

## 생산성 향상을 위한 차량 도장공정의 시뮬레이션

### Analysis of the Productivity of Automobile Painting Process using Computer Simulation

김충규\*, 김원경\*\*

\*대우중공업(주) 국민차사업부

\*\*경남대학교 산업공학과

#### ABSTRACT

In this Paper, the estimation method of painting process in the automobile plant using computer simulation techniques is studied to improve the bottle neck process, the weak point and the productivity. For model and analysis, Promodel is used which is a manufacturing oriented simulation software developed by Promodel corporation in the U.S.A. Firstly, the result of the simulation shows that we can obtain capability improvement in the system performance using computer simulation. Secondly, the optimum system specification is decided by comparing reports generated by scenario in simulation program to find out the suitable conditions. Finally, the speed of conveyor and a pitch of painting body as the most critical parameters are chosen on the basis of exhaustive field evaluation to study their effects on the capacity of the process. The best alternative condition for the maximum capacity of the process is selected by computer simulation.

#### 1. 서론

컴퓨터 시뮬레이션이란 분석의 대상이 되는 실제 시스템(Real System)을 컴퓨터를 이용하여 모델링하고, 시간의 경과에 따른 시스템의 상태변화와 추이를 실제상황과 유사하게 흉내냄(Simulate)으로써, 대상 시스템의 예상형태(Behavior)를 사전에 간접적으로 예측하는 기법이다.

이는 최근에 생산, 유통, 의료 및 환경등 다양한 분야에서 학문적 연구와 실제시스템이 병행됨으로써 뛰어난 의사결정 기법으로 주목받고 있다. 또한 시뮬레이션 기법은 최근 컴퓨터 기술의 발전과 더불어 응용분야가 날로 확대되어 왔으며, 다양한 시뮬레이션 응용프로그램의 개발로 인하여 모델링 시간과 실행시간을 단축시켰고, 작성이 용이한 그래픽 애니메이션(Graphic Animation)은 시뮬레이션 모델에 대한 사용자의 확신을 증대시켜 시뮬레이션 기법을 이용한 의사결정의 범위를 확대시키게 되었다.

오늘날 실제시스템을 수학적으로 분석하기에는 매우 복잡하고 시스템의 상황이 동적으로 계속해서 변화하고 있으므로 시뮬레이션 기법을 통한 분석과 통계적 분석기법을 이용한 종합적인 평가가 필요하게 된다. 따라서 본 논문에서는 미국의 PROMODEL Corporation사에서 생산시스템 분야의 상용 시뮬레이션 도구로 개발된 Promodel 소프트웨어를 사용하였다.

이어 현실적용의 예로써 D자동차사 도장라인을

분석 대상 시스템으로 선정하여, 도장라인 전체를 Promodel을 통해 문제점을 분석하고 평가하며, 다 공정으로 구성되어 공정분석이 복잡한 도장라인에서 가장 효율적인 시스템의 대안을 제시하는 일련의 과정을 고찰하고자 한다.

따라서, 본 연구를 수행하는 목적을 요약하면 첫째, 컴퓨터 시뮬레이션을 실제 시스템에 적용시켜 시뮬레이션을 수행하는 전체 과정의 개념을 이해하고 산업전반에서 발생하는 문제점을 시뮬레이션 기법을 이용하여 해결하는 능력을 키우게 하며 둘째, 수시로 다변하는 생산계획에 대응하기 위해, 각 공정의 운영형태를 종합적으로 분석하고 병목현상(Bottle Neck)의 최소화를 시도하는 것이다.

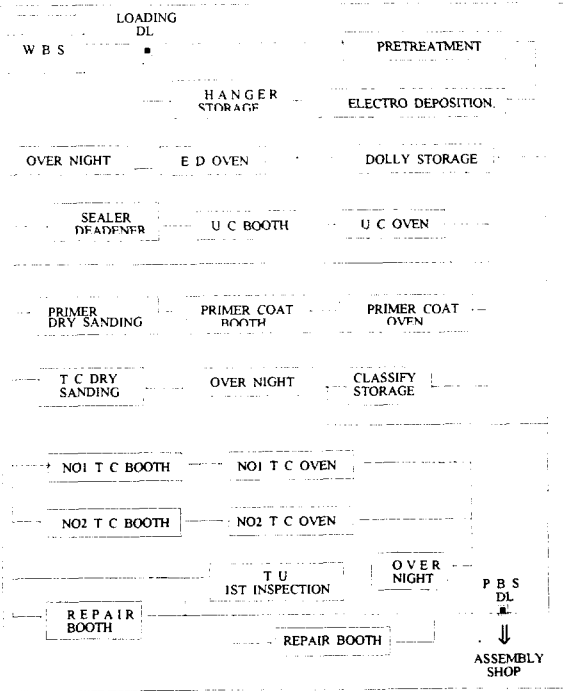
또한 시뮬레이션 결과를 토대로 가장 효율적인 설비조건을 검토하여 필요한 공정을 보완할 경우, 도장라인의 최대 생산능력을 제시하고자 한다.

#### 2. 생산라인의 현황 및 연구과제

##### 2.1 생산라인의 구성

본 연구의 시뮬레이션 모델은 컨베이어에 의한 흐름방식이며 장치산업의 대표적 공장 형태인 자동차 도장라인을 연구대상으로 선정하였다. 자동차 도장산업은 자동차의 부식과 노화를 방지하고, 외관을 아름답게하여 상품의 가치를 향상시키며, 구매력을 유인시키는 효과에 크게 기여하고 있다.

자동차 도장라인을 구성하고 있는 주요공정은 Pretreatment(전처리) → Electro Deposition(전착) → Primer Coat Line(중도) → Top Coat Line(상도) → Inspection, Repair Line(검사, 수정)으로 구분되며 세분화된 공정도는 아래의 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 자동차 도장라인의 공정도

## 2.2 연구과제

D자동차사의 도장라인은 현재 2조 2교대 근무로 매일 20시간씩 운영되고 있다. 도장라인은 자동차의 생산 흐름공정 특성상 차체공장과 조립공장의 중간에 위치하여 전, 후공장이 라인 밸런싱을 이루도록 하는 중요한 역할을 한다.

한편 신차 모델의 평균수명이 점점 줄어들고 고객들의 선택사양이 다양화 되어가는 현재 상황에서 단일차종 생산체계의 한계를 넘어, 다품종소량 생산체계인 유연생산방식(Flexible Manufacturing System)로 변환이 요구되고 있고, 이를 위한 각 공정의 생산능력 분석 및 개선을 통하여 최대생산 능력의 확보가 필요하게 되었다.

도장공장은 크게 2가지 그룹의 공정으로 구성되는데 첫째, 생산량의 증감에도 공정조건을 변경할 수 없는 절대공정이 있고 둘째, 생산량의 증감시 제한된 범위 내에서 설비조건이나 작업자의 배치를 변경시킬 수 있는 상대공정이 있다.

본 논문에서는 상대공정에 한해, 현재 설비에서 연간 27만대 생산을 목표로하여, 각 공정의 변경을 아래의 전제조건으로 고찰 하고자 한다.

### [전제조건]

#### (1)생산계획 조정



(2)도장 작업물(Body)은 전체공정에서 컨베이어에 의해 연속적으로 이송한다.

(3)각공정에서 Body가 이동할 시 컨베이어의 분기, 집합부에 대한 제어방식은 FIFO(First In First Out)에 의하여 우선순위를 부여 하였다.

(4)컨베이어에 의한 Body 운송거리는 도면을 기정한 후, 현장의 운용상태를 실제로 벤치마킹하여 그것을 토대로 분석을 실시 하였다.

(5)설비고장 및 수리장소는 고려하지 않았다.

(6)모델링시 사용된 Time Units는 Minutes, Distance Units는 Meters를 사용하였다.

상기와 같은 전제조건으로 현재의 연간 24만대 설비조건과 연간 27만대 생산시 설비조건 변경계획서를 각각 <표 1>과 같이 구분하여 작성하였다.

전술한 바와 같이 상대공정에서는 컨베이어의 조건을 변경하여, 즉 Body Pitch를 줄여 각 공정의 능력(Capacity)을 키우고 컨베이어의 속도를 높이는 방법으로 생산량을 늘리는 일은 가능하나, 이는 도장공장에서 피도물의 화학처리시간, 작업수행 절대시간, 자동화 시스템의 대응시간 및 전, 후공정의 라인 밸런싱에 직접적인 영향을 주므로 문제점 여부를 세밀하게 검토한 후 결정해야 한다.

시물레이션 최적화를 수행하기 위해서는 무엇보다도 먼저 현재 생산라인의 기초자료를 분석해야 하고 정확한 시물레이션이 필요하다. 따라서 현장에서 직접 수집된 기초자료로 Promodel을 이용하여 시물레이션을 실시한후, 도장공정의 문제점에 대한 전반적인 검정을 끝낸 <표 2>를 적용하여 도장설비의 최대생산능력을 파악하고, 생산시스템에 관한 매개변수(Parameter)의 수정 및 공정 변경을 통한 효율적인 시스템을 제안한다.

## 3. 시물레이션 모델의 구축

본 연구에서는 분석의 효율성을 위하여 모델링 대상 시스템을 도장공장으로 한정하였다. 시물레이션은 Pentium PC 133MHz에 수치연산 보조 프로세서(Math Coprocessor), 주기억장치(Main Memory) 16Mb, 보조기억 장치로 하드 디스크 1,400Mb, 슈퍼 해상도 그래픽카드(Super VGA:Video Graphic Array)를 장착하고 Window 95가 설치된 시스템에서 실시 하였다.

시물레이션에 사용된 모델의 구조는 본 연구에서 실제 사례에 입각하여 현실성이 확인된 모든 경우의 수를 시물레이션 메뉴에서 시나리오에 의해 간단히 입력 데이터만 변경 시킴으로써 예측되는 다양한 경우를 시물레이션 할 수 있게 되어 있다.

그래픽방식인 Promodel 소프트웨어를 이용하여 모델링시 모든 설비조건은 마우스를 이용하여 애니메이션 작성과 동시에 정의되며, 설비를 정확하게 제어하는데 필요한 정보는 Build Menu를 이용하여 순차적으로 입력하면 된다. (<표 1>, <표 2> 참조)

도장공장은 각각 독립된 구동모터로 운전되는 컨베이어들이 단위공정으로 연결되어 전체 시스템을 구성하고 있으며, 컨베이어의 시작점과 끝점도 그래픽 방식에 의해 마우스로 정의된다.

컨베이어의 종류는 운전중 정지 할 때, 작업물이 줄줄이 모여지는 Accumulating 방식과 작업물이 동일한 간격으로 유지되는 Non-accumulating방식으로 2가지가 있으나, 여기서 작업구역으로 분석의 대상이 되는 상대공정은 Non-accumulating으로, 단순한 이송라인은 Accumulating으로 정의 되었다.

<표 1> 연간 270,000대 생산시 설비조건(일부)

주요공정	모델공정	LENGTH (M)		270,000대/5,057시간			
				CAP (대)	BODY PITCH (M)	TACT TIME (분)	C/V 속도 (M/분)
	WBS	-	-	2000	-	-	-
LOADING DL	LOADING DL	-	-	1	-	-	-
TRANSFER LINE	LOADED HANGER 1	-	15	4	-	-	18.6
PRETREATMENT	PRETREATMENT	-	240	46	5.2	1.0	5.7
ELECTRO DEPOSITION	ELECTRO DEPOSITION	-	145	28	5.1	1.0	5.6
TRANSFER LINE	LOADED HANGER 2	-	14	3	-	-	18.6
UNLOADED DL1	UNLOADED DL1	-	-	1	-	1.0	-
UNLOADED DL2	UNLOADED DL2	-	-	1	-	1.0	-
E DOLLY STORAGE	LOADED DOLLY 1	-	19.7	5	4.6	-	18.6
TRANSFER LINE	TRANSFER LINE 1	22	113	5	-	-	18.6
	TRANSFER LINE 2	24		6			
	TRANSFER LINE 3	67		13			
E-CARRIER STORAGE	E HANGER STORAGE 1	96.8	331.4	21	-	-	18.6
	E HANGER STORAGE 2	113		25			
	E HANGER STORAGE 3	117		26			
	E HANGER STORAGE 4	4.6		1			
E D OVEN	E D OVEN	-	170	37	4.5	1.0	4.7
E D STRIP OFF(1)	E D STRIP OFF 1	65.2	217.5	15	-	-	18.6
	E D STRIP OFF 2	152.3		34			

<표 2> 모델링시 입력자료(일부)

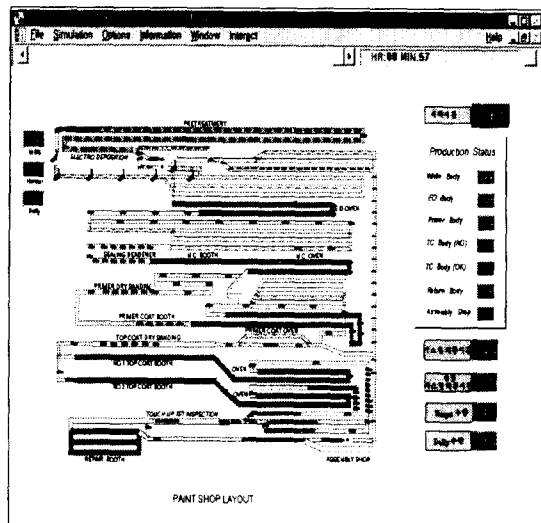
```

Formatted Listing of Model:
*
*      WWPainShop7.23, 종대안-35.M00
*
Time Units:      Minutes
Distance Units:  Meters
Locations
-----
Name      Cap  Units  Stats  Rules  Cost
-----
HANGER_STROAGE  100  1  Time Series Oldest...
DOLLY_STROAGE  500  1  Time Series Oldest...
WBS  2000  1  Time Series Oldest...
Clock downtimes for Locations
-----
Loc      Frequency  First Time  Priority  Scheduled  Disable  Logic
-----
LOADING_DL  60  -  99  Yes  Yes  WAIT 6
UNLOADING_DL1  60  -  99  Yes  No  WAIT 6
UNLOADING_DL2  60  -  99  Yes  No  WAIT 6
Entity downtimes for Locations
-----
Loc      Frequency  First Occurrence  Logic
-----
LOADING_DL  exp(10)  exp(10)  WAIT 100
UNLOADING_DL1  exp(10)  exp(10)  WAIT exp(3)
UNLOADING_DL2  exp(10)  exp(10)  WAIT exp(3)
Entities
-----
Name      Speed (rpm)  Stats  Cost
-----
WHITE_BODY  18.6  Time Series
EO_BODY  18.6  Time Series
HANGER  18.6  Time Series
Processing
-----
Process
-----
Entity      Location      Operation      Blk  Output
-----
WHITE_BODY  WBS  AT1=Clock()  1  EO_BODY  A
HANGER  HANGER_STROAGE  1  HANGER
DOLLY  DOLLY_STROAGE  1  DOLLY
HANGER  HANGER  LOAD 1
HANGER  HANGER  WAIT 1
HANGER  HANGER  REMOVE AS EO_BODY,HANGER
Arrivals
-----
Entity      Location      Qty each  First Time  Occurrences  Frequency  Logic
-----
WHITE_BODY  WBS  1  2000  1
HANGER  HANGER_STROAGE  HANGER  1
DOLLY  DOLLY_STROAGE  DOLLY  1
    
```

본 논문에서는 원활한 프로그램 작성을 위해, 컨베이어의 분기 및 합류부를 기준으로 가상의 모델공정을 만들어 세분화 시켰고 이 공정 전부를 각각의 Location으로 모델링하였기 때문에 다소 많은 수의 Locations들이 생성되었다.

참고로 Promodel에서 제공하는 주요 프로세싱용 엘리먼트(Element)는 다음과 같은 것들이 있다.

- Locations: 시스템내의 공정이나 저장장소로 컨베이어상에 하나의 Body가 점유할 수 있는 공간을 한개의 세그먼트로 간주하여, 이를 나눈 값을 설비의 Capacity로 함.
- Clock Downtimes: 일정시간이 지나면 일정한 정지시간이 발생하며, 공장 가동률을 인위적으로 맞추기 위해 이재장치(Drop Lift)에 적용함.
- Entities: 모델을 진행하는 개체를 가리킴.
- Processing: Entity의 이동경로나 동작을 정의하여 시물레이션을 수행함
- Arrivals: Entity가 System내에 어떤조건으로 들어 오는가를 정의함.
- Simulation Options: 시물레이션 수행시간, Warm-up 시간, 시간오차, 수행횟수 등을 정의함. 이상과 같이하여 구축된 모델에 대한 애니메이션 화면은 <그림 2>과 같다.



<그림 2> 시물레이션 진행중의 애니메이션

#### 4. 시물레이션 결과분석

##### 4.1 연간 240,000대 생산 시스템 분석

기본안에 대한 시물레이션은 현재 운영 중인 연간 240,000대 생산 시스템을 생산효율(Production Efficiency)만 변경하여 실시 한후 그 출력 결과인 General Report를 분석하면 실제상황과 차이가 거의 없다는 것을 알 수 있다.

따라서 기본안에 대한 시물레이션 모델을 기초로, 중대안에 대한 모델을 구축하여 연간 270,000대 생산 체계를 구축하는 기본자료로 활용하고자 한다.

시물레이션은 초기상태에서 Hanger 88대가 Loading DL에 투입 완료되고 이어서 Dolly 400대가 컨베이어상에 투입 완료되는 Warm-up시간이 8시간 58분 소요되는데, 이 시간 이후에 작업상태가 안정 되었다고 보고 이때부터 10시간동안을 Terminating 시물레이션으로 간주하여 분석한다.

<표 3> 기본안 설비 기본조건

항 목	기 본 조 건
Tact Time	1.03 분/대
Gross Production Qty	60분/시간 ÷ 1.03분/대 = 58.3대/시간
생산효율	85.5%
Net Production QTY	58.3대/시간 × 0.855 = 49.8대/시간
연간 작업시간	4,833시간(휴식시간제외)
연간 생산대수	240,000대

<표 4> 생산효율 실적표

	'97 3/4분기	4/4분기	'98 1/4분기	2/4분기	평 균
설비가동율(%)	99.1	99.2	99.0	99.6	99.2
작업효율(%)	86.9	81.1	84.3	86.6	84.7
생산효율(%)	86.1	80.5	83.5	86.2	84.0

■생산효율(Production Efficiency)  
= 설비가동율(Operation Ratio) × 작업효율(Working Efficiency)

<표 5> 기본안 상대공정의 생산량 현황

상대공정	Cap(대)	생산현황(IPH)	생산효율(%)
Pretreatment	39	52.4	90
Electro Deposition	24	50.8	87
E D Oven	34	51.2	88
Sealing Deadener	16	50.4	86
U C Oven	23	50.3	86
Primer Dry Sanding	6	49.4	85
Primer Coat Booth	9	49.7	85
Primer Coat Oven	38	52.1	89
Top Coat Dry Sanding	12	53.1	91
No 1 T C Booth	13	24.5	84
No 1 T C Oven	27	25.2	87
No 2 T C Booth	13	29.5	100
No 2 T C Oven	27	30.4	100
Touth Up Inspection	7	51.3	88
Assembly Shop	1	47.5	81.6

##### [기본안 상대공정의 일일 생산량 검토]

시물레이션 수행결과, 도장작업 완료후 Body가 Assembly Shop로 이송된 수량은 시간당 47.5대로 실제 공장 설계조건(통칭 시간당 48대)과 근접한 데이터를 갖게 되었다. 따라서 현재의 연간 240,000대 생산설비에 대한 모델링 신뢰도는 높은 수준임이 확인 되었다. Net Production Q'ty를 결정할 때 생산효율을 어떻게 설정하느냐가 큰 변수로 작용하나 공장 설계 조건인 85%를 각 Drop Lift에 강제 Down-Time으로 적용하여 시물레이션을 실시하였다. 그 결과 각 단위공정에 대한 생산효율이 실제 운영 상황과는 약간의 차이가 있다. (<표 3> <표 4> <표 5> 참조)

특히 No 2 T C Booth 및 Oven에서는 100% 이상의 고효율을 나타내는 불일치가 발견 되었으나, 이는 컨베이어 모델링시 설비제어와 현실이 차이가 생기는 문제점으로 향후 보완이 요구된다.

또한 General Report상에는 상대공정을 제외한 E Hanger Storage, E D Strip off, Loaded Dolly, E Dolly Storage라인의 일부는 100% Empty로 출력되어 가동율이 0이지만, 실제 공장 운영중이나 작업 종료시 빈 Hanger나 Dolly를 보관하고, 생산량 변동이나 라인 정지시 중요한 완충(Buffer)역할을 한다.

##### 4.2 연간 270,000만대 생산 시스템 분석

먼저 분석된 기본안을 기초로 년 270,000대 중대안에 대한 계획을 수립하기 위해 설비조건 및 생산 효율을 극대화하여 <표 6>과 같이 3가지 유형의 대안으로 시물레이션을 수행하였다. 여기서 그결과에 대한 중간공정의 데이터는 생략하고 도장공정의 총생산능력을 나타내는 Assembly Shop이송 Body 수량에 대하여 대안별 생산량을 분석하였다.

<표 6> 대안별 조건과 시물레이션 결과

조 건	설비조건	대안 1	대안 2	대안 3
		기본안	중대안	중대안
		생산효율(%)	90%	85%
	연간 작업시간	4,833	4,833	5,057
Assembly Shop 이송 Body(대/시간)		51.0	50.1	53.4
생산량(대/년)		246,000	242,500	270,000

이상의 시물레이션 결과치를 얻기 위해 제시된 각 대안별 조건을 살펴 보기로 한다.

<대안 1> 설비조건은 그대로 두고 생산효율만 90%까지 올린 경우이나 생산 목표량에 미달하므로 설비조건 확충이 불가피함을 알 수 있다

<대안 2> 설비조건을 중대안대로 확충시키고 생산효율을 현재의 실적기준인 85%를 유지 했을 경우 이나 이때도 생산량이 목표에 미달하므로 생산효율도 최대한 향상시키고, 설비조건 확충도 병행되어야 생산량을 대폭 늘릴 수 있음을 알 수 있다.

<대안 3> 설비조건을 중대안으로 확충시키고 생산효율도 90% 수준까지 향상시켰을 때 생산량이 연간 267,000대를 상회하므로, 작업시간을 5,057시간으로 연장하여 복합적으로 분석 했을 때, 목표량인 연간 270,000대를 달성하게 되었다.

여기서 더 이상의 추가생산은 근무시간의 연장에 의한 대응이 필요하며, 최적으로 판단된 <대안 3>에 대하여 추가적인 분석을 실시하도록 한다.

<표 7> 증대안 General Report (일부)

General Report									
Output from WWPaintWcW7_23 증대안-35.MOD									
Date: Aug/25/1998 Time: 04:48:04 PM									
Scenario : Model Parameters									
Replication : 1 of 1									
Warmup Time : 8.725 hr									
Simulation Time : 18.725 hr									
LOCATIONS									
Location Name	Scheduled Hours	Capacity	Total Entries	Average Minutes Per Entry	Average Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Util	
HANGER STORAGE	10	100	0	0.000000	0	0	0	0.00	
DOLLY STORAGE	10	500	0	0.000000	0	0	0	0.00	
WBS	10	2000	641	67.222090	71.8156	101	101	3.59	
LOADING DL	10	1	541	1.102921	0.994467	1	1	99.45	
LOADED HANGER 1	10	4	544	4.124926	3.73993	4	4	56.99	
PRETREATMENT	10	46	586	47.098976	46	46	46	43.81	
ELECTRO DEPOSITION	10	28	568	29.577465	28	28	28	44.14	
LOADED HANGER 2	10	3	543	3.314917	3	3	3	48.98	
UNLOADING DL1	9	1	541	0.998152	1	1	1	100.00	
UNLOADING DL2	9	1	541	0.998152	1	1	1	100.00	
LOADED DOLLY 1	10	5	541	1.110943	1.0017	2	1	9.95	
TRANSFER LINE 1	10	5	540	0.935000	0.8415	1	0	17.99	
TRANSFER LINE 2	10	6	541	1.041072	0.9387	1	1	17.99	
TRANSFER LINE 3	10	13	544	3.954485	3.5854	2	4	24.62	

도장공정에서 Body를 운반하는 매체(Carrier)인 Hanger와 Dolly의 실제 운영상황은 생산 중에 Storage Line에 보관되나, 여기서는 가상의 별도 Location을 만들어 Body가 필요시 연속적으로 투입되므로 Carrier의 필요대수 분석은 생략하였다.

다음은 증대안에 대한 설비기본 조건을 <표 8>과 같이 정하고, 상대공정에 대한 생산량을 <표 7>의 출력자료를 기준으로 분석해 보도록 한다.

<표 8> 증대안 설비 기본조건

항목	기본조건
Tact Time	1.0 분/대
Gross Production Qty	60분/시간 ÷ 1.0분/대 = 60.0대/시간
생산효율	90.0%
Net Production QTY	60.0대/시간 × 0.9 = 54.0대/시간
년간 작업시간	5,057시간 (휴식시간제외)
년간 생산대수	270,000대

<표 9> 증대안 상대공정의 생산량 현황

상대공정	Cap(대)	생산현황(JPH)	생산효율(%)
Pretreatment	46	58.6	89
Electro Deposition	28	56.8	86
E D Oven	37	57.5	96
Sealing Deadener	16	55.6	93
U C Oven	26	56.3	94
Primer Dry Sanding	7	54.5	89
Primer Coat Booth	10	54.9	87
Primer Coat Oven	42	57.5	91
Top Coat Dry Sanding	13	57.8	87
No 1 T C Booth	13	29.0	87
No 1 T C Oven	30	29.9	90
No 2 T C Booth	13	29.7	89
No 2 T C Oven	30	30.8	92
Tooth Up Inspection	10	56.5	85
Assembly Shop	1	53.4	89

증대안 시물레이션 결과 <표 9>와 같이 도장공장에서 Assembly Shop로 이송된 Body는 시간당 53.4대로, 실제 설계시 계산된 값(시간당 54대)과 거의 동일하므로 <표 1>로 작성된 연간 270,000대 생산시 설비조건이 적정하다고 판단할 수 있다.

물론 여기서도 생산현황(JPH: Job Per Hour로 시간당 생산대수를 나타냄)은 Gross Production Q'ty에서 생산효율을 곱한 수치이므로 생산효율의 변동에 따라 차이를 나타내고 있다.

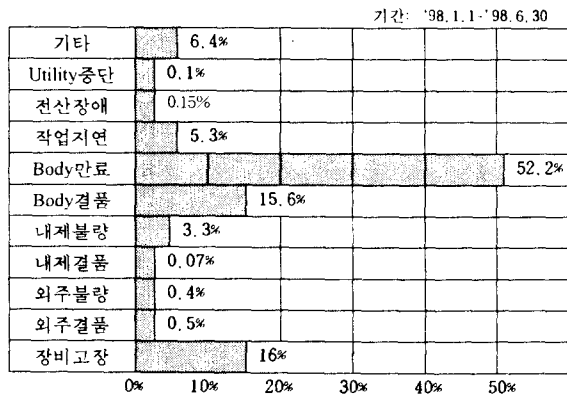
연간 270,000대대 생산 설비로 확충시 각 공정별로 일괄성 있게 문제점 여부를 검토하는 것이 필요하나 본 논문에서 더 이상의 분석은 생략한다.

또한 평균 생산효율이 85%임을 감안 하면 본 시물레이션 결과치인 생산효율 93%는 매우 높은 수치를 알 수 있다. 따라서 <표 9>에서 생산효율이 타공정에 비해 낮게 나타나는 Touch Up & 1st Inspection에 대하여 집중적인 검토를 통해 병목현상을 해소해야 한다.

[ 생산효율 향상을 위한 가동로스 분석]

이번에는 생산 현장의 최근 6개월간 가동로스의 내용별 비율추이를 실적자료를 기준으로 분석하고 생산성 향상을 위한 방안에 대하여 알아 본다

<표 10> 가동로스의 내용별 비율추이



<표 10>에 나타난 바와 같이 가동로스의 대부분은 Body만료, Body결품 및 장비고장에 의해 발생하고 있으므로 이러한 문제점의 해결이 생산효율을 높이는 지름길이다. 먼저 Body만료는 후공정의 라인 정지에 의해 도장작업이 완료된 Body를 PBS(Paint Body Storage)를 통해 Assembly Shop으로 보내지 못하고 도장공정이 정지하는 경우로 전체 가동로스 전체의 절반을 상회하는 52.2%의 비율이다.

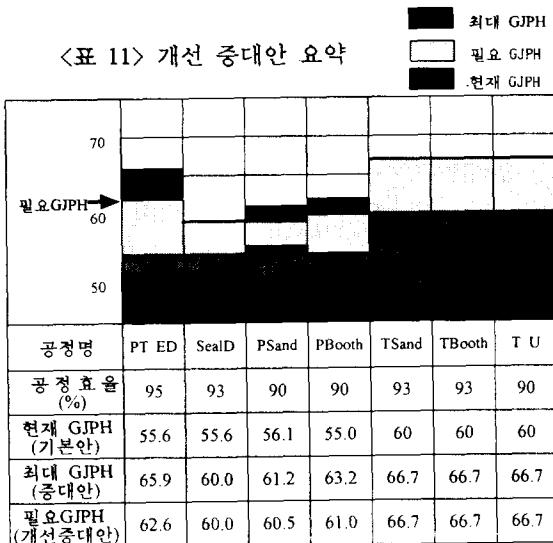
다음은 Body결품으로 이전공정의 생산량 부족으로 도장공정에 Body가 투입되지 못해 라인이 정지하는 경우로 15.6%에 달한다. 따라서 가동로스를 줄이기 위해 가장 시급한 조치는 도장공장 전, 후의 생산라인 안정화라는 것을 알 수 있다.

또한 장비고장에 의한 가동로스가 16% 비율로 발생했으나 이는 예방보전(Preventive Maintenance)실시, 인력 및 부품재고 등을 고려한 최적 설비 보전정책으로 줄여 가야 하겠다.

[개선 중대안 제안]

현재까지 시물레이션 결과에 의하면 상대공정에서의 설비 이용율이 90%까지 도달하여 설비에 여유가 없는 것이 확인 되었으므로 <표 11>과 같은 개선 중대안이 현재의 설비에서 생산량을 가장 극대화시킨 효율적인 안으로 판단된다.

<표 11> 개선 중대안 요약



# 약어정리: PT ED: Pretreatment Electro Deposition  
 SealD: Sealing Deadener  
 PSand: Primer Dry Sanding  
 PBooth: Primer Coat Booth  
 TSand: Top Coat Dry Sanding  
 TBooth: Top Coat Booth  
 T U : Touch Up 1St Inspection

다음은 <표 11>을 작성하는데 기본사항이다.

- GJPH(Gross Job Per Hour)×공장효율(%) = NJPH(Net Job Per Hour)  
 일반적으로 생산현황은 순수 시간당 생산대수인 NJPH로 나타낸다.
- PT ED의 필요 GJPH에는 A S Parts 생산여유치 5%가 포함되었다.
- PSand, TBooth, T U에는 도장불량시 수정을 위한 Recoat 및 부품도장 10%가 포함되었다.

5. 결론

본 사례연구 논문은 국내 D자동차 공장의 기존 도장라인에 생산성 향상을 목적으로 컴퓨터 시물레이션 기법을 적용해 분석한 것이다. 향후 판매량 증가시 이에 대응하는 도장설비의 투자대안 분석을 위해, 현재 컨베이어에 의해 연속라인으로 구성되어 있는 전체 공정의 최대 생산능력 분석 및 복합공정의 성능 보안을 위한 자료를 얻기 위해 본 컴퓨터 시물레이션을 실시하였다. 이 분석 결과는 향후 도장라인의 생산 중대 및 생산계획 수립시 의사결정의 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

시물레이션 모델 개발과 실행을 위한 소프트웨어로 Promodel이 사용되었는데 이는 시물레이션 모델 구축을 위해, 프로그램 작성 방식에서 벗어나, 그래픽 방식을 활용하게 되어, 소프트웨어에 대한 기능 파악과 모델개발 시간을 단축 할 수 있었다.

향후 본 연구와 병행해서 개선해야 할 방향은 최대 생산능력으로 세부 검토시, 생산 시스템에 대한 제약 조건 즉, 작업 효율에 영향을 주는 각 공정의 다운타임(Down Time)을 구체적으로 제시하지 못했기 때문에 현장 조건을 정확히 모델링 하는데 문제가 있었다. 따라서 시스템을 최대 생산라인으로 개선 후 공장을 가동하여 필요 데이터를 수집하고 제약조건들을 찾아내어 시물레이션을 수행하면 더욱 최적화된 정보가 도출될 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] 김재연, "컴퓨터 시물레이션", 박영사, 1996.
- [2] 정은도, "도장실무 핸드북", 일진사, 1990, pp.11
- [3] 홍유석 외, "컴퓨터 시물레이션에 의한 시작능력 분석", Technical Review, 대우자동차 기술연구소, 1995, pp.180-181
- [4] 박양병, "로봇 중심 FMS에서 최적으로봇 서비스 이동정책을 위한 연구", 한국시물레이션 학회 논문지, 제1권 제1호, 1992
- [5] 김경태, "공장 자동화 시스템의 컴퓨터 시물레이션 분석에 관한 연구", 석사학위논문, 중앙대학교, 1992, pp.10-27
- [6] 이항진, "시물레이션에 의한 래크 생산시스템의 생산능력 결정에 관한 연구", 석사학위 논문, 조선대학교, 1997, pp.6-7
- [7] ReferenceGuide, User's Guide, Promodel Corporation, Orem, Utah, 1997
- [8] Charles R. Harrell, Robert E.Bateman, Thomas J.Gogg, Jack R. A. Mott, "System Improvement Using Simulation", Fourth Edition, Promodel Corporation, Orem, Utah, 1996
- [9] Paul Bratley Bennett L.Schrage "A Guide to Simulation" Second Edition, Springer-Verlag, 1987