

시뮬레이션을 이용한 엔진블럭 가공라인 설계 검증

문덕희¹, 하재훈¹

¹창원대학교 산업시스템공학과

A Simulation Study for the Feasibility of Manufacturing Line of Engine Block

Dug Hee Moon¹, and Jae Hoon Ha¹

¹Department of Industrial and Systems Engineering
Changwon National University

Abstract

자동차 엔진블럭을 생산하는 라인에 대표적인 흐름생산 방식의 가공라인이다. 자동차 제조업체에서는 새로운 차종을 개발하면 엔진가공라인을 새롭게 설계해야 할 필요성이 생긴다. 엔진가공라인을 설계하기 위해서는 연간생산목표량을 비롯한 여러 가지 요인들을 고려하게 되는데 설계단계에서 발생하는 오류는 향후 라인설치가 완료되어 양산에 들어가면 많은 문제점을 발생시킨다. 따라서 초기 설계안이 확정되면 검증절차를 거치게 되는데 이때 가장 유용한 도구가 시뮬레이션이다.

따라서 본 논문에서는 자동차 엔진블럭 가공라인 설계를 할 때 반영해야 할 요인들과 설계안 검토시 고려해야 할 요인들을 고찰하고, 시뮬레이션을 이용한 실제 검증사례를 소개하고자 한다.

1. 서론

새로운 공장을 건설하는 과정에서 기업들은 많은 대안들을 검토한다. 하지만 아직까지 과학적인 방법보다는 다년간의 경험을 바탕으로 전문자적인 입장에서 생성한 대안을 정성적으로 판단하는 것이 현실이다. 이러한 대안들을 분석하는 많은 노력들이 있었으나 실무자들이 직접적으로 사용하거나 정보를 받아들여서 필요한 대안을 분석하기 위해서는 많은 시간과 비용이 필요하다. 특히 공장의 건설단계에서 충분한 사전검토를 하지 않는다면 향후 생산단계에서 문제점이 발견되었을 때 많은 비용을 들여서 설비교체 및 설비배치(Layout) 변경을 해야 한다. 따라서 공장을 신축할 경우 일반적인 설비계획 절차에 따라 제품설계, 공정 설계, 용량설계를 거쳐 설비배치 설계로 이어지게 된다(Tomkins et al. 1996).

예를 들어 가공라인을 새로이 설계하는 경우에는 생산품의 도면을 분석하여 필요한 가공·조립·검사장비, 공구, 치구는 물론 Loading/unloading 장치, 운반장비, 소요인력, 재공품 저장공간(Buffer) 등을 총체적으로 설계해야 한다. 이렇게 설계된 생산라인이 현장에 설치되어 시운전을 통한 검증이 완료되어야 비로소 설계자들은 임무를 완수했다고 할 것이다. 만일 설계단계에서 시스템 설계의 오류가 존재한다면 설치 후 상당한 문제점을 야기하게 된다. 이러한 설계오류는 모든 주변상황을 확정적으로 보고 설계를 하는 경우에 자주 발생한다.

생산라인을 설계하고 운영하는 과정에서 발생할 지 모르는 변동요인들이 시스템에 어떠한 영향을 미치며, 최적의 시스템이 어느 것인지 분석하기 위한 가장 유용한 도구가 시뮬레이션이다. Ulgen 등(1992)은 자동차 차체 및 도장공정을 설계할 때 시뮬레이션을 이용하여 검토해야 할 사항을 4개의 적용단계와 4가지 적용대상으로 구분한 바 있다. 이 논문에서 적용단계는 개념설계단계(Conceptual Design Phase), 상세설계단계(Detailed Design Phase), 설치단계(Launching Phase), 운영단계(Fully Operational Phase)의 4단계로 구분하였다. 또한 적용대상은 장비와 배치(Equipment and Layout), 관리(Variation Management), 제품조합과 투입순서(Product Mix & Sequencing), 상세운영방법(Detailed Operational Issues)으로 구분하였다.

특히 본 연구의 대상인 자동차 엔진 제조공정과 관련된 선행연구에는 다음과 같은 것들이 있다. Jayaraman과 Agarwal(1996)은 자동차용 엔진을 가공하고 조립하는 대형 공장을 설계할 때 어떠한 방법으로 시뮬레이션을 할 것인가에 대한 방법론을 제시하였다. 엔진공장을 모델링하기 위해서는 주요 부품 가공라인별로 상세시뮬레이션(Micro Level Simulation) 모델을 먼저 구축해야 하며, 이를 바탕으로 전체시뮬레이션(Macro Simulation) 모델을 구

측하는 방법을 제시하였다. 또한 생산성에 영향을 미치는 요인으로 시뮬레이션을 통하여 시스템 평가 를 해야 할 항목을 아래와 같이 제시하였다.

- 생산율(Throughput)
- 재공품규모와 안전재고수준(Buffer Size and Safety Stock Level)
- 자재공급(Logistics)
- 자재 보관에 관한 사항 (Materials Storage Issues)
- 작업교대주기 (Shift Patterns)
- 인력최적화(Manpower Optimization)
- 사전예방정착 (Preventive Maintenance)
- 자재취급 (Material Handling)

Jayaraman과 Gunal(1997)은 자동차 엔진 조립 공정을 설계할 때 시뮬레이션을 이용하는 시뮬레이션 연구를 발표하였다. 이 연구에서는 엔진조립라인의 특성과 왜 시뮬레이션이 필요한 지에 대해 설명하였고, 엔진조립라인 검사공정의 버퍼 운영에 대한 시뮬레이션연구를 사례로 제시하였다. 이 시뮬레이션에서는 복수의 검사기제로 투입하기 위한 버퍼운영 정책과 버퍼의 크기에 대한 4가지 조합에 대해 비교검토했던 바 있다.

오필범 외 2인(2000)은 자동차 엔진블럭 가공 라인 설계개선을 위한 시뮬레이션연구를 수행하였다. 이 논문에서는 가공공정내용, 가공시간, 공정별 설비대수, 전체공정을 담당하는 작업자수는 확장한 상태에서 시스템 효율에 영향을 줄 수 있는 요인으로 공구교체주기, 공정간 버퍼 크기, 고장수리시간 단축을 선택하였다. 공구교체주기 증가를 위하여 종류의 공구를 비교하였으며, 전체 공정의 버퍼 크기를 고정시킨 상태에서 버퍼를 각 공정에 배분하여 최적화 시키는 실험을 하였다.

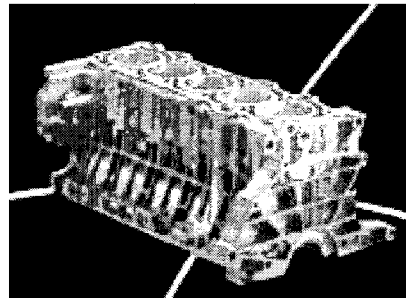
본 논문에서는 자동차용 엔진의 엔진(실린더)블럭을 가공하는 가공라인을 설계할 경우 고려해야 할 요인들을 정리하고, 그 요인들이 시스템 성능에 미치는 영향을 시뮬레이션을 이용하여 분석하는 사례를 소개하고자 한다. 따라서 2절에서는 엔진블럭 라인설계 시 영향을 미치는 요인들의 상호 관련성에 대하여 검토하며, 3절에서는 사례에 대한 시뮬레이션 모델 및 분석결과에 대해 설명하도록 한다.

2. 엔진블럭 가공라인 설계와 시뮬레이션

자동차용 엔진은 크게 Cam Shaft, Crank Shaft, Cylinder Block(일반적으로 Engine Block이라 한다), Cylinder Head, Connecting Rod 등으로 구성이 된다. 이러한 5가지 부분품은 여러 가지 부품으로 구성이 되며, 최종적으로 엔진 조립라인에서 조립된 후 검사를 거쳐 자동차 조립공장에 투입된다. 이러한 주요 부품들은 대부분 가공작업 위주로 진행이 되며 직렬라인 형태의 배치를 하는데 일반적으로 엔진 가공공장에서는 각각의 부품들을 생산하는 전용라인을 설치하고 있다.

엔진 블럭 가공라인은 크게 가공공정, 조립공정, 세척공정, 검사공정, 측정공정으로 구성된다. 주조된 제품이 라인에 투입되면 여러 단계의 가공공정을 거치고, 베어링캡 등 관련부품을 조립한 후 다

시 가공공정을 거친다. 마지막으로 누유검사(Leak Test), 세척을 하고, 실린더 내경 등을 측정하여 공차범위에 따라 구분을 하는 마킹(Marking)작업을 수행한 후 엔진 조립라인으로 보내진다.



[그림 1] 엔진블럭의 예

[그림 1]은 특정 자동차의 엔진블럭을 보여주고 있다. 이러한 엔진블럭 생산라인을 설계하기 위해서는 Ugen 등(1992)이 제시했던 바와 같이 개념설계단계(Conceptual Design Phase), 상세설계단계(Detailed Design Phase), 설치단계(Launching Phase), 운영단계(Fully Operational Phase)의 4단계 접근방법을 사용하는 것이 효과적이다. 이 중에서 생산라인을 처음 설계할 때에는 개념설계단계와 상세설계단계가 집중적으로 검토되어야 한다. 따라서 본 논문에서는 [그림 2]에 있는 것과 같이 개발이 완료된 제품을 생산하기 위한 개념설계단계와 상세설계단계에서 설계자가 검토하고 결정해야 할 사항들과 상호 관련성을 먼저 설명하고자 한다.

2.1 사용자 요구사항이 설계에 미치는 영향

개념설계단계에서 중요한 역할을 하는 입력사항은 생산품목, 연간 생산목표량, 작업계획, 자동화 수준 등과 같은 사용자의 기본요구사항이다. 물론 이 이외에도 사용자가 생각하는 초기투자비의 규모도 설계에 중요한 역할을 한다.

□ 생산품목

어떠한 제품을 생산할 것인지에 대한 요구사항은 가장 기본적인 정보다. 특히 한 생산라인에서 한 종류의 제품만을 생산할 것인지 아니면 두 종류 이상의 제품을 생산할 것인지는 라인의 유연성(Flexibility)을 결정하는 사항이기 때문에 설계에서 가장 먼저 고려해야 한다. 즉 한가지 제품만을 생산하도록 전용라인을 구축할 것인지 아니면 여러 종류의 제품을 혼용 생산할 수 있도록 범용기계설치할 것인지를 결정한다. 이 경우에 제품조합이 다양해지면 유연성은 높아질 수 있겠지만 치구 및 공구비용이 증가하게 된다. 엔진블럭 가공라인의 경우 대부분의 회사들이 전용라인방식을 채택하고 있으나 일부 회사에서는 혼용라인을 사용하기도 한다. 하지만 혼용라인을 채택하는 경우는 유사한 엔진을 생산하는 경우에 제한적으로 사용하며, 예를 들어 3기통과 4기통 엔진처럼 기본 개념이 다른 경

우에는 혼용라인 보다는 차라리 두 개의 전용라인을 별도로 설치하는 것이 일반적이다.

□ 연간 생산 목표량

연간 생산목표량은 공정설계와 장비소요대수를 결정하는데 직접적인 영향을 미친다. 생산목표량이 충분하지 못하면 전용장비보다는 범용장비를 위주로 설계를 해야한다. 또한 검사장비나 조립장비 같은 특정한 장비는 가동율이 저하되기 때문에 경제성도 결여되게 된다. 라인 설계자 입장에서는 현재 생산목표량이 전용라인을 구축하기에 다소 부족하다라도 장래 확장계획을 전제로 하여 설계를 해야한다. 자동차 산업의 경우 대부분의 회사에서 현재 상황을 근거로 생산목표량을 설정하더라도 일정기간 후에는 경제적 규모로 생산설비를 확장하기 때문이다.

□ 자동화 수준

자동화 수준도 개념설계의 중요한 변수로 특히 인건비의 수준에 따라서 발주자의 요구가 달라진다. 즉 인건비가 저렴한 국가의 업체에서는 자동화 수준을 낮게 요구하지만 인건비가 비싼 국가의 업체에서는 고도의 자동화 수준을 요구하고 있기 때문이다. 엔진블럭 가공라인에 소요되는 가공장비들은 대부분 NC 장비를 사용하기 때문에 설계자가 결정해야 하는 자동화 수준은 APC(Automatic Pallet Change)와 같은 Loading/Unloading 장치의 도입여부, ATC(Automatic Tool Change)의 도입여부, Tool Magazine의 크기, 컨베이어, Gantry Loader, AGV 등 자동화된 물류장비의 도입여부, 자동창고 등 자동화 저장설비의 도입여부, 운영관리시스템의 자동화 등이다.

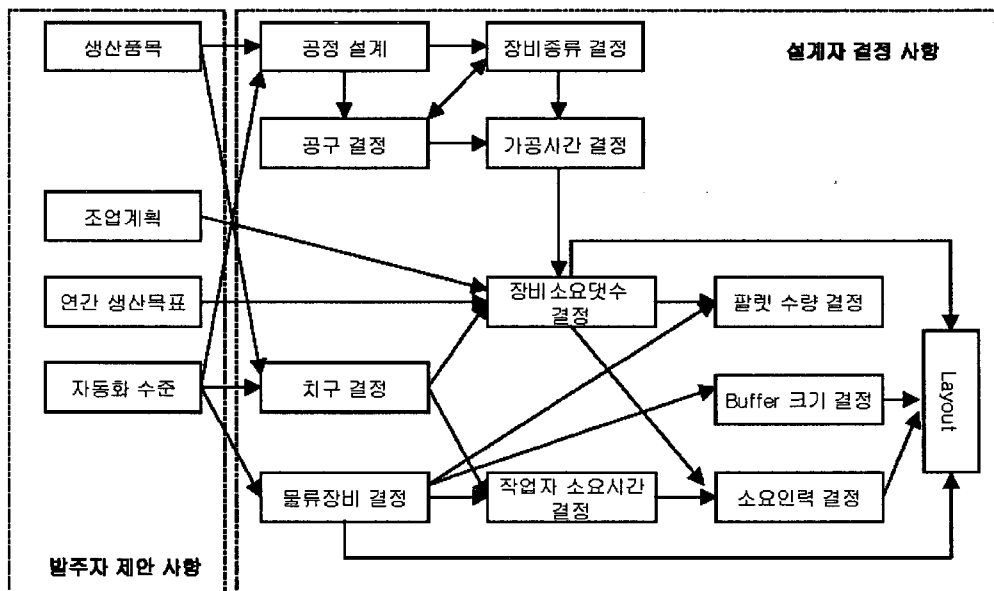
2.2 상세 설계단계의 결정사항

상세설계단계에서는 공정 설계 및 소요시간 산출, 공정별 소요장비 결정, 장비별 소요대수 산정, 치공구 결정, 물류장비의 결정, Buffer 크기 및 팔렛 소요량 산정을 통하여 최종적으로 Layout을 결정하는 작업을 수행한다. 아울러 전체 라인을 몇 명의 작업자가 담당하도록 할 것인지도 결정해야 한다.

라인설계를 하는 경우 발주자와 수주하는 측의 입장에 따라 설계요인이 변동된다. 수주하는 측 입장에서는 운영비용의 절감보다는 오히려 설비 등 초기투자비용을 최대한 높이려 한다. 반면에 발주하는 측 입장에서는 초기투자비용의 절감도 중요하지만 운영비용의 절감도 설계안 선택의 중요한 변수이다. 예를 들어 공구의 경우 우수한 공구를 사용하면 공정시간도 단축시킬 수 있고, 공구교환 주기도 늘일 수 있다. 이 경우에 운영비용은 증가하지만 오히려 필요설비대수를 줄일 수 있기 때문에 초기투자비는 감소시킬 수 있다.

일반적으로 생산제품이 결정되고 제품 설계가 완료되면 공정설계가 이루어진다. 이때는 공정을 수행할 장비의 특성과 사용할 공구의 특성을 고려하여 공정시간을 산출한다. 이 과정에서 몇 개의 공정을 묶어서 하나의 장비에서 수행할 지를 결정한다.

이와 같이 세부 공정의 설계가 끝나면 장비의 소요대수를 산정하고, 장비 사이를 연결해 줄 물류장비를 결정한다. 물론 이 과정에서 설계자들은 각 장비의 고장주기 및 수리시간, 공구교체 주기 및 공구교체시간, 기종변경주기 및 소요시간 등 설비



[그림 2] 개념설계단계와 상세설계단계의 결정사항 관련도

의 비가동 요인에 대한 자료를 이용하여 소요대수를 결정한다. 그러나 많은 경우에 있어서 이러한 자료들을 확정적으로 처리하여 설계에 반영하고 있다. 하지만 실제로 이러한 요인들은 확률적인 변동 요인들이다. 이러한 각종 변동요인들 때문에 초기 설계안대로 라인을 설치하고 나면 예상하지 못하였던 문제점들이 발생하게 된다. 특히 위에서 언급한 변동요인들은 물류장비 및 재공품 저장공간의 규모 결정에 지대한 영향을 미친다. 따라서 초기 Layout 이 결정되면 라인의 균형과 적정 설비대수를 확인하기 위한 시뮬레이션을 수행한다.

2.3 초기설계안의 검토내용

초기설계안이 마련되면 설계자들은 과연 설계안대로 생산이 진행될 수 있을 지 알고 싶어한다. 따라서 시뮬레이션을 이용하여 분석하는 주요 내용들은 다음과 같다.

□ Throughput

Throughput은 라인이 막힘이 없이 정상적으로 진행이 되는지에 대한 평가적이다. 정상적으로 공정흐름이 유지된다면 Throughput은 100%에 근접해야 한다.

□ 장비 가동률

설계단계에서 장비가동률을 반영할 때는 비가동요인을 확정적으로 처리하여 가동시간의 80% 혹은 90% 하는 방식으로 처리를 한다. 하지만 실제 상황에서는 비가동 요인에 의한 정지 이외에도 선행공정에서 제품이 공급되지 못하여 장비가 가동중단이 되는 경우도 있으며, 재공품 저장공간이 별도로 확보되어 있지 않은 경우에는 후속공정이 정지로 인하여 가동 중단이 되는 경우도 있다.

□ Bottleneck 공정

일반적으로 공정시간이 가장 긴 공정을 Bottleneck 공정으로 이해하는 경향이 있으나 실제로는 장비의 비가동요인 등 여러 가지 원인에 의하여 복합적으로 결정된다.

□ 공정간 재공품 저장장소의 규모

엔진블럭 가공라인에서는 대체적으로 중앙집중 저장방식보다는 분산식 저장방식을 사용한다. 또한 공간의 제약이 있기 때문에 저장공간의 적정규모는 중요한 관심의 대상이다.

□ 물류장비의 대수 및 기계적 특성

주어진 시간 내에 선행공정에서 후속공정으로 가공품을 전달하기 위해서는 적정 수량의 물류장비를 확보해야 한다. 역으로 물류장비의 수량이 결정되어 있는 상황이라면 최소한 처리속도가 얼마 이상이어야 하는지를 파악해야 한다.

□ 적정 팔렛 수량

엔진블럭 가공라인의 경우 특히 측정(Measuring) 공정 같은 경우는 기준점 문제 때문에 특수하게 제작된 팔렛에 블록이 놓여진 채로 공

이 진행된다. 따라서 이런 경우에 적정 팔렛 수량을 얼마로 할 것인지도 관심의 대상이다.

3. 사례연구

3.1 시스템의 개요

국내 자동차 생산업체인 A사에서는 신규차종에 장착할 엔진을 개발하고 가공라인을 설계하였다. 본 사례는 엔진블럭 가공라인 초기설계안을 시뮬레이션에 이용하여 검증한 사례이다. 이 라인은 연간 30여만대 생산을 설계 목표로 하고 있다. [그림 3]은 개략적인 엔진블럭 제조공정도인데 크게 14개의 공정으로 구성되어 있다. 각 공정들에는 1대 혹은 그 이상의 기계들이 직렬 혹은 병렬라인으로 구성되어 있다. 각 공정별 가공/조립시간은 해당 업체의 사정을 의하여 상세한 자료를 밝히지 못하지만 [그림 3]에 있는 것과 같다.



[그림 3] 엔진블럭 제조 공정

각 장비들은 고장, 공구교체, 기종교체의 3가지 원인에 의하여 비가동 상태로 되는데 기종교체의 경우는 일부 공정에서만 발생한다. 이러한 비가동 요인에 대한 발생시간간격과 소요시간은 과거의 실적자료와 추정자료로부터 얻었다.

신규 라인 설계시 공정설계 못지 않게 중요한 부분이 물류시스템의 설계다. 사례 라인의 경우 운영인력을 최소화시키기 위하여 자동화 수준을 최대한으로 하여 설계하였다. 따라서 공정간 제품의 이송은 자동화된 플러컨베이어, Over Bridge Conveyor, 엘리베이터, Gantry Loader, Monorail 등을 이용하고 있으며, 공정들 사이에 재공품 저장을 위해서는 자동창고용 공정별로 분산하여 설치하는 것으로 하였다.

3.2 시뮬레이션의 입·출력

엔진블럭 가공라인 기초 설계안 검증을 위한 시뮬레이션 모델의 입출력 자료는 다음과 같다.

□ 출력자료

- Throughput
- 장비별 가동률
- 자동창고의 용량 산정(7곳) : 평균 점유율, 최대 점유율
- 공정간 평균 재공품 수량, 최대 재공품 수량

산정

- EMS 캐리어 대수 산정

□ 입력자료

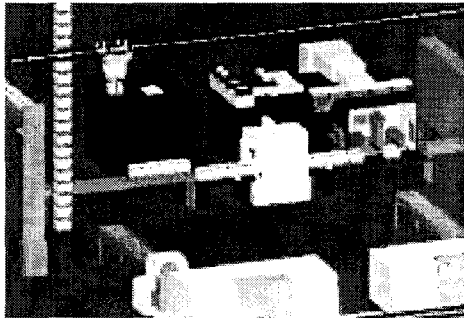
- 조업계획 : 연간 250일, 1일 2교대, 1교대 9.5시간 가동
- 공정도 및 공정별 소요시간(Cycle time)
- Layout 도면
- 제조장비 리스트 및 소요 대수
- 물류장비 종류 및 소요대수
- 장비별 비가동 원인별 주기 및 소요시간
 - 고장주기 및 수리시간
 - 공구교체 주기 및 교환시간 포함
 - 기중변경 주기 및 변경시간 포함
- 컨베이어의 종류 및 속도, 길이
- EMS 주행속도 및 장착 대수
- Transfer Loader 주행속도
- 공정별 불량률 등

3.3 시뮬레이션 모델링

시뮬레이션 모델은 QUEST를 이용하여 개발하였다. 모델의 몇몇 주요 부분을 소개하면 다음과 같다.

□ Gantry Loader

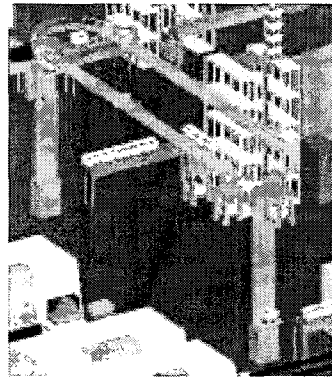
Gantry Loader는 병렬라인에 부품을 공급하고, 역으로 병렬라인에서 생산된 부품을 수거하여 다음공정으로 보내기 위한 기능을 수행한다. Gantry Loader는 QUEST에서 지원하는 AGV를 이용하여 구현하였다.



[그림 4] Gantry Loader의 모델화면

□ EMS

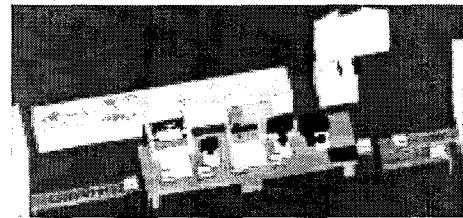
EMS(Electric Monorail System)는 컨베이어로 연결하기 곤란한 두 공정사이를 연결하는 기능을 수행하는데, 통로를 가로질러야 하는 경우에 이용한다. 이 기능을 수행하기 위해서는 제품을 EMS에 적재, 하역하기 위한 2대의 승강기가 필요하다. 또한 EMS는 복수개의 캐리어(Carrier)로 구성되는데 각각의 캐리어는 자체적인 동력을 가지고 있다.



[그림 5] EMS의 모델화면

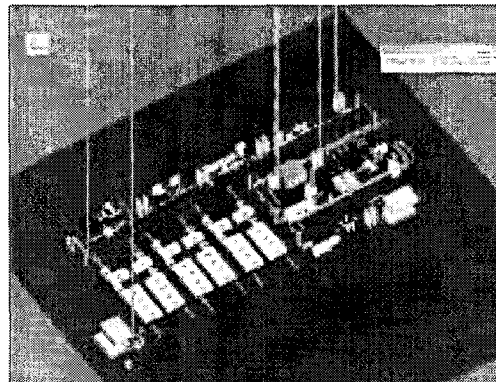
□ Transfer Line

Transfer Line이란 한 공정 안에 여러 개의 작업 스테이션(Station)이 직렬로 구성되어 있어 일정한 시간간격으로 동시에 부품들이 이동하며 공정을 마치게 된다. 따라서 스테이션들 중에 하나라도 고장이 나면 전체 공정이 진행이 되지 않아야 한다.



[그림 6] Transfer 공정의 모델화면

이와 같은 모듈들을 이용하여 최종적으로 구성된 전체 시스템은 [그림 7]과 같다.



[그림 7] 엔진블럭 가공라인의 시뮬레이션 모델

3.4 시뮬레이션 실험 및 분석

시뮬레이션시간은 1달로 하였다. 1일 작업시간

을 19시간으로 설정하였고, 25일간 가동하는 것으로 하였다. 따라서 총 1,915,200초 동안 실행을 하였으며, 이중에 3일(205,200초)을 Warm-up Period로 설정하였다. 실험은 10회 반복하여 평균치를 구하였다.

그 결과 다음과 같은 몇 가지 설계상의 문제점을 파악할 수 있었다.

첫째, 시뮬레이션 결과 당초 목표와는 달리 Throughput이 91%에 지나지 않았다. 이 의미는 100개를 라인에 투입했을 때 91개의 제품만 생산이 된다는 것이며, 나머지 9개는 재공품으로 라인 내부에 머무른다는 의미이다. 따라서 공정들 간의 균형이 이루어지지 않고 있다는 의미가 된다.

둘째, 일부 공정 앞에 재공품 재고가 지나치게 많이 쌓이는 것을 알 수 있었다. 이 이유는 공정별 주기시간의 불균형 및 기종교체에 소요되는 시간이 비교적 길기 때문인 것으로 분석되었다. 물론 기초 설계단계에서 이 부분을 예상하여 일부 공정 사이에 자동창고를 설치하기로 하였으나 당초 기대했던 것보다는 훨씬 많은 재공품이 발생하였다. 특히 평균재공품 수량보다는 최대재공품수량이 창고의 용량설계에 중요한 역할을 한다고 할 때 재공품 재고를 줄이기 위한 방안을 찾아야 한다.

셋째, 일부 EMS에 장착된 캐리어의 수가 과잉설계되어있으며, Gantry Loader의 경우에는 기존의 사양으로는 물량을 처리하지 못한다. 따라서 성능 향상(속도)이 필요하다.

3.5 설계개선방향

시뮬레이션 결과 분석을 토대로 다음과 같은 설계개선방안을 제시하였다. 첫째, 따라서 우선 투입공정의 주기를 늘여서 Throughput을 100%에 가깝도록 만들어야 한다.

둘째, 일부공정의 공정시간 단축이 필요하며, 역으로 일부 공정의 공정시간은 현행보다 증가시키는 것이 낫다. 흐름라인 생산의 경우에는 비가동요인이 같다면 후속공정의 공정시간이 선행공정의 공정시간보다 길지 않아야 흐름이 원활하게 발생한다. 물론 전체 라인의 생산목표를 달성할 수 있는 범위 내에서 설계변경이 필요하다.

셋째, EMS에 장착된 캐리어는 1개, 혹은 2개를 줄여도 물류흐름에는 아무런 영향을 미치지 않는다. 따라서 투자비 감축을 위해 캐리어 수를 줄인다.

넷째, Gantry Loader의 경우에는 1대의 캐리어로 운영하기 위해서는 성능이 우수한 외국 제품을 사용해야 한다. 아니면 2대의 캐리어를 설치할 수 있도록 물류시스템의 구조를 변경해야 한다.

다섯째, 일부 자동창고는 소요 용량이 크지 않기 때문에 차라리 컨베이어를 사용하는 것이 경제성이 있다.

이 이외에도 여러 가지의 설계개선 방안을 제시하여 설계변경에 반영하고 있다.

4. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 엔진블럭 가공을 위한 흐름라인을 설계할 때 영향을 미치는 요인들과 상호 연관성에 대해서 살펴보았다. 아울러 이를 토대로 초기설계안이 도출되었을 때 시뮬레이션을 이용하여 검증하는 과정에 대해 소개하였다.

특히 국내 자동차 제조업체의 사례를 들어 라인을 설계할 때 시뮬레이션이 기여할 수 있는 가능성을 제시하였다. 다만 회사의 사정상 구체적인 기술자료를 제시하지는 못하였다. 현재 초기설계안의 시뮬레이션 결과를 반영하여 설계안을 변경하고 있는 중이다. 특히 전체적인 생산량을 증가시키기 위해서는 라인 후반부의 공정시간을 단축시키기 위한 작업이 필요하다. 아울러 1단계 시뮬레이션에서는 공정간 재공품 저장공간의 규모를 파악하기 위하여 자동창고 부분을 모델링 하지는 않았으나 2단계에서는 변경내용을 반영하고, 자동창고의 크기를 결정하여 모델링에 반영할 것이다.

참고문헌

- [1] Choi, S.D. Kumar A.R. and Houshyar A. "A Simulation Study of an Automotive Foundry Plant Manufacturing Engine Blocks", *Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference*, pp.1035-1040, 2002.
- [2] Jayaraman, A. and Agarwal A., "Simulating an Engine Plant", *Manufacturing Engineering*, Vol.117, No.5, pp.60-68, 1996.
- [3] Jayaraman, A. and Gunal, A. K. "Applications of Discrete Event Simulation in the Design of Automotive Powertrain Manufacturing Systems", *Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference*, pp.758-764, 1997.
- [4] Tompkins, J.A., White, J.A., Bozer, Y.A., Frazelle, E.H., Tanchoco, J.M.A. and Trevino, J. (1996), *Facilities Planning (2nd Ed)*, John Wiley & Sons, U.S.A.
- [5] Ulgen, O., Gunal, A., Grajo, E. and Shore, J., "The Role of Simulation in Design and Operatio of Body and Paint Shops in Vehicle Assembly Plants," *Proceedings of the European Simulation Symposium, Society of Computer Simulation International*, 124-128, 1994
- [6] 김상훈, 오필범, 송광섭, 우상복, 한형상, "엔진블럭 가공라인의 물류분석", 한국시뮬레이션학회 '99 춘계학술대회 논문집, pp.105-109, 1999.
- [7] 오필범, 임석철, 한형상, "시뮬레이션을 사용한 엔진생산라인의 설계개선", 한국시뮬레이션학회 논문지, Vol.9, No. 1, pp.1-8, 2000.

* 이 논문은 과학기술부·한국과학재단 지정 창원대학교 공작기계기술연구센터의 지원에 의한 것이다.