

선체부품 네스팅 및 절단공정 자동화시스템 구축에 관한 연구

박 명 규* · 김 원 돈**

Construction of an Automation System for Hull Part Nesting and Cutting

M. K. Park* · W. D. Kim**

Abstract

The technology of computerization in the shipbuilding industry in Korea has not been developed by its own effort but has depended on the introduction of systems from advanced shipbuilding countries. Since we did not try to develop the application software according to the developing trend of computer hardwares, shipyards had to introduce the same kind of systems from abroad whenever new technology showed up.

In this paper, we propose a conceptual configuration for a hull CAD(Computer Aided Design) system to effectively apply to shipyards, and then develop an automatic nesting program and cutting system for hull structural parts.

The nesting is a very important process which connects design information to production preparation of newbuildings in the shipyards. An automatic nesting algorithm has been developed to find the best position in the raw plate for each part. The algorithm uses heuristic search methods to minimize the scrap area, and good results were obtained with relatively low computational effort. The development of an automatic nesting program, which can solve all the requirements of shipyards, can enhance productivity through process improvement.

Nesting activities necessarily have to be dependent from the hull fabrication process. The economy of the hull fabrication depends upon the utilization of the NC-cutting machine and application of the material control system. To be effective, the CAD/CAM/MIS system must address all phases in the process in such a way that information from one stage can be utilized in the next. In this sense, application analysis corresponding to hull designing, nesting, cutting and assembling functions must be

* 한국해양대학교 해양시스템공학부 교수

** 한국해양대학교 해양시스템공학부 겸임 부교수

considered to be integrated system for ship hull production.

1. 서론

선박설계에서부터 생산까지 컴퓨터를 활용하려는 노력은 80년대 부터 국내 조선소의 큰 숙원 연구분야였다[1,2]. 국내 대형조선소는 1980년대 초부터 선체CAD/CAM시스템을 선진조선국으로 부터의 기술도입 및 부분적인 자체 개발로 운용하고 있으나[3,4,5], 국내 중소형 조선소의 경우 설비 및 기술의 낙후로 먼저 국내 중소형 조선소 설비 계획에 관한 연구가 이루어 져야한다[6]. 국내 대형 조선소의 경우에도 시스템화 기술의 미확보로 인하여 컴퓨터 하드웨어와 시스템 기반 소프트웨어의 발전에 따른 새로운 개념의 CAD시스템이 발표될 때 마다 중복적인 투자를 하고 있다. 이러한 과정에서 국내에서 개발된 시스템 기술 마저 사장되어 CAD시스템 기술의 외국 지배가 점점 가속화 되고 있으며, 그동안 국내에서 축적된 조선기술이 외국 시스템 개발에 적용되어 기술의 유출마저 우려되고 있다. 또한 국내 시스템 기술을 계속확보하지 못한다면 조선기술을 후손에게 물려줄 도구를 가지지 못하게 되는 것이다.

본 연구에서는 선체 설계·생산 CAD/CAM 시스템 구축에 있어서, 국내에서 기 활용중이거나 개발된 시스템을 충분히 활용하고, 개발 가능한 분야의 시스템은 개발계획을 수립하여 가능한 국내기술로 통합화된 선체설계, 생산시스템을 구축하기 위하여 수행되었다.

이미 국내에 기술축적이 있는 선도페어링 및 선체모델링 분야는 기존의 시스템을 활용하고, 국내조선소 설비에 맞추어 개발하여야 할 절단, 곡가공, 조립과 같은 생산시스템은 추후 국내에서 개발하여 선체 전과정에서의 자동화 구축이 이루어 져야 하겠다. 따라서, 선체CAD/CAM시스템 중 선체부품 생산에 필수적이고 많은 공수와 시스템활용이 요구되는 네스팅과 절단공정에 있어서 국내 실정에 가장 적합한 시스템을 개발하는 것이 중요하다. 원자재에 부품을 최적으로 배치하여 절단 가공하는 산업에서 자동으로 최적배치는 생산성 향상에 큰 영향을 미친다. 최적으로 배치하는 알고리즘에 관하여 많은 연구가 이루어 지고 있는데 프로그램 수행시간과 배치의 효율성에 많은 문제점이 있어 조선소에서는 대화식 그래픽스 CAD를 이용하여 수작업으로 이루어 지고 있다.

절단의 경우 선박생산공정의 첫단계이며 절단정도는 이후 공정에서 발생하는 오차에 큰 영향을 미친다. 또한 네스팅과 절단공정은 자재관리시스템과도 정보연계가 중요하다.

2. 선체 모델링 및 부품생산

2.1 선체설계 및 생산공정

선체설계 및 생산공정은 선형 설계, 선체설계 및 모델링, 부재절단 그리고 가공으로 구성된다. 선체생산에 관한 연구는 조선산업의 특성상, 선체설계에서 생산에 이르기까지 정보생성과 전달 및 처리에 관한 관점에서 먼저 고찰하여야 한다.선체는 매우 복잡한 구조물로서 부재 및 부품의 종류

와 수가 많다. 선각설계란 표준화된 기호들로서 선체구조형상을 표현하여 정보가 생산에 까지 원할이 전달될 수 있게 하는 작업이라 할 수 있다. 선체 부품의 정보는 선각기본, 상세, 생산설계를 통하여 구체화 되며 구조도면의 각종 표준화된 기호에 의하여 전달된다.

선체의 설계생산을 위한 정보시스템화의 연구는 선형의 페어링과 현도 작업에 관한 시스템은 이미 개발되어 상용화되어 있으며, 판과 보강재와 같은 선체구조부재의 모델링과 조립을 위한 공정 정보 체계화에 관한 연구가 현재 주로 수행되고 있다. 그러나, 생산설계, 부품절단, 가공의 정보분석과 처리에 관한 연구가 미흡하다. 선체설계 및 생산공정의 흐름과 Fig. 1 과 같다[7].

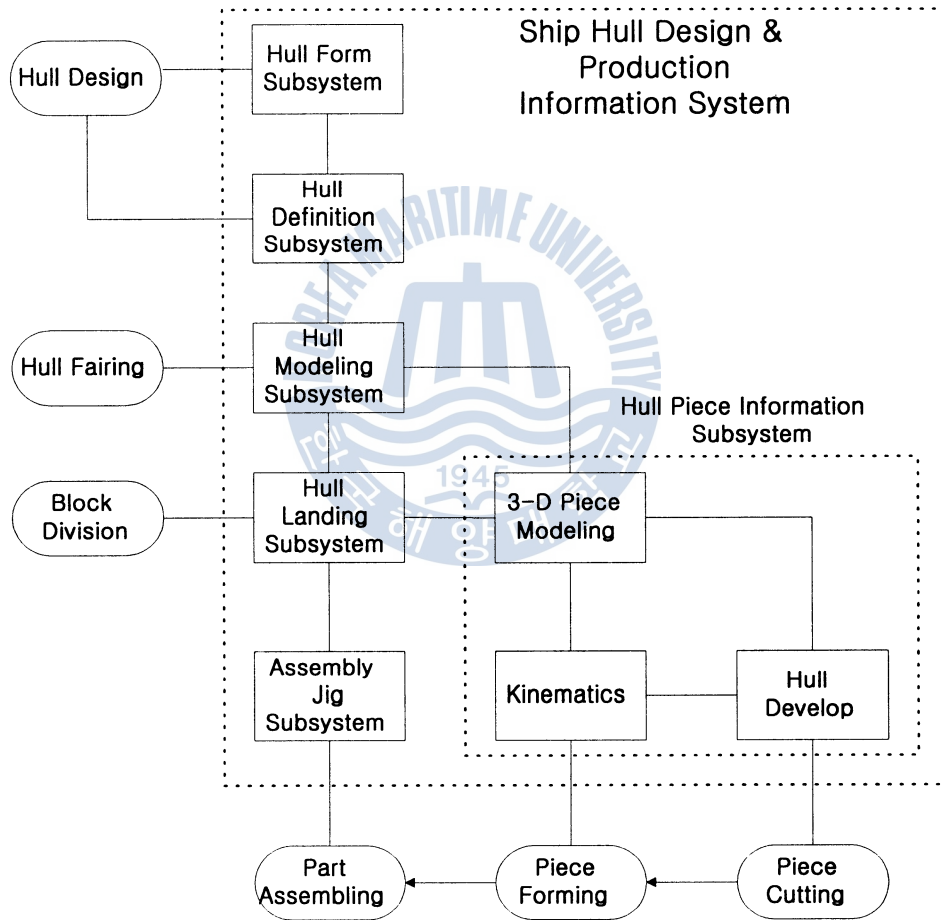


Fig. 1 Hull design and production process

2.2 국내 선체CAD/CAM시스템 분석

국내 대형조선소는 1980년대 초부터 선체CAD/CAM시스템을 운용하고 있으나, 구조설계작업과 생산을 위한 생산설계 및 NC작업이 각각 활용 전산시스템과 작업요원이 분리되어 있어, 설계정보

전달이나 관리가 불안정하여 많은 공수와 공기가 소요될 뿐만 아니라 선체구조부재 모델링의 지루한 반복작업으로 작업자의 기피현상마저 있다.

즉, 선체생산 정보획득을 위하여 구조설계에서 작성된 선체구조도면을 참고로 구조부재들을 일일이 정의하여 선체구조 모델링을 행한후 NC절단용 부품생성과 기타 생산정보 산출을 수행한다. 현재 국내 대형조선소에서는 선체모델링작업의 경험과 작업인원을 확보하고 있으므로 선체부품 생산이 가능하나, 국내 중소형조선소의 경우 이차원의 제도(drafting)시스템 정도의 운용경험 만으로 선체설계, 생산시스템의 구축은 현재의 국내활용시스템 만으로는 불가능하며, 대형조선소의 경우에도 앞으로 인력 수급면에서나 경제적/효율적 측면에서 불리하다.

본 절에서는 국내에서 기 활용 중이거나 개발된 시스템을 충분히 활용하고 필요한 소프트웨어는 개발 혹은 도입하여 통합화 된 선체설계, 생산시스템을 구축하기 위한 시스템 구축계획을 하였다. 기존의 활용 중인 선체시스템이 구조설계 보다는 NC절단을 위한 선체모델링 중심의 시스템이므로 이러한 약점을 보완할 수 있어야 한다. 먼저 개발이 필요한 시스템은 설계와 도면작성이 뛰어난 기능을 가져야 하고 오픈 시스템화 되어 있어 전체 시스템을 모두 도입해야 사용할 수 있는 기존의 시스템 형식이 아닌 꼭 필요한 모듈만 도입 기존의 시스템과 통합/적용 가능하게 함으로써, 기존의 국내에서 활용 중인 조선시스템이 사장되거나, 확보된 시스템 활용 및 개발 기술이 무의미하게 되는 일이 없이, 축적된 기술을 계속 활용할 수 있어야 한다.

현재 국내 조선소에는 많은 CAD/CAM시스템이 도입되어 이용되고 있다. 도입된 시스템 중에는 잘 사용되는 것도 있지만 상대적으로 보면 그렇지 못한 시스템이 더 많다. 그 이유는 CAD/CAM 시스템을 선정하는데 오류가 있기 때문이다[8].

둘째는 CAD/CAM 통합에 대한 잘못된 인식이다. 초기에 CAD/CAM의 통합이라면 하나의 시스템에서 CAD, CAE, CAM, 로봇틱스, 솔리드모델링, 곡면모델링, MIS 등이 다 되는 것으로 인식하고 있는 것이다. 현재 개발된 시스템 중에는 이 모든 기능이 전부 최고의 수준에 올라 있는 시스템은 없다고 보아야 한다. 각각의 시스템은 그 나름대로 특징이 있는 기능이 있게 되고 사용자는 그 기능을 중심으로 도입하여야 하는 것이다. CAD/CAM 에 대한 잘못된 인식은 지금은 많이 개선되어 기능별로 시스템을 구매하고 그것을 회사의 업무흐름에 맞게 통합하는 방법이 바람직하다.

셋째는 CAD/CAM을 도입하여 어디에 쓸 것인가에 대한 목적의식이 부족하다는 것이다, 선박설계/생산을 위하여 일반적인 CAD/CAM 기능이 잘되는 시스템을 찾는 것은 잘못된 인식이다. CAD/CAM을 도입하여 무엇을 할 것인가를 정확하게 인식하는 것이 필요하고 도입의 방향도 그곳을 향하고 있어야 한다.

2.3 선각CAD/CAM 일관시스템

선체의 설계와 생산을 전산화 나아가서 자동화 하는 것은 조선분야의 큰 숙원사업이다. 그러나 구조도면을 전산으로 작성하였다 하더라도 제도기능으로 작성되면 일관시스템으로 의미가 없다. 즉 구조도면을 생산한 모델에서 생산설계가 수행될 수 있어야 비로소 선각 일관시스템이 의도하는 의미를 찾을 수 있다. 1960년대말 조선현도 업무의 NC화를 위하여 전산화가 되면서 선형 공정인

구조설계에 까지 전산화하여 생산설계단계에서 재입력없이 선공정에서 입력한 정보를 공유하여 업무의 중복이 없게 운영하는 방법이 관심의 초점이 되고 있다[9]. 그러나 현재 활용중인 선체 CAD/CAM시스템은 구조설계가 끝난후 생산을 위한 정보산출을 위하여 설계정보를 이용한 선체 모델링 작업에 많은 공수와 공기를 소모하고 있다.

선각설계 업무를 일관되게 처리하자면 선각구조를 형성하는 데이터베이스가 설계용과 생산용으로 구분되어져 있지않고 동일한 데이터베이스를 사용하여야 하며 설계단계에서 입력된 선각구조 형상정보는 설계도면 작성용으로 사용됨과 동시에 생산용으로 사용되어야 한다. 이를테면 구조도면 작성시 구조부재들 간의 접합정보를 위해 정의된 기호들이 그대로 구조모델링에 반영되게 하므로써 구조부재모델링 작업에 많은 노력이 빼앗기지 않아야 한다.

3. 네스팅 기술

네스팅이란 강재원판을 최대한 활용하여 잔재물을 줄이기 위한 작업으로, 선박, 플랜트산업분야의 부품생산에 필수적인 공정이다. 강판을 복잡한 형상으로 절단하여 부재를 생산하는 조선공업의 경우, 네스팅 작업은 제조공정중 노동력이 많이 소요되는 작업이며 자재비와도 직결되는 공정이다[10,11].

또한 선박생산에 있어서, 네스팅작업은 설계정보를 생산정보로 변환시켜주는 역할을 하므로 조선소의 생산성 향상을 위하여 절단 부재의 배치뿐 아니라 선체설계 및 현도, 자재관리, 생산계획, 절단장비, 절단공정 등 많은사항이 함께 고려되어야한다.

조선공업에 있어서, 네스팅 프로그램은 오랫동안 관심분야의 하나로써 전산시스템 기반기술과 NC-절단기의 발달에 따라 지속적인 발전이 요구된다. 국내의 경우, 네스팅 프로그램에 의한 절단은 대형업체만이 외국으로 부터 비싼가격의 시스템을 도입하여 활용하고 있다. 자동 네스팅 프로그램은 소프트웨어 개발업체에 의하여 많은 노력이 경주되고 있으나 조선분야의 경우 그 부재형상의 복잡성과 다양함, 절단공정, 정도관리 등으로 인해 적용이 어렵다. 따라서 원하는 최적해(최소잔재물, 최소 절단시간 등)를 구해야 하나 현재까지 이 문제를 이론적인 관점에서 완벽하게 해결하는 알고리즘은 없다. 현재는 강재의 가격이 높아진 관계로 강재수율의 극대화에 역점을 두고 있다.

또한 일관된 조선생산의 흐름으로 볼 때 선형 페어링정보나 선체CAD시스템과의 인터페이스와 자재시스템과의 원활한 정보연결이 요구된다. 따라서 선체CAD시스템이 활용되고있는 조선소에 네스팅 프로그램이 적용되기위하여 국내 도입 활용되고 있는 선체CAD시스템(Autokon, Nupas-Cadmatic, Tribon)과의 시스템 연결도 고려되어 개발되어야 한다.

대형조선소에서의 네스팅작업은 선체CAD시스템내의 네스팅프로그램을 주로 사용하고 있으나 별도의 자동네스팅시스템을 활용하고 있는 조선소도 있다. 지금까지의 선체CAD시스템과 자동 네스팅시스템은 전부 수입에 의존하고 있다.

국내 대형조선소에 도입 활용되고 있는 네스팅시스템은 대부분 높은가격의 워크스테이션에서 운용되므로 하드웨어 투자비가 높으며 기술인력이 부족한 중소형조선소에서 활용하기에는 많은 어려움이 있다. 국내 중소형조선소에서는 현도, 부품산출 및 절단을 수작업에 의존하고 있으며, 앞으로 인건비의 상승으로 NC-절단기의 활용과 이에 따른 네스팅작업의 자동화가 요구되므로 다량의 네

스팅시스템의 도입이 예상된다.

본 연구의 목적은 PC급 컴퓨터에서 사용하기 편하고 선체설계/생산 공정과 강판절단용 NC-절단기에 적합한 네스팅 프로그램을 개발함으로써 국내 조선소의 절단자동화에 효율적으로 활용할 수 있도록 하는 것이다. Fig. 2는 선체부품 절단을 위한 네스팅과 관련 기술들을 보여주고 있다. 네스팅과 관련된 주요 기술에는 선체부품 산출, 정도 관리, 절단기, 자재관리 기술 등이 있다.

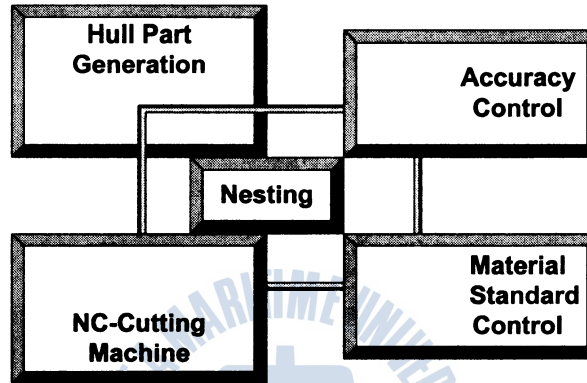


Fig. 2 Nesting and related technologies for piece cutting

3.1 기술의 현황

네스팅 프로그램 기술은 국내외 소프트웨어 개발업체에서 개발되어 조선, 플랜트, 섬유, 신발, 의복제조 등에 활용되고 있다. 그러나, 조선의 경우 선체부품의 특성과 강판절단용 NC-절단기의 작업공정에 대한 고려가 필요하다.

조선용 네스팅 프로그램은 선체CAD시스템내의 모듈 프로그램화 되어 있어, 선체CAD시스템내에서만 운용가능하게 되어있다. 국내 대형조선소는 대부분 이러한 시스템을 활용하고 있으나 중소형조선소의 경우는 경제적, 기술적으로 이러한 시스템의 운용은 불가능하다. 또한 선체CAD시스템내의 네스팅 프로그램은 네스팅기능 만을 보면 네스팅 전용 자동 프로그램에 비해 기능이 떨어진다. 그러나, 자동 네스팅 프로그램의 경우 조선에서의 적용에는 많은 문제점이 있다. 특히 조선관련 시스템(선체설계, 자재관리)과의 정보 연결이 문제점으로 지적되고 있다.

최적으로 배치하는 알고리즘에 관하여 많은 연구가 이루어 지고 있는데 프로그램 수행시간과 배치의 효율성에 많은 문제점이 있어 조선소에서는 대화식 그래픽스 CAD를 이용하여 수작업으로 이루어 지고 있다. 따라서 네스팅 공정에 많은 공수가 소요된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 일부 대형조선소에서는 고가의 자동 네스팅 시스템을 도입하여 활용하고 있으나 배치 수율이 떨어져 원자재의 낭비를 초래할 뿐 아니라 추가 작업 공수가 발생하므로 원가상승의 요인이 되다. 그러므로 자동으로 최적의 배치가 가능한 알고리즘 개발이 요구된다.

3.2 네스팅 프로그램 분석

본 프로그램 개발의 최종목표는 국내 조선소 생산성과 선박부재 정도향상에 적합한 최적 네스팅 프로그램을 개발하는 것이다.

네스팅 프로그램의 효율적인 적용은 앞공정인 설계 및 현도공정과의 정보연결과 뒷공정인 절단, 가공공정과의 원활한 정보교환이 필요하다. 또한 자재관리 시스템활용을 고려한 코딩체제를 갖게 하므로써, 네스팅 프로그램은 전산화에 따른 공수 및 자재절감 뿐아니라 선박부재 절단특성을 고려하여 국내 조선소의 공정에 맞게 개발되어야 한다. 특히 국내 조선소에서 적은 투자로 적용가능하게 하기 위하여는 PC에서 활용되는 범용 CAD시스템에서 설계된 부재형상정보를 활용할 수 있어야 한다. Fig. 3 은 네스팅공정을 중심으로한 선체부품 생산공정의 정보흐름도 이다.

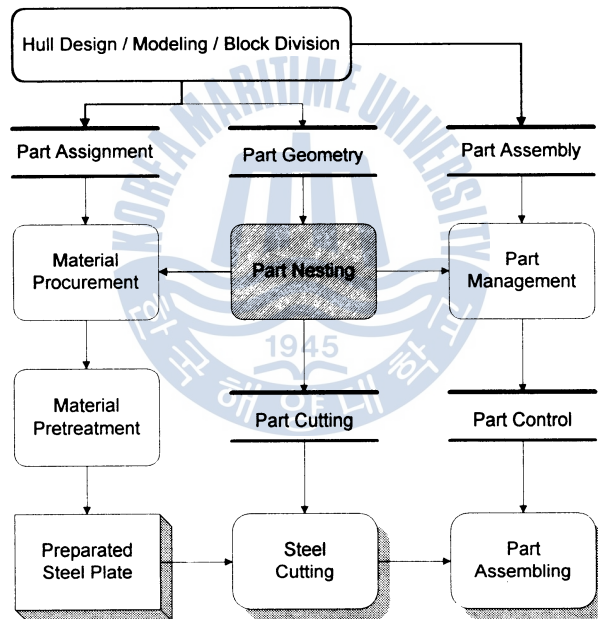


Fig. 3 Information flow diagram

기술개발 세부 내용은 부재패턴의 라이브러리화로 파라메트릭 디자인기법의 적용, 마킹기능 전산화, 절단조건정보의 데이터베이스화, 절단 관리정보 산출 등이다. 또한 네스팅 시스템은 부재배치 작업에 요구되는 선택사양으로 최소 스크랩율, 최소절단속도, 배치우선 방향(상하좌우), Torch 갯수(Multi Torch Cutting) 등이 제공되어야 한다.

3.3 휴리스틱 네스팅 기법

최적 배치기법의 핵심기술은 부품들의 겹침을 빠르고 섬세하게 판단하는 것이다[11,12,13,14]. 본 연구에서의 최적 배치 기법은 부품의 형상을 2차원 격자의 비트맵으로 변환시켜, 배치되는 부품간

의 교차를 검사하는 방법이다. 최적으로 배치하는 알고리즘에 관한 연구는 많이 이루어 지고 있으나 부재 배치에 있어서 서로 겹침을 방지하기 위해 많은 교차점을 계산해야 하기 때문에 효율을 높이기 위해서는 많은 계산시간을 필요로 한다. Fig. 4 는 자동 네스팅 알고리즘을 보여주고 있다.

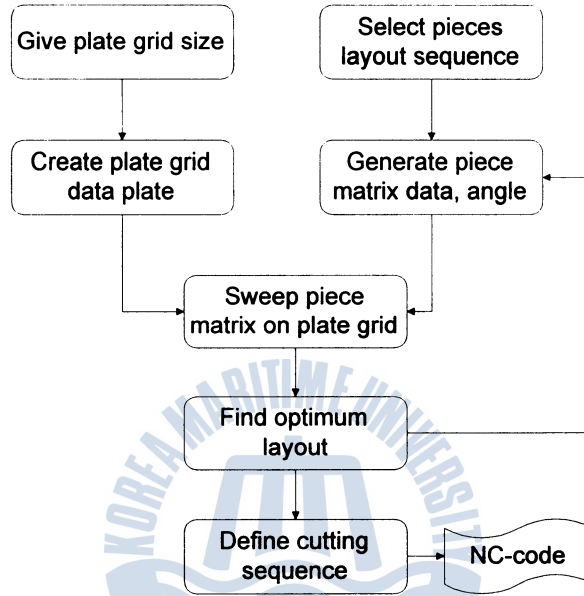


Fig. 4 Heuristic nesting algorithm

부재 배치의 경우의 수는 식(1)과 같다.

$$p = \frac{n_t!}{n_1!n_2! \cdots n_i!} \dots\dots\dots (1)$$

여기에서, $n_t = n_1 + n_2 + \cdots + n_i$

n_i : 각 부품의 배치 가능 반복 개수

1) 부품의 격자정보 산출

부재의 최적 배치는 겹침을 방지하기 위해 교차점 계산하는 시간이 많이 소요된다. 따라서 네스팅시스템 적용단계, 이를테면 물량산출을 위한 프리네스팅 또는 NC-절단정보 산출을 위한 절단도 작성에 따라 강제 수율과 계산시간을 고려하여 적당한 격자의 크기를 결정한다. 또한 부품형상의 격자 비트맵 정보를 자동 생성한 뒤 부품형상의 크기와 범위를 산출한다. 이때 부품의 내부와 경계부분에 따라 격자 비트맵 기억장소에는 각기 다른 값이 저장된다.

2) 배치 순서 결정

부품배치는 부품의 격자정보를 이용하여 먼저 부품크기에 따라 배치순서를 결정하고 강제 원판

의 폭과 길이방향의 선택에 따라 부품 배치위치를 결정한다.

3) 최적배치 이론

부품 배치 순서에 따라 각 부품들을 강제 원판 위에 최적으로 배치하는 이론은 네스팅 시스템에 있어서 가장 핵심기술이라 할 수 있다. 본 연구에서는 각 부품을 수평이동과 회전, 수직이동에 따른 각각의 배치 형상에 대하여 격자정보를 구현후, 배치된 부재군의 경계사각형에 대한 포위면적의 비가 최대가 되도록 배치가 결정된다.

3.4 시스템 개발

1) 시스템 구성

본 연구에서 개발한 네스팅 프로그램의 시스템 구성도는 Fig. 5 와 같다. PC의 WINDOWS 운영체제에서 활용 가능하게 개발하였다. 부품형상 데이터와 NC-코드의 호환을 위하여 활용가능한 데이터 포맷은 DXF, IGES, HPGL, HPGL2, SHP, EIA, ESSI 등이다.

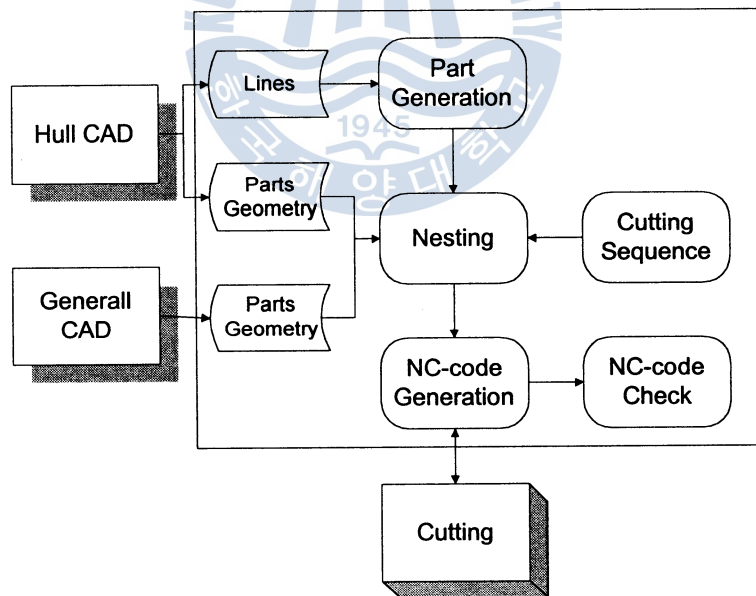


Fig. 5 System configuration hull part cutting

2) 격자 크기의 결정

격자의 크기는 사용자가 결정할 수 있다. 격자크기는 강제수율과 작업속도에 서로 상반된 영향을 미치므로 작업공정(pre-nesting, cutting plan)과 부재의 크기를 고려하여 격자크기를 정한다.

네스팅 작업의 효율평가를 위한 강제수율은 식(2)와 같다.

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{bh_m} \dots\dots\dots (2)$$

여기에서, A_i : i 번째 배치관 부품의 면적
 b : 강제 원판의 폭
 h_m : 사용된 강제원판의 최대 길이

3) 선체부품배치의 적용

Fig. 6 은 네스팅과 절단공정에 따른 선택사항을 결정하는 예이며, Fig. 7 은 강제원판 2매를 동시에 이용하여 원하는 선체부품의 네스팅을 실행하는 예를 보여 주고 있다.

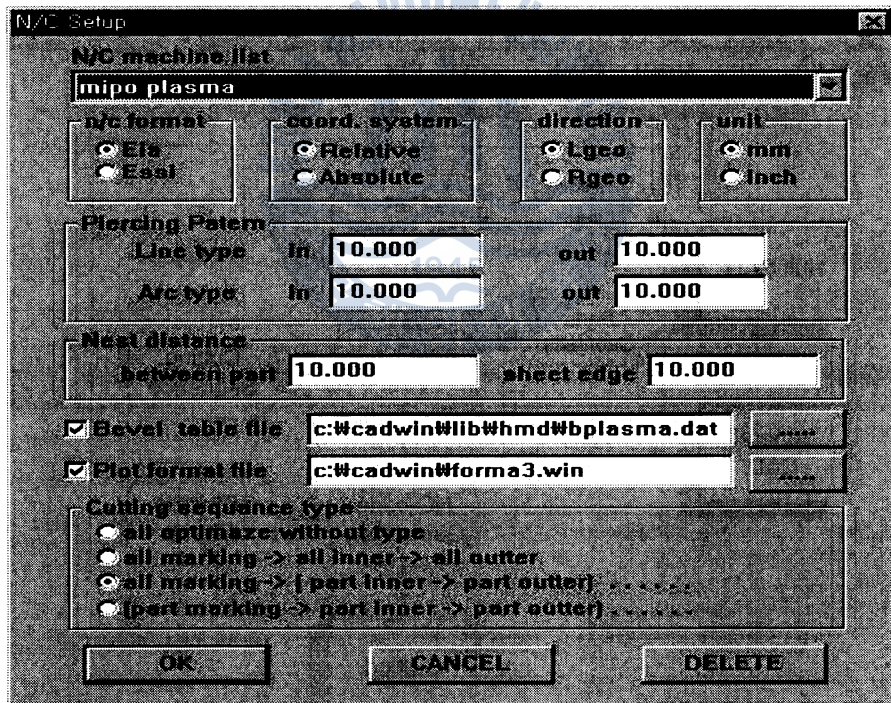


Fig. 6 Setup for nesting and cutting process

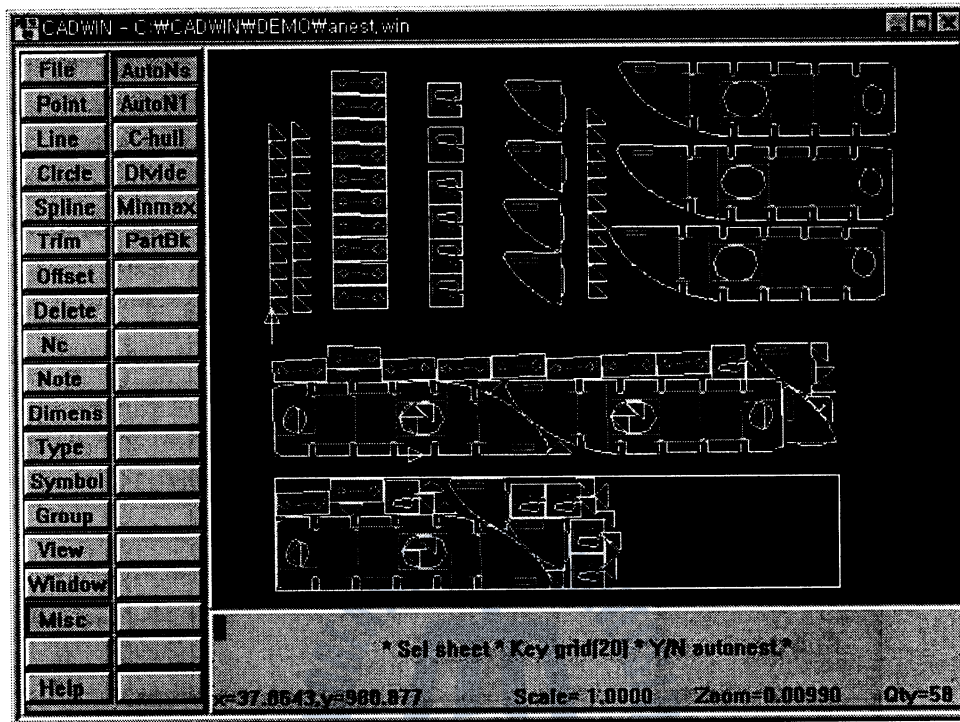


Fig. 7 Automatic nesting process

4. 선체 부품 절단

4.1 절단공정

절단공정은 선박생산공정의 첫단계이며 조선에서의 착공은 선체부재 절단시점을 의미한다. 절단기는 가공물의 다양성, 복잡성, 정밀성 등의 요구에 따라 여러단계에 걸쳐 발달되어 왔다. 가공물의 정확도, 가공상태 등에 따라 후 공정에 많은 영향을 주어 생산성에 미치는 영향이 크므로 절단가공의 중요성이 새롭게 인식되고 있다.

국내 조선소에서 활용되고 있는 NC-절단기 및 절단소프트웨어는 대부분 고가의 수입에 의존하며, NC-코드 사용에 따른 절단기 기종과 소프트웨어들 간의 인터페이스의 불일치성발생으로 조선소 절단공정의 생산성에 장애요인이 되고 있다. 특히 중소형조선소를 위하여 사용하기 편하고 저렴한 가격의 절단시스템 개발이 절실한 실정이다. 본 연구에서는 NC-코드에 의한 하드웨어와 소프트웨어 인터페이스가 아닌 PC상에서 그래픽을 통한 직접 선체절단 공정에 활용할 수 있는 절단시스템 기술을 적용하는 것이다.

PC-NC는 PC를 이용하여 공작기계를 제어하는 장치로 기존의 CNC에 이은 차세대 개방형 수치제어 장치이다. 본 연구에서 적용된 ACTS(Automatic Cutting Total System)는 모든 절단과정을 일체화시킨 PC-NC 시스템이다. 또한 설계에서 절단까지 모든 과정을 단일화 및 도형화하여

사용이 용이하고 신속, 정확하게 작업을 수행할 수 있다. 또한 모든 과정이 그래픽화 되어 오류를 쉽게 확인할 수 있으므로 가공불량을 방지할 수있으며 현장에서 모든 검증 및 수정이 가능하다.

또한 일관된 조선생산의 흐름으로 볼 때 선체CAD시스템과 네스팅시스템, 네스팅시스템과 절단기와의 정보연결 또는 원활한 연계가 요구된다. 국내 대형조선소에서는 네스팅을 포함한 다양한 선체CAD시스템과 NC-절단기가 도입 활용되고 있으므로 NC-코드 불일치에 의한 문제가 발생하고 있다. PC-NC를 이용한 자동절단시스템은 NC-코드를 통하지 않고 정의된 선체부재의 형상정보를 이용하여 직접 절단기를 제어함으로써 인터페이스의 오류에 의한 오작을 방지할 수 있으며, 사용하기에도 편한 장점이 있다. 또한 개발된 자동절단시스템은 선체부재 정의 및 자동네스팅 프로그램과 PC NC-절단기가 일체화된 하드웨어 및 소프트웨어 통합시스템이므로 CAD작업을 통하지 않는 부재들의 절단에 유용하게 적용시킬 수 있으며, 특히 선체CAD시스템을 활용하지 않는 중소형 조선소의 설계/생산 공정에 효율적으로 활용할 수 있다. Fig. 8 은 현재의 선체CAD와 NC기계를 이용한 절단공정이며, Fig. 9 에서는 본 연구에서 개발된 네스팅시스템과 PC-NC를 이용한 절단공정을 보여주고 있다.

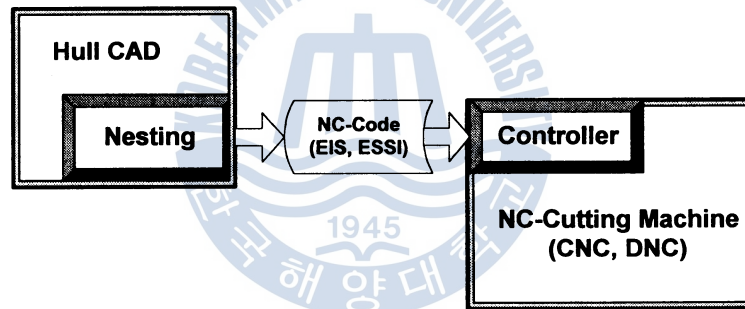


Fig. 8 Current cutting process using DNC or DNC

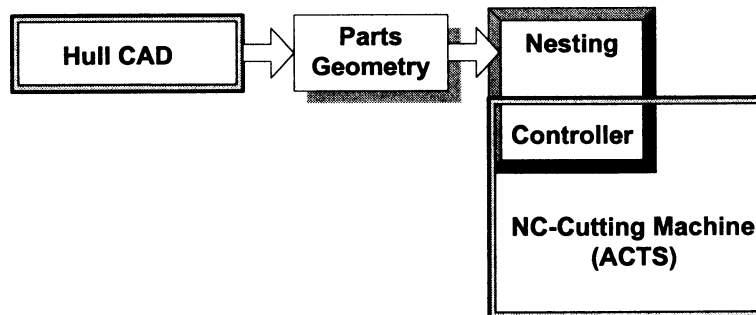


Fig. 9 Cutting process using ACTS cutting machine

4.2 조선에서의 절단 기술

선박건조의 기계화, 자동화 효율을 위하여 절단공정의 정도가 중요하며 중소 조선소에 적용되기

위한 기술은 다음과 같다.

- 1) 절단정도의 영향을 주는 요소 : 가공조건(절단형상, 절단경로, 절단순서, 절단속도, 냉각, 재료의 고정), 열원(열원의 성질, 열원의 품질, 열량), 절단기(위치결정정도, 기계진동, NC-data) 등이 있다.
- 2) 조선에 필요한 기능 : 베벨 기능, 마킹 기능(부재 취부, 절곡 표시), 대칭절단 기능, 문자표시 기능
- 3) 절단방법 : 가스절단(Oxy-acetylene gas cutting), 플라즈마 절단

국내 중소조선소 절단작업의 개선과 자동화시스템 기술개발을 위하여는 선체CAD 시스템에서 산출되는 절단정보와의 원활한 연계, 강제절단에 대한 이론과 기술경험 자료의 체계화가 선행되어야 하며, 시스템구축을 위하여 전산시스템기술, 제어기술 등 여러 관련 기술들을 통합화 하여야 한다. 따라서 NC-절단기 개발은 그 관련기술의 특성상 여러 요소기술이 함께 개발되어야 한다.

강판의 절단에는 크게 가스, 플라즈마, 레이저 등과 같은 열원이 주로 사용되고 있다. 조선 현장에서는 실제, 변형량, 절단 폭, 경제성 등의 이유로 인해 플라즈마 절단이 널리 쓰이고 있다. 특히 플라즈마 절단은 선각공장에서 많이 쓰이는 6-25mm 두께의 강판 절단에 유용하다는 사실이 알려지고 있다.

플라즈마 절단법은 아크를 금속성의 노즐 가운데로 통과시켜 아크의 직경을 작게 한 다음 이를 통해 얻게 된 고온, 고속의 열원을 절단부에 집중적으로 투여하여 모재를 절단하는 방법이다.

플라즈마 아크는 노즐부에서 아크가 죄어지는 결과 노즐출구에서 고온의 플라즈마 흐름이 계속적으로 하류로 유지되는 성질을 가지고 있다. 따라서 고온의 온도구배(약 10,000~14,000 C)가 판의 접촉지점까지 유지되는 것이다.

조선용 강재의 NC-절단을 위하여 필요한 장치의 선정 및 제작에는 고도의 제어 기술이 우선적으로 검토되어야 하며, 이론과 실험을 통하여 변형을 최소화하는 절단 시스템화가 요구된다.

4.3 절단정도 관리

최근, 조선소에서 숙련 노동자의 부족으로 생력화와 생산성 향상을 위한 용접작업에서의 자동화가 추진되고 있지만, 조립공정의 효율을 높이기 위해서는 전 공정인 절단공정에서의 정도 향상이 필수적이다. 더욱이 절단은 선박가공공정의 첫단계이므로 이후 공정에서 발생하는 오차에 큰 영향을 미친다. 실제 조선소에서 사용하는 가스나 플라즈마에 의한 강판의 절단은 입열관리가 어렵고 변형요인도 복잡해 정도관리에 대한 필요성은 대두되고 있지만 주로 실험적인 방법에 의존하며, 최근에 여러 인자들의 영향을 정량적으로 조사하기 위하여 수치해석에 의한 컴퓨터 시뮬레이션을 위한 연구가 이루어지고 있다[15]. 절단공정은 현상적으로 비선형, 비정상상태의 문제이므로 수치해석을 위해서는 열전도해석과 열탄소성해석을 바탕으로 절단과정을 효과적으로 구현할 수 있는 수치모델을 유한요소법(FEM)을 이용하여야 한다. Fig. 10 은 열절단의 정밀도에 영향을 미치는 인자들을 작업요소별로 분류해 보여주고 있는데, 가공오차는 이들 인자들의 다수가 상호 연성되어 일어나며, 판두께, 재질, 고유변형도 등과 관계하여 절단의 질을 좌우하게 된다.

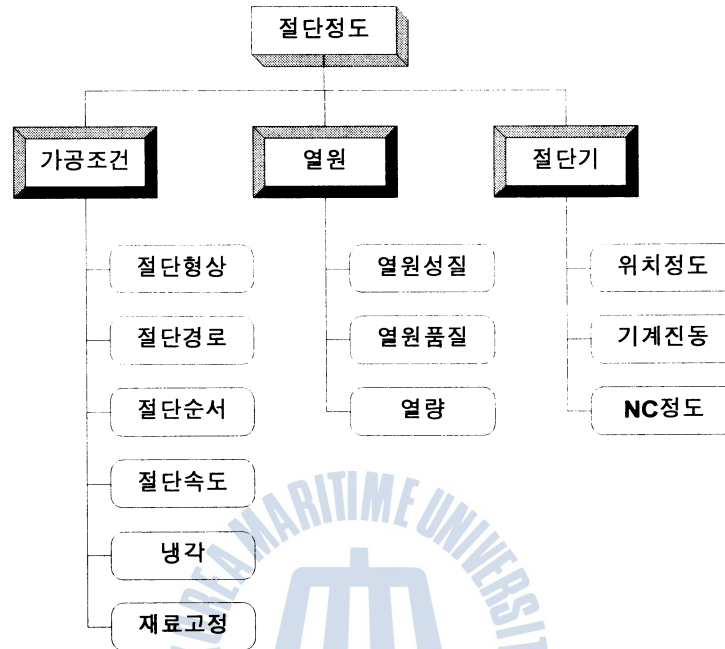


Fig. 10 Parameters governing cutting accuracy

5. 자재관리 및 부재 표준화

5.1 코우딩 시스템 개요

생산자동화를 통한 생산성 향상을 기하기 위해서는, 선체설계와 생산공정 수행과정에서 필요한 부재분류 기준, 생산관리 절차규정과 생산활동과 관련된 작업기준, 표준시간, 관리기준, 공작기준, 작업단위 기준 등에 대한 표준화 작업이 우선적으로 요구된다[16].

또한 선체생산에 필요한 정보들이 업무수행과정에서 끊임없이 요구되고, 시간의 흐름에 따라 변하게되는 각종 자료들을 신속하게 분석하여 정보화하기 위하여 조선소의 조직 및 특성에 적합한 관리 시스템이 필요하게 되며, 이 시스템을 효과적으로 운영하기 위한 가장 기본이며, 필수적인 것이 부재번호의 체계적 코드화에 의한 코딩시스템이다.

코우드화 작업은 생산 정보의 기계화 및 전산화를 위한 정보의 그룹화에 그 목적이 있다. 본 연구에서는 네스팅작업과 관련한 선체 부품생산 작업의 표준화와 코우드화에 을 두었다. 조선생산 작업단위의 체계화를 기초로 한 부서번호, 작업장, 자재명칭, 도면번호 등의 표준화와 계획, 관리, 통제, 보고 집계, 분석 등 생산관련 정보처리 과정의 표준화를 통하여 얻을 수 있는 정보내용과 코우드화의 구성 원칙은 다음과 같다.

1) 경영적인 측면

- 건조하는 선박의 블록별/구획별과 작업분야별/작업장별 투입되는 공수에 관한 정보
- 작업분야별/장치별 설계비용에 관한 정보
- 선박의 구역별(장치별)/부문별/종류별 자재비용에 관한 정보.
- 선박건조 지원부문의 시설장비 및 인건비에 관한 정보
- 간접부문의 제반 활동비, 인건비 등의 경비에 관한 정보

2) 생산관리적인 측면

- 선박의 건조시기를 결정하기 위한 정보
- 블록별/구역별/작업 분야별 작업의 순서와 시기결정에 필요한 작업량에 관한 정보
- 생산계획에 따른 자재, 도면, 인원 등의 소요시기에 관한 정보
- 도면 출도 계획 및 자재구매계획에 따른 소요자금 산정에 관한 정보
- 생산계획을 중심으로 한 조선소의 단기/중기/장기적 운영계획을 수립키 위한 정보

3) 코우딩 시스템의 구성원칙

- 내용의 포용성 및 함축성
- 상호 배타성 및 특수성
- 불변하는 특성을 대상으로 하여야 함.
- 사용자의 요구능력에 적합하여야 함.
- 미래의 변화에도 적용가능하여야 함.
- 전산처리가 용이하여야 함.
- 전 조선소 차원에서 통일되어 적용되어야 함.

5.2 코우딩 시스템의 설계

선박부재의 코딩시스템은 선박제조의 효율적인 관리를 위하여 해당하는 도면, 자재, 생산의 수직적, 수평적 연관성을 고려하여 정보가 동일한 공통의 의미를 가지도록 하여야 한다. 본 연구에서는 블록코드 방식으로 앞 4자리의 숫자를 주 블록(Main Block / Main Activity)으로 구성하며, 뒤에 있는 3자리의 부 블록(Sub Block / Sub Activity)은 자재, 도면, 생산 고유특성에 따라서 호환성 있게 사용토록 3자리의 숫자 및 문자로 구성하는 것을 원칙으로 하였다.

12. Gotz A., "Production Control Oriented Automatic Nesting Method for Shipbuilding", PRADS-2, pp651-655, 1983.
13. Albano A. and Sapuppo, G., "Optimal Allocation of Two-Dimensional Irregular Shapes Using Heuristic Search Methods", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol.smc10, No. 5, pp.242-248, 1980.
14. Baker, B. S. and Schwarz, J. S., "Shelf Algorithms for Two-dimensional Packing Problems", Society for Industrial and Applied Mathematics, Vol. 12, No. 3, pp.508-525, 1986.
15. 이왕근, 신종계, 이장현, "열탄소성해석에 의한 플라즈마 절단가공의 수치시뮬레이션", 대한조선학회 1996년도 춘계 학술대회 논문집, 1996년 4월
16. 김근철 외, "소형조선소 전용 공정관리 시스템 개발에 관한 연구", 한국기계연구원 연구보고서, BSM252-1901.D, 1995. 11.
17. 박명규, "CAD/CAM 조선도형처리언어" 해문출판사 (IBRD 차관교재개발), 1984
18. 박명규외, "응용현도" 교육부 - 한국직업능력개발원 공업계 2-1 체제 교재개발, 1999, 3

