 설계된 설비들에 의해서 시스템이 구성되기 위한 타당성 검토를 지원하는 시물레이션 모델이 필요하다.

개발된 시물레이션의 모델을 활용하여, 시물레이션의 결과가 설비 설계 단계의 입력값으로 전환(feed-back)되어 설비 설계에 재반영되며, 설비 설계 단계에서 설정한 변동 요인이 새롭게 시물레이션의 입력값으로 재입력(feed-back)된다.

개발도구로 객체지향 시물레이션 언어인 SIMPLE++6.0을 사용하여 사용자 인터페이스와 모델을 구성하였다.

2. 타이어 제조 생산공정의 추세

2.1 외국 기업들의 생산 방식

외국의 대표적인 타이어 제조사인 Goodyear와 Michelin 등은 IMPACT[9]와 C3M[8]이라는 제조 방식을 90년대 후반부에 도입하기 시작하였다.

그들의 주장에 의하면 그러한 생산 시스템은 예전 시스템에 비하여 반정도의 노동력과 1/10의 공장부지로 충분히 생산이 가능하고, batch 크기를 전통적 방법에서는 몇 천 단위로 해야하지만 새로운 방법으로는 수백 단위로 생산하는 것이 가능하다고 한다[5].

2.2 타이어 제조 공정의 개요

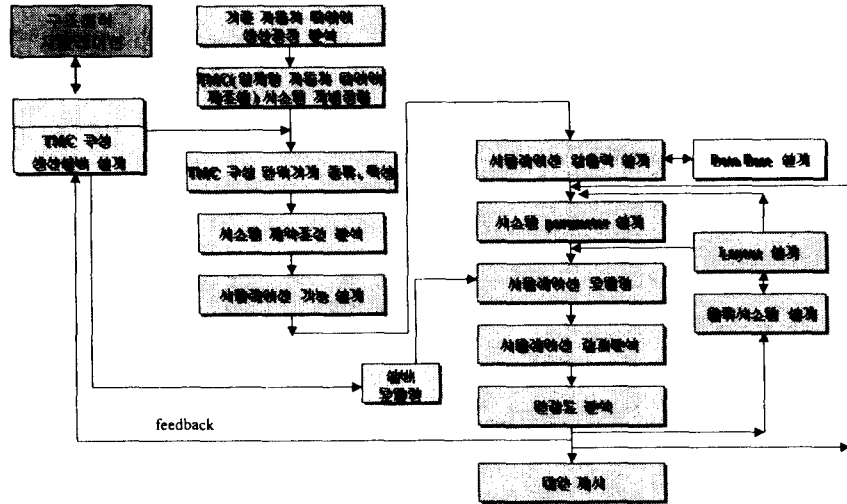
※설계기술보안상의 문제로 f(x)형태로 표시하였음.

타이어의 구조는 탄력성이 있는 공기용기일 것이 요구된다. 때문에 주요 역할인 공기압을 유지하기 위하여 튜브를 사용하고 있지만 튜브만으로는 높은 하중에 견디기 위한 높은 압력의 공기압을 유지할 수 없다. 또한 도로 위를 주행했을 경우 예상되는 외상이나 충격에 대한 강도도 불충분하다. 이 임무를 완수하고 있는 것이 카카스 이고 그 코드층(카카스)에 의해 높은 압력의 공기가 들어 있는 튜브를 보호하고 하중을 지탱하는 한편 노면에 접하는 부분에는 두꺼운 고무층을 붙여 외상이나 마모에 대처하고 있다[7].

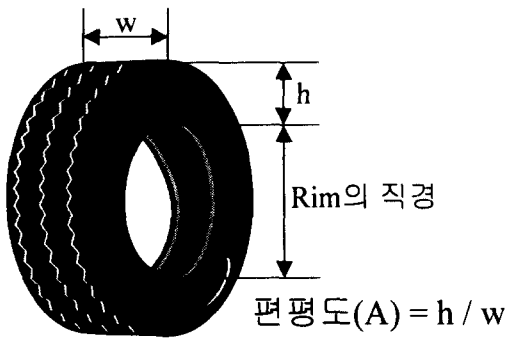
타이어의 용도에 따라 정해진 비율로 고무와 배합약품을 투입, 혼합 반죽한 배합고무는 사용부위에 따라 트레드용, 카카스용, 비드용 고무로 분류되어 각 필요 공정으로 옮겨진다. 성형에서는 제조 사양에 따라 트레드, 카카스, 비드 등이 조립되어 타이어의 원형인 그린 타이어가 만들어진다[7].

<표 1> 타이어 제조공정 분석표

공정명	세부공정	공정소요시간	비고
드럼투입			
인너라이너 부착		상수	
카카스	카카스 bottom 고무 토핑	상수	
	니팅	공정시간 = f(x,D,z)	직경(D) : 2Aw + R (A : 편평도, w : 타이어 폭, R : 립직경) 최소공정시간 : x초, z : 코드밀집도
	카카스 top 고무 토핑	상수	
비드 필러	드럼에 링 감기	상수	Wire에 고무 토핑
	필러 압출	상수	
스틸벨트	스틸벨트 고무부착	상수	
	1차 스틸 공급	공정시간 = f(y ₁ ,D,z)	y ₁ : 최소공정 시간
	토핑	상수	
	2차 스틸 공급	공정시간 = f(y ₂ ,D,z)	y ₂ : 최소공정 시간
	토핑	상수	
림쿠션		상수	
엣지쿠션		상수	
캡트래드		공정시간 = f(D,w,z,v)	w: Tire폭, z: 리본의 폭, v: 초당압출속도
사이드월			
사전 heat			
Mold에 G/T 삽입		상수	
가열		상수	
가류기에서 Tire 분리		상수	
드럼, 타이어 분리		상수	
드럼세척			
드럼 창고			



<그림 2> 동시공학과 시물레이션을 이용한 업무흐름도



<그림 1>타이어의 구조 - 편평도

의해서 공정 시간이 바뀌는 것과 제품의 종류와 무관하게 일정한 공정 시간을 가지는 공정이 있다. 따라서, 제품의 종류에 영향을 받는 공정을 반영하기 위해서 Parametric Design하여 시물레이션 모델을 구성하였다. 이렇게 함으로써 <그림 2>에서 보는 것과 같이 동시 공학적 기법을 이용하여 설계 단계에서 계획하는 설비의 능력을 입력값으로 사용하여 시물레이션을 실행시켜 시스템에 미치는 영향을 평가 할 수 있다. 또한 시물레이션을 실행 결과를 이용하여 적절한 설비 대수 또는 시스템을 구성하기 위한 드럼의 수 등을 결정 할 수 있다.

가류공정에서는 이송되어 온 그린 타이어를 규격, 패턴에 맞는 몰드에 넣어, 일정시간 증기로 가열 (140-180℃)하고 타이어 내부에는 튜브와 같은 특성을 갖는 브라다라는 용기에 온수(140-180℃)를 보내어 그린 타이어를 내외 양면에서 가열한다. 타이어의 가류가 완료되면 타이어는 내부 코드지의 수축을 방지하기 위하여 일정시간 팽창을 시켜 외형을 유지한 다음 검사공정으로 운반된다[7].

<표 1>은 현재 개발중인 설비들의 특성과 전통적인 타이어 생산공정을 분석하여 각 단위 공정별 공정소요시간을 구한 것이다. <표 1>에서 알 수 있는 것처럼 타이어의 종류에 따라서 폭, 편평도, 림(RIM) 규격 등의 정보가 바뀌고, 이러한 규격에

2.3 시물레이션 모델

개발중인 설비인 관계로 설비의 고장 간격을 알 수 없다. 따라서, 임의로 설비 개발 단계에서 목표로 하는 정비수준을 정하여 수식에 의해서 구해진 공정 시간에 여유율을 곱하여 Tact time을 산정하면 <표 2>와 같다.

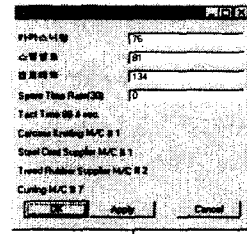
<표 2> 여유율 변화에 따른 Tact time(분)의 변화 (목표 생산량 : 1000개/일)

여유율 교대수	0%	10%	15%	20%	25%	30%
1shift	0.48	0.43	0.41	0.38	0.36	0.34
2shift	0.96	0.86	0.82	0.77	0.72	0.67
3shift	1.44	1.30	1.22	1.15	1.08	1.01

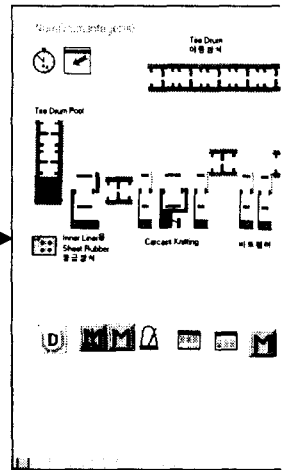
따라서, 생산 제품에 관한 정보, 생산 설비 능력에 관한 정보와 함께 여유율을 고려하여 설비 대수를 산출할 수 있도록 <그림 3>과 같이 사용자 인터페이스를 구성하였다

생산량에 영향을 미치는 또 다른 요소로 타이어드럼이 있다. 타이어드럼의 수는 많을수록 좋으나, 과도하게 많이 투입할 경우 경제적인 문제가 발생하기 때문에 적절한 수를 결정하여야 한다. 또한 드럼의 수와 함께 시스템 산출물에 영향을 미치는 것으로 작업중 또는 작업을 마친 드럼의 이동 속도가 있다. 따라서, 정확한 결과를 얻기 위해서는 물류기기 (MHE - Material Handling Equipment)를 결정하여 MHE의 이동 속도와 드럼

분석적 기법을 이용하여 산출한 결과를 설비 배치에 적용하면 <그림 4>와 같이 배치된다. 이러한 방법을 사용함으로써, 동시공학의 기본 개념[3]에서 알 수 있듯이, 보다 빨리 문제를 발견하고, 보다 빨리 문제에 대한 결정을 내려서 대안을 도출하는데 도움이 될 수 있을 것이다.



분석적 기법
산출자료를 이용한
Modeling



<그림 4> Simple++를

제품 및 생산정보 입력

공정 정보 입력

입력 정보에 의한 필요 설비 수

<그림 3> 분석적 기법에 의한 타이어 생산설비 대수 산출의 수를 결정하여야 한다.

3. 적용 방법

<표 3> 대안별 설비가동

일일 목표 생산량인 1000개를 달성하기 위하여, 가류기 7대와, 카카스, 스틸벨트를 각 1대씩 배치한 안을 초기안으로 하며, 다음과 같은 입력자료가 주어졌다고 하자.

- 목표 생산량 : 1000개/일
- 타이어 규격 : 195/60/R16
- 여유율 : 0%
- 일일 공정 시간 : 24시간

이때 카카스와 스틸벨트의 최소 공정 시간을 구하면 다음과 같다.

- 카카스 최소공정시간 : 0.05초
- 스틸벨트 최소 공정시간 : 0.06초

하지만 카카스의 최소공정시간을 0.05초, 스틸벨트의 최소공정시간을 0.06초로 하는 것은 기술적 문제로 불가능하다고 판단되었기 때문에 다음과 같은 대안을 생각해 볼 수 있다.

<대안 1>

기술적 요소를 반영하여 카카스 최소공정시간 0.5초, 스틸벨트 최소 공정시간 0.1초로 늘인다. - 카카스 9대, 스틸벨트 2대로 추가 투입을 고려한다.

<대안 2>

대안 1에서는 여유율을 0%로 보았지만 20%의 여유율을 부가한다. - 카카스 11대, 스틸벨트 2대로 추가 투입을 고려한다.

<표 3>는 초기안, 대안1, 대안2에 대하여 드럼의 수를 20에서 50까지, 드럼의 속도를 0.02m/sec.와 0.04m/sec.로 변화 시켰을 때, 주요 설비의 가동율과 시스템의 일일 평균 생산량을 나타낸 것이다. <표 3>에서 드럼의 이동속도를 빠르게 하지 않으면, 목표 생산량을 달성 할 수 없고, 적절한 수의 드럼이 시스템에 투입되지 않을 경우에도 목표 생산량을 달성하는 것이 어렵다는 것을 알 수 있다.

4. 결론

대안	설비여유율	이동속도	드럼수				
			20	50			
초기안	0%	0.02m/s	20				
			25				
			30				
		0.04m/s.	20				
			25				
			30				
대안1	0%	0.02m/s.	20				
			35				
			40				
			50				
			0.04m/s.	20			
				35			
		40					
		50					
		대안2		20%	0.02m/s.	20	
						35	
			40				
			50				
0.04m/s.	20						
	35						
	40						
	50						

본 연구에서는 TMC 개발에서 새로운 설비 개발 단계에서 시스템 평가를 지원하는 시물레이션 모델을 개발하였다. 타이어 생산공정을 분석하여 결정 요인과 변동 요인을 구분하고, 변동 요인의 변화에 따른 시스템의 즉각적인 반응을 볼 수 있도록 모델링 하였으며, <표 3>과 같은 결과를 설비 설계 단계에 feed-back시켜 줌으로써, 개발 단계에서 격을 수 있는 시행착오를 줄이는데 이용하고 있다.

향후에 추진해야할 과제는 설비개발이 완료되어 완벽한 시스템이 구축될 때까지 지속적으로 작업을 계속하는 것과, 설비의 크기를 고려한 3차원 배치안을 작성하는 것이다.

참고문헌

- [1] 이춘식, 신보성, 문덕희, 황경현, “SIMPLE++를 이용한 고무부품 제조공장 엔지니어링용 시물레이션 모델링”, 「한국경영과학회」, 춘계 공동학술대회논문집(1997), pp. 159-164
- [2] Aesop, Simple++5.0 Reference Manual, AESOP, 1998
- [3] Prasad B., Concurrent Engineering Fundamentals, Prentice Hall PTR, NJ, 1996
- [4] Baybars, Ilker, “A Survey of Exact Algorithms for the Simple Assembly Line Balancing Problem”, *Management Sci.*, Vol.32, No.8(1986), pp.240-253.
- [5] <http://www.carmag.com/livenews/98/12/1221.htm>
- [6] http://www.icem.org/sectors/rubber/rubber_malaysia_report1998.html
- [7] <http://www.hanta.co.kr/>
- [8] <http://www.theautochannel.com/news/press/date/19971016/press007199.html>
- [9] <http://www.theautochannel.com/news/press/date/19980216/press010046.html>