

조선 소조립 용접로봇토치 변경에 따른 디지털 생산 기반 생산성 향상방안 평가

이광국*, 강현진**, 김세환***, 박주용**, 신종계****

Digital Manufacturing Based Productivity Evaluation According to the Change of Welding Robot Torches in Subassembly Lines of a Shipyard

Lee, K. K.*, Kang, H. J.**, Kim, S. H.***, Park, J. Y.** and Shin J. G.****

ABSTRACT

Digital manufacturing could be very effective in shipbuilding in order to estimate the process time, to improve the operation efficiency, and to prevent bottleneck processes in advance. The subassembly process having done research consists of piece arrangement, tack welding, robot welding, manual welding and so on. The robot welding of them was the focus of the simulation. The analysis and modeling were carried out by using UML (Unified Modeling Language) as well as IDEF0 (Integration DEFINition). The characteristics of the process resources were analyzed using the shipyard data, and the layout of the subassembly line was designed with the resources. Using the constructed resource and process model, the productivity and efficiency of changed robot welding stage were investigated. It was simulated how much the variations in the resource performance have influence on improvement of productivity. One of the important outputs in this simulation was the cycle time during a certain period's work. The cycle time prediction was also undertaken for the different torch and the different piece arrangement. The proposed model was established three-dimensionally in a digital environment so that interferences among objects and space allocations for the resources could be easily investigated.

Key words : Digital Manufacturing, Digital Shipbuilding, Welding Robot Torch, AS-IS, TO-BE

1. 서 론

생산비용 절감, 개발/생산기간 단축, 품질 향상, 신속한 소비자 요구대응, 다품종 다량 생산 등은 제조업의 불변의 과제들로 손꼽히고 있다. 이러한 문제들을 해결하기 위해서 최근 새로운 패러다임으로 대두되고 있는 개념이 PLM(Product Life-Cycle Management)이다. PLM은 제품의 개발, 기획부터 시제품, 생산, 소멸까지의 제품 생명주기와 그것을 조율하고 조합하는 업무 프로세스를 포함하는 제품 개발 관리를 의미한다^[1]. PLM의 목표는 모든 제조업이 추구하는 바가 그러하듯 제품을 만드는 과정에 있어서 또는 어떠한 서

비스를 제공하는 일에 있어서 가장 빠른 시간에 가장 적은 비용을 이용하여 가장 정밀/정확한 제품/서비스를 제공하는데 있다고 할 수 있다^[2].

PLM의 대표적인 예로 들 수 있는 것이 디지털생산(Digital Manufacturing)이다. 디지털 생산은 제조업의 전 과정에 포함된 설계생산엔지니어링 정보와 노하우 등 생산시스템의 물리적 논리적 구성요소와 거동을 엄밀하게 모델링 하여 통합된 디지털 모델을 구성하고 가상 현실(Virtual Reality) 기술과 네트워크 기술 등을 활용하여 생산의 전 과정에 걸쳐 관련된 여러 부문에서의 의사결정과 제어를 수행하는 기술을 말한다^[3]. 디지털생산 기술은 사용하여 실제 작업 전에 생산 공정을 미리 시뮬레이션 해봄으로써 실제 작업에서 발생할 수 있는 현상을 미리 분석하고 예측할 수 있는 특징을 지니고 있다. 따라서 디지털생산을 적용함으로써 실제 생산에 적용하는 단계에서 발생할 수 있는 설계 오류나 제작상의 문제점을 미리 파악하여 비용과 시간의 낭비를 최소화할 수 있다. 또한 새로운 제조 방

*서울대학교 조선해양공학과

**한국해양대학교 해양시스템공학부

***삼성중공업 생산기술연구소

****중신회원, 서울대학교 조선해양공학과

- 논문투고일: 2004. 10. 06

- 심사완료일: 2005. 02. 04

법 및 생산 설비의 변화를 가상생산 환경에서 미리 적용해 볼 수 있으므로 실제 제조 시스템 적용에 필연적으로 발생하는 체계적 및 수정에 따른 비용과 시간을 절감할 수 있는 기술이다. 디지털 생산 분야에서 지명한 조사기관인 CIMdata에 따르면 미국, 유럽, 일본의 자동차, 항공, 조선의 12개 회사를 조사한 결과로 전체 생산비용 절감률 13%, 생산 쓰루풋(throughput) 증가율 15%, 시장출시 시간 감소율 30%의 디지털 생산의 적용 이점을 가진다고 밝히고 있다⁴⁾.

디지털 생산을 조선 산업에 적용한 것이 디지털 선박생산이다. 디지털 선박생산기술은 대표적인 주문형 소량 제조업인 조선 산업기술과 가상생산 기술 결합으로 탄생되는 신개념의 선박 생산 시스템으로 선박의 개념 설계에서부터 운용 유지까지 전 과정을 컴퓨터 속에서 만들고 시뮬레이션 하는 과정을 일컫는다⁵⁾.

제조업이면 어디서나 여러 설비와 공정이 상호적으로 작용하는 시스템에서 기존의 공정이나 설비를 변경하고자 하는 요구가 있고, 변경에 따른 시스템에 미치는 영향을 예측해야 경우가 많이 발생한다. 제조 시스템의 거동을 예측하는 방법 중 3차원 공간에서의 모의 시험하는 방법으로 디지털 생산시스템 시뮬레이션이 대표적이다. 3차원 공간에서의 시뮬레이션은 대상을 가상환경으로 그대로 옮겨 놓은 것이므로 실제와 동일하다고 간주할 수 있으며, 수치적인 방법으로는 파악하기 힘든 설비 간 충돌, 간섭 또한 쉽게 찾아 낼 수 있다. 특히, 하나의 제품이 완성되기까지 많은 공정을 필요로 하는 경우, 시공간상으로 광범위한 경우에는 공정 사이의 상관관계를 파악하기가 힘들며, 전 단계 공정에서의 변화가 후공정에 미칠 영향을 예측하기 힘들다. 특히, 작업장에서 사용하는 용접로봇의 성능이 향상되었을 경우 해당공정의 생산 시간은 얼마만큼 줄어들고, 해당 공정과 전후 공정간에 어떠한 영향을 미칠 것인가가 관심사가 될 것이다. 용접로봇의 성능이 개선되었기 때문에 전체적인 작업시간도 단축되리라는 것은 예상할 수 있지만 그러한 정성적인 결과는 시스템 개선 시 현장에 적용하기에는 부족하다. 3차원 공간에 탐색대상을 실제와 똑같이 구현하고, 시뮬레이션을 하게 되면 정량적인 결과치를 얻을 수 있으며, 이를 곧 공정계획에 반영할 수가 있다.

관련 연구로는 자동차 도장공장의 가장 큰 낭비요소인 상도공정의 세정비용을 절감하기 위하여 CRS (Color Rescheduling Storage)를 설치·운영하기 위하여 시뮬레이션을 이용한 검토과정에 대해 설명한 예가 있고⁶⁾, 컨테이너터미널의 장치장의 개념설계와 시뮬레이션 분석을 통해 장비의 투입대수를 결정하고,

실제된 장치장에 대해 차량 동행량을 분석하여 터미널의 운영에 효율성을 높인 사례가 있다⁷⁾.


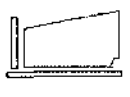
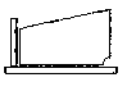


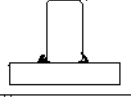
본 연구에서는 용접속도와 작업 프로세스에 영향을 미치는 토치를 변경했을 때 어떤 영향을 미치는지 예측해보고, 동일한 부재라도 그들을 어떻게 배치하느냐에 따라 시간 생산성에 어떠한 영향을 미치는지를 확인하고, 대안을 제시한다.

2. 공정분석 및 모델링

2.1 공정분석

조선 소조립 공정은 주판에 보강재를 용접하여 블록의 기초인 소조립 블록을 만드는 공정으로서 Table 1과 Fig. 1에서 볼 수 있듯이 관계, 배재, 취부, 로봇용접, 수동용접, 마무리, 후면작업의 세부 공정으로 이루어져 있다.

Table 1. Sub processes of the subassembly lines

Tack Welding	Arrangement	Fit-Up
SAW	ARR	FIT
		
Robot Welding	Manual Welding	Grinding
WELD1	WELD2	FINISH
		

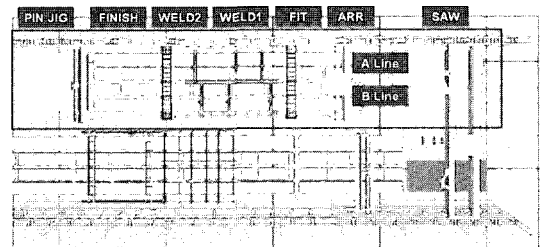


Fig. 1. Sub processes of the subassembly lines.

제조 시스템은 그 구성 요소들이 복잡하게 얽혀있기 때문에 시스템 설계를 위해서는 논리적인 방법을 통해 모델을 분석하는 것이 가장 중요하고, 디지털 선박 생산 모델 구축을 위해서는 우선적으로 AS-IS 모델에 대한 객관적이고 엄밀한 분석이 요구된다. 여러 가지 세부공정들 분석하여 이해하기 쉽고, 재사용성

이 있는 모델을 구축하기 위하여 객체지향분석 기법을 사용하였는데, 객체지향 분석 방법(Object Modeling Technology)은 시스템을 체계적으로 분석하고 개발함으로써 시스템의 복잡함에 대한 이해를 도와주며, 거대 시스템 개발에 있어서 시스템의 적응성을 확보할 수 있는 방법이다^[5]. 표준공정과 제조시스템을 IDEF (Intergration DEFINITION)와 UML(Unified Modeling Language)로 분석 및 모델링하여 조선소 내의 객체인 Product(선박 및 부품), Process(부품 가공/조립 및 건조 공정 정보), Resource(조선소 내 주요 실비 및 기계/인적 자원)의 디지털 개념정보 모델을 구축한다^[6].

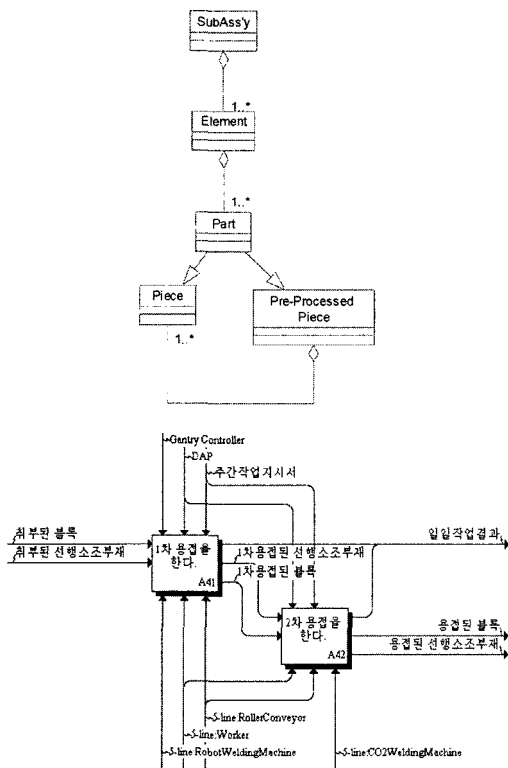


Fig. 2. Example of UML and IDEF model.

객체 지향 방법론에서는 객체 모델(Object Model), 동적 모델(Dynamic Model), 기능 모델(Functional Model)의 세가지 측면에서 시스템을 모델링 한다. 이들은 서로 독립적이고 서로의 구조와 목적하는 바가 다르지만 시스템을 기술하는데 반드시 필요한 모델들이다. 이 세 모델들은 개발이 진행 됨에 따라 발전적으로 진화하게 된다. 본 연구에서는 객체, 동적 모델에는 UML을, 기능모델에는 IDEF을 사용하여 해당 공정을 분석하였다. 이러한 체계적 분석을 통해 디지털

생산 시스템 시뮬레이션의 프레임워크를 구성하고, 이는 분석 이후 설계, 구현 단계의 수행을 위한 기초 데이터로 활용된다. Fig. 2에서는 로봇용접공정을 UML 및 IDEF를 이용하여 분석한 예를 보이고 있다. 상단의 예는 소조립 블록의 구성도를 나타내었고, 하단의 예는 용접로봇 공정과 수동용접 공정간의 정보교환을 나타내었다.

분석된 개념정보 모델은 프로젝트에 이해가 없혀 있는 관계자(stakeholder)와의 의사소통을 원활히 할 뿐만 아니라 요구사항을 모델링할 수 있는 좋은 도구가 된다.

2.2 공정모델링 및 시뮬레이션 모델 구축

소조립 공정 중에서도 상세 공정을 모델링한 대상은 Fig. 3과 같이 갠트리(Gantry)당 2기의 용접로봇이 부착된 총 6기의 갠트리로 구성된 로봇용접공정이다.

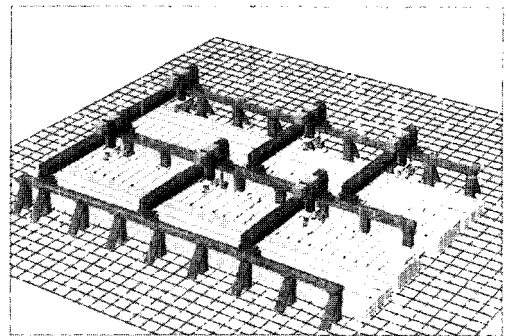


Fig. 3. Welding Robot Stage.

이 로봇용접공정은 조선 소조립 공정의 일부이며 ‘Tact Time 생산관리방식’을 따르는 라인공정 중 로봇 용접을 수행하는 공간이다. Tact Time 생산관리방식은 흐름생산방식으로 전공정이 동시에 시작하고 동시에 끝나는 것으로, 공정간의 생산시간을 균등화시키고 공정별 생산능력을 측정 개선하는데 효과적인 생산방식이다. 본 시뮬레이션 모델은 DELMIA사에서 제공하는 IGRIP™을 사용하여 구축하였고, Graphic Simulation Language(GSL)과 Command Line Interpreter(CLI)를 이용하여 상세화하였다. 로봇용접 작업장을 3차원으로 표현하여 레이아웃을 구성하고 실제 설비의 속성을 그대로 적용하여 시뮬레이션 모델을 구축하였다.

Fig. 4와 같이 시뮬레이션 모델은 생산설계로부터 받은 작업할 물량의 부재 형상정보를 이용하여 공간

상에 부재를 자동으로 생성하고, 로봇용접 작업상내에 이들을 등 간격으로 배치한다. 그리고, 로봇용접 작업장을 균할 등분하여 등분된 공간내의 작업량을 6기의 갠트리에 할당한다. 또한 로봇용접 작업장의 공정대로 갠트리와 용접로봇이 상호 움직임을 갖게 되며, 모든 갠트리와 용접로봇의 작업이 끝나면 작업 시간(cycle time)을 도출한다. 시뮬레이션 모델 내부 흐름은 Fig. 5와 같이 시뮬레이션 모델 실행순서도를 통해 확인할 수 있다.

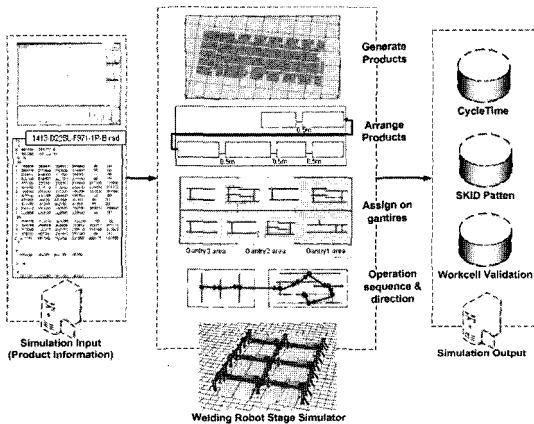


Fig. 4. Information flow in the simulation.

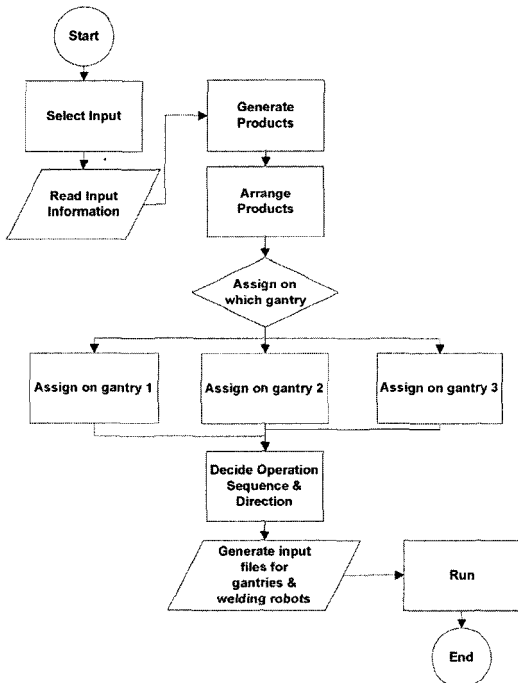


Fig. 5. Flow chart of the simulation model.

3. 시뮬레이션 모델 검증

3.1 로봇공정 시뮬레이션 모델 검증

시뮬레이션 모델의 신뢰도와 정확한 결과를 위해 실제 작업을 시뮬레이션 모델에 적용해봄으로써 검증 단계를 거쳤다. 검증단계는 Fig. 6와 같이 개념 모델, 디지털 모델 순의 검증 프로세스를 통해 구축된다. 최종적인 운용성 검증(Operational validation)은 모델의 적용성 범위 내 디지털 모델의 결과값 거동이 의도한 목적대로 충분히 정확하게 나오는지 여부에 따라 결정되고 현장 실험을 통해 이루어진다¹⁷⁾.

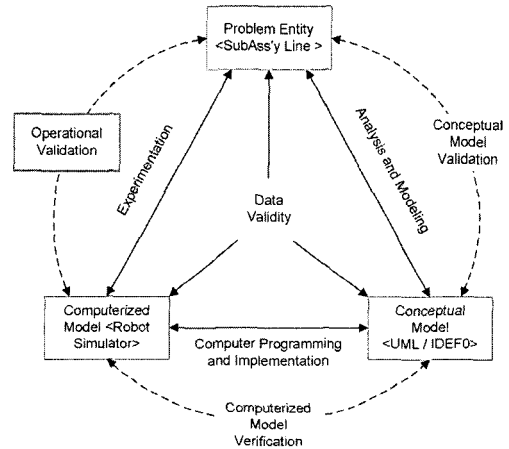


Fig. 6. Verification & Validation process.

Table 2. Validation of the simulation model

	Teaching	Welding
실제작업시간	262 sec	1296 sec
시뮬레이션시간	255 sec	1375 sec
오차	3%	6%

Table 2에서 알 수 있듯이 티칭(Teaching) 작업 시 3%, 용접(Welding) 작업 시 6%의 오차가 발생됨을 확인할 수 있다. 시뮬레이션에 사용한 작업 시간은 작업자의 평균 티칭 시간은 사용하였으나, 실제 티칭 작업 시간은 작업 상황에 따라 달라져 티칭 작업에서 오차가 발생되었고, 용접 작업에서의 오차는 용접 선상에 다른 부재가 있을 경우 용접선을 두 개로 분리하여 용접작업을 해야 하지만 시뮬레이션에서는 생산실제로부터 받은 마킹 선을 그대로 사용함으로써 분리 없이 진행됨으로써 발생하는 오차이다. 이런 오차를 감안하여 구축된 시뮬레이션 모델은 현장에 있는 공정을 충분히 반영할 수 있게 하기 위하여 현장실험에서

작업과정을 세부동작으로 나누고 작업 소요시간을 반복적으로 측정함으로써 검증의 신뢰도를 높였다.

4. 시뮬레이션 모델을 이용한 결과

4.1 용접토치 변경에 따른 생산성 평가

검증된 AS-IS 모델을 이용하여 TO-BE 모델을 구축하고 여기서 수행되는 작업시간을 예측하기 위해서 용접로봇의 속성을 Table 3과 같이 수정한 후 적용하였다.

Table 3. Attribute of AS-IS & TO-BE

	AS-IS	TO-BE
용접토치	일반토치	고속토치
용접속도	36 cpm(cm/min)	80 cpm

TO-BE모델은 36 cpm의 속도를 갖는 기존토치를 80 cpm의 위빙(Weaving)이 필요 없는 고속회전토치로 변경한 경우이다. Fig. 7은 변경 전후의 토치를 모델링 한 예이다.

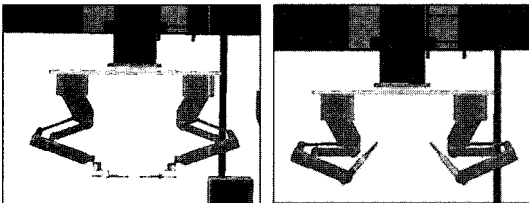


Fig. 7. AS-IS & TO-BE model of welding robots.

또한 고속토치를 적용함에 따라 용접속도뿐만이 아니라 갠트리와 용접로봇의 자세 및 작업 프로세스에도 변화가 따르게 된다. TO-BE 모델에 변경된 프로세스를 적용하여 모델링 한 후 사이클타임을 측정할 수 있으며, 보정 값을 감안해서 실제 작업했을 때 소요시간을 Table 4와 같이 예측할 수 있게 된다.

Table 4. Working Time Calculation in the TO-BE model

	AS-IS	TO-BE
Digital World	109.2분	83.5분
Real World	111.6분	85.4분

고속회전토치를 적용 시 현장에서 소요되는 예상작업시간을 토대로 소조립라인에 일어나는 변화를 확인할 수 있다. Table 5에서 알 수 있듯이 최초 병목공정(Bottleneck Process)이었던 로봇용접공정이 토치 변경

에 따라 취부공정으로 바뀌어 알 수 있다. 여기서, 취부공정에 추가적인 인력을 투입하게 되면 전체적인 TACT 시간을 25% 정도 감소시킬 수 있다. 또는 취부공정에 인원을 추가하는 동시에 다른 공정의 용접장을 늘임으로써 전체적인 라인의 생산성을 향상시킬 수 있다.

Table 5. Bottleneck Process (unit: minute)

	판계	배재	취부	용접	용접	사상
AS-IS	0	90	130	140	75	50
TO-BE	0	90	130	85	75	50

시뮬레이션 모델을 일반화하기 위해 하루 총 4회(A, B, C, D) 물량이 투입시켜 기존토치와 고속회전토치가 수행하는 각각의 물량에 대한 작업 시간을 Table 6과 같이 나타내었다. 시뮬레이션 모델이 매회 물량을 처리하는데 걸리는 시간을 비교대상으로 하고 용접토치를 바꾼 경우에 대해 알아보았다. 고속회전토치로 변경한 경우 하루치 물량을 수행하는데 있어 기존토치로 작업하는 경우보다 5.3시간을 단축할 수 있어 약 43%의 생산성이 향상됨을 확인할 수 있다.

Table 6. Comparison of working time (unit: hour)

	AS-IS	TO-BE
A	2.4	1.5
B	4.5	2.5
C	3.8	2.1
D	1.4	0.8
총 소요시간	12.1	6.8

4.2 부재배치의 변경에 따른 생산성 평가

위와 동일한 물량을 가지고 부재배치를 변경한 경우 생산성이 어떻게 평가 되는지를 확인해 보았다. Table 6에서 고속회전토치의 결과를 보면 D 물량의 작업시간은 1시간이 채 되지 않는 반면 B 물량의 작업시간은 2시간이 훨씬 넘는 것을 알 수 있다. 이는 작업시간이 균등해야 하는 Tact Time 생산관리방식에 부적합할 뿐 아니라 전후 공정의 원활한 흐름을 방해하여 생산성을 떨어뜨린다. Fig. 8의 [배치 변경 전]의 모습을 보면 D 물량은 크기가 크고 용접장이 짧은 부재들로 구성되어 있는 반면 B 물량의 경우는 용접장이 길고 크기가 작은 부재들로 구성되어 있다. 용접장이 짧고 큰 블록을 스테이지에 배치하게 되면 더 이상 부재를 놓을 공간이 없게 되고 따라서 D 물량의 작업량은 적을 수 밖에 없다. 이 같은 현상은 작업할 수

있는 공간 즉 로봇용접 작업장의 크기는 한정되어 있으며 부재의 크기와 용접장 사이의 상관관계가 없기 때문에 발생한다.

이를 해결하기 위한 방안으로 동일한 물량을 시간 상으로 작업자 직관에 따라 적절히 분배하고, 부재 배치를 달리 해보았다. 부재를 어느 위치에 어떤 순서로 놓느냐에 따라 갠트리에 걸리는 부하를 조율하여 작업시간을 평준화할 수 있기 때문이다. 한정된 공간에 다양한 설비 배치 시 개선된 유전자 알고리즘을 적용한 최적 공간배치에 관한 연구처럼^[10] 순서 및 배치의 최적화는 추후과제로 남겨둔다. 하루 치 물량을 용접장과 부재 크기를 기준으로 하여 다시 분배하고 투입하여 작업 시간을 얻었다. Fig. 8은 작업시간이 가장 긴 B와 가장 짧은 D의 부재배치 변경 전후의 모습이다.

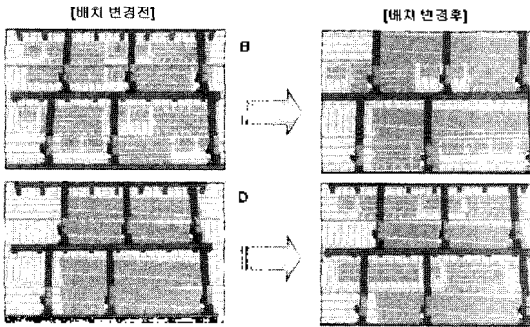


Fig. 8. Result of piece rearrangement.

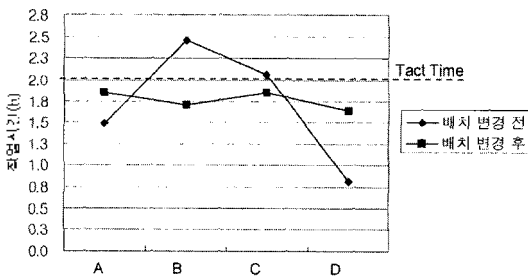


Fig. 9. Improvement after piece rearrangement.

Fig. 9에서 볼 수 있듯이 변경 전엔 부하가 골고루 분배되지 않아 매 회 작업시간 차이가 큰데 반해 변경 후 매 회 작업시간이 비슷해지고 모두 Tact Time내에 들어오는 것을 볼 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 디지털 선박생산을 위한 시뮬레이션

모델링 방법론에 대해서 언급 하였고, 용접공정 생산성 향상에 관련 용접 도처 변경과 물량배치의 두 가지 요소를 고려하여 시뮬레이션 해 보았다. 용접 도처를 변경하여 용접속도를 높인 경우 해당 물량에 대해서 43% 생산성 향상을 보였다. 적절한 부재의 배치는 작업시간을 평준화하고 설비에 걸리는 부하를 분배해 줄 수 있음을 확인했다.

본 연구에서는 하루 물량에 대해서 시뮬레이션 해 보았지만 이를 일주일, 한 달로 확장하면 중장기 작업 일정에도 반영할 수 있다. 또한 현재 시스템에 대한 공정의 부하분석을 수행할 수 있고, 정확한 작업시간을 얻을 수 있으며, 설비 변경이 요구될 때 공정상의 변화를 예측할 수 있다. 이처럼 시뮬레이션을 통하여 기존 시스템이나 그 변경에 대한 워크셀 검증 및 리드타임, 입력 패턴 예측 등의 결과를 미리 확인함으로써 설비투자나 공정계획에 이를 반영하여 시스템 향상을 도모할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 “고부가가치 선박 개발용 디지털 통합건조 공법개발”의 일환으로 수행되었으며, 산업자원부 정보통신부의 연구비 지원에 감사 드립니다.

참고문헌

1. 신종계, 이장현, 우종훈, “디지털 선박생산(Digital Shipbuilding) 개념”, 대한조선학회논문집, 제38권, 제1호, pp. 54-62, 2001.
2. IBM PLM Network Vol. 18, 5-6, Sep., 2003.
3. 신종계, “Introduction to Digital Shipbuilding”, 한국 CAD/CAM 학회 Workshop 자료집, 한국CAD/CAM학회, pp. 299-340, 2001.
4. “The Benefits of Digital Manufacturing”, CIMdata, Mar. 2003.
5. 신동현, 우종훈, 이장현, 신종계, “적응시스템 접근법을 이용한 조선소 가공공장 분석(Forming Shop Analysis with Adaptive Systems Approach)”, 대한조선학회논문집, 제39권, 제3호, pp. 75-81, 2002.
6. 신종계, 이장현, 우종훈, 김용근, 이종무, “디지털생산을 위한 초기 모델 개발 소개(조선소 성형공장을 중심으로)”, 대한용접학회지, 제20권, 제1호, 2001.
7. Sargent, R. G, “Some Approaches and Paradigms for Verifying and Validating Simulation Models”, Proceedings of the Winter Simulation Conference, 2001.
8. 분덕희, 김하석, 송 성, 김경완, “자동차 도장공정의 Color Rescheduling Storage 설치를 위한 시뮬레이션 분석”, IE Interfaces, Vol. 16, No. 2, pp. 211-221, June 2003.

9. 하태영, 최용석, 김우선, "시뮬레이션을 이용한 컨테이너 터미널의 장치장 설계", Proceedings of the Korea Society for Simulation Conference, pp. 35-40, November 2003.

10. 한성남, 이규연, 노명일, "개선된 유전자 알고리즘을 이용한 최적 공간 배치 설계에 관한 연구", 한국 CAD/CAM학회, pp. 174-183, 2001.



이 광 국

2001년 부산대학교 공과대학 조선해양공학과 공학사
 2003년 서울대학교 공과대학원 조선해양공학과 공학석사
 2003~현재 서울대학교 공과대학원 조선해양공학과 박사과정
 관심분야: Product Lifecycle Management, Simulation Based Manufacturing



강 현 진

2003년 2월 한국해양대학교 해양과학기술대학 조선해양공학과 졸업(공학사)
 2003년 3월~현재 한국해양대학교 해양과학기술대학 해양시스템공학과 석사과정
 관심분야: CAD/CAM, 생산공학, 동시공학, 용접



김 세 환

1980년 서울대학교 공과대학 조선해양공학과 공학사
 1982년 서울대학교 공과대학원 조선해양공학과 공학석사
 1984년~1986년 한신중공업 선체설계
 1986~현재 삼성중공업 생산기술연구소 수석연구원
 관심분야: Welding Technology, Production Automation/Robot System, Simulation of Robot



신 종 계

1977년 서울대학교 공과대학 조선해양공학과 공학사
 1979년 서울대학교 대학원 조선해양공학과 공학석사
 1988년 미국 M.I.T. 대학 해양공학 공학박사
 1993년~현재 서울대학교 공과대학 조선해양공학과 교수
 관심분야: Product Lifecycle Management, Simulation Based Manufacturing



박 주 용

1980년 서울대학교 조선공학과 공학사
 1982년 서울대학교 조선공학과 공학석사
 1994년 독일 Aachen 공대 용접공학 공학박사
 1982년~1987년 한국기계연구원 용접연구부 연구원
 1988년~1989년 한국기계연구원 용접연구부 선임연구원

1989년~1993년 독일 Aachen 공대 용접연구소 연구원
 1994년~현재 한국해양대학교 해양시스템공학부 교수
 관심분야: 용접기술, 생산공학, 공학 데이터베이스, 인공지능 정보처리, 퍼지시스템, 인공지능망, 웹프로그래밍, 웹데이터베이스