

시물레이션을 사용한 엔진생산라인의 성능평가 및 설계개선

오필범* 임석철** 한형상***

*아주대학교 시스템공학과 **아주대학교 산업공학과 ***고등기술연구원 생산기술연구실

The Performance Evaluation and The Layout Improvement of the Engine Manufacturing Line
Using Simulation

Abstract

When we construct a manufacturing plant, optimal design is very important. This paper is to simulate an engine manufacturing flow line for commercial vehicle. The parameters we consider in simulation include facility downtime, tool change time, buffer size between consecutive stations, and time to repair the facility. We use AutoMod to compare the alternatives. The objective is to minimize the total cost. Simulation results provide significant cost saving by improving the current design and policy.

1. 서론

설계된 신규공장의 완공 전에 공정간의 Unbalance가 라인 효율에 얼마나 큰 손실을 초래할지 궁금하였으며 완공 후에는 효율 향상을 위한 레이아웃 및 공정의 변경이 어려울 것이므로 공장의 양산 돌입 전까지 운영상의 문제점들을 분석하고 적절한 대책을 수립해 두는 것이 필수적으로 요구되었다. 본 연구에서는 흐름 생산 공장에서의 입력변수로는 설비고장, 공구교환주기, 소재투입, 수작업, 자주검사, 버퍼크기 등이 있는데 그 중에서 쉽게 제어 가능한 결정변수인 공구교환 주기, 공정간 버퍼량 및 고장수리시간 30분의 결정변수 대안 등을 도출하였다. 또한 도출된 대안에 대해

Total Cost Mix에 의거하여 최적의 대안을 선정하였다. 본 연구에서는 AutoMod 시물레이션 전용언어를 사용하였다.

2. 시스템분석 및 모델링

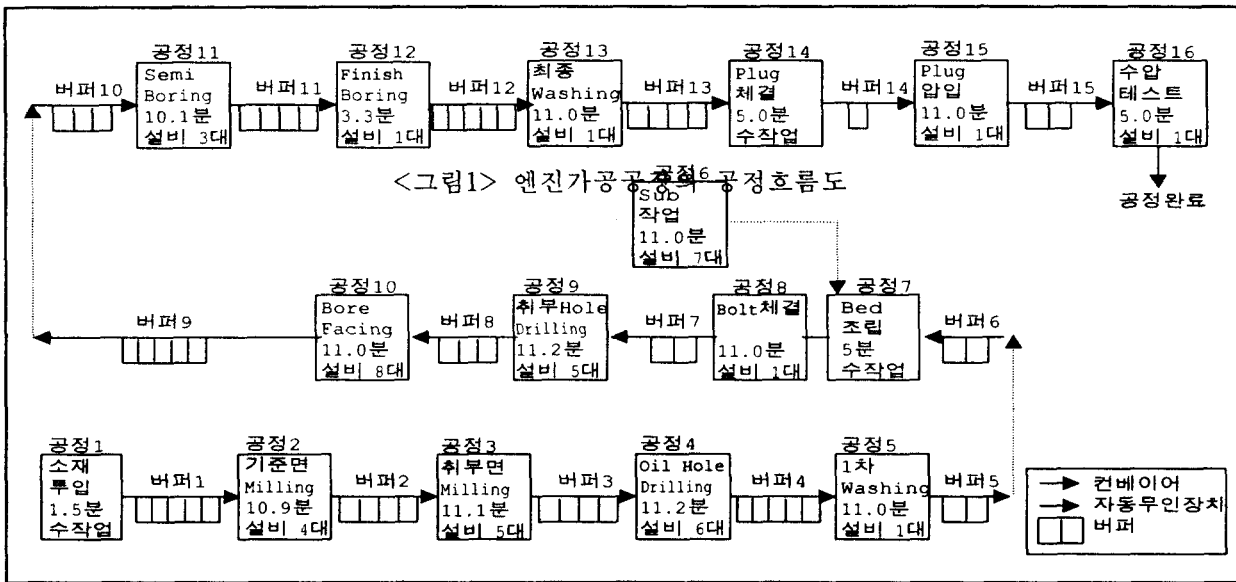
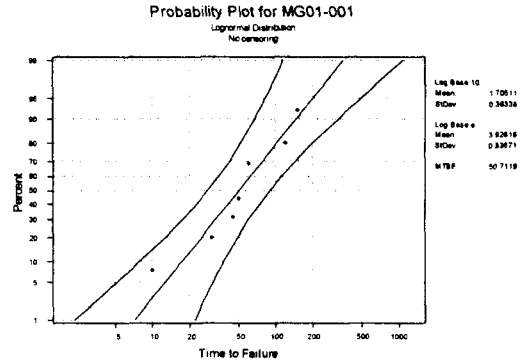
2-1. 시스템 개요

A 자동차회사는 공장을 건설 중에 있으며 본 연구의 대상은 대형엔진을 제조하는 전용라인이었고 연간 3만대의 생산 능력을 갖추었으며 16개의 공정 및 40여대의 설비로 구성되어 있다. <그림1>에서 보듯이 첫 공정은 Block소재가 투입되며 이어서 공정 순으로 가공작업이 진행된다.

공정과 공정사이에는 버퍼가 설정되어 있으며 “버퍼1”에는 5개이며 “버퍼2”는 4개로 설정되었다.

2-2. 데이터 분석

고장 데이터는 신설공장의 설비와 유사한 기존 공장의 설비 고장데이터를 수집하여 적용하였다. 수집한 고장 데이터로부터 고장수리 시간 분포



를 추정하였다. 사용된 MINITAB 통계 분석 Software에서는 그 신뢰도 구간을 자동으로 Plotting하여 <그림2>와 같이 보여주었다. 이와 같은 방법으로 설비별로 고장분포 추정 및 근사한 분포를 선택하여 추정하였다. 또한 공구교환 데이터, 작업자 부하, 설비부하를 분석하였다.

3. 시물레이션 결과

3-1. 실험 계획

제어인자의 변수 값을 변경하면서 실험을 진행하도록 계획하였으며 결정 변수 값의 영향만을 비교하기 위해 동일한 Seed 조건에서 실험하였

<그림2> 기계A의 고장수리 시간을 Lognormal로 Fitting시 95% 신뢰구간

다. AutoMod 상에서 시물레이션 실험일수는 90일로 적용하였다. 또한 반복실험을 통해 실험결과 의 신뢰성을 높였다. 고장이 있는 경우를 실험하였으므로 반복실험은 5회 반복하였으며 가동률을 평균하여 나타내었다.

3-2. 시물레이션 대안 설정

(1) 공구교환 주기를 개선하는 경우

부하율이 높은 설비가 있는 공정에서 공구재질을 <표3>와 같이 설정하였을 때 공구교환 주기 개선과 비용의 관계를 나타내었다. 공구재질 A, A', A"에 따른 공구교환 주기를 1.5배, 2배, 3배로 연장하여 설정하였을 때 1대 생산시 소요 공구비용은 고가 공구를 사용하였으므로 증가하였다.

<표3> 공구재질에 따른 공구교환 주기 개선과 비용의 관계

대안	공구재질	공구교환주기 연장	대당소요공구비용
현재안	High Speed Steel & 초경합금	없음	2.5만원
A	High Speed Steel Coated & 초경합금 Coated	1.5배	3.5만원
A'	HS Cobalt Coated & 초경합금 Coated	2배	4만원
A"	W.Carbide Coated & Cermet, CeramicCBN, PCD	3배	12만원

(2) 공정간 버퍼량을 적정하게 설정하는 경우

공구교환 주기를 2배 연장 개선 경우 공정간 버퍼량을 <표4>과 같이 도출하였다. 여기서 확장수량 20개는 기존 설계안의 버퍼를 20개까지

충분히 확장하여 버퍼에 최대 몇 개까지 쌓이는가를 알아보기 위해서 설정한 수량이다. 충전물은 버퍼수량이 변동시 마다 체크하여 설정한 확장 버퍼량 20개중에서 버퍼에 쌓였던 수량의 비율을 의미하였다.

공정간 버퍼량의 결정변수 도출은 전 공정의 사이클타임이 후 공정보다 더 짧고 고장도 후 공정이 더 빈번하게 발생하는 경우에서 후 공정의 비가동 발생 시간 동안에 적절하게 설정된 공정간 버퍼량에 의해 이를 흡수할 수 있을 것이다. 그러나 전 공정의 사이클타임이 후 공정보다 극히 작으면 공정간에 있는 버퍼에는 계속 가공품이 쌓일 것이며 버퍼가 상당히 커도 감당하지 못할 것이다. 그러므로 근본적인 공정간에 사이클타임의 차이로 인한 대기는 버퍼 크기에서 배제하여 공정간 버퍼량을 버퍼에 쌓이는 최대량으로 설정하지 않았다. 공정간 버퍼량은 버퍼에 쌓이는 평균량 25.4개에 1.8배하여 설정하였다.

<표4> 공구교환 주기 2배 연장개선 경우에서 공정간 버퍼량 도출

(단위: 개)

버퍼명	기존버퍼량	확장버퍼량	충진률	버퍼에 쌓이는 량			공정간 버퍼량	
				최대량	평균량	최소량	평균량x1.8	버퍼량 결정
1	4	20	12%	7.3	2.7	0.1	5.1	5
2	4	20	14%	7.3	2.8	0.0	5.1	5
3	5	20	2%	1.9	0.3	0.0	0.6	1
4	2	20	7%	3.7	1.3	0.2	2.4	2
5	2	2	26%	2.0	0.5	0.0	1.0	1
6	2	20	43%	13.5	9.3	6.5	17.3	17
7	3	20	5%	5.5	1.0	0.0	1.9	2
8	5	20	1%	2.7	0.3	0.0	0.5	1
9	3	3	21%	2.7	0.7	0.0	1.2	1
10	4	20	0%	2.0	0.1	0.0	0.1	0
11	5	20	3%	3.3	0.8	0.1	1.5	2
12	4	20	2%	3.6	0.6	0.0	1.0	1
13	1	20	3%	3.3	0.8	0.1	1.4	1
14	2	20	1%	3.1	0.2	0.0	0.4	1
15	1	20	18%	7.4	4.0	1.8	7.3	7
계	47	265		69.2	25.4	8.8	47.0	47.0

(3) 고장수리시간을 30분으로 설정하는 경우

본 실험에서는 예방보전, 기동반 운영, TPM(Total Productive Maintenance)등의 활동을 통해 고장수리시간은 어느 정도 단축할 수 있으므로 고장수리시간을 30분으로 설정하였다.

(4) 유력한 대안을 채택한 경우

본 실험에서는 위에서 도출된 즉시 제어가 가능한 결정변수인 공구교환 주기를 2배 연장하고 적절한 공정간 버퍼량을 적용하고 고장수리시간을 30분으로 단축하여 실험하였다.

대안	실험구분	실험조건	가동률			개선 금액	공구 비용	효과 금액
			적용전 (년간생산수량)	적용후 (년간생산수량)	항상율 (수량)			
A	공구교환 주기를 개선하는 경우	현재안+ 교환주기 1.5배	75.1% (28,162)	80.2% (30,075)	5.1% (1,913)	5.7	3	2.7
A'		현재안+ 교환주기 2배		84.7% (31,762)	9.6% (3,600)	10.8	4.8	6.0
A''		현재안+ 교환주기 3배		87.3% (32,737)	12.2% (4,575)	13.7	31.1	-17.4
B		공정간 버퍼량과 적정하게 설정하는 경우		현재안+ 공정간 버퍼량	81.2% (30,450)	6.1% (2,288)	6.9	-
C	고장수리시간을 30분으로 설정하는 경우	현재안+ 고장수리시간 30분		79.2% (29,700)	4.1% (1,538)	4.6		4.6
D	유력한 대안을 채택한 경우	대안 A'+B+D		92.5% (34,687)	17.4% (6,525)	19.6	4.8	14.8

4. 대안 선정

지금까지의 도출된 대안에 대해 Total Cost Mix에 의거하여 최적의 대안을 <표1>와 같이 선정하였다. 효과 금액 산출은 연간 작업시간을 7,000시간으로 설정하고 대당 판매금액 천만원, 순이익율은 3%로 설정하여 계산하였다.

<표1> 대안의 종합비교

(단위: 억원)

5. 결론

여기서 도출된 대안에 대해 Total Cost Mix에 의거하여 하여 최적의 대안을 다음과 같이 선정하였다.

(1) 공구교환 주기의 결정변수란 부하율이 높은 설비가 있는 공정에서 고가 공구 사용으로 공구교환 주기를 연장한 경우였다. 공구교환 주기를 늘이면 교환으로 인한 비가동 시간이 감소하여 라인 효율은 증가하나 동일 품질 유지를 전제조건으로 할 때 비용이 고가인 공구를 사용해야 하므로 상충관계가 있었다. 공구재질에 따른 대안 중에서 대안 A'의 효과가 6.0억원으로 가장 경제성이 있는 것으로 평가되었다.

(2) 공정간 버퍼량의 결정변수란 라인의 총 47

개 버퍼를 공정과 공정사이에 어떻게 배치하느냐의 문제이며 사이클타임이 비슷한 병목공정에서의 비가동 발생시 버퍼로 충분히 흡수할 수 있도록 공정간 버퍼량을 최적량으로 설정한 경우였다. 버퍼를 충분히 늘이면 라인 효율은 향상하지만 추가로 버퍼량을 설정할 때 비용 및 공간의 제약을 받는 상충관계가 있었다. 이 대안의 효과는 6.9억원으로 평가되었으며 버퍼량의 총량을 같게 설정하여 추가 투자는 필요가 없었다.

(3) 고장수리시간의 결정변수란 현행 2~3시간 소요되는 고장수리시간을 30분으로 단축하는 경우를 대안으로 검토하였다. 예방보전, 기동반 운영, TPM(Total Productive Maintenance) 등의 활동을 통해 고장수리시간은 어느 정도까지는 단축될 수 있을 것이다. 이 때의 효과는 4.6억원으로 평가되었다.

지금까지 나온 결정변수를 모두 채택하면 효과는 연간 14.8억원으로 평가되었으며 이러한 접근 방법은 일반적인 흐름생산라인의 제조공정에 널리 적용할 수 있을 것이라 예상된다.

참고 문헌

- [1] M. Rajasekhar and T. Yang, "A genetic algorithm for facility Lay out design in flexible manufacturing systems"
- [2] Richard Muther, V "Systematic Layout Planning"
- [3] MINITAB "MINITAB Manual"
- [4] 백준걸의 4명 "개체지향 제조관리 시스템을 위한 객체지향 시뮬레이터 개발", 「한국시물레이션학회지」, Vol.8, No.1(1999), pp1-pp10
- [5] 손권의 5명 "건설 중장비용 주행 시뮬레이터의 구현", 「한국정밀공학회지」, Vol.16, No.16(1999), pp66- pp76
- [6] Harold J. STEUDEL, "Evaluating the impact of flexible manufacturing cells via computer Simulation", 1985, pp121-pp130
- [7] 안정희의 1명 "ATM 스위치를 위한 대기행렬의 셀 스케줄링 방식 제안 및 성능평가", 「한국시물레이션학회지」, Vol.8, No.1(1999), pp51-pp60
- [8] AutoMod User Manual Vol. 1-4, AutoSimulations Corporation, 1996
- [9] 이충수의 3명 "SSMS에서 동적 공구할당을 고려한 부품투입 알고리즘의 시물레이션 분석", 「한국시물레이션학회지」, Vol.8, No.1(1999), pp63- pp74
- [10] 이한주의 3명 "ABS와 TCS를 위한 HIL 시뮬레이터 개발에 관한 연구", 「한국정밀공학회지」, Vol.16, No.5 (1999), pp83-pp93
- [11] H.W.Lee의 1명 "A Queueing Model with Loss and Time Priority for Optimal Buffer Control in ATM", 「대한 산업공학학회지」, Vol.25, No.1(1999), pp130-pp140
- [12] 장동영 "통합절삭 시물레이션 시스템용 선택 표면 조도 시물레이션 알고리즘의 설계", 「한국시물레이션학회지」, Vol.8, No.1(1999), pp19- pp29
- [13] 조규갑의 3명 "전자레인지 조립라인의 생산물류 분석 시물레이션", 「IE Interface(산업공학)」, Vol.12, No1 (1999), pp121-pp131