

시뮬레이션 기술을 활용한 자전거 제조 생산성향상 사례연구 Case study on Improvement of Bicycle Manufacturing Productivity using Simulation Technology

*#조용주¹, 최상수¹, 조현제¹, 이규봉¹, 최석우¹

*#Y. J. Cho(yjcho@kitech.re.kr)¹, S. S. Choi¹, H. J. Jo¹, G. B. Lee¹, S. G. Choi¹

¹ 한국생산기술연구원

Key words : Bicycle, Process Simulation, Optimization, DOE, Modeling

1. 서론

최근 전세계적으로 지구 온난화의 문제가 대두되고 있으며, 이에 따라 많은 문제가 속출하고 있는 실정이다. 이러한 문제들에 대한 많은 원인들이 추측되고 있으나, 가장 큰 원인은 지구 내 CO₂ 배출량의 증대로 밝혀지고 있다. 국내 또한 CO₂ 배출량이 6억 6350만 ton으로 세계 7위를 차지하고 있으며, 18년간 증감률이 세계 2위일 정도로 어려운 실정이다. 이러한 문제를 야기시키는 많은 원인들이 있을 수 있으나, 그 중에서 수송부문의 CO₂ 배출량이 지속적으로 증대되는 것이 가장 큰 원인 중 하나이다. 이를 반영하고 있는 통계 치로서 국내 차량등록대수가 급격하게 증가하고 있다는 것이다. 지구촌의 키워드가 그린(Green)으로 급변함에 따라 환경오염과 CO₂ 배출이 없는 친환경 교통수단인 자전거의 가치가 새롭게 부상하고 있다.

최근 선진국뿐만 아니라, 국내에서도 자전거에 대한 소재개발, 제조, 운영 등과 관련한 수요가 점점 증가하고 있다. 그러나 국내 자전거 산업의 경우, 많은 어려움에 처해 있는 것이 현실이다. 2000년대 초, 부품을 조립하는 조립공장 형태로 유지되다가 최근에 와서는 대부분 중국, 대만 등지에서 주문자 상표 부착방식(OEM)으로만 조립, 생산을 하고 있는 실정이다. 결국, 자전거를 생산하기 위한 기반이 될 수 있는 제조라인이 전무하여 대부분의 자전거를 수입에 의존하고 있는 실정이다. 국내 자전거 수출입 현황(2008년 기준)을 살펴보면 다음과 같다. 중국에서의 수입액이 1억 1393달러이며, 대만에서의 수입액이 4066만 달러에 달한다. 국내 수출 비중이 미미한 상황에서 중국과 대만이 수입액의 대부분을 차지하고 있어, 자전거 산업에서의 무역수지는 약 1억 5000만 달러 이상의 적자를 기록하고 있다고 볼 수 있다.

이러한 상황에서 국내의 CO₂ 배출량을 줄이기 위하여 자전거 도로를 만들고 자전거 이용이 증대될수록, 중국, 대만에서 수입하는 자전거의 대수는 더욱 늘어나고, 자전거의 무역수지는 그만큼 악화될 수 밖에 없을 것이다. 본 논문에서는 국내 자전거 산업의 침체원인(3가지)과 이를 타개하기 위한 해결책으로 자전거 제조 경쟁력 확보를 위한 전략(5가지)을 다음과 같이 도출하였다. (Fig. 1)

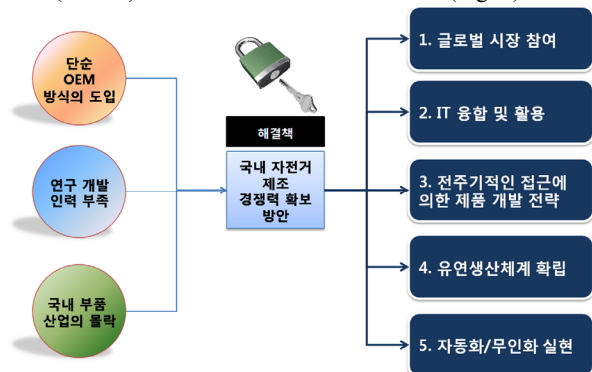


Fig. 1 Bleakness cause of Bicycle industry and securing strategy of bicycle manufacturing competitiveness

본 논문에서는 5 가지의 전략 중에서 마지막 전략인 자동화/무인화 실현과 관련한 사례연구로서 자전거 제조라인에 대한 모델링 및 시뮬레이션과 제조공정 최적화와 관련한 연구를 수행하였다.

2. 자전거 제조공정 모델링 및 시뮬레이션

본 논문에서 수행한 자전거 제조공정의 모델링 및 시뮬레이션의 경우, 위에서 언급한 대로 국내 자전거 산업의 활성화를 통하여 국내 생산기지의 생산물량을 확보한다는 가정을 전제로 하고 있다. 이를 통하여 자전거 제조 생산성 향상을 위한 5 가지 전략 중에서 자동화 및 무인화 실현을 위하여 제조라인의 타당성 검증 및 효율화를 위한 연구의 사례연구로서 수행하였다 [1].

본 연구에서는 자전거 프레임의 설계 모델링에서부터 시작하여, 자재투입, 자재가공, 용접공정, 프레임 로딩>Loading>, 탈취공정, 1차 도장, 열처리, 2차 도장, 열처리, 프레임 언로딩>Unloading>, 검사 및 포장, 출고 등의 프레임에 대한 전체 생산과정의 모델링을 수행하였다 (Fig. 2).

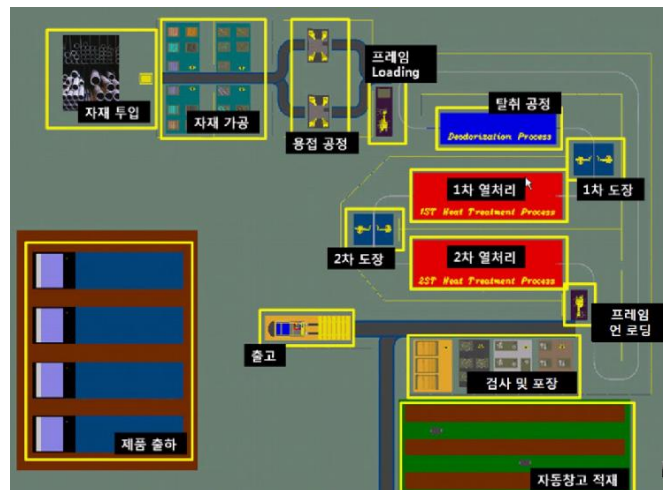


Fig. 2 Screen capture of bicycle manufacturing process

자전거 프레임 제조라인의 모델링 과정을 통하여, 다양한 시뮬레이션 작업을 수행할 수 있다. 첫째, 전체 생산라인에 대한 물류 시뮬레이션 관점에서는 총 생산량 예측, 사이클 타임(Cycle-time) 검증, 설비의 적정 수량 예측 및 검증, 적재공간 최소화 및 재고 최소화를 실현할 수 있을 것이다. 둘째, 용접 및 도장 공정의 경우, 용접 및 도장부위 사전검토와 간섭 및 레이아웃(Layout) 검토를 수행할 수 있으며, 자동화 공정인 프레임 로딩 및 언로딩 공정의 경우, 작업가능성 검증, 로봇의 사이클 타임 예측 등을 수행할 수 있다. 마지막으로 검사 및 포장 공정의 경우, 생산 제품에 대한 불량률 적용 및 결과 예측, 자전거 부품 포장에 대한 적합성 검증 등을 수행할 수 있을 것이다 (Fig. 3).

지금까지의 자전거 생산라인의 모델링 및 시뮬레이션 결과를 활용하여 다음 장에서는 물류 시뮬레이션에서의 최적화 문제에 대한 사례연구를 수행하고자 한다.

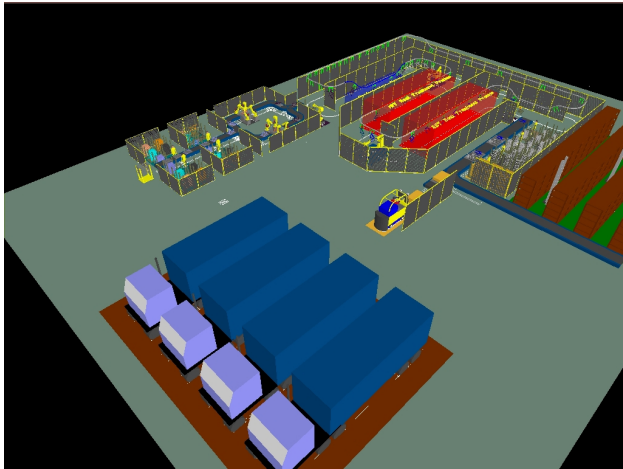


Fig. 3 Screen capture of simulation

3. 자전거 제조공정 최적화

이번 장에서는 자전거 프레임 제조라인의 최적화에 관한 연구를 수행하였다. 본 논문에서는 프레임 제조공정에 투입되는 자원을 아래와 같이 정의하였다. 예를 들어, 자재 투입 및 가공 공정에는 작업자 2명, 용접공정에는 로봇 2대, 프레임 로딩 공정에는 로봇 1대, 도장 공정에는 전체 로봇 4대 그리고 마지막 공정에는 작업자 5명을 할당하였다. 이와 같은 가정하에서 자재 투입 및 가공 공정에서의 컨베이어 속도(X_1), 용접 공정에서의 로봇 용접 속도(X_2), 도장 공정의 로봇 도장 속도(X_3)의 독립변수 세 개를 정의하였다 (Fig. 4).

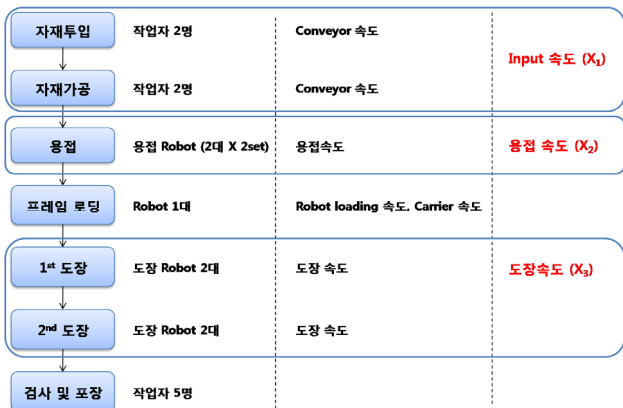


Fig. 4 Setup of input parameter

또한, 생산량, X_1 의 가동률, X_2 로봇의 가동률, X_3 로봇의 가동률을 종속변수로 정의하고, 위에서 정의한 세 개의 독립변수에 대한 최적선정을 위하여 아래와 같은 실험을 수행하였다 (Table 1).

Table 1 Experiment Table

X1	X2	X3	생산량	가동률 (X1)	가동률 (X2)	가동률 (X3)
10	10	10	1340	46.515	46.497	46.516
20	10	10	915	31.736	31.736	31.742
30	10	10	690	24.097	24.097	24.097
10	20	10	1340	46.508	93.021	46.523
20	20	10	915	31.736	63.492	31.765
30	20	10	690	24.097	48.194	24.097

10	30	10	960	46.507	100	33.333
20	30	10	915	31.736	95.24	31.736
30	30	10	695	24.097	72.288	24.097
10	10	20	1045	46.507	46.497	72.729
20	10	20	915	31.736	31.736	63.507
30	10	20	690	24.097	24.097	48.194
10	20	20	1045	46.507	93.021	72.722
20	20	20	915	31.736	63.492	63.5
30	20	20	695	24.097	48.194	48.201
10	30	20	960	46.507	100	66.667
20	30	20	915	31.736	95.24	63.478
30	30	20	695	24.097	72.288	48.201
10	10	30	745	46.507	46.497	77.426
20	10	30	745	31.736	31.736	77.426
30	10	30	695	24.097	24.097	72.286
10	20	30	745	46.507	93.021	77.426
20	20	30	745	31.736	63.492	77.421
30	20	30	695	24.097	48.194	72.292
10	30	30	745	46.507	100	77.421
20	30	30	745	31.736	95.24	77.405
30	30	30	695	24.097	72.288	72.292

본 연구에서는 4 가지 종속변수에 따른 3 개의 독립변수 최적화에 관련한 최적화 문제에서 도장 로봇의 가동률 (X_3)을 높이기 위한 자재투입 및 가공의 컨베이어 속도(X_1)와 용접 로봇속도(X_2)의 최적화를 분석하였다. 실험 및 분석결과, 도장 로봇의 가동률의 최대(77.426)로 하기 위해서는 X_1 과 X_2 의 설정을 (10, 10), (20, 10), (10, 20)의 경우 중 하나로 설정하는 것이 가장 효율적인 것으로 분석되었다.

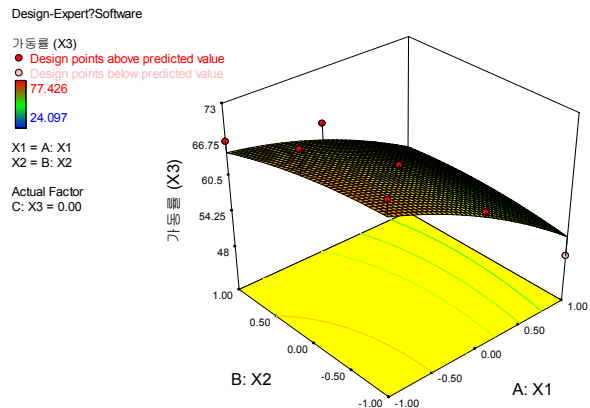


Fig. 5 Experiment analysis result

4. 결론

본 연구에서는 사례연구로서 자전거 프레임에 대한 제조라인의 모델링 및 시뮬레이션을 수행하였으며, 모델링 결과를 기반으로 제조공정 입력 파라미터 최적화 연구를 수행하였다. 향후, 자전거 생산량이 확보된다면 제조라인의 투입 자원에 대해서도 최적화 과정이 필요할 것으로 판단된다.

후기

본 논문은 지식경제부가 출원하고 한국생산기술연구원에서 시행한 초경량 그린 자전거 기술개발사업 (과제번호: 09-UG-1-0001)의 지원으로 이루어진 것으로, 본 연구를 가늠한 지식경제부에 감사사를 드립니다.

참고문헌

1. Accenture 2006