

조선 도장공정 운영전략 수립을 위한 사전모의실험기법

정귀훈¹ · 박창규² · 민상규¹ · 박주철³ · 조규갑⁴

¹현대중공업 산업기술연구소 / ²울산대학교 경영대학 경영학부 / ³울산대학교 공과대학 산업공학부 /

⁴부산대학교 공과대학 산업공학

Rough-cut simulation algorithm for the decision of operations policy at the block paint shop in shipbuilding

Kuy-Hoon Chung¹ · Chang Kyu Park² · Sang Gyu Min¹ · Ju-Chull Park³ · Kyu-Kab Cho⁴

This paper introduces the case study that has been performed at the block paint shop, Hyundai Heavy Industries. First of all, the overall production processes of shipbuilding and research activities conducted by Korean are reviewed with a view-point of production planning. Then HYPOS(Hyundai heavy industries Painting shop Operation System) project is briefly described, which has several modules such as planning module, scheduling module, work order module, and DB(database) management module. Although the HYPOS system has several modules, this paper mainly focuses on the planning module that utilizes the rough-cut simulation algorithm to make a decision about the policy for production schedule. The HYPOS has been operated since June, 2000 and the operation data has been collected for the purpose of future evaluation about the performance of HYPOS system. The evaluation of HYPOS will be shown in a public domain as soon as the enough operation data is available.

1. 서론

본 논문은 생산일정계획 관점에서 조선산업의 생산공정과 국내의 연구활동에 대하여 간단히 고찰하고, 조선생산공정의 주 공정상에 위치하고 있는데도 불구하고 심도 있는 연구가 없었던 도장공정에 대해 현대중공업에서 실시한 HYPOS(Hyundai heavy industries Painting shop Operation System)프로젝트의 전반부를 소개하고자 한다.

조선산업은 전형적인 ETO(engineer-to-order)생산형태이다(Wortmann *et al.*, 1997). 따라서 MTS(make-to-stock, 계획생산)나 ATO(assemble-to-order, 조립생산) 및 MTO(make-to-order, 주문생산)생산형태와 비교할 때, 조선산업은 CODP(customer order decoupling point)가 제조연속선상의 초기단계에 위치하고 있어 생산일정 및 공정관리에 많은 어려움을 안고 있다(CODP에 대한 개념은 Wortmann *et al.*(1997)을 참조바람). 이러한 조선산업의 특징을 간단히 살펴보면 다음과 같다.

(1) 고객의 요구에 따라 설계가 진행되어 선종 및 선형이 다양할 뿐만 아니라 표준화 하기가 아주 어렵다.

- (2) 설계가 진척 중인 상태에서 자재조달 및 생산이 착수되므로 생산단계에서 많은 엔지니어링 변화와 자재대체가 이루어진다.
- (3) 기계화, 자동화가 어려운 노동집약적 산업으로 많은 공정을 작업자에게 의존함으로써 정성적인 정보가 많이 발생한다.
- (4) 부재가 중후장대하여 운반과 취급이 어렵다.
- (5) 부재의 규격 및 무게에 비해 정도(精度)가 높고 구조가 복잡하여 생산공정의 표준화가 어렵다.
- (6) 사양이 다른 여러 선박이 동시에 건조되며 선박별로 처리 및 관리해야 할 정보량이 많다.

조선생산공정은 업체의 시설배치나 장비위치 등에 의해서만 아니라 선박의 종류에 따른 시공방법에 의해서도 달라지므로 일률적으로 표현할 수는 없다. 하지만 크게 보아, 조선생산공정은 선체의 골격과 외형을 만드는 선각공정(hull construction)과 추진, 운항, 거주환경 등 중요기관과 야를 연결하는 기능을 만드는 의장공정(outfitting) 및 부식을 방지하기 위한 도장공정(painting)으로 구분할 수 있다(박명환 외, 1995). 선각공정

은 강판이나 형강을 자르고 형태를 만들어 필요한 부재로 만드는 가공(fabrication)작업과 각 부재들을 용접을 통하여 필요한 블록으로 만드는 조립(assembly)작업 및 만들어진 블록을 도크 혹은 선대에서 선박의 외형을 만들어 가는 탑재(erection)작업으로 구성된다(박창규와 서운호, 1999). 의장공정은 공정의 특성상 기계의장, 배관, 철의장, 전기의장 등으로 구별할 수 있으며 블록조립과정에서 행해지는 선행 의장작업과 도크에서 행해지는 의장작업 및 의장안벽에서 행하여지는 의장작업으로 구성된다. 도장공정은 부분품 및 블록단계에서의 도장공정("블록 도장공정" 또는 "선행 도장공정"이라고 함)과 선체 상태에서의 도장공정으로 나눌 수 있으며, 전자는 가공공정이나 도장용 건물 내부에서 이루어지고 후자는 건조도크 및 의장안벽에서 이루어진다.

조선산업에서 생산일정계획의 중요성은 일찍부터 인식되어 왔으며 그 동안 많은 연구가 시도되어 일부 시스템은 효율적으로 사용되고 있다. <표 1>은 조선생산 공정별로 국내에서 수행된 생산일정계획에 대한 연구상황을 보여주고 있다. <표 1>에 열거된 연구 논문들을 참고하여 조선 생산일정계획에 관하여 정리하면 다음과 같다.

조선산업에서의 생산일정계획은 계획시점과 계획기간의

표 1. 조선 생산일정계획에 대한 국내 연구활동

생산 공정	발표논문	고려사항
가공	김홍태 외(1998), 문창호(1995), 박창규와 서운호(1999), 조규갑과 김영구(1997)	생산일정 부하균형 기계선택
조립	고시근(1996), 고시근 외(1999), 김성환(1995), 박경철 외(1995), 오경수(1998), 유병세와 김태룡(1996), 이경전(1992, 1995), 이경전과 이재규(1995), 이정승 외(1994), 이재동과 홍유산(1994), 주명호(1999), 최우형 외(1997), 황준하 외(1990), Lee et al. (1996), Park et al. (1996)	생산일정 공간배치 부하균형
탑재	백태현 외(1999), 이재원과 김훈주(1995), 임제민 외(1997), 최형림(1993), 홍윤기 외(1997)	탑재일정 탑재순서 부하균형
도장	김현민(1999), 정귀훈 외(2000)	생산일정 공간배치 부하균형
기타	서완철 외(1995) 조규갑 외(1995), Cho et al.(1998) 박주철 외(1994, 1995), 이강렬과 문동욱(1992), 정동수 외(1994a, 1994b)	통합관리 시스템 공정설계 능력계획

범위에 따라서 기본선표계획(master schedule), 대일정계획(long-term schedule), 중일정계획(mid-term schedule), 소일정계획(혹은, 작업일정계획(operation schedule))으로 분류하고 있다. 기본선표계획은 모든 선박 건조공정 조정을 위한 기본계획으로서, 이 계획에 의해 모든 생산공정과 총작업량이 결정된다. 또한, 이 기본선표계획은 장기 마케팅전략과 경영정책을 수립하기 위한 목표지표로 활용되고 있다.

대일정계획은 장기계획으로서 유사선종의 정보를 이용하여 특정 선박건조의 작업개시, 기공(keel lay), 진수 및 인도시점에 관한 계획을 수립하며, 일반적으로 장기적인 관점에서의 부하분석을 통해 주요 자재관리, 설비 및 인력관리 등에 활용된다. 또한, 기본선표계획과 대일정계획에서 정해진 최종 진수시점 내에 탑재작업이 완료되도록 블록의 탑재순서 및 일정을 수립하는 탑재계획을 포함하고 있다. 탑재계획 수립시, 가장 중요한 자원이자 제약조건은 도크이다. 따라서 도크의 활용도를 높이고 납기를 준수하기 위하여 탑재계획은 대개 역전개 스케줄링(backward scheduling)으로 수립되고, 블록탑재의 선후관계를 결정하는 탑재순서계획과 블록탑재의 시점을 결정하는 탑재일정계획으로 구성되어 있다.

중일정계획은 탑재일정계획과 블록분할 정보를 이용하여 수립되며, 작업장간의 부하조정과 강제발주 및 강제적치계획을 위해 사용된다. 마지막으로 소일정계획(혹은, 작업일정계획)은 각 블록의 공작도 정보를 이용하여 수립되며, 세부 작업장 배정을 통한 작업장간 부하평준화와 각 블록의 착수일자 및 완료일자 조정을 통한 일자별 부하평준화를 최적화하여 실제 현장에서의 작업지시관리를 위해 사용된다.

이상에서 살펴본 바와 같이(<표 1> 참조), 조선산업의 가공, 조립, 탑재 등과 같은 공정에 대해 효율적인 생산일정을 수립하려는 연구는 활발히 진행된 반면, 도장공정을 대상으로 한 생산일정계획의 연구는 아주 미비한 상태이다. 도장공정은 선행공정에서 제작된 블록을 부식환경으로부터 보호하기 위하여 특정 도료를 블록에 칠하는 공정으로 조선생산공정의 주공정상에 위치하고 있다. 도장공정에서의 지연은 전체 선박 건조공정의 진행에 적지 않은 영향을 미치는 에로공정으로 작용하고 있기 때문에 도장공정에 대한 엄격한 관리가 필요하며, 더불어 이 분야에 대한 심도 있는 연구가 요구되는 실정이다.

본 논문은 다음 장에서 조선 도장공정에 대하여 좀더 자세히 기술하고, 이어서 현대중공업에서 도장공정의 효율적 운영을 지원할 시스템을 개발하기 위하여 실시한 HYPOS프로젝트를 소개한다.

2. 조선 도장공정

강렬한 햇볕과 염분을 함유한 대기에 노출되고, 가혹한 건습의 교호작용을 받는 선박에 있어서 도료의 역할은 대단히 중요하다. 선박을 부식환경에서 보호하고 강도와 안전성을 유지

하며 순조로운 운항을 위해 우수한 도료의 적절한 도장이 필수적이다. 도장방식은 조선업체의 설비, 생산 공기, 선박의 종류 및 크기 등에 따라 다르나, 현재 일반적으로 채용되고 있는 표준도장방식은 건조공기의 단축, 생산성의 향상, 도장관리의 용이성을 위하여 단위블록 또는 PE블록(pre-erection block)단위로 도장하고 있다.

도장공정은 크게 블라스팅(blasting) 작업과 페인팅(painting) 작업으로 구분된다. 블라스팅 작업은 도료를 블록에 도장하기 전에 강재의 표면을 깨끗이 하는 표면처리 작업으로 모두 블라스팅 셀(cell) 내에서 이루어진다. 페인팅 작업 전에 블록에 대한 표면처리가 충분하지 못하면 아무리 성능이 우수한 도료를 선택하여 도장한다고 할지라도 그 도료의 성능은 충분히 발휘되지 못한다. 도료의 수명에 영향을 미치는 요소들을 살펴보면 표면처리의 질이 49.5%, 도료의 도포회수가 19.1%, 도장의 종류가 4.9%, 그리고 기타 26.5%로 발표(대한조선공학회, 1998)되고 있는바, 도장전의 표면처리가 도료의 수명에 얼마나 중요한지를 파악할 수 있다.

표면처리가 된 블록은 페인팅 셀로 운반되어 페인팅 작업을 계속 받게 된다. 각 블록에 대한 도장은 도장사양에 따라 1회에서 최대 7회까지 실시되며, 3회 페인팅부터는 페인팅 셀 외부에서 실시되어도 품질에 큰 영향이 없기 때문에 주요 관리대상은 1회와 2회 페인팅 작업이다. 이 작업을 세분하면 1회 페인팅(1st spray), 건조(dry), 터치업(touch up), 검사(inspection), 2회 페인팅(2nd spray), 건조(dry), 도막체크(thickness check), 수정작업(revision), 건조(dry), 최종 터치업(final touch up), 최종검사(final inspection) 등으로 나눌 수 있다. <그림 1>은 블라스팅 작업과 페인팅 작업을 포함하는 표준 도장공정 일정을 보여주고 있다 (Chung, 2000).

표준 도장공정 일정으로 블록에 대한 도장공정이 진행된다면 2회 페인팅까지 6일이 소요되며 이중 페인팅 작업에 필요한 블록의 도장공기는 5일이다. 따라서 모든 블록의 페인팅 작업이 페인팅 셀 내에서 진행되려면 페인팅 셀의 능력(즉, 페인팅 셀의 옥내면적)이 적어도 블라스팅 셀의 5배는 되어야 한다. 도장공정에서 2회 페인팅 작업까지는 셀 내에서 진행하는 것이

셀 외부에서 진행하는 것보다 도장의 품질이나 작업능률 면에서 유리하다. 그러나 현실적으로 페인팅 셀의 능력이 이러한 조건을 만족시키기 힘들기 때문에 페인팅 셀 관리자는 주어진 제약하에서 가능하면 많은 블록을 페인팅 셀 내에 효율적으로 배치하여 페인팅 작업을 진행시키려고 노력하고 있다(김현민, 1999).

3. HYPOS

도장공정의 일정관리 업무를 간단히 요약하면 상호 영향을 주는 3가지에 대한 의사결정이라고 할 수 있다. 다시 말하면, 각 블록에 대한 생산일정과 공간배치 및 작업자 할당에 대한 의사결정을 최적으로 내리는 것이다. 블록의 생산일정과 셀 내 공간배치에 대한 의사결정을 내릴 때에는 해당 블록의 모양과 크기, 블라스팅 및 페인팅 작업의 작업량, 그리고 블라스팅 셀과 페인팅 셀의 능력을 동시에 고려하여야 하고, 작업자를 블록에 할당할 때에는 도장공정을 수행하는 팀간의 작업부하도 고려하여야 한다.

이러한 도장공정 일정관리 업무를 효율적으로 운영할 수 있도록 지원할 시스템을 개발하기 위해 현대중공업은 1999년 1월에 HYPOS프로젝트를 착수하였다. 이 프로젝트는 1999년 1월부터 1999년 5월까지의 5개월 동안 시스템 개발을 위한 시스템 분석 및 요구사항을 파악하였으며, 1999년 6월부터 2000년 5월 사이에 시스템 설계와 기법 개발 및 시스템 구현을 완료하여 현재 시험 가동 중이다.

HYPOS시스템은 계획(planning)모듈, 일정(scheduling)모듈, 작업지시(work order)모듈 및 DB(database)관리모듈로 구성되어 있으며, <그림 2>는 HYPOS시스템의 구성 및 다른 시스템과의 연계를 보여주고 있다. 계획모듈은 총작업일수, 출근율, 기후 예측자료 등을 고려한 능력과 부하를 분석하여 상위 생산계획 시스템에서 요구하는 블록들의 납기를 만족시킬 수 있는 도장공정 월간/주간 운영전략을 수립한다. 이 모듈에는 월간계획 기능과 통계분석기능이 포함되어 있다. 일정모듈은 계획모듈에서 정해진 운영전략에 맞추어 블라스팅 및 페인팅 셀의

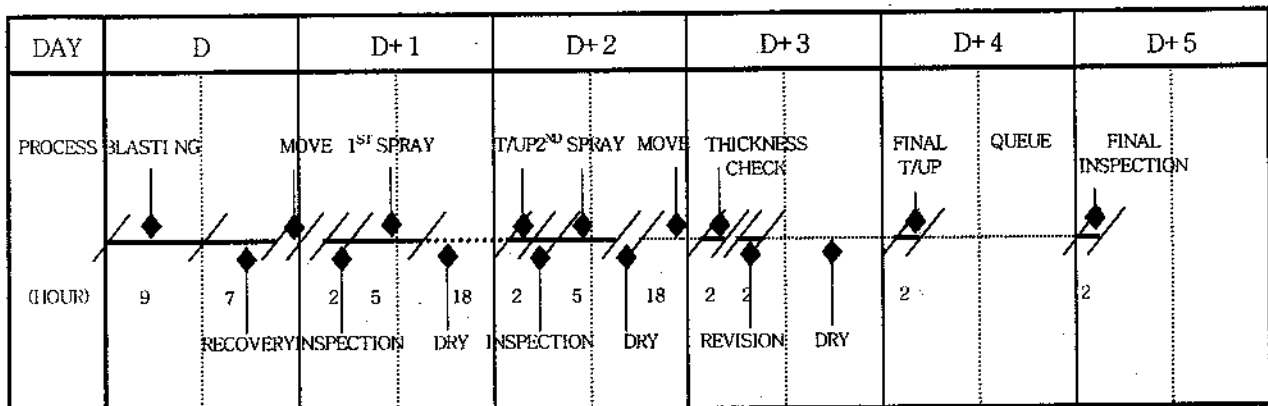


그림 1. 표준 도장공정 일정.

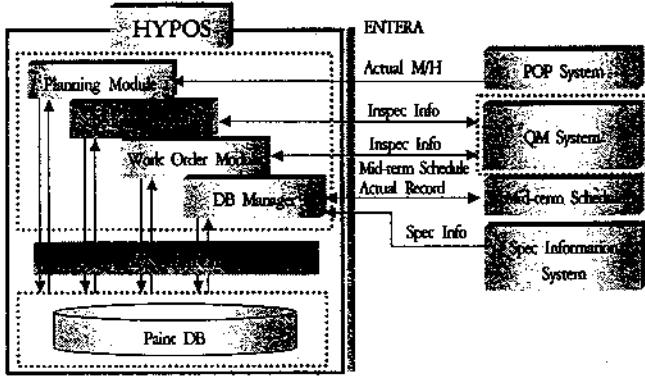


그림 2. HYPOS시스템의 구성 및 타 시스템과의 연계.

능력을 고려하면서 블록들의 생산일정계획을 수립하는 기능을 한다. 또한, 블라스팅 셀과 페인팅 셀에 배치되는 블록들의 배치도도 작성할 수 있는 기능이 있다. 작업지시모듈은 작업자들을 세부작업에 할당하고 작업실적을 수집하며 블록의 운반신청, 검사신청 등과 같은 사항을 지원하는 기능을 한다. 마지막으로 DB관리모듈은 HYPOS시스템과 외부 시스템간의 인터페이스 기능, 즉 데이터 관리 및 전송을 담당한다. 조선CIM (computer integrated manufacturing)의 통합 데이터베이스에 접속하기 위해서 미들웨어인 ENTERA Version 4.2를 사용하고 있다.

HYPOS시스템에 구현된 기법으로는 계획모듈을 지원하는 사전모의실험기법(rough-cut simulation algorithm)과 일정모듈을 지원하는 블록생산일정계획기법(block scheduling algorithm), 블록배치기법(block arrangement algorithm), 블록할당기법(block assignment algorithm) 등이 있으며, 이들 기법들은 Visual C++ Version 6.0으로 구현되었다. 그리고 GUI(graphic user interface) 환경의 구현에는 Power Builder Version 6.5를 사용하였으며, 데이터베이스시스템은 Oracle Version 8.0으로 구현되었다.

HYPOS시스템이 현대중공업 도장공정에 시험 가동되기 시작한 시점이 2000년 6월부터이므로 시스템 전체적인 관점에서 효과성을 검증하기에는 축적된 실적자료가 부족하며 좀더 시험 가동 기간이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 계획모듈이 도장공정에 대한 운영전략을 수립할 때, 중요한 역할을 하는 사전모의실험기법 위주로 소개한다.

3.1 사전모의실험기법

제2절에서 언급한 바와 같이, 도장공정은 블라스팅 작업과 페인팅 작업으로 이루어져 있고, 각 작업은 독립된 작업장에서 실시된다. 그리고 블라스팅 작업을 마친 블록의 표면은 적은 습기에도 쉽게 녹이 쏠기 때문에 블록은 빠른 시간 내에 페인팅 셀로 운반되어 1회 페인팅을 받아야 한다. 다시 말하면, 블라스팅 작업과 페인팅 작업 사이에 재공품 재고(블록)를 허용할 수 없는 것이 도장공정의 특징이다.

또한, 페인팅 작업에 소요되는 시간이 블라스팅 작업에 소요되는 시간보다 월등히 길기 때문에 페인팅 셀의 능력(페인

표 2. 공정사양에 따른 블록의 분류

블록 형태	블라스팅 작업	페인팅 작업		
		1회 페인팅	2회 페인팅	3~7회 페인팅
1	○	○		
2	○	○	○	
3	○	○	○	○

팅 셀의 용내면적)도 이와 비례하여 블라스팅 작업을 마친 블록들을 수용할 수 있을 만큼 커야 한다. 그러나 페인팅 셀의 능력이 충분하지 못하여 블라스팅 작업을 마친 블록들을 모두 수용할 수 없을 경우, 이러한 상황을 고려한 도장공정 운영전략을 세워야 한다. 다시 말하면, 도장공정 생산일정을 수립할 때 도장공정 능력으로 블라스팅 셀의 능력을 사용할 것인지, 혹은 페인팅 셀의 능력을 사용할 것인지를 결정해야 한다. 이러한 도장공정 운영전략을 세우기 위하여 대략적인 모의실험을 수행할 목적으로 개발된 것이 사전모의실험 기법이다.

사전모의실험기법은 블록을 공정사양에 따라 <표 2>와 같이 3가지 형태로 분류한다. 모든 블록은 블라스팅 작업과 1회 페인팅 작업을 반드시 거쳐야 하고, 2회 이후의 페인팅 작업은 공정사양에 따른다. 사전모의실험기법은 HYPOS시스템에서 능력과 부하를 비교하여 도장공정 운영전략을 수립하는 계획모듈을 지원하는 기법이므로 실제의 상세한 블록형상 정보 대신에 대략적인 블록형상 정보를 이용하여 모의실험을 수행한다.

<그림 3>과 <그림 4>는 사전모의실험기법의 순서도를 보여주고 있다. 도장공정은 다른 제조공정에 비해 기후와 같은 돌발변수에 많은 영향을 받기 때문에 생산일정계획시, 정전개 스케줄링(forward scheduling)방법을 선호하고 있다. 따라서 사전모의실험기법은 작업 착수일이 빠른 블록부터 블라스팅 및 페인팅 셀에 할당하며, 도장공정 능력은 블라스팅 셀이나 페인팅 셀의 능력을 사용한다. 그리고 일정수립 및 공간할당 중에 부하가 페인팅 셀 능력을 초과하거나 블록납기에 문제가 발생하면 부하평준화 절차를 밟게 된다.

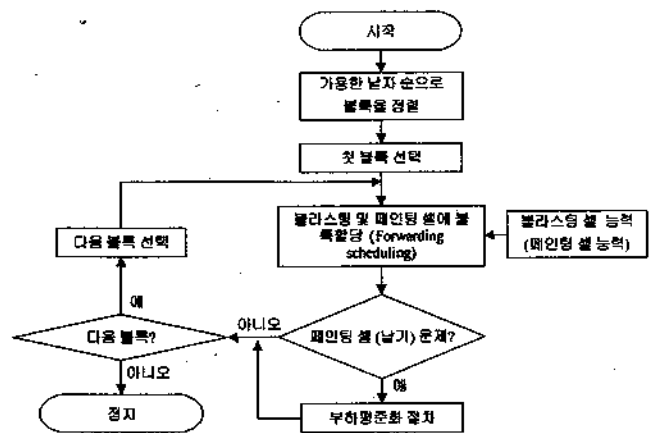


그림 3. 사전모의실험기법.

표 3. 블록형태별 비율과 공기 및 표준공정시간

블록형태	비율(%)	공기(일)	표준공정시간(일)
1	5	7	5
2	10	Normal(8.5, (1.5) ²)	6
3	85	Normal(9.0, (1.5) ²)	7

적인 성능을 알 수 있는 모의실험 결과를 제시하는 것이 보다 유용하다고 사료되어 현대중공업 도장공정 실제 현장자료에 기초한 모의실험결과를 제시한다. 기초입력정보를 얻기 위하여 각 블록형태에 대한 과거 자료, 즉 1999년 5월부터 2000년 4월까지의 1년간 자료를 분석한 결과, <표 3>과 같이 얻었다. <표 3>은 각 블록형태의 비율, 공기 및 표준공정시간을 보여주고 있다. 이외에 현재 현대중공업 블라스팅 셀 능력과 페인팅 셀 능력의 비율은 1:1.8 정도이며, 블록들이 블라스팅 작업과 1회 및 2회 페인팅 작업을 받기 위해 셀 면적을 차지하는 기간은 각각 1일씩 잡고 있다.

블라스팅 셀 능력 및 페인팅 셀 능력을 기초로 한 모의실험의 결과를 작업부하에 따라 블라스팅 셀 이용율, 납기지연율, 셀의 2회 페인팅률을 <그림 5>에서 보여주고 있고, 평균납기지연일은 <그림 6>에서 보여주고 있다.

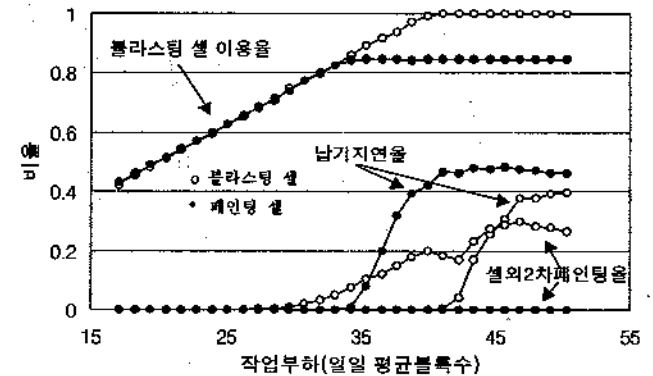


그림 5. 작업부하에 따른 블라스팅 셀 이용률, 납기지연율 및 셀의 2회 페인팅률.

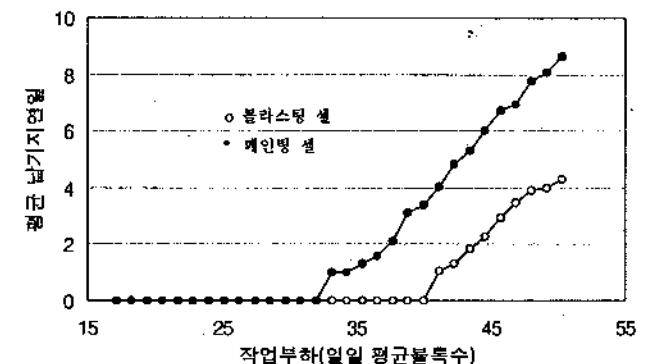


그림 6. 작업부하에 따른 평균납기지연일.

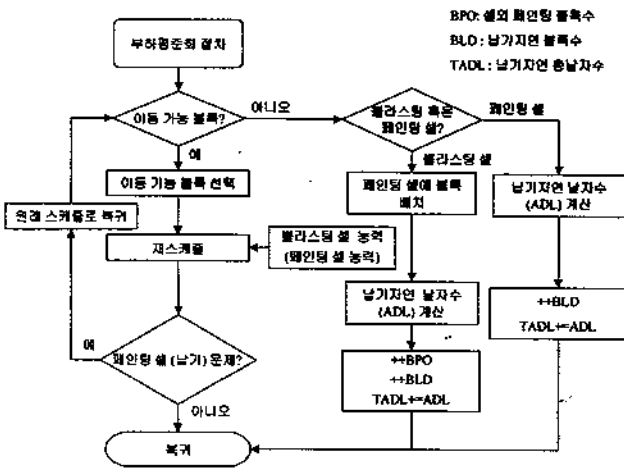


그림 4. 평준화절차.

부하평준화 절차는 블라스팅 셀 능력을 공간제약조건으로 하여 블록에 대한 일정수립 및 공간할당을 수행할 때 페인팅 셀의 능력이 부족하여 블록을 더 이상 페인팅 셀 내에 할당할 수 없는 경우나 페인팅 셀 능력을 공간제약조건으로 하여 블록에 대한 일정수립 및 공간할당을 수행할 때 블록이 납기를 어기게 되는 경우에 이미 확정된 블록들의 일정과 배치를 조정하여 가용할 수 있는 생산능력의 여유를 찾는 방법이다. 부하평준화 절차의 기본개념은 다음과 같다. 최대 수용량이 더 이상의 새로운 블록을 받아 들일 수 없을 때, 부하평준화 절차는 페인팅 셀에 블록을 배치할 때 생길 수 있는 문제나 블록의 납기를 어기게 되는 문제를 야기하지 않으면서 이동시킬 수 있는 기존의 블록을 조사한다. 그리고 부하평준화 절차는 새로운 블록을 수용하기에 필요한 양만큼의 기존 블록을 이동시킨다(부하평준화 절차에 대한 상세한 개념과 예제는 Park et al.(1999) 참조바람). 부하평준화 절차를 통하여 기 확정된 블록들의 일정과 배치를 조정하여도 가용할 수 있는 생산능력의 여유를 찾을 수 없을 경우 그 블록의 납기지연은 피할 수 없으며, 페인팅 셀의 능력이 부족할 경우는 블라스팅 작업을 방금 마친 블록에 대한 1회 페인팅 작업을 위하여 2회 페인팅 작업을 기다리던 블록을 셀 외부로 밀어낸다.

3.2 모의실험결과

블록들의 생산일정계획을 수립할 때마다 HYPOS시스템의 일정모듈은 사전모의실험기법을 이용한 모의실험 결과를 참조해 블라스팅 셀의 능력에 기초하여 생산일정을 수립할 것인지, 혹은 페인팅 셀의 능력에 기초하여 생산일정을 수립할 것인지를 결정한다. 어느 것에 기초하여 생산일정을 수립하느냐에 따라서 셀 외 2회 페인팅률과 납기지연율 및 평균납기지연일 등에 많은 차이가 발생하므로 효과적인 도장공정 운영전략을 수립해야 한다.

본 논문에서는 HYPOS시스템 일정계획 수립 시마다 사용된 사전모의실험기법의 결과를 제시하는 것보다 이 기법의 일반

4. 토론

사전모의실험기법을 이용한 모의실험 결과인 <그림 5>와 <그림 6>을 보면 도장공정 생산일정수립 시, 블라스팅 셀의 능력에 기초한 경우와 페인팅 셀의 능력에 기초한 경우에 셀의 2회 페인팅률, 납기지연을 및 평균납기지연일이 상당한 차이를 보이는 것을 알 수 있다. 따라서 도장공정 관리자는 생산 일정수립 시, 당시의 상황(예를 들면, 총 작업일수, 출근율, 기후예측자료, 선박의 유형, 선주의 성향 등)을 고려하여 효과적인 운영전략을 세워야 한다. HYPOS 시스템은 이러한 상황을

반영할 수 있도록 user-interactive기능을 갖추고 있다.

작업부하가 적을 경우에는 어떠한 운영전략을 택해도 최종 결과는 비슷하게 나타나지만, 작업부하가 증가함에 따라 최종 결과는 운영전략에 많은 영향을 받는다. 따라서 우천기간이나 품질에 대한 선주의 성향이 까다로운 경우에는 셀의 2회 페인팅률이 낮도록 해야 할 것이고, 납기가 중요한 경우에는 납기지연율을 낮추도록 해야 할 것이다.

사전모의실험 결과를 기초로 하여 수립한 도장공정의 생산 일정계획의 결과물, 즉 일정모듈의 전형적인 컴퓨터 화면을 <그림 7>와 <그림 8>에서 보여주고 있다.

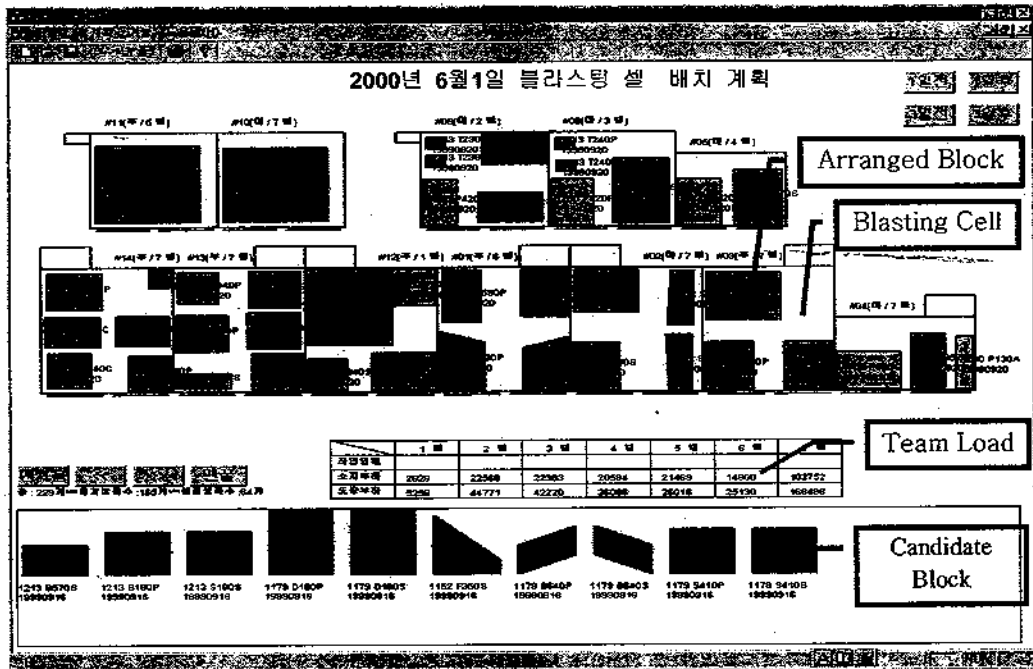


그림 7. 블라스팅 작업 생산일정 및 공간배치.

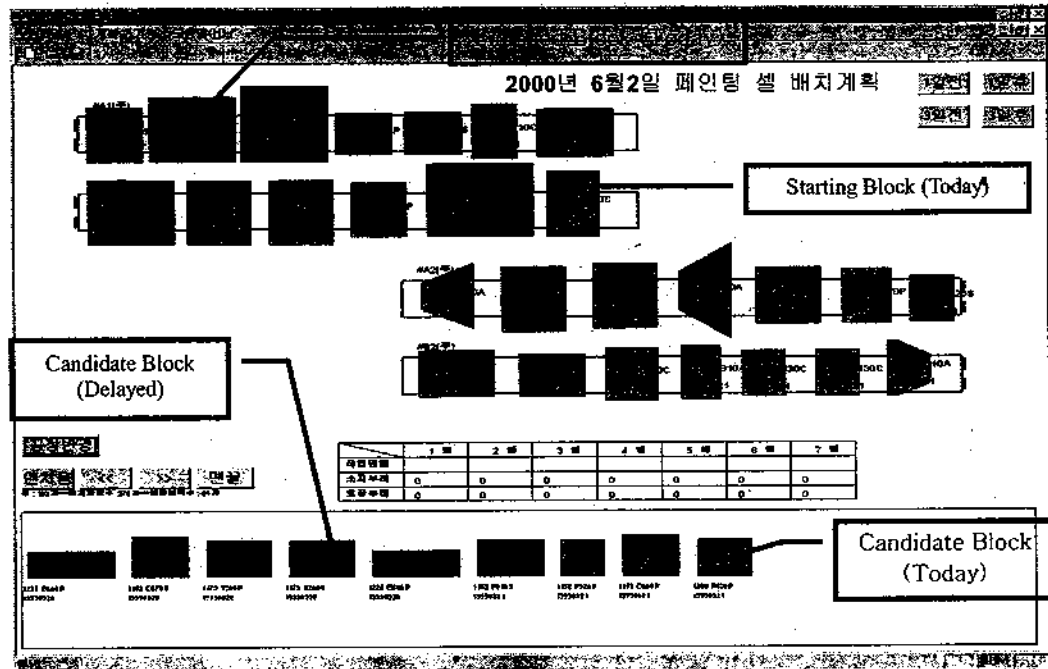


그림 8. 페인팅 작업 생산일정 및 공간배치.

5. 결론

본 논문은 생산일정계획 관점에서 조선산업의 생산공정과 국내의 연구활동에 대해 간단한 고찰을 제시하고, 조선생산공정의 주공정상에 위치하고 있는데도 불구하고 심도 있는 연구가 없었던 도장공정에 대해 현대중공업에서 실시한 HYPOS 프로젝트를 소개하였다. 이 프로젝트는 1999년 1월부터 1999년 5월 까지의 5개월동안 시스템개발을 위한 시스템분석 및 요구사항을 파악 하였으며, 1999년 6월부터 2000년 5월 사이에 시스템설계와 기법개발 및 시스템구현을 완료하여 현재 시험 가동 중이다. HYPOS시스템이 현대중공업 도장공정에 시험 가동되기 시작한 시점이 2000년 6월부터이므로 시스템 전체적인 관점에서 효과성을 검증하기에는 축적된 실적자료가 부족하여 본 논문에서는 계획모듈을 지원하는 사전모의실험기법의 유용성과 성능 위주로 소개하였다. 앞으로 시간이 지남에 따라 실적자료가 축적될 것이고 HYPOS시스템에 대한 전체적인 효과성이 검증되는 데로 그 결과를 학회에 보고할 예정이다.

참고문헌

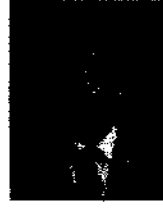
고시근 (1996), 유전알고리즘을 이용한 블록조립공장의 생산일정계획, *경영과학*, 13(1), 11-12.
 고시근, 박주철, 최용선, 주철민 (1999), 고정정반 블록조립 작업장의 일정계획 시스템 개발, *산업공학*, 12(4), 586-594.
 김성환 (1995), 조선소 블록조립공정의 일정계획문제에 관한 연구, *석사학위논문*, 한국과학기술원.
 김현민 (1999), 조선 도장 공장의 운영 효율화에 관한 연구, *석사학위논문*, 울산대학교.
 김홍태, 유병세, 임계민 (1998), 조선 선가공정 관리시스템 개발, *대한산업공학회 한국경영과학회 '98 춘계공동학술대회논문집*, Session D01-1.
 대한조선공학회 (1998), *선박건조공학*, 동명사.
 문창호 (1995), 조선 가공계열표에 대한 GT 2차원 집락법의 적용, *산업공학*, 8(2), 127-134.
 박경철, 이경식, 박성수, 김성환, 황규욱, 김원희, 유달호, 이동렬, 오명준 (1995), 고정정반 일정계획 시스템의 개발, *산업공학*, 8(2), 95-104.
 박명환, 이운식, 옥영석, 이태억 (1995), 국내 조선산업의 개요와 국내외 산업공학관련 연구, *산업공학*, 8(2), 5-20.
 박주철, 이강렬, 문동욱, 송치운 (1994), 조선 기본계획을 위한 S-커브 활용에 관한 연구, *산업공학*, 7(3), 201-212.
 박주철, 옥철영, 이태억, 정동수, 이강렬 (1995), 조선기본계획수립시스템의 개발, *산업공학*, 8(2), 65-76.
 박창규, 서운호 (1999), 조선 선가공공정에서의 부재가공을 위한 Bay 및 가공기계의 선택, *산업공학*, 12(3), 395-400.
 백태현, 정귀훈, 박주철 (1999), 부하평준화 휴리스틱을 이용한 선박 탑재 일정계획 편성 연구, *산업공학*, 12(2), 354-361.
 서원철, 장세진, 김재근, 이광주, 이재동, 김종곤 (1995), 조선 생산계획 시스템 연구 개발 사례, *산업공학*, 8(2), 105-125.
 오정수 (1998), 조선에서의 선가 블록조립 공정계획에 관한 연구, *박사학위논문*, 부산대학교.
 유병세, 김태룡 (1996), 블록조립장의 적시생산과 부하평준화를 위한 일정계획, *선박해양기술*, 23.
 이강렬, 문동욱 (1992), 기본 선평표 작성의 최적화에 대한 고찰, *기술현대*,

12(4), 74-85.
 이경전 (1992), 공간 일정계획과 조선 공업에의 응용, *석사학위논문*, 한국과학기술원.
 이경전 (1995), 공간 일정계획 전문가시스템의 개발에 관한 연구, *박사학위논문*, 한국과학기술원.
 이경전, 이재규 (1995), 공간배치문제에서의 우월 탐색 공간에 관한 연구, *한국정보과학회 '95 봄 학술대회논문집*, 22(1), 179-182.
 이정승, 이재규, 최형림, 김호동 (1994), 조선의 일정계획 수정 및 통제: DAS-REACT, *한국전문가시스템 '94 추계학술대회논문집*, 289-300.
 이재동, 홍유신 (1994), 블록조립공장의 부하평준화를 위한 생산일정계획, *산업공학*, 7(2), 75-85.
 이재원, 김훈주 (1995), 유전 알고리즘을 이용한 탑재공정과 일정계획, *대한조선학회논문집*, 32(1), 9-16.
 임재민, 김홍태, 유병세 (1997), 시뮬레이션 방법을 이용한 조선 탑재공정 기준 선행 중일정계획의 수립, *한국경영과학회 대한산업공학회 '97 춘계공동학술대회논문집*, 447-450.
 정귀훈, 백태현, 박주철, 조규갑 (2000), An operating system design and development for efficient painting process, *대한산업공학회 한국경영과학회 2000 춘계공동학술대회논문집*, 183-187.
 정동수, 장정호, 문동욱, 김수경, 조덕래, 정문호, 박주철, 옥철영 (1994a), 기본계획 시스템(CRP) 개발에 관하여, *기술현대*, 14 (4), 2-8.
 정동수, 장정호, 문동욱, 김수경, 조덕래, 정문호, 박주철, 이태억 (1994b), CRP 시스템에서의 알고리즘 적용에 대한 고찰, *기술현대*, 14(4), 14-26.
 조규갑, 김영구 (1997), 선가 가공공장의 작업일정계획 시스템의 개발, *한국경영과학회 대한산업공학회 '97 춘계공동학술대회논문집*, 443-446.
 조규갑, 류광열, 최형림, 이수홍, 정동수, 윤성태 (1995), 선가내업 공정설계 자동화시스템의 개발, *산업공학*, 8(2), 41-54.
 주명호 (1999), 제약조건 완화 기법을 이용한 곡블럭 조립 작업일정계획, *석사학위논문*, 동아대학교.
 최우형, 류광열, 김갑환, 홍봉희 (1997), Tabu Search를 이용한 작업일정계획 및 재일정계획 수립, *한국전문가시스템 '97 추계학술대회논문집*, 376-387.
 최형림 (1993), Erection Scheduling at Shipbuilding using Constraint Directed Graph Search, *박사학위논문*, 한국과학기술원.
 홍윤기, 정은경, 전진, 김세영 (1997), 조선 공정계획에서 탑재 순서 생성, *산업공학*, 10(1), 189-207.
 황준하, 류광열, 최형림, 조규갑 (1998), 하이브리드 유전 알고리즘과 반복적 개선 탐색 기법에 의한 일정계획, *한국정보과학회논문집(A)*, 825-835.
 Cho, K., Oh, J., Ryu, K. and Choi, H. (1998), An integrated process planning and scheduling system for block assembly in shipbuilding, *Annals of CIRP*, 47(1), 419-422.
 Chung, K. H., Cho, K. K., Back, T. H. and Park, J. C. (2000), An operation scheduling system for painting shop in shipbuilding, *International Journal of Industrial Engineering*, (in process).
 Lee, K. J., Lee, J. K. and Choi, S. Y. (1996), A spatial scheduling system and its application to shipbuilding: DASCURVE, *Expert System with Applications*, 10(3/4), 311-324.
 Park, C., Song, J., Kim, J. and Kim, I. (1999), Delivery date decision support system for the large scale make-to-order manufacturing companies: A Korean electric motor company case, *Production Planning and Control*, 10(6), 585-597.
 Park, K., Lee, K., Park, S. and Kim, S. (1996), Modeling and solving the spatial block scheduling problem in a shipbuilding company, *Computers and Industrial Engineering*, 30(3), 357-364.
 Wortmann, J. C., Muntslag, D. R. and Timmermans, P. J. M. (1997), *Customer-Driven Manufacturing*, Chapman & Hall, London.



정귀훈

울산대학교 조선 및 해양공학과 학사
울산대학교 조선 및 해양공학과 석사
현재: 현대중공업 산업기술연구소 책임연구원
관심분야: 제조정보시스템 분석 및 설계, 물류
분석 및 설계, 컴퓨터 시뮬레이션 응용



박주철

서울대학교 산업공학과 학사
한국과학기술원 산업공학과 석사
한국과학기술원 산업공학과 박사
현재: 울산대학교 산업정보경영공학부 교수
관심분야: 경제성 공학, 생산정보시스템



박창규

고려대학교 산업공학과 학사
한국과학기술원 산업공학과 석사
University of Missouri-Columbia, 산업공학과 박사
현재: 울산대학교 경영대학 경영학부 조교수
관심분야: 공급사슬경영, 생산정보시스템, 성
과측정



조규갑

부산대학교 기계공학과 학사
부산대학교 기계공학과 석사
미국 Alabama 대학교 산업공학과 석사
미국 Alabama 대학교 산업공학과 박사
현재: 부산대학교 산업공학과 교수
관심분야: 생산시스템 공학, 전문가 시스템의
응용, CAPP 등



민상규

울산대학교 산업공학과 학사
울산대학교 산업공학과 석사
현재: 현대중공업 산업기술연구소 연구원
관심분야: 시스템 분석 및 설계, 일정계획,
MIS, CALS/EC, 인터넷 응용