

# 마이크로 공장을 위한 디지털 생산 시뮬레이션

박상호\*, 정영상+, 송준엽\*\*, 이승우\*\*, 김동훈\*\*, 이수훈\*\*, 박종권\*\*

## Digital Manufacturing Simulation for Micro Factory

Sangho Park\*, Young Sang Jung+, Jun Yeob Song\*\*, Seung Woo Lee\*\*, Dong Hoon Kim\*\*, Soo Hoon Lee\*\*, Jong Kweon Park\*\*

### Abstract

Existing manufacturing system has consumed too much energy, space and resource in micro parts manufacturing. To improve this, micro factory system is suggested. But it is difficult to get the high reliability in the assembly, production and inspection of the minute parts because the construction of the micro factory has been started just before. In this study, we will build the digital manufacturing simulation on the micro factory's process and verify the production and assembly process using this simulation.

**Key Words :** Mirco Factory(초소형 공장), Digital Manufacturing(디지털 생산), Digital Virtual Factory(디지털 가상공장)

## 1. 서론

최근 자동화 제조 시스템 분야는 소비자의 요구가 다양해지고, 급변하며, 글로벌 기업간의 경쟁이 치열해짐에 따라 시장 환경은 다양한 제품을 신속하게 생산할 수 있는 새로운 생산기술의 발전을 요구하고 있으며, 이에 대처하기 위해 마이크로 화라는 세계적인 추세에 부응하여 마이크로 부품을 제작하는 입장에 주안점을 둔 초소형

공장(Micro Factory)의 기술개발 및 연구가 진행 중에 있다[1]. 이는 공장 자체 혹은 공장을 구성하는 기계장치 등의 크기가 마이크로 급이라는 측면보다는 마이크로 급의 부품들을 대상으로 하여 크기에 부합된 초소형의 생산 공장이라는 의미를 지니는 것으로써, 세계주요국들은 21세기의 주요 혁신 산업 기술의 하나로 평가하고 나노/마이크로 기술 개발을 위해 국가 정책적 지원 하에 연구 개발 활동을 경쟁적으로 전개하고 있다[2].

\* 박상호, 충남대학교 기계설계공학과 (spark@cnu.ac.kr)

주소: 305-764 대전시 유성구 궁동 220

+ 충남대학교 기계설계공학과 (topaz@cnu.ac.kr)

++ KIMM(한국기계연구원)

이 기술 분야는 기계, 전기전자, 화학, 재료 등 전통 산업의 응용을 통해 해당 산업의 경쟁력을 향상시키는 것은 물론, 이미 새로운 주도적 기술 분야로 개발 잠재력이 견인되고 있는 정보통신, 생명과학, 환경, 항공우주 기술 분야의 산업화를 위한 생산요소 기술 분야로 광범위한 연구개발이 이루어지고 있다.

초소형부품의 마이크로 가공과 조립시스템,  $\mu$ -TAS로 표현되는 화학·생명과학·의약·의료분야에서의 마이크로 종합분석시스템 등을 위한 마이크로 시스템기술(Micro System Technology; MST)은 이미 미국, 유럽, 일본 등 기술선진국을 중심으로 실용화 단계로 진입하고 있는 양상이다.

Fig. 1과 같이 제품이 점차 고밀도화·고집적화 됨에 따라 미세 가공 기술의 고도화와 더불어 마이크로 머신을 실현하기 위한 개발 연구가 활성화 되고 있으며, 그 단계적인 결과로써 현재까지는 시계, 카메라, OA기기 등의 소형 정밀기 기들이 기존에 비하여 더욱 미세한 다수의 부품들로 구성되고 있다[3].

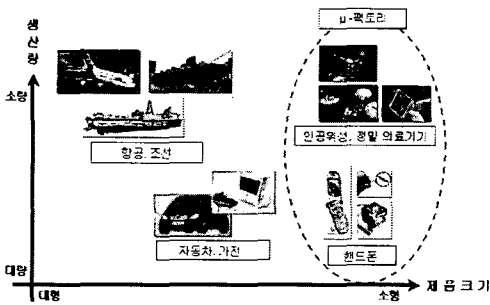


Fig. 1 제품의 소형화에 따른 고밀도·고집적화

그러나 현재로서는 이와 같이 미소한 부품들이 생산 대상물이라고 할지라도 그 생산 제조 시스템과 조립 라인의 치수 및 규모는 매우 큰 실정이며, 이를 개선하고자 초소형 공장시스템이 제안되었다. 하지만 초소형 공장을 이루는 부품 제조는 초소형 공장의 개발 및 생산에 대하여, 수 밀리미터 크기의 부품으로 구성된 3차원 구조물의 조립은 숙련된 기술자에 의해 가능할 수도 있지만 마이크로 크기의 부품을 정밀하게 가공, 조립하는 데에는 숙련된 기술자에만 의존할 수 없다[4].

따라서 초소형 공장 시스템을 이용하여 마이크로 크기의 부품을 가공, 조립하기 위해서 최근 자동화 제조시스템 분야는 정보의 관리, 제조업의 시제품 개발부터 양산에 이르

는 제품 설비, 제조 프로세스의 디지털화로 과학적이고 체계적인 정보를 가지며, 최적화를 통해 신속하고 유연한 제품의 개발 및 생산 실현을 지원하는 기술인 시뮬레이션을 기반으로 한 설계 및 제조 패러다임으로써, 가상생산(virtual manufacturing) 또는 디지털 생산(digital manufacturing)이 대두되고 있으며 특히 자동차, 선박, 항공기, 반도체 산업 등에서 이 새로운 제조 패러다임을 도입하기 시작하였거나 활용하고 있다[5].

본 연구에서는 현재 자동화 제조시스템 분야의 축소·소형화됨에 따라 이에 능동적으로 대처할 수 있도록 설계 및 연구 개발 중인 초소형 공장에 대한 공간 활용성 향상 및 축소·소형화에 따라 대두될 수 있는 문제점에 대하여 대처, 보완할 수 있는 패러다임인 디지털 생산(digital manufacturing)을 통하여 초소형 공장을 구축하며, 적합성 검증을 하고자 한다.

### 1.1 디지털 생산(Digital Manufacturing)

최근 제조업의 생산시스템은 새로운 국면을 맞이하고 있다. Group technology, JIS(Just In Time), 컴퓨터 기술을 활용한 3차원 CAD(Computer Aided Design), CIMS(Computer Integrated Manufacturing System), FMS(Flexible Manufacturing System), 셀(Cell) 방식의 생산기법 등이 생산 시스템에 이미 실현되었으며[6], 제품의 개발, 기획부터 시제품, 생산, 소멸까지의 제품 생명주기의 모든 정보와 그와 관련된 업무 프로세스를 포함한다. PLM은 기업이 비즈니스 환경변화에 신속히 대응하기 위해 혁신적인 제품 개발을 하여, 실제 투자를 하기 전에 제품의 라이프사이클 전체를 시뮬레이션 할 수 있도록 지원하는 것이다. PLM의 목표는 모든 제조업이 추구하는 바가 그러하듯 제품을 만드는 과정에 있어서 또는 어떠한 서비스를 제공하는 일에 있어서 가장 빠른 시간에 가장 적은 비용을 이용하여 가장 정밀한 제품과 정확한 서비스를 제공하는데 있다고 할 수 있다. 이러한 PLM 방법론을 구성하는 축은 크게 3가지가 있다. 제품에 대한 정보 생성에 관련된 CAD(Computer Aided Design), 그러한 제품 정보 및 제품 라이프사이클 동안의 모든 정보를 관리하는 PDM(Product Data Management), 마지막으로 디지털 매뉴팩처링이다[7].

이중에서 CAD와 PDM은 관련된 연구 및 프로젝트가 방대하게 이루어져 왔으며, 국내·외의 많은 제조업체에서 이미 도입하였고, 현재는 안정화 단계에 있다고 할 수 있다. 그에 비해 국내의 디지털 매뉴팩처링은 아직 초기적인 적용 단계에 머물고 있다.

## 2. 디지털 생산 적용사례

다양한 소비자의 요구가 급변하고 글로벌 기업간의 경쟁이 치열해짐에 따라 제조업의 시장 환경은 다양한 제품을 신속하게 생산할 수 있는 새로운 생산 기술의 발전을 요구하고 있으며, 이에 대해 신속히 대처할 수 있는 디지털 가상생산 시스템 구축이 필수적인 것으로 인식되고 있으며, 국내에서는 현재 자동차, 선박산업 등에 활용되기 시작하였다.

디지털 생산은 가상적으로 구축되는 디지털 공장에서 실제 생산과정을 시뮬레이션 하는 방법이며, 이를 구축하기 위해서는 체계적이며 일관된 방법론이 적용되어야 한다[8].

### 2.1 자동차 산업분야

이미 1980년대부터 기계화에 의존한 자동화 공정을 근간으로 여겼던 자동차 업체는 이러한 디지털생산 기술을 도입하여 뚜렷한 생산성 향상을 가져온 예가 이미 보고되고 있다.

다임러크라이슬러(Daimler Chrysler)는 1989년부터 DMAPS(Digital Manufacturing Process System)을 개발하여 설계와 제조 공정을 연결하는 가상 제조 시스템을 구축하여 왔으며, 3차원 CAD 및 가상생산 기술을 활용하여 금형 시간을 35~40% 감소시켰고, 자동차 제조 공정(Layout) 구축에 필요했던 6~8개월의 기간을 약 4~8주로 감소시켰고 하나의 조립라인에서 연간 2천만 볼의 절감효과를 가져왔다고 보고하고 있다. 또한 도요타 자동차는 V-COMM(Visual and Virtual Communication), Case 프로젝트를 통하여 디지털 목업과 가상조립(Digital Assembly) 기술을 활용하고 있다. 마쯔다 자동차의 경우도 가상 생산 모델을 이용함으로써 제품 개발 기간을 약 1/3 감소시키는 막대한 경제적 효과를 창출하였다고 보고하고 있다.

### 2.2 조선 산업분야

세계적인 자동차, 기계분야 제조사들이 가상생산 개념을 적용하여 시뮬레이션을 통해 엄청난 생산성 향상과 경쟁력 향상을 가져오고 있으나 국내 조선 산업은 가상 생산의 개념을 도입하기 시작하는 단계이다.

외국의 경우 미국의 NIDDESC, MARITECH 등의 프로젝트, 유럽의 NEURTABAS, MARITIME 등의 프로젝트 등을 통해서 국가적 차원에서 자본을 투자해서 새로운 조선

산업의 정보 인프라 구축을 위해 십수 년 전부터 노력하고 있다. 미국 해군은 프랑스의 다쏘 시스템(Dassault System)과 공동으로 가상 생산 시스템 구축에 필요한 3차원 선체 설계 시스템의 개발에 나섰고, 미국 조선 연구센터인 NSRP(National Ship Research Program)를 통해 Michigan 대학 등에 디지털 조선소(Digital Shipyard) 구축을 지원하고 있다. 이를 통하여 군함 개발 및 건조에 소요된 시간을 단축시키고 검증된 디지털 선박 생산 기술을 상선의 건조에 적용하여 조선 산업에서 새로운 기술의 리더로 부각하고자 노력하고 있다.

국내에서는 서울대학교의 디지털선박 신기술센터(Digital Shipbuilding Innovation Center)를 중심으로 현재 조선 분야의 디지털 생산 기술을 연구하고 있다. 특히, 2001년 12월부터 산업자원부 및 정보통신부의 지원을 받아 서울대학교와 삼성중공업을 중심으로 디지털 생산기술을 조선공정에 활용한 디지털 통합 선박건조 공법 개발을 연구해 오고 있다 [6].






## 3. Digital Micro Factory 구축

본 연구에서는 초소형 공장 시스템(Micro Factory System)에 대하여 디지털 생산의 개념을 적용시키는 초기 연구단계의 예로써, Table. 1과 같은 초소형 공장을 구성하는 동작기계에 대하여 디지털 화라는 새로운 패러다임의 구현을 위해 초소형 공장의 디지털 모델을 구축한다.

Fig. 2와 같이 초소형 조립공장의 설비, 제조환경 및 동작 기계에 대해 3D CAD 모델링하고 Fig. 3과 같이 디지털 공장을 구축한다.

디지털 공장을 통하여 다양한 초소형 공장의 공정을 시뮬레이션 함으로써 조기에 조립, 가공, 검사에 대한 공정성을 검증할 수 있기 때문에(제조상의 문제점들을 설계 단계로 다시 피드백 할 수 있어) 제조 품질의 향상과 조립 프로세스의 효율향상, 라인 구축의 품질 향상 등의 결과를 얻을 수 있다.

Table 1 Micro machine

초소형 공장의 구성요소	사진
마이크로 선반 2축이송형 모터구동형회전	
마이크로 밀링 M/C 2축이송형 모터구동형회전	
마이크로 프레스 모터가압구동 편칭과 벤딩 6단공정	
마이크로 이송암 4자유도(3축+회전) SCARA 매니플레이터 +평행기구 조합운동	
마이크로 핸들러 평행기구형 액츄에이터 구동	

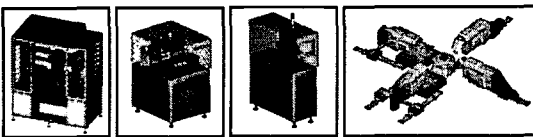


Fig. 2 초소형 조립공장의 설비, 제조환경 및 공작기계 모델링

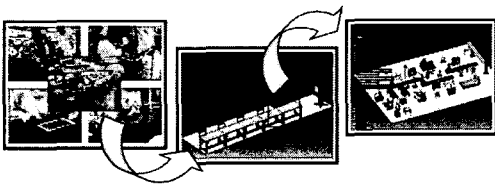


Fig. 3 Digital Micro Factory 구축

구축된 디지털 조립공장을 기반으로 Fig. 4와 같은 방법을 통하여 3차원 DMU 상에서 초소형 공장의 조립 공정 구축시 발생할 수 있는 문제점에 대하여 다음과 같이 분석을 한다.

○ 공장 배치 계획

초소형 공장 구축에 필요한 설계, 설비 등의 가상화를 통하여 다수 작업자들의 협업을 수행한다.

○ 설비 간섭 확인

초소형 공장을 구성하는 마이크로 공작기계의 배치로 인한 소형 설비 및 구조물과의 간섭 등에 대한 문제점을 검토한다.

○ 생산흐름 및 물류 분석

설비, 구조물 배치에 따른 시뮬레이션을 통하여 제품 사이클 평가 및 최적화를 수행한다.

○ 공정계획 및 분석

공정계획의 수행과 배치 결과에 대한 분석 등이 동시에 진행되는 협업 환경을 구축한다.

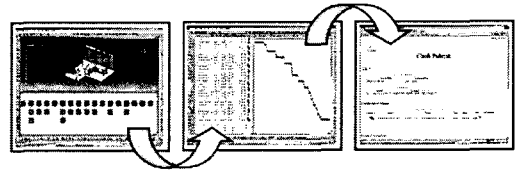


Fig. 4 Digital Micro Factory 공정분석

4. 결론

마이크로 부품의 제조에 비해 과도한 에너지, 공간, 자원을 소비하고 있는 공정을 개선하고자 추진되고 있는 초소형 공장의 실현은 제한된 범위 내에서의 고밀도, 고집적화에 의해 정밀한 제어 및 조립, 검사에 따른 신뢰성 있는 사전 검증이 필요하다. 이에 디지털 생산 기법을 통한 초소형 공장의 구축으로 디지털 초소형 공장은 설비 변경, 생산 계획 일정 변경에 따른 생산량 및 장비 부하율의 예측과 사전 검증이 가능하게 되며, 사전 검증을 통한 생산 시스템의 최적화를 구성할 수 있게 되고 민첩하고, 유연성 높은 생산 시스템을 구축할 수 있게 된다. Fig. 5와 같은 기술의 흐름으로 점점 세분화·미세화에 따른 Micro/Nano 공정의 발전을 촉진시킬 수 있으며, 가상현실(virtual reality)기반의 고밀도·고집적화에 의한 정밀한 제어 및 조립, 검사에 따른 높은 신뢰성을 가지는 작업을 수행할 수 있을 것으로 본다.

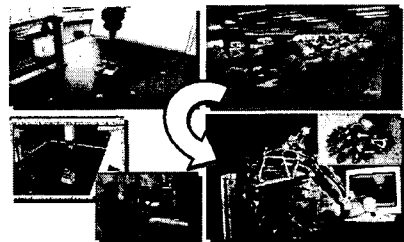


Fig. 5 Micro Factory 기술의 흐름

## 참 고 문 헌

- (1) J. K. Park, "Technical Trends of Micro Factory", *Journal of the Korean Society of Precision Engineering*, Vol. 19, No. 10, pp. 7~14.
- (2) J. H. Kang, "Development of Microfactory System for Future Industry", *Journal of the Korean Society of Precision Engineering*, Vol. 19, No. 10, pp. 15~22. 2002.
- (3) J. H. Hong, "Technical Trends of Intelligent Microfactory for Next Generation", *Journal of the Research Institute of Industrial Technology*, Vol. 19, No. 1, pp. 39~51. 2004.
- (4) C. M. Lee, T. S. Lim, W. S. Jung, D. W. Lee, "Micro-Measurment and Machining Complexation", *Journal of the Korean Society of Precision Engineering*, Vol. 19, No. 10, pp. 31~36. 2002.
- (5) J. G. Shin, "Introduction to Digital Shipbuilding", *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, pp. 299~340. 2001.
- (6) J. G. Shin, J. H. Woo, Y. R. Choi, "Production of Competitive Power by Digital Manufacturing", *Journal of the KSME*, Vol. 43, No. 11, pp. 40~45. 2002.
- (7) J. G. Shin, H. J. Lim, Y. L. Choi, J. H. Woo, "Introduction of Digital Manufacturing", *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, pp. 38~42. 2004.
- (8) G. Y. Kim, T. K. Park, S. D. Noh, S. D. Hahn, J. G. Shin, "Workflow Analysis of Shipbuilding for Digital Virtual Manufacturing", *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, pp. 1~6.
- (9) J. H. Kim, D. W. Kim, H. S. Sin, J. Y. Lee, K. G. Lee, J. Heo, S. D. Noh, "Manufacturing DMU and Integration with a Digital Virtual Factory for Automotive General Assembly", *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, pp. 7~12. 2005.
- (10) J. H. Woo, D. K. Oh, K. K. Lee, C. J. Lee, Y. D. Kwon, J. G. Shin, "Case study of the frame work construction and a practical application for the digital shipyard factory", *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers*, pp. 25~35.
- (11) Y. S. Kim, "Design and Implementation of multichannel visualization module on PC cluster for virtual manufacturing simulation", *Department of Mechanical Engineering, Division of Mechanical Engineering*. 2004. Master's Thesis.