

조선생산기술의 현황과 방향

김 국 호<대우조선(주) 전무>
 최 길 선<한라중공업(주) 부사장>
 김 정 제<울산대학교 교수>

〈목 차〉

1. 서 론
2. 국내조선소의 생산기술 현황
3. 생산정보의 관리
 - 3.1 생산정보의 생성
 - 3.2 생산정보의 Database화
 - 3.3 생산정보의 흐름체계
4. 원가절감을 위한 설계
 - 4.1 자재비 및 공수절감설계
 - 4.2 구역별 생산체계
5. 작업의 지상화
 - 5.1 지상화의 개념
 - 5.2 지상화의 현황
 - 5.3 지상화를 위한 과제
 - 5.4 지상화를 위한 생산설계
6. 공장자동화
7. 작업환경의 개선
8. 결 론
(참고문헌)

되고 있다. 국내 조선산업은 비교적 짧은 기간내에 세계 2위의 조선국으로 양적 성장은 하였지만 인건비의 상승에 따른 가격경쟁력의 약화와 독자적인 생산기술의 취약으로 일본 및 후발 조선국과의 경쟁에서 우위를 지키기 위하여는 끊임없는 연구와 개선 노력이 필요하다.

조선시장도 세계경제의 변화에 민감하게 반응함에 따라 수요변동이 심해지고 있으며, 선박으로 인한 공해방지 및 운항 중 안전을 위한 국제적인 규정들도 더욱 엄격해져 감에 따라 새로운 설계개념이 도입되고 있다. 조선소 내부로 보면, 노동자들의 소위 3D(Difficult, Dangerous, Dirty) 산업에 대한 기피경향으로 쾌적하고 안전한 작업환경을 요구하는 추세이다.

따라서 끊임없이 변하는 조선시장에 능동적으로 대처하며 경쟁력을 유지하기 위하여 환경을 개선하고 생산성을 높일 수 있는 생산설계기술의 확보와 생산기술의 개발의 필요성이 절실한 실정이다. 국내의 중, 대형조선소를 중심으로 조선생산기술의 현황과 대책을 검토하고자 한다.

2. 국내조선소의 생산기술 현황

조선생산의 일반적인 특징을 살펴보면 다음과 같으며 이는 결국 대부분 생산기술의 문제로 귀착된다.

- 불황시에도 작업도 유지를 위하여 불가피하게

1. 서 론

1980년대 후반이후 세계적인 조선불황에 따라, 이를 극복하기 위한 조선소들의 시설감축, 생산체계의 개선 및 경쟁력확보를 위한 체질개혁이 진행

물량위주의 수주를 하여야 하며, 이 경우 조선소의 원가절감과 공기단축의 요구가 심각해진다.

- 주문생산으로 수주때마다 제품설계를 수행함으로써 작업의 양과 건조비를 최소화할 수 있는 능률적인 설계기술이 필요하다.
- 노동집약적인 산업이므로 인건비의 증가는 건조비의 직접증가로 이어진다.
- 설계 및 생산기간이 길고 설계과정이 복잡하다.
- 현장작업환경이 타산업과 비교할 때 열악하다.

이와같은 특성은 서로 깊은 연관성을 갖고 있으므로 개별적인 대처방법으로는 불충분하며 종합적이고 체계적인 개선과 해결이 요구된다. 일본에서는 최근 이점에 착안하여, 사전연구단계를 거쳐 일본선박진흥회 주관으로 1989년 이후 3개년 계획

표1. 국내 중대형 조선소 생산기술의 현황

항 목	대 형 조 선 소	중 형 조 선 소
생산정보의 생성	-도면작성의 일부 CAD화(선각구 조도 25~75% 수준)	-도면작성 수작업
생산정보의 표준화 DB화	-계산의 상당부분 전산화 -설계의 표준화 상당수준	-일부계산의 전산화 -일부설계의 표준화
생산정보의 전달	-설계 DB구축중 -도면, BOM등 대부분 종이에 의존	-DB구축 없음 -좌 동
재료비 절감 설계	-일부조선소, 최소건조비 설계 System 개발 중	-좌 동
생산공수 절감설계	-일부조선소, 최소선조비 설계 System 개발 중	-없 음
생산관리 System	-일부조선소 전산관리 System 개발 중	-좌 동
작업의 지상화	-지상화율 61~70% 수준 -육대화 추진 중	-일부조선소, 극대화 노력 중
생산자동화	-강판의 자동절단 일부조선소 형강재 자동절단 -일부조선소, 강재입출고 System 개발 -반자동용접기 활용	-수동절단 -없 음 -없 음
작업환경 개선	-일부조선소, 용접 Robot개발 중 -안전작업을 위한 투자확대	-없 음 -다소미흡

으로 '조선 CIMS Pilot Model의 개발연구'를 진행하고 있으며, 국내에서도 해사기술연구소 주관으로 1988년 이후 6년간 1단계 계획의 '선박설계 생산 전산시스템(CSDP) 개발' 사업을 대학 및 4대 대형조선소 공동으로 개발을 추진하고 있다.

국내 중대형조선소의 생산기술의 현황을 주요 항목별로 정리하면 <표 1>과 같다.

조선산업의 현황을 고려할때, 장래의 효율적인 생산성 향상을 위해서는 설계정보의 자동생성, 작업의 지상화, 생산자동화에 대한 연구가 필요하다.

생산기술의 향상은 효과적인 생산 System의 구축 및 활용에 의해 이루어지며 이를 담당할 우수한 기술인력의 확보가 더욱 중요하다. <표 2>는 1992년 9월 현재 대형조선 4사의 설계기술 인력의 현황을 보여주고 있다.

표2. 대형조선 4사의 설계기술 인력의 현황

조선 소명	초기 설계	상 세 설 계							
		합계	종합	선각	의장	선실	기장	전장	공정
현대	172	858	39	201	293	85	134	86	18
대우	68	470	43	139	93	50	90	45	10
삼성	32a	221	a	69a	57		41	27	27
한진	62a	111	a	48	26		17	9	11

(주) a: 초기설계와 상세설계의 구분이 다소 명확치 않음.

대형조선소의 경우, 각사가 필요로 하는 기술인력을 충분히 확보하고 평균 경력은 약 10년 이상 이므로 충분한 인력의 확보가 되어 있다고 할 수 있지만, 중소형 조선소의 경우는 제반사항의 미흡으로 고급설계기술자를 확보하지 못하고 있다.

3. 생산정보의 관리

3.1 생산정보의 생성

생산정보는 생산을 위한 제반정보로서 종류, 내용, 형식이 다양하나, 좁은 의미로는 완성될 제품 즉, 선박의 성능, 건조사양, 생산방법, 생산공기, 소요자재들에 관한 자료를 나타낸다. 일반적으로 영업, 초기설계, 상세설계, 생산설계, 생산, 시운전의 단계를 거치며 추가, 수정, 구체화되는 과정을 밟게 된다. 각 단계에서 생성되는 주요정

표3. 각 단계에서 생성되는 정보와 문제점들

단 계	생 성 정 보	문 제 점
영 업	계약성능, 납기, 선거	-계약의무 사항의 공동이해
영업설계	계약사양, 주요자재	-선거견적의 정확도 -계약성능평가의 정밀도
설계관리	설계일정, 설계공수	-설계사양의 변경 -설계공수의 정량화
초기설계	기본설계도면	-최적화 Simulation을 위한 방법
	건조물량산정	-자재물량의 집계 of 정확도 -후속설계와의 정보체계의 일관성
상세설계	상세설계도면, 재료조서	-의장 선각분야의 설계정보 교류 -설계표준화 -CAD System이 없는 경우, 도면 정보의 이중생성
생산설계	가공, 조립, 제작, 설치도면 자재목록	-동일정보의 이중생성
생산관리	공작요령계획, 품질계획	-형상정보의 정량화, 자동수치화 -형상정보 Model의 간섭 Check 기능
	물량산출	-정확한 물량 및 공수정보
	일정계획	-최적의 일정계획의 입안방법 -정량화된 기준으로 계획수립 -Real Time정보수집

보와 일반적인 문제점들은 <표 3>과 같다.

생산정보의 많은 부분은 설계단계에서 생성되며, 실제적으로 제품의 성능, 품질, 원가, 공기, 작업환경에 지대한 영향을 미친다. 제품설계시 (1) 수익성의 유지, (2) 건조공기의 단축, (3) 인간적인 작업환경의 구축, (4) 선박의 인도후 보수유지작업의 편이성이 고려되어야 한다.

<표 3>의 문제점들을 해결, 개선하고 다품종 소량생산에 대응하기 위해서는 생산조직내의 정보 생성 및 전달의 매체를 도면에서 Computer를 이용한 Database화, 더 나가 Paperless화 하는 것이 중요하다. 설계와 생산의 각종 System간에 정보 흐름의 효율성을 높이기 위해서는 Computer내에 대상제품의 형상 및 수학적인 관계를 화면에 구현하여 기하학적인 입체를 취급하는 Solid Modeling 개념의 사용이 필요하다.

3.2 생산정보의 Database화

21세기의 한국 사회는 고도정보화 사회로 진화할 것으로 예상된다. OA, CAE, CAM, CAE 및 FA가 진전되어 기업내의 업무처리 방식 및

생산방식의 변화도 필연적이다. 이를 위해 CIMS (Computer Interated Manufacturing System)이 유용한 기술이다. CIM은 수주에서 인도까지 기업 활동의 여러부문, 사업계획, 설계, 생산계획, 자동화 공장제어를 Computer가 지원하는 System을 의미한다. 조선소에서는 설계, 생산, 자재등 종합적인 선박 건조 System을 위해서 각부문의 System 들을 효율적으로 엮어서 총체화한 각사 고유의 설계 및 생산 일관 System이 필요하다. 이를 위해 개개의 자동화되어 있는 System인 자동화의 섬(Island)을 연결하는 DBMS(Database Management System)기술, Product Modeling, Networking 기술이 필요하다.

Database System은 효율적인 관리와 공유성을 제공하고 Data독립성을 유지하기 위해 체계적으로 통합, 구축된 유용한 Data들의 집합인데 특정 DBMS가 제공하는 Model을 기본으로 설계되며, 조작기능으로 이용되는 Data들의 집합이다. 선박 건조에 소용되는 Data의 양은 방대하고, 사용목적도 다양함으로 공통의 Database를 사용하는 것이 중요하다. Database의 장점으로서는 (1) Data 중복의 제거 (2) 일관성의 유지 (3) Data의 독립성 (4) Data관리의 편의제공이다. Database System의 종류로는 계층 DB, Network DB, 객체지향 DB가 있는데 장래에는 객체지향 DB의 개발과 사용이 필연적이다.

Product Model은 제품의 생산에 필요한 정보를 모두 Computer안에 표현된 것으로 정의되는데, 이 정보는 생산에 관한 모든 Program들이 필요로 하는 정보를 의미하며 System의 통합화가 진전됨에 따라 Product Model이 보유하는 Data의 양이 방대해진다. Product Model은 3-D CAD(3-Dimensional Computer Aided Design) System을 필요로 하는데 이 System으로 초기설계단계부터 설계, 생산, 관리의 각 단계별로 필요한 정보의 변환이 보장되는 Data구조를 가져야 한다. 이 Product Model의 구축을 위해서는 객체지향 Database가 유용하다. 객체지향개념의 특성은 Data 추상화(Data Abstraction), 특성계승(Property Inheritance), 다형성(Polymorphism)로 요약될 수 있다. 이와같은 특성을 이용하여 여러 Program들의

사용과 통합화가 쉽게 이루어질 수 있는 것이다.

CIMS내의 실제 명령의 이행은 각 Computer 간의 Data전송이 중요한 문제이다. 이 Data전송은 LAN을 통해 이루어지는데 서로 다른 Computer 기종이나 Database System사이를 연결하기 위해서는 Data전송의 동일화 및 표준화가 중요하다. 여러가지 표준중에서 대표적인 것은 MAT/TOP, IGES, PDES/STEP, TCP/IP 등이 있다. 그러므로 조선분야에서 표준화된 통신방법에 대해 연구가 있어야만 이미 설치된 System을 표준 System으로 변경시키는 손실을 방지할 수 있을 것이다.

3.3 생산정보의 흐름

각 단계에서 생성된 정보들은 <그림 1>과 같은 흐름을 거쳐 필요로 하는 조직에 전달되며 전달과정 중 수정, 보완, 구체화, 유형화된다.

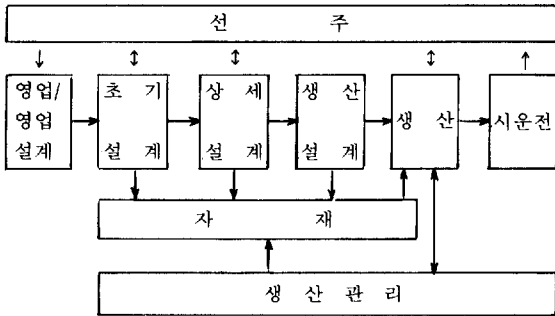


그림 1. 생산정보의 흐름

상기 정보들은 현재 대형조선소 일부 조직간의 경우를 제외하고는 대부분 도면 및 서류에 의한 전달에 의존하고 있으나, 장래에는 신속 정확한 정보의 흐름을 위하여 뒤에서 언급된 바와 같이 Computer를 이용한 정보 Network 및 Database에 의한 무인화, Paperless화 된 전달이 요구될 것이다.

4. 원가절감을 위한 설계

4.1 자재비 공수절감설계

이익을 극대화시키기 위하여 투입하는 비용을 최소화시키는 것이 설계의 주된 목표이다. 선박

건조에 투입되는 비용은 선박을 건조하는 조선소에 고용된 노동자의 임금수준, 조선소의 관리수준, 설계능력, 생산능력 및 기타의 요인물에 의하여 좌우된다. 설계자의 입장에서는 건조에 투입되는 직접재료비와 인건비의 감소를 통해서 이익의 극대화를 추구할 수 있다.

선박의 직접 재료비의 구성은 의장품 등 선박의 운항에 필수적인 장비와 선체 강재의 가격으로 구성되어 있는데 강재의 가격이 단일 항목으로는 최대가 되므로 통상 설계자들은 다루기 쉬운 최소중량설계를 설계의 목적으로 한다. 그러나 인건비가 상승하여 인건비의 비중이 큰 경우에는 최소중량설계를 수행하여 선체중량의 감소로 인한 건조비를 줄이려고 하면 건조비가 증가하는 경향이 있게 된다. 인건비 수준이 높은 경우에는 강재중량과 인건비를 동시에 고려한 최소건조비 설계 개념이 도입되어야 한다.

4.2 자재비 절감설계

자재비는 일반적으로 직접자재비와 간접자재비로 분류된다. 간접자재는 자재비 중 점유비중이 낮고, 변동폭도 작으므로 자재비 절감설계의 대상은 주로 직접자재가 되며 그 중에서 설계내용에 따라 소요량의 변화가 큰 Bulk성 자재가 주된 표적이 된다. 생산을 위한 주요 Bulk 자재는 강재, Pipe, Cable, Paint이다. 이들 자재의 절감을 위해서는 다음과 같은 노력이 필요하다.

1) 선각강재

초기설계시부터 소정의 선체강도를 만족시키며 최소중량이 가능한 설계를 추구하되, Joint Length, 부재수의 감소와 건조비의 최소화를 동시에 충족시키는 최적설계 기법의 활용.

2) Pipe 및 Cable

소정의 System 성능을 충족시키며, 설치거리가 최소로 되는 배치설계

3) Paint

소정년한의 방식수명요구를 만족시키며 단가, Coating 횟수가 최소화되는 Paint Scheme의 선택 및 난공사 구역의 도포면적이 최소가 되는 선각형상 및 부재배치 설계.

4.3 공수절감설계

인건비는 노동력의 소비에 의해 발생하는 원가이다. 노동자의 임금, 수당 및 기타 소요되는 임금에 의하여 결정된다. 전체의 건조에 투입되는 인건비의 측정은 대단히 어려운 일이다. 이를 위하여 다음과 같은 두가지 Cost Model들이 있다.

- Work Content에 의한 Model

- Joint Length에 의한 Model

Work Content에 의한 건조비 예측은 작업의 순서에 따른 단위 Block당 소요되는 공수를 예측하여 인건비를 추정하는 것인데 실제적이고 실제 현장에서 일어나는 작업 순서에 따른다는 장점은 있지만 복잡하고 여러 Block들이 동시에 작업될 때는 정확한 공수의 추정이 어렵다는 단점이 있다. 한편, Joint Length에 따른 인건비 예측은 건조 공수는 Joint Length에 비례한다는 가정에 따르는데 정량적이고 여러 Design들을 상호 비교할 수 있다는 장점이 있어서 설계단계에서 사용할 수 있다. 그러나, Joint Length에 의한 Model은 Joint Length로는 Work Content를 나타낼 꼭부위 작업들의 공수를 Joint Length로 표현하는 것은 한계가 있다. 그러나 조선소에서의 실제적인 경험에 의하면 Joint Length에 의한 건조비의 추정은 전체작업량을 나타내는 좋은 척도가 됨을 보여주고 있다. 그러나 단순히 Joint Length에 의한 건조비의 추정보다는 전체의 생산을 위한 인건비는 두께에 따라 용접에 투입되는 공수가 바뀌게 됨으로 판의 두께 및 작업의 난이도를 고려한 환산 Welding Length에 의한 공수의 추정을 하는 것이 실제적이다. 각 조선소에서는 조선소 고유의 정확한 건조비 계산 Model을 만드는 것이 원가절감을 위해서 매우 중요한 일이다.

5. 작업의 지상화

5.1 지상화의 개념

조선공법이 Block 건조방식과 Dock 건조방식으로 전환된 이후, 작업의 지상화는 현재까지도 꾸준히 추진되고 있다. 지상화 작업이라 함은 Block 탑재전의 작업 전반을 지칭하는 말로써,

옥내 작업과 옥외 작업으로 구분할 수 있다. 현재 대부분의 조선소가 Block 가공에서 조립까지는 옥내에서 행하고, 선행의장, 선행도장, P/E 및 총조립 관련 작업은 옥외 지상작업에서 처리하고 있다. Block 탑재 이후의 작업을 지상화하는 것은 생산성 향상을 위하여 매우 중요한 과제이다. 그러나 옥외 지상작업을 옥내화하는 것은 각 조선소마다의 특성과 여건에 따라 결정되어야 한다.

작업의 지상화는

- 작업장을 Open space화하고

- Dock 내 작업량 감소로 생산용량이 증가하고

- 작업의 안전성을 향상시키고

- 작업의 자동화를 확대하며

- 작업관리를 용이하게 하여

종합적인 생산성 향상에 크게 기여하게 된다.

5.2 지상화의 현황

지상화 작업의 선두주자는 역시 일본 조선소들이다. 따라서 그들의 경험과 실적자료를 참고로 우리의 현황을 돌아보고 도약의 준비를 하는 것이 순서라 생각한다. 일본 조선소들의 평균지상화율은 <표 4>와 같다.

이에 비해 국내 조선4사의 지상화율을 조사한 바로는 아래표와 같으나, 유감스럽게도 각 사의 종래의 공수집계 방식이 구역별 자료 집계가 곤란하게 되어있어 구역별 비교는 곤란하다. 「H」사의 경우 지상화율에 대한 Data집계가 92년도 이후에 관심을 갖게 되어, 여러척을 비교할만한 것이 없어, 진행중인 B/C(125K)의 Data를 사용했다. 「J」사의 경우, B/C선 실적이 없어 비교대상에서 제외하였다. 각 사별 지상화 현황은 <표 5>와 같다.

국내 4사 중, 「D」사의 의장 지상화율이 가장 높고 나타나고 있는바, 이는 Crane 용량과 P/E 장동 설비면에서 애로점이 없는 관계로, 기관실 구역의 전폭 P/E로 인한 결과로 볼 수 있다. 이 표에서 알 수 있듯이, 일본과 대비하여 전사 공히 취약점이 의장 부문이다. 일본조선소의 선각과 의장간의 지상화율 Gap이 12~15%인데 비하여, 국내 3사의 그것은 26%~33%로 특히 「H」사의 Gap이 가장 크다. 이는 의장보다는 선각위주의

표4. 일본조선소의 지상화율

기준: 1989년 단위: (%)

	선수·미		기관실		Hold		DK HOUSE		全體	
	現狀	目標	現狀	目標	現狀	目標	現狀	目標	現狀	目標
선 각	81	83	74	79	75	81	85	90	77	82
족 장	63	70	42	63	40	47	69	75	44	55
배 관	71	83	61	72	70	75	73	82	67	76
철 의 장	67	84	48	60	66	76	66	79	58	70
전 장	40	46	34	50	19	21	45	66	37	50
도 장	51	63	32	55	66	74	55	65	56	65
목 의 장	-	-	-	-	-	-	22	36	22	36
全體	76	79	55	67	70	76	63	75	66	75

* 여기서의 지상화율은 Dock 내 작업 이전의 공수 비율을 나타낸다.

* Bulk Carrier 기준

표5. 국내조선사의 지상화율

「H」사

		125K B/C	비 고
선 각		81.7%	* 구역별 분리 곤란
의 장		49.3%	
족 장		56.8%	
도 장		46.6%	
계		65.8%	

「D」사

B/C: 150K, VLCC: 280K

	선 수		선 미		Hold		DK HOUSE		全體	
	B/C	VLCC	B/C	VLCC	B/C	VLCC	B/C	VLCC	B/C	VLCC
선 각	80.6	80.9	72.8	73.8	82.2	82.6	86.9	82.7	81.5	81.4
배 관	71.6	58.3	52.8	65.8	75.5	67.0	75.1	71.5	63.7	65.5
철 의 장	66.5	53.4	68.0	60.5	54.4	41.0	71.0	69.7	61.9	54.6
전 장	-	-	-	-	-	-	-	-	32.1	25.0
도 장	-	-	-	-	-	-	68.4	40.1	55.4	49.6
발 관	-	-	-	-	-	-	-	-	63.0	64.5
목 의 장	-	-	-	-	-	-	34.8	36.9	34.8	36.9
보 은	-	-	-	37.3	-	-	-	57.0	-	45.5
全體									69.9	70.4

「S」사

		150K B/C	비 고
선 각	내 업	100%	* 구역별 분리 곤란. * 족장은 선각에 포함.
	외 업	23.2%	
	계	68.6%	
도 장		52.4%	
의 장	기 장	47.7%	
	선 장	44.6%	
	전 장	25.6%	
	계	43.2%	
합	계	60.5%	

	선 수		선 미		Hold		DK HOUSE		TOTAL	
	現狀	目標	現狀	目標	現狀	目標	現狀	目標	現狀	目標
선 각	74	74	80	81	75	75	68	65	75	75
족 장	62	62	45	45	38	38	68	68	45	45
관 철	30	28	42	55	30	28	65	64	38	40
전 장	5	50	14	40	26	45	60	82	29	54
도 장	35	35	35	35	38	38	35	35	38	37
목 의 장	-	-	-	-	-	-	44	40	44	40
TOTAL	60	60	56	62	55	55	53	51	55	56

지상화 현상에 기인한 것으로 판단된다. 지상화율을 높이기 위한 방법으로 종래는 Block 선행의장 설치율을 높이는데 중점적을 대처해 왔으나, 그것만으로는 한계가 있고, 또 Dock 작업량의 감소를 적극적으로 추진하기에는 미흡하여, Crane의 용량이 허용하는 범위내에서 각 구역별 총조립 공법을 시도하고 있다. 총조립 공법은 우리가 목표로 하는 지상화율의 증대에 가장 적합한 공법으로써 일본에서는 이미 1970년대 중반부터 구역별 총조립에 대한 활발한 연구 결과가 나왔었다. 일본에서의 연구자료에 의하면 총조립을 할 경우와 안할 경우의 작업량의 이동량은 <표 6>과 같다.

이 표에서 보여 주듯이, 총조립을 할 경우의

표6. 총조립에 의한 작업량의 이동

	총조립 안할 경우		총조립 할 경우	
	선각공사	의장공사	선각공사	의장공사
소 조 립		5%		3%
조립(Block의장)		52%		44%
PRE-ERECTION	19%	3%	19%	3%
총 조 립			4%	40%
ERECTION	81%	40%	77%	10%

※ 선각공사는 P/E 이후의 용접장을 %로, 의장공사는 Total 중량을 %로 표시했다.

의장 지상화율은 90%로써 안 할 경우보다 30%가 높다. 선각공사도 역시 4%정도의 지상화 증가를 나타내고 있다.

표7. 지상화의 저해요인 및 해결방안

구 회	저 해 요 인	해 결 방 안	
선수·미	<ul style="list-style-type: none"> •총조 공기 부족 •의장 출도/납기지연 •조립능력 부족 •Crane 능력 부족 •P/E 및 Stock Area 부족 •총조 후 및 탑재 후 변형으로 인한 화기공사 발생→족장 재설치 •Winch, Windlass 탑재전 설치 미흡 •R/Stock설치용 Temporary Opening으로 인한 화기작업 •총조시 Final paint한 후, S/Gear RM 내의 탑재 Joint 용접작업 및 인도시까지장기간으로 인한 Paint 오염 	<ul style="list-style-type: none"> •선수: 선행의장률의 향상 Block 분할 개선(의장 중심) •조립능력 확대를 위한 조립 공간내 Skid 설치 •선중, 선형별 변형 Data 추적으로 원인 분석 •Winch, Windlass 납기조정(M/P Standard 반영) •One Side Welding or Permanent Hatch 화 •인도전 Cosmetic Paint 또는 탑재 후 Final Paint用 Portable Stage 개발 •해당 부위 Portable Stage 개발 	<ul style="list-style-type: none"> •Winch/Windlass의 P/E Stage 선행화 •M/P Standard의 기준 Event를 L/C에서 K/L 또는 Block으로 변경 •선미 Deck의 S/Gear 탑재用 Opening 제거
기 관 실	<ul style="list-style-type: none"> •의장출도, 납기지연 및 W/P 부적합 •총조 공기 부족 •의장작업 마무리 미흡 •선각공사 위주의 BLK 분할 	<ul style="list-style-type: none"> •납기 자재관리 의 철저 •P/E 기간의 확보 •Block의 대형화 •Unit화 추진 	<ul style="list-style-type: none"> •전장 Cable 선행 •System Test 선행 •기기, 장비 설치 선행 완벽 •Cable & Insulation을 Turn

	<ul style="list-style-type: none"> •조립능력 부족 •Crane능력 부족 •P/E 장소 부족 •총조 배원관리 미흡 •내업과 선행의장의 동시 Load •Block Margin/선행의장품 정도 불량 •탑재시 Touch Item 발생 •우친시 공기 부족 •종합 공정관리/협조, 미흡 •다직종 작업 혼재 	<ul style="list-style-type: none"> •마무리작업 철저 •의장 선행화율 향상 •조립능력 확대를 위한 조립 공장내 Skid 설치 •총조, P/E기간 단축 시도 •표준 공정 준수 •기본계획 Load Balance •선행의장 정도 향상 추진 •자재납기 지연 원인분석 •설계 Feed back 신속화 •조직변경으로 선각, 의장 부서간의 협조 체제 보완 •건조방침 조기확정(Block Division과 의장 Arr't 종합 검토) •다 기능화 	<ul style="list-style-type: none"> Over 전 Stock장에서 설치 •Block No Margin 화 추진 •Pipe정도 Check 기준 정립 •Dock별 조직으로 개편 •W/C 4개월전 시공방침 결정 •E/R Floor & D/B BLK 총조 •Floor 복합, 재형 Unit 제작 •Zero-Multi공법 적용
Hold	<ul style="list-style-type: none"> •BLK joint에 따른 철의장, 배관 Arr't •납기 지연 및 자재 누락 •의장작업 마무리 미흡 •선행화 및 생산성 향상에 비례한 인력 조정의 어려움 •선각, 의장 정도 불량에 의한 Dock/안벽 시수 증가 •조립정반, Crane capa 부족 •Upp deck 화기공사 과다 •선각위주 Division(평면P/E) •P/E & Stock장 부족 •조립과 선행도장의 동시 Load •도장작업의 이중작업 •도장/의장 공기 부족 •설계오작 및 Feed back 지연 •Crane사용 시간 부족 •Unit 의장 장소 부족 	<ul style="list-style-type: none"> •DK 선행의장 중심의 블록 분할 •정반 회전을 향상 •마무리 작업의 철저 •초기 PND 재정립 •Unit 정도 향상 •P/E기간 단축에 의한 정반회전을 향상 •입체 P/E 방안 강구 •종합 공정관리 철저히 P/E기간 단축 •탑재 Pitch조정 •각 부서별 공사 간섭배제를 위한 공간 개념의 공정관리 •Blk의장/도장작업 기간 확보 •오작공사 Feed back기간 단축 •자재 Item별 전문업체 육성 •Tower Crane 설치 증가 •Unit의장 Area확보 	<ul style="list-style-type: none"> •DK의 전폭 및 길이 방향 P/E(Panamax B/C의 경우 전폭 40M 길이 총조) •Hatch coam'g 및 Cover 선행화 •Unit 의장 정도 관리 •P/E장과 인접한 Stock장 이용 •Pipe Unit, Cell Guide 및 각종 의장품 선행의장
거주구	<ul style="list-style-type: none"> •총조 공기 부족 •타직종의 분배작업 •타작업 간섭으로 인한 작업지연 •Crane능력 부족 •P/E 장소 부족 •보온 Pin damage •Block 부재 반출 지연 	<ul style="list-style-type: none"> •총조기간 단축을 위한 작업방법 개선 •총조공기 확보를 위해 P/E Area 검토 •작업 마무리 철저 •다기능화 및 조직 통합 거주구 전체를 선실과에서 수행 •작업순서 조정 •선각부재 반출 요구일 준수 	<ul style="list-style-type: none"> •Acc. 전용 P/E장 신설 •거주구 P/E •Radar mast 탑재 •거주구 Pipe검사
기타	<ul style="list-style-type: none"> •BLK분할의 개선, 선공정 Stage화(상류화)등에 의해 물량이 상류화되는 데 반해 조직별 인원의 재조정이 병행되지 못한다. •개선을 Lead'g하는 계획력의 부족 •선각, 의장, 도장, 족장동이 동시 검토된 전 직종의 종합계획서의 정합성 미흡 및 대, 중, 소 일정의 일관성 부족 •계획 실행력 부족 	<ul style="list-style-type: none"> •P/E이후 Stage의 인력에 대한 조정이 필요 •정확한 생산진행 관리 강화로 개선 결과에 대해 초기계획 단계에서의 과감한 반영이 필요 •기본적 계획 기능 체계의 정립 •직/반장의 SCH. 작성 참여 유도 	<ul style="list-style-type: none"> •신규사업의 확대로 인력 이동 •조직별 인원의 재분배 •실적 자체에 의존한 계획보다 개선결과를 예상하여 초기 건조계획 수립시 계획에 반영 •Stage별 계획 실무자 간의 건조계획 수립 및 진행관리

5.3 지상화를 위한 과제

위에서 검토한 바와 같이 국내 조선사들의 작업 지상화율은 표면적으로는 일본에 비하여 별로 뒤지지 않는다. 그러나 지상화의 시행상의 능률이나 실질적인 효과는 아직 미흡한 상태이다. 국내 조선 4사가 작업지상화의 효율을 높이는데 있어서의 세부적인 저해요인과 그 해결방안을 <표 7>과 같이 종합할 수 있다.

위의 표에 나열된 세부적인 해결방안을 종합하여 과제별로 그 대책을 아래의 <표 8>과 같이 정리할 수 있겠다.

표8. 지상화의 효율화를 위한 대책

지상화 문제점(과제)	대책
1. 관리체제	<ul style="list-style-type: none"> - 지상화 작업관리 체제 검토 - 조직변경(기능별, 부서별 - Dock별, 구역별) - Data 관리 방법 변경(Stage별 - 구역별) - 종합 생산관리 System 및 종합 공정관리 System 구축 - 배원의 적기적소 관리
2. 도면출도, 자재납기 적기 확보	<ul style="list-style-type: none"> - 지상화 작업 설계개념의 정착 - 선종, 선형별 건조방침 Model 준비 - 지상화를 고려한 의장 Arr't와 Block Division - 건조방침의 조기 확정
3. 이중작업 발생	<ul style="list-style-type: none"> - 공간, 구역별 수순 관리 - 오작 Feed back 신속 관리 - Block/선행의장 정도 향상 - 선행작업 마무리 철저 - 종합설계로 설계오차 감소 - 자재납기 철저 관리로 Stage이관 방지 - 변형(Unfairness) 발생원인 과학적 분석
4. 공기 및 장소의 확보	<ul style="list-style-type: none"> - Stock 및 P/E장 확보 - 공기단축으로 회전을 향상 - 종합 JIT 공정관리로 공기 단축 - 인원의 적기투입으로 공기 단축 - 전 Stage 공정혼란 방지 - 전전후 Shelter로 우천 영향 감소
5. Crane CAPACITY	<ul style="list-style-type: none"> - Crane 능력 확대 - Module Unit화 확대 - 의장 Arr't 위주의 Block Division
6. 다기능화	<ul style="list-style-type: none"> - 작업관리 단위의 감소 - 다기능 교육/Incentive제 검토
7. 설비 보완	<ul style="list-style-type: none"> - 전전후 Shelter - 지상화 전용 장비, Stage 개발

위의 내용들이 전 사에 모두 적용될 수는 없다. 특히 Crane 증설이나 장소의 확보와 같은 Hardware는 막대한 시설투자가 뒤따라야 하기

때문에 쉬운 일이 아니다. 그러나 관리체제의 변화, 부서간 협조체제, 종합설계 도면작성, 종합 Jit 공정관리등 시설투자없이 Software의 향상노력만으로도 지상화의 효과를 크게 증대시킬 수 있을 것이다.

5.4 지상화를 위한 생산설계

위에서 작업의 지상화를 위한 문제점들을 생산의 측면에서 분석하였으나 지상화의 효과를 극대화하기 위하여는 생산설계 방법과 조직을 새로운 개념으로 정의하여야 한다. 생산설계를 종래의 선박 System별 설계로부터 선박의 Zone별 설계로 전환하여야 한다. 물론 초기설계 및 기본설계 단계에서는 불가피하게 선박 System별 설계가 이루어지나 아래 그림에서 보여주는 바와 같이 System별 상세설계의 단계를 거쳐 Zone별 생산설계로 재정리 종합하는 과정이 필요하다.

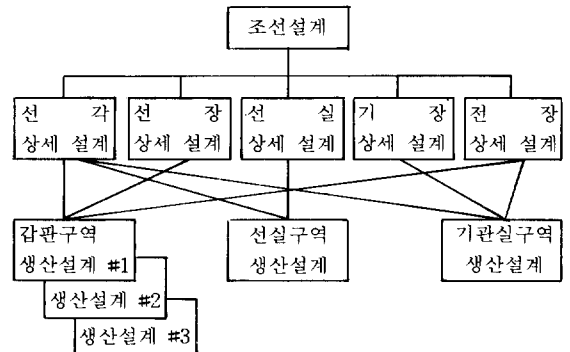


그림 2. Zone별 생산설계로의 전환 개념

Zone별 생산설계는 이미 국내 대부분의 대형조선소에서 Composit drawing으로 외형적으로는 시행하고 있으나 단순한 의장품들 간의 간섭을 설계단계에서 종합적으로 확인하는 데 치우치고 Zone별 생산을 가능하게 하는데는 아직 미흡하다. System별 설계를 System별 상세설계, Zone별 상세설계, Zone별 자재계획, Zone별 작업설계 등으로 능률적으로 전환하기 위하여는 Group technology기법을 도입하여 선박전체의 자재 및 작업을 System별, Zone별, 재료종류별, 작업특성별 및 작업단계별로 종합적으로 분류하여 이를 Coding화하고 관리를 전산화하는 일이 필요하

다. 조선소의 조직도 설계부서와 생산부서를 전체적으로 이와같은 개념의 업무를 수행할 수 있도록 새로이 구성하여야 한다.

6. 공장자동화

선박의 건조시 용접의 자동화가 어려운 이유는 다음과 같다. (1) 주문생산으로 매척마다 선종, 선형이 다른 다품소량생산이다. (2) 용접의 종류가 다양하다. (3) 용접부위가 다양하다. (4) 용접부재들이 대형이어서 운반이 어렵고 고소작업시에 작업이 어렵다. 이런 특성때문에 자동화보다는 인력에 의존하는 경향이 많다.

조선분야에서 생산성을 향상시키기 위한 기계화 및 자동화의 일반적인 도입 순서는 다음과 같다.

- 1) 수동성 작업의 치구화
- 2) 반자동 용접의 확대적용
- 3) SAW 용접과 같은 기계화된 용접기 사용
- 4) 새로운 용접장치 또는 전용장치에 의한 자동화
- 5) 전 Block흐름 자동화 및 이와 관련된 용접공정의 자동화 혹은 Robot화
- 6) 인공지능에 의한 무감시, 무인화 용접

위의 단계 중 국내의 현 수준은 3번째 단계가 대부분이고 일부에서 4번째 단계가 시험적으로 적용되는 단계인데, 일본의 경우는 이미 4번째 단계를 완료하고 다섯번째 단계를 도입하는 단계이다. 이 단계의 용접 Robot 기술의 경우, 시각 Sensor, Wire Touching Sensor, 고주파 Arc Sensing 등 Sensing기술과 Torch 전후진 각도 자동조절기구의 개발과 용접재료의 개량기술의 개발이 필수적이다. 국내에서는 CSDP사업의 일환으로 Profile Cutting Machine의 CAD/CAM기법, 강재 입출고 자동화 System, 물류이동 최적화 System의 개발에 관한 연구 계획이 수립된 바 있다.

조선공정을 다품중소량 생산의 특성이므로 생산공장이 유연한 자동화를 이루는 것이 중요하다. Computer는 고속, 대용량화되고 제어 통신기술의 진보와 Sensor기술의 발전으로 공장이 Green화, 무인화되는 경향이 있다. 선체의 소조립공정에서

평행부에 대해서는 단순한 형상의 다수의 Longitudinal 의 용접은 Robot를 이용한 비교적 고품질의 자동용접이나 혹은 반자동용접이 가능하지만 비평행부는 용접 Robot의 사용이 어렵다. 현재 국내 조선사들은 Robot의 도입 및 개발을 검토하는 단계에 있다. 초보단계에서의 Robot개발은 조선공정에서 작업량의 비중이 가장 큰 용접 Robot로 시작하여야 한다. 기존의 상품화된 용접 Robot는 그대로 대형구조물에 적용하기에는 부적합하다. 선박구조물을 위하여는 일본에서 이미 개발하여 비공개리에 사용하고 있는 것과 같은 소형운반형(30Kg 중량정도) 용접 Robot가 우선 개발대상이 된다.

미래의 Robot는 지능형 Robot의 개발이 필요한데 이것들은 고도의 감각기능, 환경인식기능, 내장하는 지식 Database에 의해 작업을 충분히 자율적으로 결정하는 Robot가 되어야 한다. Robot가 인간이 준 명령을 수행하기 위하여 환경을 인식할 필요가 있으므로 자외선, 적외선, 초음파, 초저주파등을 이용하여 인식한 환경을 인간에게 보여주는 기능에 대한 연구가 있어야 한다. 환경인식과 인간과의 무리없는 Communication을 위해서는 Robot가 인공지능을 가져야 하며, 스스로 판단하기 어려운 상황에서는 원격조정에 의해 Robot를 제어할 수 있는 실시간(Real Time) Tele-Presence 와 조종성에 대해 연구를 수행하여야 한다.

7. 작업환경의 개선

기 언급한 바와 같이, 최근 작업자들의 의식변화와 함께 안전하고 깨끗하며, 편안한 작업환경에 대한 요구가 점증하는 추세임을 감안하여 이에 대한 적극적인 대응이 요망된다. 더 나아가, 작업자들의 직업병 예방 및 치료, 지역사회에 대한 공해유발요소의 제거, 선박의 인도후 선원들의 안전한 보수유지를 위한 고려도 포함되어야 한다.

최근 국내 조선업의 재해율은 <표 9>에서 볼 수 있는 바와 같이 다른 제조업보다 약 2.54배 정도 높은 수치를 보여주고 있으며, <표 10>에서

표9. 국내조선업과 제조업의 재해 현황(1990)

업종	근로자 수	재해자 수	재해율
선박 건조 및 수리업	64,314	3,055	4.75%
일반 제조업	3,687,844	68,869	1.87%

표10. 조선소 크기별 재해율

조선소	대형	중형	중소형	소형	계
	1000인 이상	500인 이상	100인 이상	100인 미만	
사업장 수	9	4	15	345	373
근로자 수	52,981	2,766	2,480	6,087	64,314
재해자 수	2,368	146	103	438	3,055
사망자 수	12	2	0	11	25
재해율	4.47%	5.28%	4.15%	7.20%	4.75%

는 영세한 소형조선소를 제외하면 중대형조선소의 재해율이 상대적으로 높음을 보여주고 있다.

상기 1990년도 연평균 재해율은 일본의 조선소, 평균보다 약 5배정도 높으며, 대형조선소의 경우는 약 8배 정도 높은 실정이다. 무재해사업장을 위해서는 우선 깨끗한 작업장을 유지하여야 한다. 시설, 공구, 재료, 개인용품의 보관장소를 명확히 하고, 통로와 작업공간을 분명히 구별하며, 작업자 스스로 정리, 정돈, 청소할 수 있는 시간을 확보해 주어 청결유지를 습관화 시켜야 한다.

다음으로 3D 작업의 자동화를 추진하여야 한다. 3D(Difficult, Dangerous, Dirty) 작업의 기피현상은 시간이 지날수록 심화될 것이 분명하지만, 3D 작업을 모두 없앨 수는 없으므로 자동화를 고려할 때 최 우선적으로 3D 작업의 기계화 내지 자동화 방법을 연구해야 한다.

또, 가능한 모든 작업을 옥내화시키고, 최대한 지상화시키며, 편한 작업자세가 가능하도록 시설의 보완, 생산계획의 조정, 설계시 작업방법에 대한 고려가 있어야 한다. 작업장내의 환기, 냉난방유지, 소음 및 분진의 방지도 가능한 선에서 고려되어야 한다. 작업장 부근의 환경이 허용하는 경우 Green화 작업도 바람직하다.

현대의 기업은 미래의 성장을 원한다면 기업의 목적인 경제적인 부의 성취만이 아닌 환경에 미치는 기업의 마이너스 영향을 플러스 영향으로 바꾸는 일에 책임을 져야 하는 상황에 와 있다. 조선

소의 경우 환경오염을 일으키는 주된 오염원은 도금공장, 도장공장, 목공장, 야외절단, 야외탈철 및 야외연마이다. 환경오염을 방지하기 위해 환경오염원의 최소화와 각종 무공해 환경사업을 추진하여 깨끗한 환경조성을 위한 끊임없는 연구노력이 계속되어야 할 것이다.

8. 맺음말

국내의 조선생산기술은 관련기초기술분야의 취약에도 불구하고 1970년대 중반이후 단기간에 비교적 빠른 발전을 이루어 일부 특수선을 제외하고는 모든 선종의 설계 및 건조에 있어 상당한 수준에 이르게 되었다. 그러나 경쟁국인 일본의 수준과는 아직 커다란 격차가 있으므로 일본조선소의 사례를 연구 분석하고 국내 혹은 자사실정에 맞는 독자적인 생산공법 및 기술의 개발을 위해 계속적인 노력이 요구된다. 이러한 노력의 일환으로 특히 다음의 사항에 대한 고려가 요망된다.

- 생산을 위한 기술정보의 표준화 및 생성, 흐름 관리체계에 대한 개선
- 원가절감 및 수익성의 증대를 위해 자재비 및 인건비를 동시에 평가할 수 있는 설계최적화 System의 개발
- 생산성과 공기단축을 동시에 기대할 수 있는 작업의 지상화를 위해 Group technology기법을 도입한 설계, 생산조직, 정보전달체계 공법의 개선
- CAD를 포함한 공장자동화의 꾸준한 추진, 특히 3D 작업의 자동화 추세
- 작업자의 안전과 사회적 요구뿐만 아니라, 생산성의 향상을 위해서도 공해없는 인간적인 작업환경을 위한 투자 및 기업화

참고 문헌

- [1] 엄도재, 국내조선산업의 당면과제, 대한조선학회지, 1990년 6월.
- [2] 早川浩司, 조선업의 장래를 향하여, 일본조선학회지 제753호, 1992.
- [3] T. Nomoto외, 조선 CIMS를 위한 설계, 생산

- 정보획득 지원 System의 구축, 일본조선학회 논문집 제166호, 1989.
- [4] 小山健夫, 조선 CIM현상과 전망, 일본조선학회지 제750호, 1991.
- [5] 藤田, 조선 CIMS에 대하여, 선의 과학, Vol. 38, 1985년 10월.
- [6] 일본조선학회, 신세대 조선 System에 관한 조사연구 보고서, 사단법인 일본조선학회, 1991년 3월.
- [7] 윤덕영 외, 선박설계용 데이터베이스 시스템 조사연구, 대우조선(주) 기술연구소, SD9113 보고서, 1991년 8월.
- [8] Ship and Ocean 재단, 1990년도 조선 CIMS Pilot Model개발 연구보고서, Ship and Ocean 재단, 1991년 3월.
- [9] 山崎眞喜, 경영수뇌에 의한 생산성혁신의 방법, 선의 과학, Vol.37, 1984년 9월.
- [10] 성요경, 조선에서 공정계획 시스템의 역할, 대우조선(주) 1992년.
- [11] 이규열 외, 선박설계 생산전산시스템(III)-종합시스템개발-, 해사기술연구소, 1991년 8월.
- [12] T. Yoshitomi 외, 선각 소조립용 아크용접 Robot를 위한 CAM System, 일본조선학회 논문집 제167호, 1990.
- [13] 일본조선학회, 조선에서의 System기술, System 기술위원회: Symposium, 1989년 1월.
- [14] T. Amemiya, 조선CIMS를 위한 공정설계시스템의 구축, 일본조선학회논문집 제168호, 1990년.
- [15] 大和裕幸, Process Planning Expert System의 연구, 선의 과학, Vol.44, 1991년 10월.
- [16] 엄항섭, 최소건조비설계, 상반기 기술개발 발표대회, 대우조선공업(주), 1992.
- [17] T. Lamb, Engineering Management for Zone Construction of Ships, J. of Ship Production, Vol.1, No.4, Nov.1985.
- [18] 성요경, 한응섭, 조선분야에서의 용접기술 응용연구, 대우조선공업(주), 1992.
- [19] 坂野 希, 조선과 Robot Sensor기술, 선의 과학, Vol.39, 1988년 8월.
- [20] 노동부 재해통계, 1990.
- [21] 한국조선공업협회, 대기환경보전법 시행규칙 중 개정명안에 대한 조선업계 의견, 1992.

□ 단체회원 가입을 축하합니다.

(株) 韓國 船舶 技術

KOREA MARITIME SERVICE CO., LTD.

■ 사업종목 : 도매, 서비스

■ 주생산품 또는 사업예정 :

- 신조선, 개조선의 계획, 기본설계, 상세설계 및 선박제계산
- 신조선, 개조선 공사 감리감독 및 조선소를 대신한 영업견적
- BAHAMAS 정부대행검사, CONDITION SURVEY 및 해사판계 기술자문
- 유수분리기 판매 및 A/S, 유분농도계 판매 및 A/S

대표이사 : 김 철 준

서울 종로구 운니동 98-78 가든타워 301

TEL : (02)741-6697~8