

굴삭기공장의 로봇용접 작업장 설계에 대한 3D 시뮬레이션 사례 연구

문덕희^{1*} · 조현일¹ · 백승근¹

A Case Study of the Design of Robot Welding Station in an Excavator Factory Using 3D Simulation

Dug Hee Moon · Hyun Il Cho · Seung Geun Back

ABSTRACT

Virtual Manufacturing is a powerful methodology for developing a new product, new equipment and new production system. It enables the checking errors in design before production. This paper is a case study of virtual manufacturing in an excavator factory. The final welding operations of the boom and the rotating table of upper body are selected for application.

3D models of parts and fixtures are developed with CATIA[®] and 3D simulation models are developed with IGRIP[®]. These models are used for verifying the design of fixture and for the motion design of robot. As a result, the manual welding systems are replaced by automatic systems and many design errors are corrected in the design phase, which reduces the developing cost and time.

Key words : virtual manufacturing, 3D simulation, excavator, welding, robot

요약

가상생산은 새로운 제품의 개발, 새로운 설비의 개발, 새로운 생산시스템의 개발에 활용할 수 있는 매우 유용한 기술이다. 이 기술을 사용하면 실제 생산활동이 수행되기 이전에 다양한 설계오류를 수정할 수 있다. 본 논문은 가상생산기술을 굴삭기 생산공정에 적용한 사례다. 굴삭기 상부 부품의 하나인 붐과 상판회전체의 최종 용접공정을 연구의 대상으로 선택하였다. CATIA를 이용하여 각 부품의 3D 모델과 치구의 3D 모델을 개발하였으며, IGRIP을 이용하여 용접공정의 3D 시뮬레이션 모델을 개발하였다. 이러한 3D 모델들을 치구의 설계검증과 로봇시스템의 동작경로 검증등에 활용하였다. 결과적으로 수동 용접공정을 로봇을 이용한 자동용접공정으로 전환하였으며, 그 과정에서 설계오류에 의해 발생하는 재작업시간과 비용을 감축시켰다.

주요어 : 가상생산, 3D 시뮬레이션, 굴삭기, 용접, 로봇

1. 서론

급속한 정보기술의 발전은 제품의 수명주기(Life Cycle)를 단축시키고 국가 간, 기업 간의 경쟁을 더욱 심화시키고 있다. 이런 급속한 정보기술의 발전에 따라, 제조현장은 실물중심의 설계와 생산방식에서 벗어나 이제

는 컴퓨터를 이용한 가상공간에서 설계부터 생산까지 사전에 검토하는 가상생산(Virtual Manufacturing, VM) 개념이 보편화되고 있다. 가상생산은 기존 또는 새로운 여러 정보기술들을 미리 생산시스템에 도입하여 가상적으로 전 제품 수명 주기에 걸친 생산 활동을 사전에 수행해 볼 수 있는 컴퓨터 모델로, 이를 이용하면 생산 활동에서 빈번하게 발생하고 있는 설계변경에 추가되는 비용과 시간의 낭비를 최소화 할 수 있다(Iwata 등^[6]). 다시 말하면 가상생산은 제품설계 및 생산 전 과정에 걸쳐서 의사결정의 질을 향상시키기 위한 통합화 된 모의환경이다. 이는 실제 제조환경과 흡사한 컴퓨터 모델을 구축하고, 이를 이용하여 실제 제조환경을 수정하고 제어함으로써, 제품의 개발 및 제조시간을 줄이기 위한 방법이라고 할 수 있

* 본 연구는 교육인적자원부, 산업자원부, 노동부의 출연금으로 수행한 산학협력중심대학육성사업의 연구결과입니다.

2005년 12월 31일 접수, 2006년 3월 7일 채택

¹⁾ 창원대학교 산업시스템공학과

주저자 : 문덕희

교신저자 : 문덕희

E-mail: dhmoon@changwon.ac.kr

으며, 제품의 설계 및 생산을 지원하기 위해 컴퓨터 모델이나 시뮬레이션을 사용하는 것을 말한다. 따라서 가상생산은 Digital Manufacturing (DM)이라고 명명되기도 한다.

가상생산의 범위는 제품설계중심의 가상생산, 공정설계 및 운영 중심의 가상생산, 생산시스템 설계 및 운영 중심의 가상생산 등 크게 3가지 정도로 나누어 생각해 볼 수 있다. 제품설계중심의 가상생산은 설계단계에서 설계자에게 생산에 필요한 정보를 사전에 제공하여 고품질의 제품을 설계하고, 유연성 및 조립성 등과 같은 목표를 달성하기 위하여 제품설계(Product Design) 단계에서 가상생산 기술을 이용하는 것을 말한다. 3D CAD 관련 기술이 대표적인 설계중심의 가상생산기술이다.

반면에 공정설계 및 운영중심의 가상생산 이란 단위기계에서의 공정(가공, 프레스, 용접, 도장 등)에 대한 검증 을 하기 위한 것으로 특정 공정을 구현하는데 적합한 많은 소프트웨어 들이 개발되어 있다. 최근에는 작업자 근 골격계 문제의 대두로 인하여 작업자 동작분석을 위한 소프트웨어들이 많이 도입되고 있다.

생산시스템 설계 및 운영중심의 가상생산은, 여러 가지 생산 대안들을 보다 쉽고 빠르게 평가하기위해 생산과정을 시뮬레이션 하는 것으로 배치계획, 생산능력평가, 버퍼 분석, 물류시스템 설계, 공정균형(Line Balancing) 등을 주요 대상으로 한다. 전통적인 이산형시뮬레이션 (Discrete Event Simulation)이 여기에 포함된다. <표 1>은 가상생산과 관련하여 널리 사용되고 있는 대표적인 소프트웨어다.

가상생산에 적용하기 위한 소프트웨어를 선정할 때 가장 중요한 것은 호환성이다. 특히 3D 모델을 얼마나 완벽하게 다른 시스템으로 변환시켜 줄 수 있는가 하는 점이

매우 중요하다. 따라서 3D CAD 소프트웨어를 중심으로 가상생산에 활용되는 소프트웨어들이 통합되고 있는데, 대표적인 그룹이 CATIA®를 중심으로 하는 Dassault 제품군과 NX (구 UniGraphics)를 중심으로 하는 UGS 제품군이다.

국내외를 막론하고 제품 설계단계에서 가상생산을 이용하는 것은 이미 보편화 되었으며, 근래 들어 공정설계 단계나 시스템설계단계에서 가상생산을 적용한 연구결과 들이 많이 발표되고 있다. Bossak^[4]은 SBD(Simulation Based Design)의 필요성과 향후 전망에 대해 소개한 바 있으며, Xu 등^[10]에서는 가상생산을 이용하여 제조시스템 시뮬레이션 모델을 구축하는 절차에 대해 발표하였는데, 이 논문에서는 기존의 연구들에 대하여 분야별로 분석을 상세히 하고 있다. Qin 등^[8]은 기계를 협동작업으로 설계 할 때 인터넷을 이용하여 어떻게 시뮬레이션을 하고 데이터를 공유하는지에 대한 연구를 하였으며, Java를 이용한 시스템을 개발하였다. Park^[7]은 가상생산 시스템을 모델링하기 위하여 객체지향적 방법론을 제시하였는데, Virtual Device Model, Transfer Handler Model, State Manager Model, Flow Controller Model의 네 가지 객체를 사용하였다.

한편 생산시스템설계분야에서의 가상생산 적용연구도 산업별로 많은 연구가 진행되고 있다. 문덕희 등^[1]은 자동차회사의 엔진블럭 가공라인 설계에 3D 시뮬레이션을 적용한 논문을 발표하였으며, Qui^[9]는 가상생산라인을 기초로 한 반도체 생산시스템의 재공재고(Work-In-Process, WIP)관리에 관한 연구를 진행하였는데, 반도체 생산에 있어 그 복잡성과 지속적으로 증가하는 장비와 비용에 관한 문제, 재공품 재고관리 등의 문제를 가상생산을 이용한 시뮬레이션을 통해 해결하였다. Ding 등^[5]은 유연생산 시스템(Flexible Manufacturing System, FMS)의 배치문제를 가상생산을 이용하여 해결한 바 있다. 또한 Ben-Gal과 Bukchin^[3]은 작업자의 작업동작을 가상생산을 이용하여 인간공학적으로 분석한 논문을 발표하였다.

이와 같이 가상생산 도입을 위한 다양한 연구결과들이 발표되고 있음에도 불구하고 국내 산업체에서는 아직 그 활용 정도가 미미한 편이다. 설계단계의 가상생산 기술은 전반적인 산업체에 보급되어 있지만 공정설계 및 운영단계의 가상생산 적용, 시스템운영 및 설계단계의 가상생산 적용은 자동차업체와 조선업계를 제외하고는 활성화되어 있지 못한 실정이다.

특히, 건설중장비산업은 다른 산업과 비교하여 그 단위 와 경제적인 규모가 크지만 아직까지 가상생산의 도입이

표 1. 가상생산에 사용되는 대표적 소프트웨어

분야	대표적인 소프트웨어
제품설계	CATIA [®] , NX [®] (UniGraphics), SolidEdge [®] , SolidWorks [®] , Pro-e [®] , Auto-CAD [®]
공정설계 및 운영	IGRIP [®] , DPM-Assembly [®] , DPM-Human [®] , UltraArc [®] , Virtual NC [®] , eM-Machining [®] , eM-Press [®] , eM-Human [®] , eM-Workplace PC [®] (Robcad)
생산시스템 설계 및 운영	QUEST [®] , eM-Plant [®] , FlexSim [®] , AutoMod [®] , ProModel [®] , ARENA [®] , Factory-CAD [®]

미흡한 실정이다. 현재 국내 건설중장비 업계의 가상생산 기술 현황을 보자면, 제품 및 부품의 설계 일부에는 3D CAD가 도입되어 있으나, JIG나 Fixture 등 치구설계는 2D CAD가 일반적으로 사용되고 있다. 따라서 설비 제작 과정에서 여러 번의 시행착오를 겪고 있으며, 작업장 구축단계에서도 다시 시행착오를 겪고 있다.

최근 들어 일부 건설중장비 완성차업체를 중심으로 가상생산을 도입하고자 하는 움직임을 보이고 있지만, 부품을 생산하는 중소기업의 경우 대부분이 3D CAD조차 활용하지 못하는 실정이며, 3D 시뮬레이션의 필요성을 충분히 알고 있지만, 아직까지 관련된 연구를 진행하지 못하고 있다.

본 논문에서는 국내 굴삭기 제조업체의 일부 공정을 대상으로 로봇을 이용한 자동화 공정을 구축하는데 가상생산기술을 단계적으로 적용한 사례를 다룬다. 특히 연구 대상이 가접과 본접으로 구성되는 용접셀(Cell)에 대한 설계가 목적이기 때문에 대표적인 3D CAD 소프트웨어인 CATIA®와 로봇 시뮬레이션 소프트웨어인 IGRIP®을 사용하였다. 특히 이 두 소프트웨어는 Dassault-Delmia사의 제품으로 3D 모델의 호환성이 매우 우수하다. 2장에서는 굴삭기의 개요와 대상부품을 설명하였으며, 3장에서는 CATIA®와 IGRIP®을 이용하여 3D 시뮬레이션 모델을 개발하는 과정에 대해 설명하였다.

2. 굴삭기의 개요

건설 중장비는 굴삭기, 지게차, 천공기, 로더, 모터롤러 등 수많은 종류가 있으나 본 연구는 굴삭기 제조공정을 대상으로 하였다. 일반적으로 굴삭기는 버킷(Bucket)을 이용하여 땅을 파는 장비로서, 그 구성은 일반적인 차량과 같이 프레임(Frame) 위에 엔진과 바디(Body)가 장착되며 작업을 위한 상판회전체(선회베어링)와 붐(Boom),

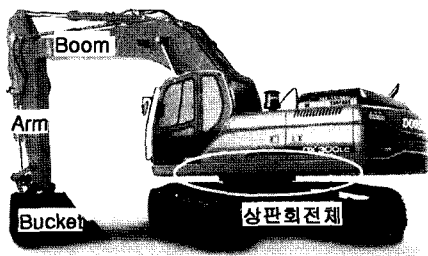


그림 1. 굴삭기의 구조

암(Arm), 버킷 등으로 구분된다. <그림 1>은 일반적인 굴삭기의 구조다.

특히, 붐, 암, 버킷, 프레임, 상판회전체(선회베어링) 등을 제작하기 위해서는 3t 이상의 두꺼운 철판을 절단하고 용접해야 한다. 철판의 절단은 이미 레이저 절단기 등의 기술발달로 자동화가 이루어져 있다. 일반적으로 CO₂용접을 할 경우 형상의 뒤트림이나, 철판의 인장에 의한 불량을 제거하기 위해 가접 후 본접을 하는 2단계 공정을 거쳐야 한다. 이와 유사한 생산형태를 가지는 자동차 차체공장에서는 대부분의 용접공정을 가상생산 기술을 이용하여 설계하고 자동화시킨 것에 반하여 중장비 산업에서는 아직도 작업자의 수작업에 의존하는 비율이 높은 편이다. 그 이유는 철판 및 프레임이 두껍고, 제품의 크기가 크기 때문이라 하겠다. 따라서 가접공정보다는 본접공정 위주로 자동화가 되어있으며, 직선구간 등 용접경로가 단순하고 용접량이 많은 부분에 한하여 용접 로봇을 사용하고 있는 실정이다. 하지만 자동화 설비 개발을 위해서 가상생산 기술을 사용하지 않고 있다.

3. 연구내용

3.1 연구의 범위

굴삭기의 전체적인 부분을 가상생산을 이용하여 자동화를 위한 기반을 갖추기에는 그 범위가 너무 방대하므로, 본 논문에서는 굴삭기의 일부인 붐과 상판회전체 가접/본접공정을 자동화시키기 위한 가상생산기술 적용을 다루고자 한다. 구체적으로는 <표 2>에 있는 바와 같이 3D CAD 개발도구인 CATIA®를 이용하여 붐과 상판회전체(선회베어링)에 대한 부품을 설계하였으며, 붐과 상판회전체의 가접과 본접에 필요한 치구를 설계하였다. 또한 IGRIP®을 이용한 장비와 작업물간의 간섭을 체크하였으며, 용접 로봇의 경로를 생성하여 OLP(Off Line Programming)적용을 위한 기반을 갖추었다.

IGRIP®을 사용하여 장비를 시뮬레이션하는 것은 장비와 치구, 치구와 장비, 장비와 로봇, 로봇과 장비간의 동작 중 간섭을 체크할 수 있는 이점만 있는 것이 아니라, 작업구동에 필요한 데이터를 입력하여, 공정소요시간을 예측할 수도 있으며, 장비 및 로봇의 구동 속도, 구동의 시작과 종료 중에 발생하는 가속과 감속도, TCP(Tool Center Point)의 위치와 장비의 구동방식인 ‘Move Type’ 등과 같은 실제 작업에서 일어나는 모든 상황을 정확하게 구현하고 검증할 수 있기 때문에 OLP의 기초자료를 얻는

데 도움을 주기 때문이다.

표 2. 연구의 범위

개발내용	Boom		상판회전체 (선회베어링)	
	가접	본접	가접	본접
CATIA [®] 를 이용한 부품 3D 설계	O		O	
CATIA [®] 를 이용한 치구 3D 모델 설계	O	O	O	O
IGRIP [®] 을 이용한 간섭확인	O	O	O	O
로봇을 이용한 자동화 라인 설계 및 로봇 Teaching	O	O	O	O

3.2 제품 및 치구의 3D 모델링

이 연구의 전체적인 추진 방법은 <그림 2>에 제시된 바와 같다. 궁극적인 목표는 가접공정과 본접공정을 통한 자동화 라인을 설계하고 3D 시뮬레이션을 이용하여 검증하는 것이다. 하지만 본 논문에서는 개별 공정에 대해 용접자동화 시스템을 구축하는 것으로 범위를 국한시켰다.

<그림 2>의 순서에 따라 연구 대상 부품인 붐, 상판회전체, 버켓 중 용접에 의한 변형에 가장 민감한 붐과 상판회전체의 최종 가접, 본접 공정을 연구대상으로 선정하였으며, 이들 부품을 CATIA[®]를 이용하여 3D CAD로 설계하였다. <그림 3>은 설계된 붐의 모델이며, <그림 4>는 상판회전체의 전체 모습이다.

다음 단계는 두 제품의 용접을 위한 치구를 설계하는 일이다. 붐은 용접을 위한 단품의 크기가 크고 용접부위가 넓어서 변형을 고려하여 용접점을 여러 블록으로 나누어 가접한 후 다시 본접을 해야 하는 부품으로 가접을 할 때 단품의 형상이 변형되지 않고 위치를 벗어나지 않게 고정하는 치구의 설계가 우선시 되어야 한다. 그래서 붐 가접을 위한 치구를 3D 모델로 개발하였다.

상판회전체의 경우는 용접부위가 회전면이라서 치구가 45도 이상 경사운동(tilting)이 가능하여야 한다. 치구의 기울임이 가능해야만 로봇의 용접건(gun)이 위쪽방향에서 작업을 할 수 있게 되므로 용접면의 품질이 좋아진다. 이와 같은 목적으로 따라서 작업이 원활하게 수행될 수 있다. <그림 5>는 CATIA[®]를 이용하여 설계한 붐의 가

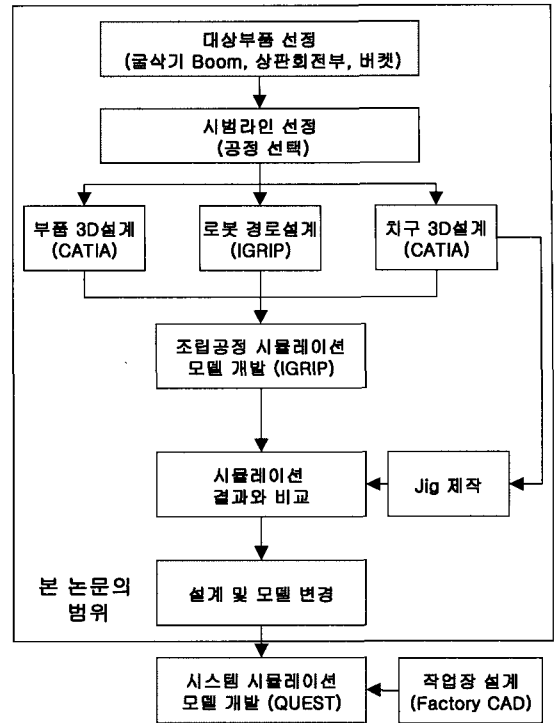


그림 2. 연구 추진 흐름도

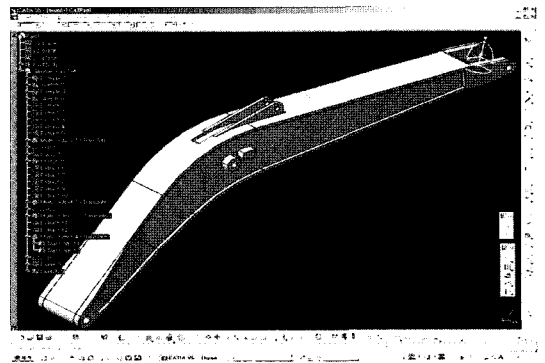


그림 3. CATIA를 이용한 Boom 3D 모델

접치구이며, <그림 6>은 상판회전체의 가접치구다.

3.3 IGRIP을 이용한 3D 모델 변환

위와 같이 CATIA[®]에서 설계된 부품과 치구를 장비와 부품 또는 작업물간의 간섭을 체크할 수 있고, 로봇 시뮬레이션을 할 수 있는 IGRIP[®] 용 3D 모델로 변환하였다. 이를 위해 CATIA[®]의 모델을 부품단위로 나누어서 WRL형식의 파일로 변환하여 IGRIP[®]에서 불러들인 후 다시 조립을 하였다.

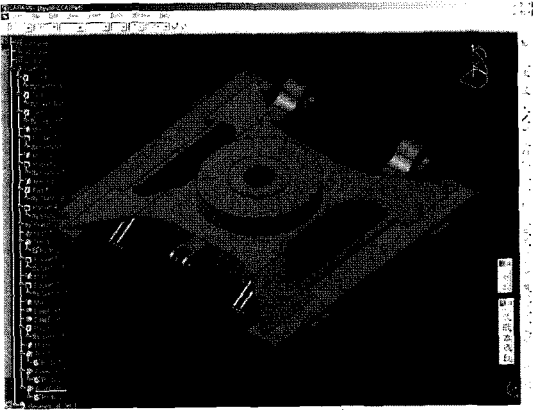


그림 4. CATIA®를 이용한 상판회전체 3D 모델

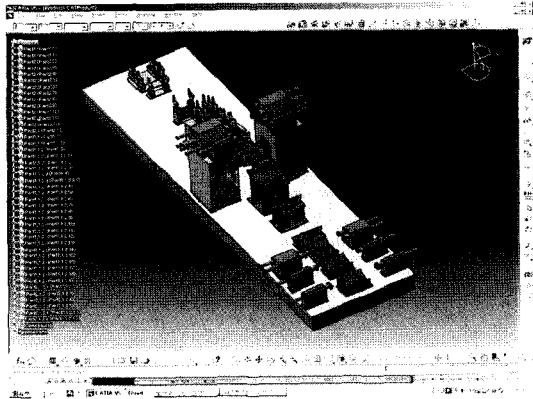


그림 5. 붐 가접치구의 3D 모델

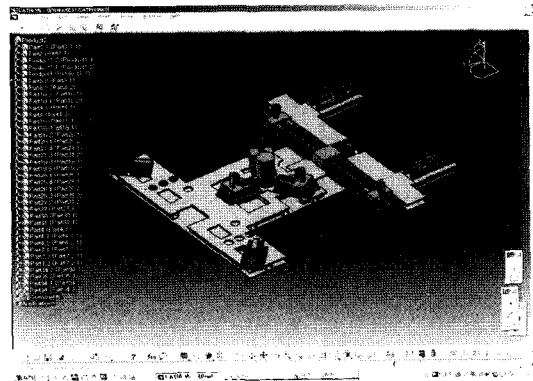


그림 6. 상판회전체의 가접치구 3D 모델

<그림 7>은 붐과 가접치구가 IGRIP®에서 조립된 모습이며, <그림 8>은 상판회전체가 가접치구에 장착된 모

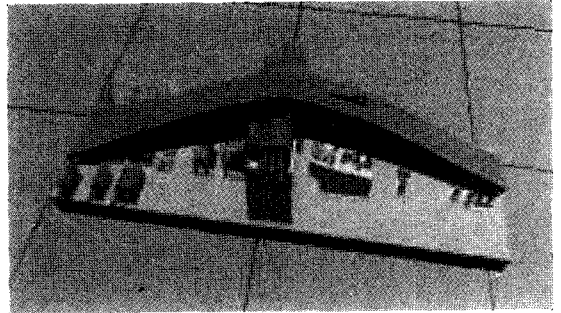


그림 7. IGRIP®에서 치구에 붐을 장착

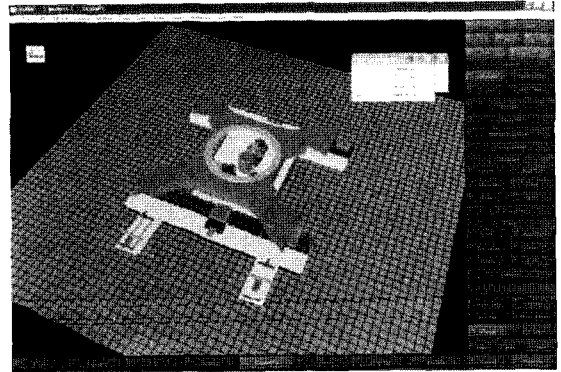


그림 8. IGRIP®에서 치구에 상판회전체 장착

습이다. 이와 같은 과정을 통하여 <그림 9>와 같이 치구와 제품에 간섭이 발생하는 것을 확인할 수 있었고, 이를 반영하여 치구 설계변경을 하였다. 특히 2D 설계를 하는 경우 설계오류가 빈번하게 발생하는데, 이러한 과정은 치구설계에 있어서 초기설계의 수정 및 보완되어야 할 부분을 찾아내고 재작업에 따른 위험을 줄이기 위해 반드시 선행되어야 한다. 이러한 시뮬레이션은 초기에 설계된 치구설계를 변경하고 치구 제작 시 시뮬레이션의 결과를 반영하여 하나의 치구에서 최대한 여러 종류의 붐이나 상판회전체의 조립작업이 가능한 치구를 제작할 수 있는 데이 터로 이용할 수 있다.

3.4 자동화 로봇 모델링 및 용접경로 생성

건설중장비의 붐이나 암, 상판회전체는 그 크기가 상당히 크고 스폿(Spot) 용접으로는 중장비로서 견뎌야 하는 하중을 지탱할 수 없기 때문에 아크(Arc)용접을 한다. 앞에서도 언급한 바와 같이 아크용접을 할 경우 용접에 의한 작업물의 변형이 일어나기 때문에 용접임계길이를 넘

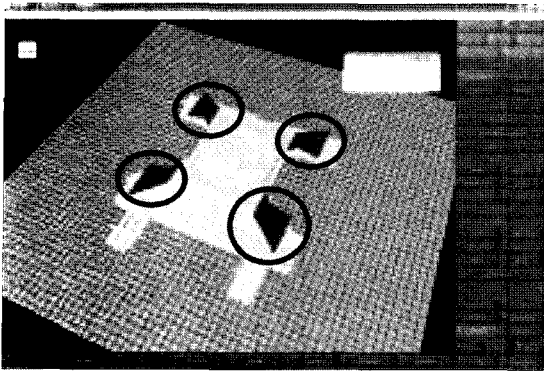


그림 9. 치구와 상판회전체와의 간섭확인

어설 수가 없다 (박정웅^[2]). 그래서 이러한 경우 가접이 선행되어야 한다.

bum의 경우 철판의 용접에 의한 변형을 최소화 하기 위해 유압을 이용한 치구위에 bum의 단품을 조립하여 위치시키고 일차 가접을 한 다음, 본접을 위한 치구에 가접이 완료된 bum을 결합하여 본접을 완료한다. 이러한 방식은 압이나 상판회전체에도 똑같이 적용된다. 가접 역시 스폿(Spot) 용접이 아니라 아크(Arc) 용접이지만 용접이 되는 부분이 짧고 일정한 간격을 유지하기 때문에 용접열에 의한 변형을 최소화한다. 또한 본접을 할 때 그 형상이 변형되지 않게 잡아주는 역할을 하게 되어 보다 안정적인 용접 작업을 할 수 있게 해준다.

bum은 그 길이가 최소 2m이상 되기 때문에 가접을 위한 용접 로봇이 고정되어 있으면 치구가 움직이거나 bum을 움직여야 하는데, 이러한 방법을 사용하면, 위치이동에 의한 bum의 단품위치가 변화될 수 있기 때문에 치구와 bum은 고정된 상태에서 가접 로봇이 움직이는 것이 바람직하다. 그러므로 이러한 작업이 가능한 7축 로봇을 설계하여 가접이 용이하게 하였다. 이를 위해서는 OLP를 통하여 로봇의 용접점을 정의하고 용접경로를 생성하고 이 용접경로를 가장 안정된 자세로 로봇이 따라갈 수 있게 로봇의 이동경로를 생성하여 교육(Teaching) 하는 것이 핵심이라 할 수 있다. 또한, 용접경로를 따라 최단거리로 이동하면서, 로봇과 bum, 치구간의 간섭이 발생하지 않도록 확인하여 최적의 용접경로를 생성하는 것이 중요하다. IGRIP[®]에는 기존에 상용화되어 있는 로봇제품들이 라이브러리로 포함되어 있어 손쉽게 작업의 목적에 알맞은 로봇을 선정할 수 있다. <그림 10>은 bum 가접공정을 IGRIP[®]으로 구현한 것이다.

가접이 완료되면 본접공정이 이루어지는데 본접의 경

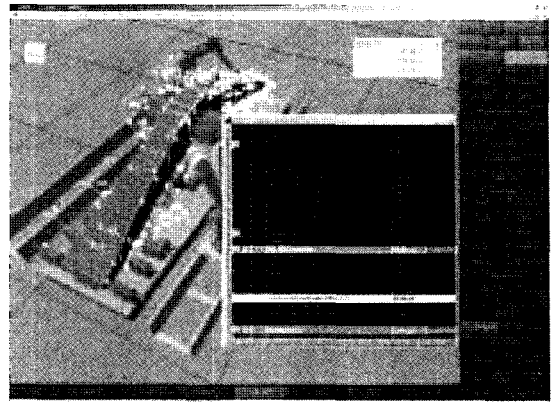


그림 10. IGRIP[®]을 이용한 bum 가접공정의 로봇동작 설정

우 이미 bum의 형상이 가접을 통해 완전히 자리를 잡았으므로, 더 이상 치구로 단품의 위치를 고정할 필요가 없어진다. 철판과 철판사이를 완전히 용접하여야 하기 때문에 용접 건(Gun)이 지나야 할 부분에는 방해물이 없는 것이 가장 적합하다.

<그림 11>과 같이 본접 치구는 bum의 양쪽 끝만 고정시켜 용접 건(Gun)의 이동경로를 방해하지 않으며, 이미 고정된 bum의 용접을 용이하게 하기 위해 회전이 가능하게 설계하였다. 본접 로봇은 가접에 비해 용접해야 되는 부분이 상대적으로 많아 그만큼 작업이 오래 걸리게 된다. 자동화 라인을 설계할 때, 애로공정이 될 수 있기 때문에 용접로봇을 두 대 설치하였다.

상판회전체 역시 bum의 경우와 크게 다르지 않으나, bum의 용접이 직선형이었다면 상판회전체는 곡선용접이 필요한 부분이다. 상판회전체의 형상이 <그림 4>와 같이 중

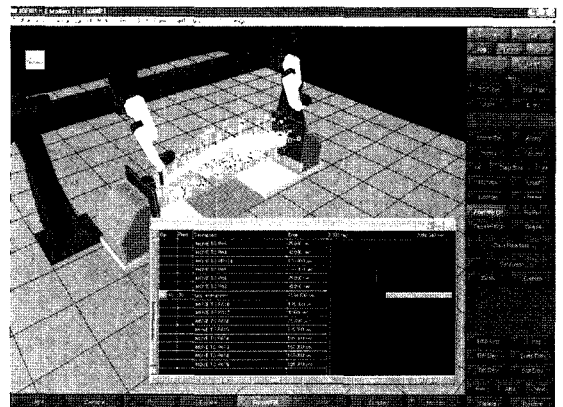


그림 11. IGRIP[®]을 이용한 bum 본접공정의 로봇동작 설정

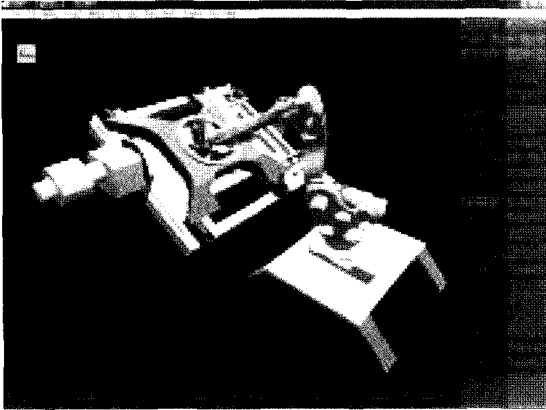


그림 12. IGRIP[®]을 이용한 상판회전체 가접 자동화 모델링

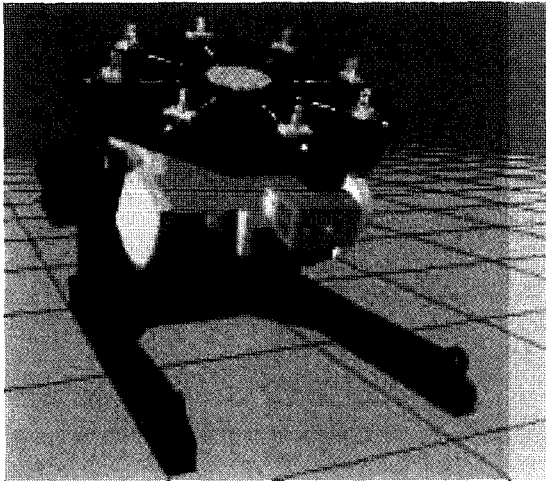


그림 13. IGRIP[®]을 이용한 상판회전체 본접 치구 모델링

양은 원형이고 테두리는 각이 진 형태라서 상판회전체의 가접이나 본접 치구는 중앙의 원형부분을 고정시켜줄 필요가 있다.

앞에서도 언급한 바와 같이 상판회전체의 치구는 45도 이상 경사운동(tilting)이 가능하여야 하며 실제 설계된 치구는 <그림 12>와 같이 120도 이상 경사운동이 가능하다. 상판회전체의 치구가 붐의 경우와 달리 움직여도 가능한 것은 선회베어링 부분이 상대적으로 작은 부품이고, 원 안에서 3점을 고정하는 방식이라 부품이 유동하지 않고 정확한 위치에 고정되어 있을 수 있기 때문이다. 상판회전체의 용접은 치구가 경사운동을 하기 때문에 용접로봇은 고정되어있다. 용접경로설정방법은 붐을 가접하는 방식과 동일하다.

<그림 13>은 상판회전체를 본접하기 위한 치구를 IGRIP[®]으로 모델링 한 것이다. 이 치구는 경사운동 기능과 회전 기능을 동시에 가지고 있어서 로봇을 이용한 용접 자동화를 가능하게 해 준다.

4. 결 론

본 연구는 굴삭기 제조공정 자동화를 위하여 가상생산 기술을 응용한 사례다. 이를 위해 붐과 상판회전체를 3D 모델로 개발했으며, 가접 및 본접치구도 3D 모델로 개발한 후 설계를 검증하였다. 또한 로봇 자동화를 위하여 용접로봇의 용접경로를 생성하였다. 그 결과 아직까지 가상생산의 도입이 미흡한 건설중장비분야에 설계중심의 가상생산인 3D CAD뿐만 아니라, 고가의 장비, 소프트웨어 등의 문제로 수행할 수 없었던 공정중심의 가상생산을 도입하는 기반을 마련하였다.

치구설계 및 제작과정에서 3D 시뮬레이션을 응용한 결과 사전 검증효과로 설계변경에 따른 수정회수가 과거에 비해 50%이상 감소하였고 제작비용의 절감과 납기준수율 향상의 효과를 얻을 수 있었다. 또한 이번 연구에서 개발된 요소부품의 3D모델을 단위화하여 향후 유사제품 제작 시 설계제작기간의 단축 효과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 문덕희, 성재현, 조현일, “엔진블럭 가공라인 초기설계안 검증을 위한 시뮬레이션 연구”, 「한국시뮬레이션학회논문지」, 12권, 3호 (2003), pp41-53.
2. 박정웅, “용접변형의 특성과 임계용접길이”, 「대한용접학회지」, 33권 4호(2003), pp1-3.
3. Ben-Gal, I. and J. Bukchin, The Ergonomic Design of Workstations Using Virtual Manufacturing and Response Surface Methodology. IIE Transaction, Vol.34, (2002), pp.375-391.
4. Bossak, M.A, “Simulation Based Design,” Journal of Materials Processing Technology, Vol.76, No.1, (1998), pp.8-11.
5. Ding G., K. Yan, H.E. Yong and D. Dan, “Layout of Virtual Flexible Manufacturing System and Machining Simulation,” In : Proceedings of 2004 Jeju Simulation Multi conference, (2004), pp.1-10.
6. Iwata.K. M. Onosato. K. Teranmoto. and S. Osaki. “Virtual Manufacturing Systems as Advanced Information Infrastructure for Integrating Manufacturing Re-

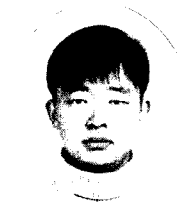
- sources and Activities”, Annals of the CIRP, Vol.46, No.1, (1997), pp.335-338.
7. Park, S. C., “A Methodology for Creating a Virtual Model for Flexible Manufacturing System,” Computers in Industry, Vol.56, No.7, (2005), pp.734-746.
 8. Qin, S. F., R. Harrison, A.A. West, and D.K. Wright, “Development of a Novel 3D Simulation Modelling System for Distributed Manufacturing,” Computers in Industry, Vol.54, No.1, (2004), pp.69-81.
 9. Qiu, R.G. “Virtual Production Line Based WIP Control for Semiconductor Manufacturing System”, International Journal of Production Economics Vol.95 No.2 (2005), pp165-178.
 10. Xu, Z., Z. Zhao, and R. W. Baines, “Constructing Virtual Environments for Manufacturing Simulation,” International Journal of Production Research, Vol.38, No.17, (2000), pp.4171-4191.



문 덕 희 (dhmoon@changwon.ac.kr)

1984 한양대학교 공과대학 산업공학과 학사
1986 한국과학기술원 산업공학과 석사
1991 한국과학기술원 산업공학과 박사
1990~현재 창원대학교 산업시스템공학과 교수

관심분야 : Facilities Planning, Simulation, Scheduling,



조 현 일 (kojie@hanmail.net)

2004 창원대학교 산업시스템공학과 학사
2006 창원대학교 산업시스템공학과 석사
2006~현재 GM Daewoo Auto & Technology 근무중

관심분야 : 3D Simulation, 자동차 생산라인 설계



백 승 근 (skyarare@hanmail.net)

2005 창원대학교 산업시스템공학과 학사
2005~현재 창원대학교 산업시스템공학과 석사과정 재학중

관심분야 : 3D Simulation Modeling