

다품종 소량생산 기업을 위한 체계적인 조립계획 시스템

박홍석* · 이원규**
생산기계공학과

<요 약>

오늘날 생산 내외적 요소의 영향으로 생산성 향상이 중심과제가 되고 있지만 다품종 소량생산 기업에서는 적극성을 보이지 못하고 있다. 그 이유는 제품의 다양성 및 복잡성으로 인한 조립 계획수립의 어려움과 경험 부족등을 들수 있다. 본 연구에서는 이들 기업이 어떻게 계획을 수립해야하는가를 각각의 계획기능에서 보여주고자 한다.

Systematic Assembly Planning System for Multi-item, Low-volume Manufacturing Company

Hong-Seok Park · Won-Kyu Lee
Dept. of Production Engineering

<Abstract>

Improvement of productivity becomes an more and more important issue in today's industries due to the domestic and exterior requirements, but most of small to medium size companies can not positively be coped with such situation. Main reasons are considered to be the difficulties of assembly planning arising from the variety and sophistication of products and the lack of planning experiences. In this study it was intended to show how to establish assembly plans with individual planning functions required in a manufacturing company.

Key words : Assembly oriented structure(조립지향적인 구조), Assembly process planning(조립공정 계획), Assembly organization(조립조직), Layout planning(Layout 계획)

1. 서 론

심한 국제 및 국내 경쟁력 때문에 제품 가격의 상승률은 임금의 상승률에 비해 큰 폭으로 뒤지고 있다. 특히 노동집약적인 중소기업은 철저히 생산 계획과 통제를 통하여 기업이 갖고 있는 능력을 최대한 발휘하여 이를 극복하도록 강요되고 있다. 이러한 상황을 볼 때 경제적인 생산을 위한 적절한 조치가 시급히 취해져야 할 것이다.

투자 능력에 한계를 갖고 있는 중소기업들은 시설 투자에 의한 생산성 향상보다 조직 및 관리적인 측면에서의 합리화 방안을 검토해야 한다. 왜냐하면 이들은 대부분 다품종 소량 생산의 형태를 갖고 있으므로 공정 자체가 복잡하고, 제품

의 다양화로 인한 잦은 변경으로 당분간은 경제적인 자동화에 어려움이 있기 때문이다. 조직적인 면에서의 합리화는 계획 도구의 사용 하에서 체계적인 계획 시스템으로 도달될 수 있다.

본 연구에서는 산업기계 중에서 석유화학공장의 각종 장치류 중 Vessel, Heat exchanger, Silo, Tank의 제작 및 철 구조물, 수처리 설비, 건설장비 중 Batch plant, Asphalt plant 등의 철 제작물을 제작 생산하는 한 제조업체를 대상으로 하였다. 이 기업은 도면이 첨부된 주문생산에 의존하므로 자체 설계는 거의 하지 않는다. 제품의 생산에 필요한 과정이 그림 1에 보이며 제관물을 제작하는 회사의 특징을 잘 나타내고 있다.

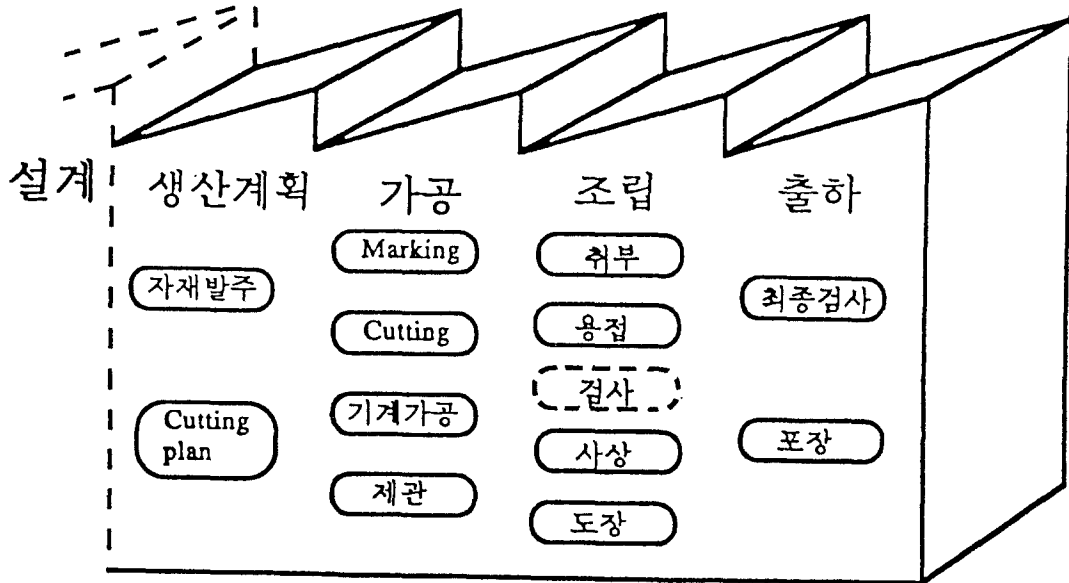


그림 1. 사례 기업의 생산과정

도면 해석으로부터 유도된 제품구조도를 보면 기계류부, 유압부, 전기부등 수행해야 할 기능에 따라서 분류되어 있으므로 조립에 관련된 연관성은 찾기가 어렵다. 또한 최종 완성조립제품과 개별 부품 사이에서 넓게 분포되는 상위그룹으로부터 바로 부품으로 연결되는 중간 그룹의 계층이 적다는 특징을 갖는다. 조립성에서 비추어 볼 때 이러한 확실적인 구조 때문에 조립의 적기, 부품의 구조로 주어지는 조립순서 등을 판단하기가 곤란하다. 기업자원의 효율적인 이용을 위한 조립시스템의 설계에 있어서 조립품을 분석하여 조립의 유사성에 따라서 조립군으로 나누는 것이 필요하다. 그러나 넓은 분포와 각 조립군들간의 크기에도 차이가 심한 기존 제품구조도에서 조립군을 형성한다는 것은 거의 불가능하다.

계획의 수립에 제품구조도 외에도 자재명세서는 중요한 정보 매체이다. 이 역시 설계 자료로부터 작성된 기능지향적인 특징을 가지며, 지금까지는 주로 자재의 산출에 이용되어 왔다. 조립의 응용에는 그림 2에 요약적으로 소개된 것과 같은 많은 문제점을 갖고 있다.

단순히 제품 각부품들의 양으로만 표시된 자재 명세서를 가지고는 완성 조립제품이 몇 개의 조립층으로 이루어져 있으며 어떤 부품이 어떤 조립군에 속하는지 등과 같은 조립성에 대한 평

가는 불가능하다. 양적으로 자재의 산출이 목적인 기존 자재 명세서로는 계획을 위해서 제품전체를 고려할 수밖에 없으므로 상세한 일정계획과 제어는 거의 실현될 수 없다. 이로 인해 작업의 진행 사항에 따라서 각부품을 주문하는 납기지향적인 구조를 가질 수 없다.

조직적인 측면과 자동화를 위한 준비로써 또는 계획의 비용 감소로써 동일한 구조도(조립공정, 부품 형상 등)를 가진 조립 단위를 재 사용할 수 있도록 하는 것이 필요하다. 이를 위해서는 동일한 구조인가를 평가할 수 있는 어떤 체계적인 시스템이 요구되지만 현상 태에서는 이의 구축이 어렵다. 이를 추구함에 있어서 직접적으로는 조립 비용과 경비를 절감시키고, 간접적으로는 자원의 최대 활용으로 납기와 생산시간을 단축시킨다는 목적 하에서 제품의 구조를 조립의 요구조건을 충족시키도록 하는 조립 지향적인 구조로 하고자 한다.

최종 조립에서 조립 시간을 줄이기 위해서 가능한 많은 부품이 그 이전에 조립되어 조립군의 형태로 최종 조립에 제공되는 것이 바람직하다. 이를 위한 기준들을 현장의 경험과 조립에 관련된 이론 및 정보의 해석으로 유도하여 아래에 소개하였다(그림 3).

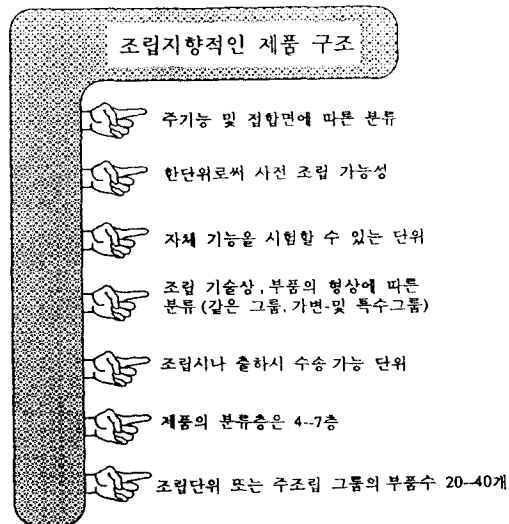


그림 3. 조립지향적인 구조로의 분류를 위한 기준

먼저 고려해 볼 수 있는 사항은 최종 제품을 큰 단위로 나누는 것이다. 여기에서 분류의 기준으로는 어떤 주기능을 수행할 수 있는 단위 또는 다른 큰 단위에 연결되는 접합면 등이 중요하다. 예로써 Batcher plant 는 Module unit, Bucket elevator, Conveyer, Silo 등으로 분류될 수 있다.

사전 조립군의 형성에서 기존 조립 군으로써 존재하고 있는 것은 기업의 특성에 따라 어느 정도 조립 지향적인 구조를 갖추고 있는지를 재평가해야 한다. 조립 지향적인 사항을 충족치 못하는 조립군이나 조립군으로서 형성되지 못한 것은 두단계의 과정을 걸쳐 재편성해야 한다.

첫째 개개의 부품을 조사하여 조립군의 접합 부로써 역할을 할 수 있는 부품을 선정하고 이것과 기존 제품구조도에 기인하여 조립공정 분석을 통하여 공정 순서를 작성한다. 이 과정에서 불합리한 공정을 찾아 공정 순서를 개선할 수 있다. 예를 들면 기능 검사를 위해서 먼저 조립되고 조립후 계속적인 조립을 위해서 재 분해되는 부품들은 치공구위에서 기능 조정을 한다면 분해공정은 절약될 수 있다.

두 번째는 개선된 공정순서도에 따라서 사전 조립 가능성의 고려 하에서 작은 조립군들을 형성하고 각 부품들을 각 조립군에 재배치한다. 이렇게 새로 형성된 조립군은 최종적으로 더 폭넓은 층의 전문가들에 의해서 평가되어진후 확정된다. 시운전의 시간을 줄이기 위해서 각기능을 수행하는 단위는 사전검사후 조립한다. 이를 통해서 조립후 불량으로 인한 재 분해 과정을 막을 수 있다. 또한 수리나 소모품의 교체를 손쉽게 하기 위해서 교환을 용이한 구조, 즉 한 단위로써 교환할 수 있는 것을 조립군으로 한다.

고객의 사양에 따라 변수가 많은 계통은 조립 범위의 결정을 위해서 같은 그룹, 가변 그룹, 특수 그룹 등으로 나눌 수 있다. 같은 그룹은 모든 종류에 항상 존재하는 것이며, 가변 그룹은 한 기능을 수행하는 데에 있어서 여러 가지 변수 중에서 고객의 사양에 따라 한 특정 종류에 국한되어 진다. 특수 그룹은 고객의 특별 주문에 의해 첨부되어진다. 이러한 분류를 통해서 같은 그룹의 조직에는 이에 가장 적합한 공구, 치공구, 기계 등을 이용함으로써 조립 시간을 크게 줄일 수 있다. 그리고 예상 주문에 의한 사전 작업으로

납기도 단축할 수 있다. 계획에 있어서는 재사용으로 시간과 비용을 절감할 수 있고 조립 시스템의 설계도 효율적으로 수행할 수 있다. 가변 그룹도 공정이나 사용 도구 면에서 큰 변화없이 수행할 수 있으므로 위의 효과를 얻을 수 있다. 순수한 개별 생산에 의존하는 곳에서는 위의 분류를 한 제품 내에서 추구한다.

항상 제품이 제조자에 의해서 완전하게 조립되는 것이 아니다. 특히 장치 산업 분야에서는 수송 가능한 단위만 제조자가 조립하고 완전한 제품으로서의 조립은 현장에서 수행한다. 조립 시에도 큰 부피나 무게 때문에 수송 가능성에 대한 검토가 있어야 한다.

조립군으로의 분류는 제품 구조도의 복잡성과 구조도내에서 조립군의 위치 관계를 제시한다. VDI(독일 공학자 협회)의 조립 분야에서 추천한 바에 따르면 조립층은 4-7층, 조립단위 및 조립군의 부품수는 20-40개가 적당하다고 한다¹⁾. 이를 초과하지 않음으로써 각 조립에서 재료 준비나 작업등에서 손쉬운 통제가 가능하다.

현재 기능 지향적인 제품 구조와 자체 명세서를 이러한 조립 지향적인 개념을 가지고 재편성하는 것은 중요하다. 이 두 정보는 조립 공정을 그대로 반영할 수 있기 때문이다. 그림 2 의 아래에 위에 소개된 기준에 따라 합리화시킨 것을 개념적인 형태로 나타내었다. 자체 명세서는 합리화된 조립도에 따라 H. H. Gerlach²⁾에 의해 제시된 방법에 따라 개선하였다(그림 2). 구조적인 목록은 전체를 파악할 수 있다는 장점은 있으나 대량의 물품에는 적당치 않아 본 연구에서는 모듈식을 사용하여 조립성을 쉽게 파악하도록 하였으며 조립공정 계획뿐만 아니라 타 계획분야에도 효율적으로 이용되도록 하였다.

3. 체계적인 조립 계획 시스템

생산과정의 마지막 단계에서 가공된 부품들을 연결매체를 통해서 하나의 복잡한 제품으로 만드는 것이 조립의 주목적이다. 효율적인 조립을 위해서는 현 조립작업을 분석하여 문제점을 파악하는 것이 중요하다. 이들 문제점으로부터 조립 생산성의 극대화를 위한 과제들이 유도되어진다.

아래에 도출된 과제들을 해결하기 위한 계획수립방법을 보여 조립의 합리화를 기하고자 하였다.

3.1 조립공정의 최적화

조립순서를 결정하는 데에 있어서 과제는 앞장에서 개선된 조립 지향적인 제품구조도에 의존해서 가능한 조립순서들을 조사해서 가장 적합한 것을 고르는 것이다. 대개 이론적으로 가능한 조립순서는 대단히 많다. 서로 다른 조립순서의 인식과 평가, 요구되는 조립장소의 수 결정 및 이에 따른 작업의 분배를 위해서 대개 각 부품과 그들의 관계를 도식적으로 나타내는 표현방법을 사용한다. 이에 자주 이용되는 것은 Net plan 과 Precedence diagram 이다. 이에 관해서는 많은 문헌 /3-5/에 기술되어 있으며 조립순서 계획을 위해서는 Net plan 기법을 이용했다. Net plan은 작성된 제품 구조도에 의존해서 한 제품의 요소들, 즉 개별부품과 조립군들의 조립공정상의 논리적 및 시간적인 관계를 보여준다(그림 4).

기존 조립순서에 모순점을 파악하기 위해 Batch plant의 작업순서를 Net plan으로 해석하였다. 공정순서에 많은 모순점이 도출되었으므로 이의 개선을 위해 2장의 조립지향적인 개념으로 작성된 제품구조도를 근거하여 먼저 기술적인 논리성에 따라서 조립이 성립되도록 하였다. 즉, 수행에 있어서는 조립군과 조립단위 별로 행하며, 설계구조상 강제적으로 주어진 조립순서, 용접시에 열변형이 발생치 않도록 하고, 표면에 손상의 위험이 있는 부품은 가능한 나중에 조립하고, 접합장소는 항상 접근가능하도록 한다. 이 원칙하에서 실제재료의 주 조립공정인 접합 작업 외에도 검사, 운반공정, 조립을 위한 보조공정, 즉 치공구 설치를 위한 조정작업등도 고려하였다. 또한 경제성이나 합리화의 측면에서는 시간적이나 부하에서도 최적화를 추구하였다.

이러한 사고와 기존조립순서의 해석으로 그림 4 중간에 나타난 최적화 방안을 유도하였다. 분석 결과를 보면 직접조립작업보다 간접 공정인 많은 비중을 차지하고 있다. 잘못된 공정순서로

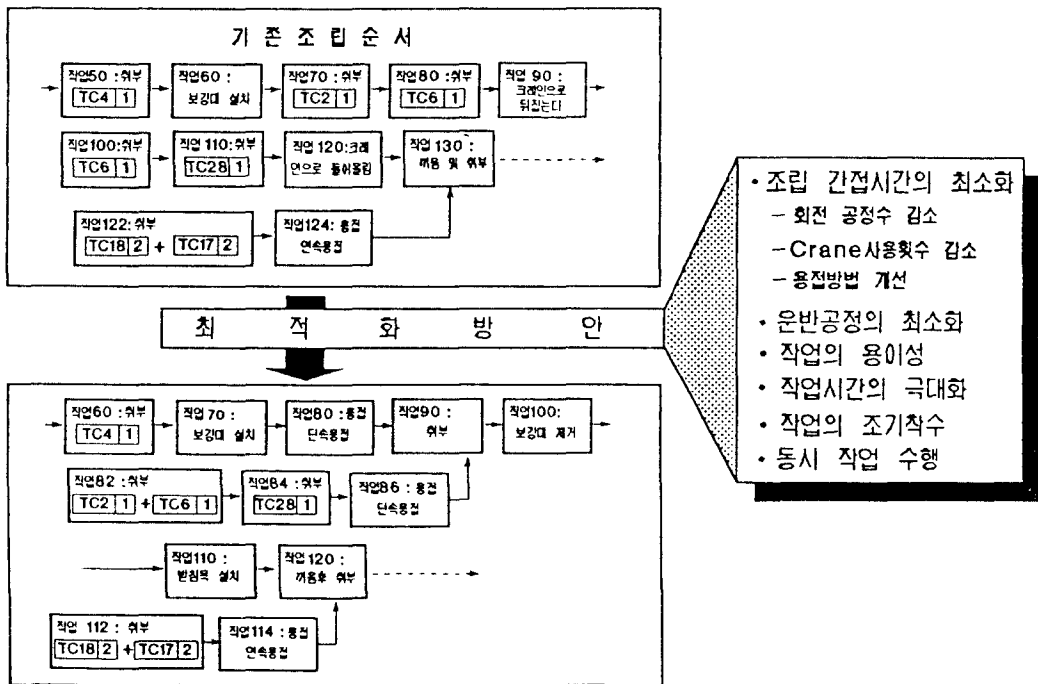


그림 4. 작업공정순서의 최적화 방안

인해 용접자세의 교정 즉, 뒷보기 용접을 피하기 위해 조립물의 회전이 불가피하게 되었다. 장치 산업에서는 조립물이 대형이므로 대개의 경우 벨트로 조립물을 감아서 크레인을 이용하여 회전시킨다. 이런 방법은 많은 시간의 손실과 안정성에 큰 위험부담을 초래하므로 가능한 회전공정은 피하도록 하여야 한다. 크레인의 사용은 많은 부작용을 내포하고 있으므로 짜여진 앵글을 조립몸체에 끼우는 작업등은 받침목 등으로 크레인을 대체하여, 그의 사용을 최대한 줄인다. 공정관련 면에서 불 때도 간접시간, 용접봉의 교체시간등을 줄이는 작업방법을 택한다. 현재 아크 용접법에는 간접시간의 비중이 높으므로 CO₂ 가스 용접으로 개선할 것을 적극적으로 권하였다.

현 조립형태에서는 취부, 용접등 지정된 작업장에서 작업된 후 공정에 따라 조립물이 이동되므로 각 작업장 간의 물류의 이동이 빈번하다. 대형 조립물이 크레인에 의해 움직이므로 불필요한 시간적 손실이 크다. 좁은 공간에서의 작업, 조립장소에 접근이 어렵거나 어려운 용접자세를 피하도록 공정을 개선하여 작업의 편의성을 도모했다.

공정계획의 잘못으로 작업자가 조립물을 장시간 기다리는 경우도 있다. 이의 최소화로 작업자의 여유시간을 줄이도록 공정 순서를 조절하였다. 이로 인해 부하적으로 전 조립시간에 걸쳐서 작업자 및 도구가 균일한 부하가 이루어지도록 노력하였다. 생산시간을 줄이기 위해 한 작업이 완전히 끝난 후에 다음 작업장으로 이동되던 공정을 한 작업장에서 여러 작업자가 거의 동시에 작업에 착수할 수 있도록 조립조직 형태의 변화도 지향하였다. 이때에 한 작업장내에서 조립의 수행을 위해서 작업자 상호간의 충돌여부도 조사하여 조립순서를 결정하였다. 경우에 따라서 부품의 특정한 부분은 충돌 방지를 위해 한동안 차단된다. 조립문제에 따라서도 기술적이나 인적인 요구사항이 제한을 받는다. 공정의 수행을 위해 특수한 기능을 가진 작업자가 요구된다면, 이러한 작업들은 동시 수행이 불가능하므로 순서계획에서 충분히 고려되어야 한다.

위의 최적화 방안들을 극단적으로 개별추구를 하면 서로 상반될 수 있다. 예를 들어 많은 인원을 투입하여 동시작업을 수행하고자 하면 개별 부하를 저하시킬 것이고, 충돌을 피하고자 하면 많은 작업공간을 필요로 한다. 이와 같이 상반되는 요소들의 절충으로 서로 다른 목표들이 효율적으로 조합되어 합리적인 조립순서가 되도록 추구하였다.

위 개념을 가지고 기존 조립공정을 개선하여 최적화시킨 공정도의 일부를 그림 4의 아래부분에 나타내었다. Net plan의 도움으로 조립순서가 결정된 후 실제 작업의 수행을 위한 각 공정 데이터가 체계적으로 정리되어 여러 다른 계획분야에 이용될 수 있도록 해야한다.

3.2 조립작업 계획서

작업계획서의 작성은 체계적인 방법으로 데이터를 정리하여, 가장 경제적으로 조립을 하기 위한 것이다. 그러므로 조립작업 계획서에서 조립공정의 종류와 순서, 작업장소 및 사용되는 도구들이 결정되어야 한다. 그리고 부하와 납기의 계획을 위해서 소요되는 작업 시간도 요구되어진다. 이러한 사항을 포함한 특정한 제품에 국한되는 것이 아닌 일반적인 형태의 조립계획서 양식을 개발하여 현장에 사용하였다(그림 5). 이를 통하여 무계획적인 작업지시를 체계적으로 정비하였고 조직적인 작업을 통하여 효율의 극대화를 기하였다.

작업서 번호 : T.C-01		조립 작업 계획					PAGE : 01		
관련 조립도 번호 : 2561-A03							년월 : 94.06.20		
상위 조립종 : Tail casing		조립군명 : Tail casing body		수량 : 1	무게 : 410.8kg	치수 : 500*1100*3070	조립중납기 : 94.07.13	작성사 : 홍성훈	
작업순번	작업명	수량	작업시간 (분)	작업기	보조도구	작업장소	작업인원	임금그룹	비고
10	Tail casing body 작업준비		26						
40	4롤 권취	3	23	용접기 1		A정반	2	H1, L3	
70	보강대물 설치(권취)	6	6	용접기 1		A정반	2	H1, L3	용접사 2명 여부 (권취일 포함)
80	용접		35	용접기 2		A정반	1	M3	허위사 2명 여부 (권취일 포함)
90	용접단 (2(1)*4(1)*20(1))를 권취	3	18	용접기 1		A정반	2	H1, L3	
100	보강대 제거	4	3		망치	A정반	1	L3	
110	반출목 설치	3	3			A정반	3	H1, L1, L2	
120	용접단 (10(2)*17(2))를 권취	1	18	용접기 1		A정반	2	H1, L1	
130	용접단 (9(1)*14(1)*15(2))를 권취	1	3	용접기 1		A정반	2	H1, L1	
140	용접단 (10(3)*15(3))를 권취	3	31	용접기 1		A정반	3	H1, L1	
150	롤 권취	4	3	용접기 1		A정반	2	H1, L1	
160	용접단 시상장으로 용접		11	크레인			2	M2, L1	허위사 동시작업
170	용접		114	용접기 2		서실장	1	M2	
200	시상		99	그리언더		서실장	3	L2, L3, L3	

그림 5. Tail casing body의 작업계획서

작업 계획서에 포함되는 정보는 크게 세 그룹으로 나눌 수 있다.

1. 작업 계획서를 명확히 표시하기 위한 일반적 데이터
2. 조립 물체에 관련된 데이터
3. 공정의 기술에 관련된 데이터

일반적인 데이터와 조립물체에 관련된 데이터는 보통 계획서의 상부에 기술되고, 공정에 관련된 데이터는 아래에 횡적으로 조립순서에 따라서 표시되었다. 작업 계획서를 위한 일반적인 작업서 번호, 개수 및 조직상의 데이터(날짜, 작성자 등)를 말하며 계획서 자체를 특징 짓고 재사용의 편리를 위해 이용된다.

조립 물체에 관한 데이터로는 조립품을 표기하고, 분류를 가능하게 하고, 취급에 대한 정보를 얻게 한다. 이 데이터들은 아래 공정들로 이루어진 조립품의 최종상태에 관련되어 있으며, 여기에 포함되는 것으로는 조립도 번호, 조립군명, 조립군의 기하학적인 특징과 납기 등을 들 수 있다. 치수와 무게는 이송상의 운반도구의 선정등에 중요하다.

조립 작업과 그의 수행상 요구되는 인적 및 물적 자원의 자세한 기술은 공정에 관련된 데이터로 이루어진다. 조립 공정의 기술에서 나사의 체결과 같은 여러 번 되풀이 되는 공정은 기술적으로 올바른 순서, 즉 서로 마주보는 방향으로의 체결등의 방법을 명기하고 한번의 기술로 행한다. 이를 통해서 조립 순서와 작업 계획서 작성에서의 시간과 비용을 줄일 수 있다. 공정에 관한 전 데이터의 기술을 훌륭히 수행하기 위해서는 현장의 상황, 즉 작업자의 능력, 기계 및 공구의 상태 등을 충분히 파악해야 한다. 각 공정에 조립장소를 배치하는 것은 납기 및 부하계획과 조립물의 이송에 대해서 필요하다. 이에따라 요구되는 기계나 도구등도 같이 배치된다. 장비의 선택에는 아크용접이 주를 이루어 동일한 교류 아크 용접기를 사용하고 있으므로 어려움이 없었으며 작업자의 수에 비해 충분히 확보되어 있었다.

각 공정당 임금그룹과 작업표준시간에 대한 정보들은 일정과 부하계획 및 인건비에 관련된다. 기업의 임금 체계는 취부그룹은 고임금, 용접그룹은 중간, 조공그룹은 하위로 크게 3부분으로 나누어지므로 작업 계획서의 임금그룹내에 H, M,

L로 등급 지어졌다. 작업 표준시간은 각 공정의 수행에 주어지는 표준 시간이며, 이의 구성은 독일의 REFA/G에서 추천한 것에 의존하였다.

작업표준시간은 REFA의 기초지식을 가지고 현장 조사 및 담당자와 충분한 협의 검토를 통하여 세분화하여 결정하였다. 측정할 수 없는 것이나 정량화가 곤란 한 것은 경험치에 의존하였으나 최대한 현장의 시간을 반영하려고 노력하였다. 표준시간의 조사에서 기존 아크용접의 문제점, 즉 간접시간의 비중이 너무 높다는 것을 알 수 있었다. 이를 줄이기 위해서 용접방법의 개선, 예를 들면 가스용접등 직접 작업시간의 비중이 높은 용접방법이 요구되어 졌다.

작업계획서의 세 데이터에 관련된 정보를 가지고 앞절에서 최적화된 작업공정도를 바탕으로 현장의 상황, 작업자 및 도구의 상태를 정확하게 파악하여 각 공정이 효율적으로 이루어지도록 작업계획을 작성하였다. Batch plant의 한 부분인 Tail Casing Body에 대해 작업이 효과적으로 수행되게 짜여진 부분적인 작업계획서가 Fig. 5에 보여진다. 작업 진행상 공정 230과 270번의 교체에는 어려움이 없다. 교체 후에는 용접작업의 116분 후에 취부작업이 이루어지므로 취부작업시간 16분을 고려하면 전체적으로 조립물이 132분 후에 정반을 떠나게 된다. 구조물을 제작하는 회사는 정반의 효율적인 사용 여부에 따라 생산성에 큰 차이가 있다. 정반 위에서의 작업시간이 길면 길수록 다음 작업이 그만큼 지체되어 전체 생산시간이 길어진다.

취부와 용접의 작업시간의 차이에 의해서 즉 일반적으로 용접이 취부보다 빠르기 때문에 공정의 진행중 불가피한 작업자의 여유시간이 존재한다. 공정순서를 조절하여 가능한 이의 최소화를 기하였다. 이러한 조치를 취하여도 존재하는 여유시간은 정반 주위의 부재저장소로 자재의 운반 작업, 앵글의 절단작업, 사상작업과 조립작업등에 유효적절하게 이용되도록 하였다.

이 작업계획서에서 포함된 정보들은 일차적으로 작업의 지시와 수행을 위해 필요하며, 동시에 조립계획내의 다음 분야에 기초 데이터로써 이용되므로, 이의 체계적인 관리는 생산 합리화에서 매우 중요하다.

- 인원계획
- 자재계획
- 투자계획
- 일정계획
- 비용계획
- 소요면적 계획
- 조립계획의 감시와 통제

3.3 조립 조직의 선정

조립공정 순서의 결과와 생산정보의 체계화로 수립된 합리적인 공정계획은 효율적인 실행을 통해서 그 효과를 극대화시킬 수 있다. 작성된 계획의 실행에 적합한 조립조직을 선정하는 것은 중요하다. 실제 현장에는 조립을 위해 많은 조직의 형태가 존재하고 있다. 이들은 조립물체와 조립 장소의 상대운동이 분류의 기준으로써 사용되어 대개 5가지의 조직원리/7-8/, 즉 정체조립, 그룹조립, 순서조립, 박자조립, 조합조립에 의존하고 있다.

각 조립조직의 특징으로 부터 조립과제에 적합한 조직을 선정하기 위해서 아래의 조건들을 검토해 볼 수 있다.

- 조립 대상물의 이동도
 - 최종제품뿐만 아니라 각 부품들의 이동도를 무게, 치수, 안전성등을 고려하여 평가한다.
- 작업분배
 - 한 작업장소에서 작업내용이 복잡할수록 작업자의 자질에 대한 요구 사항이 높아진다. 이것은 특히 작업의 내용을 각 작업자에게 정확하게 정의할 수 있는 정체조립에서 심하게 요구되어진다. 흐름조립(순서조립과 박자조립) 및 조합조립에서는 물체의 흐름으로 인해 각 Station별로 작업의 내용이 명확해야 한다.
- 작업장소 활용도
 - 장치류의 제작에서 많은 시간을 요하는 취부작업은 각 부재를 맞대어 가조립 상태를 만드는 것이다. 이 작업은 정확성을 요구하기 때문에 대개 정반위에서 행해진다. 그러므로 이러한 종류의 물품을 생산하는 업체의 생산성은 정반의 사용도에 크게 의존한다.

- 동시 조립 가능성
각 Station의 부하도를 높이기 위해서 움직이는 물체와 작업장소를 가진 조직에서는 가능한 많은 제품이 동시 조립 될수 있어야 한다.
- 조립작업의 기술성
박자조립의 단순작업과는 달리 정체조립 및 그룹조립에서는 작업자가 담당하는 일의 범위와 내용이 넓으므로 수행능력에 대한 요구도가 높다. 그러므로 정체조립 및 그룹조립에서는 작업자의 다기능화가 유리하다.
- 방해량에 대한 적응력
방해량은 부품이나 도구의 결핍, 예견치 못한 조정작업, 종업원의 병가등으로 인한 인원변동, 작업순서 변경등으로 이해할 수 있다. 각 조립 Station이 시간적 및 물적으로

서로 의존하는 조직에서는 이러한 방해량에 대한 Buffer 등을 사용하여 해결할 가능성을 지니고 있어야만 한다.

- 도구의 이송도
작업을 수행하기 위한 기계및 도구의 이송 관계도 중요하다.

본 연구 과제인 일반적으로 부피는 크고, 무게는 무거운 조립군으로 구성된 Batch Plant의 조립에 대해서 소개된 선정 사항을 가지고 각 조직들을 평가하여 최적의 조직을 선정하고자 하였다. 평가에 대한 점수는 각 조직간의 상대적인 비교에 의해서 주어졌으며, 현장의 여러 담당자 및 작업자에 의해 수행되어 평균적인 값이 그림 6에 표시되었다.

선정사항	조립조직				
	1조	2조	3조	4조	5조
조립품의 이송도	2	3	1	1	1
작업분배	2	3	1	1	2
작업장소의 활용도	1	3	2	2	2
동시 조립 가능성	1	2	1	1	2
조립 작업의 기술성	1	2	3	3	2
방해량에 대한 적응력	2	2	1	1	2
도구의 이송도	3	2	2	2	1

1: 나쁘다 2: 중간 3: 좋다

그림 6. 조립조직의 평가

그림 6에서 볼 수 있듯이 각 사항에 대해서 그룹조직이 좋은 결과를 나타내고 있다. Batch Plant와 같은 부피가 큰 물체의 조립에는 긴 이송시간 때문에 그룹조립의 작업장 활용도가 흐름조립들 보다 높다. 그 외에도 다품종 소량생산에 요구되는 유연성 즉 Batch Plant에서 만 제품으로의 전환에도 쉽게 적용할 수 있으므로 근본적으로 이 조직을 현장에 적용하고 특수한 상황은 부분적으로 그에 적합한 조직으로 보완하고자 하였다.

3.4 조립 시스템

조립시스템 설계는 계획자로 부터 조립진행, 조직과 도구등에 대한 전반적인 지식을 요구한다. 각각에 대한 정보는 지금까지 조립계획에 의해서 주어져 있으므로 각 조립장을 최적 배치하는 것이 가능하다. 이를 위한 계획절차는 크게 두 단계로 나눌 수 있다(그림 7).

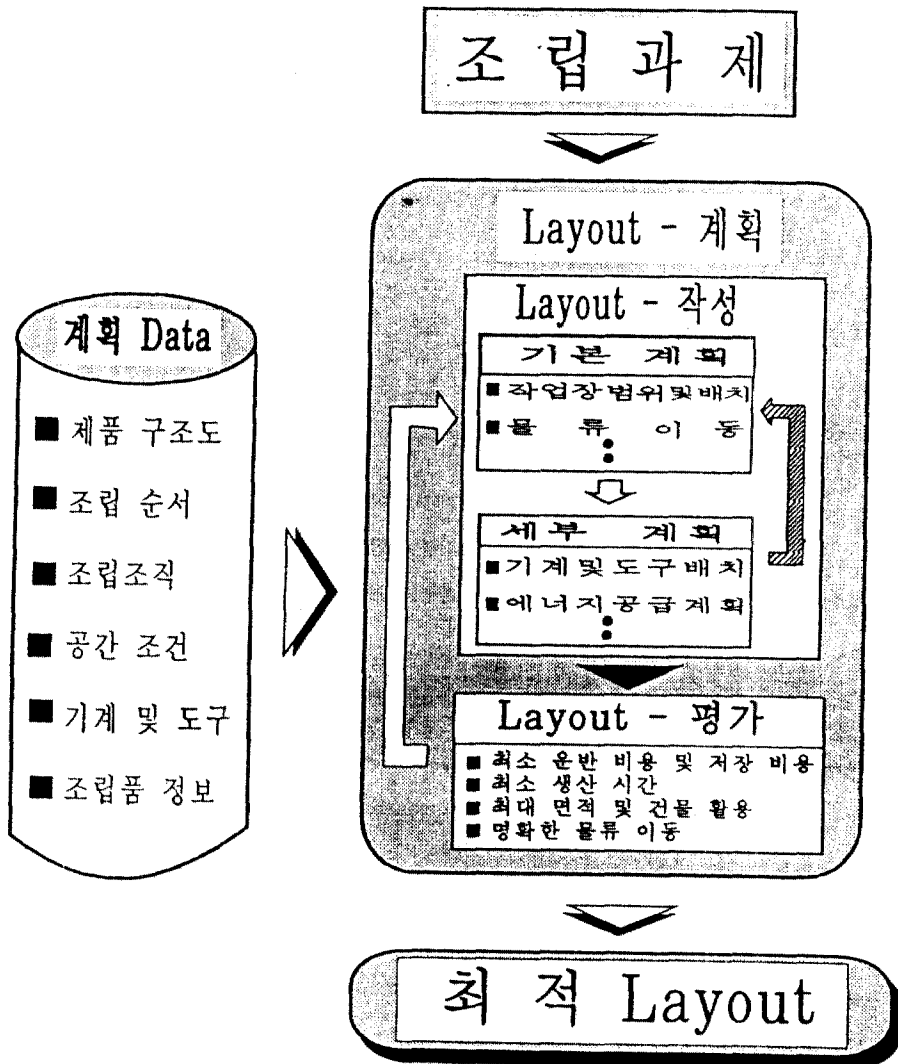


그림 7. 설비배치도(Layout) 계획과 절차

설비배치도(Layout)작성은 최적점을 찾기위해 기본계획과 세부계획을 반복적으로 수행하면서 이루어진다. 기본계획에서 계획 데이터의 입력하에서 직관적이나 실험적으로 작업장 및 저장소의 배치, 물류이동관계등이 상호작용적으로 조사되어 전체적인 구상이 기술된다. 세부계획에서는 법규나 규정, 예를 들면 안전성 등을 고려하여 기술적인 장비들의 배치, 물류의 이동상에서 충돌관계, 출입문, 배전 및 배관 관계등이 검토된다. 이 두 과정을 걸쳐서 조립과제의 해결에 가능한 대체안들이 전부 유도된다. 최적의 해는 제시된 목표들을 어느정도 도달했는지의 평가에 따라 결정된다. 평가로 부터 개선에 대한 대책이 유도되어 작성된 Layout를 수정하고, 재평가하는 과정을 되풀이해서 최종적으로 가능한 최적의 해를 얻는다.

Batcher Plant의 조립을 위하여서 기존에서는 주어진 공장 내에서 특정 작업을 위한 작업장, 즉 Layout에 대한 개념이 희박하였다. 정반 위에서 취부 작업을 수행하고 용접과 사상은 빈 공간을

찾아 작업을 수행하는 개선의 여지가 있었다. 조립 시스템을 설계하기 위해서 먼저 결정되어진 상황, 선택된 조직(그룹조직)과 작성된 공정도 및 작업 계획서, 주어진 면적등을 파악하였다. 그 정보를 가지고 Layout 기본계획과 세부계획을 거쳐 작업장의 배치에 따른 Flow diagram/ 9/들을 작성하여 Layout 평가 기준에 따라 비교하여 가장 적합한 것을 선택하였다(그림 8). Batcher Plant를 이루는 조립군의 구조와 크기에 따라 공장의 작업면적을 크게 세 부분으로 나누어 옥내의 왼쪽은 Module unit, 중앙은 Bucket elevator, 오른쪽은 각종 가공기계와 크레인이 요구되는 상위 조립단위로의 조립 및 설치를 위한 조정작업이 이루어지도록 하였고 옥외작업장은 Conveyor의 제작에 이용되도록 하였다. 각 작업장에서 Batcher plant의 3부분이 각각 완성되도록 하여 최종조립은 설치현장에서 수행하도록 하였다. Bucket elevator의 제작소에 대해서는 작업장별로 자세히 나타내었다.

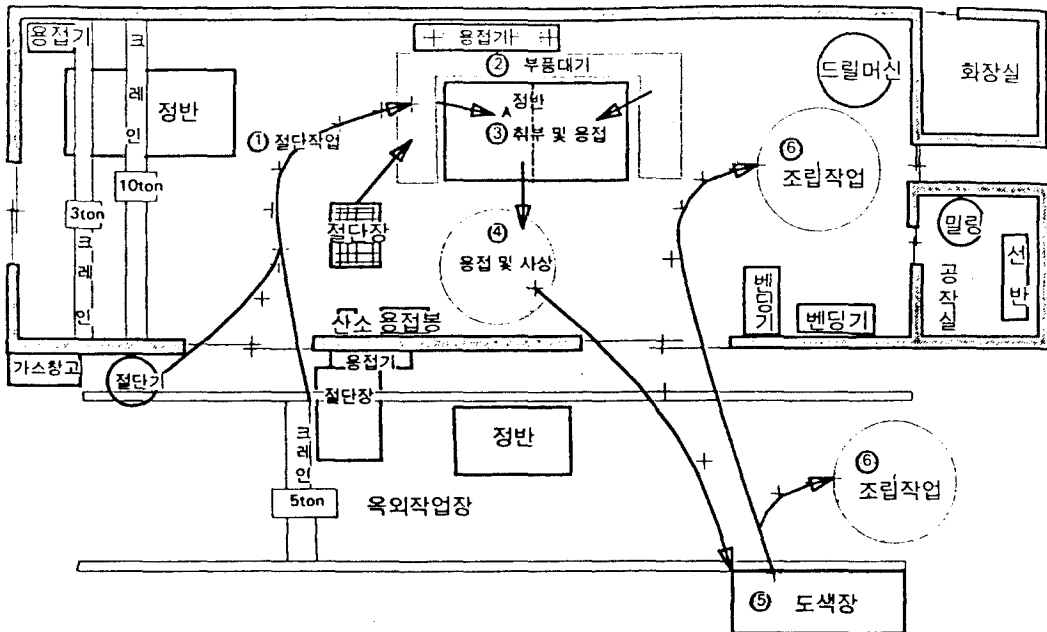


그림 8 최적화 공정에 따른 설비배치도(Layout)

작업자가 움직이는 그룹조직에서 작업장의 배치는 작업자의 이동거리를 줄이고, 동시에 공구나 보조도구의 이동도 신속히 하고, 면적의 활용도도 높일 수 있도록 환상적인 배치에 의존하여 이루어졌다. 조립물의 이동횟수와 크레인 사용수를 줄이기 위해 취부와 용접장을 합쳐서 한 정반위에서 취부와 용접이 행해지도록 하였다. 한 장소에서의 작업이므로 작업자간의 마찰이 없도록 공정계획에서 충분히 검토하였다. 작업의 조기착수를 위해 조립물의 마지막 용접작업은 사상장에서 하도록 하였다. 이로써 비워진 정반위에서 다음 조립물의 취부작업이 정제없이 시작되어진다. 이동거리 관계 등으로 도색장을 옥내로 옮기는 것을 고려하였으나, 작업자의 환경과 법적으로 특수설비를 요하므로 변경이 불가능 하였다. 수송을 위한 조립, 설치를 위한 조정작업과 상위 조립단위에서의 조립은 주로 옥외 조립장에서 행해진다. 옥내 조립장은 5ton 이상의 조립물이거나 우기등 기상조건에 의해서 불가피할 경우 이용된다. 절단기에서는 앵글류를 절단하여 각 작업장에 공급하므로 세 제작소의 중앙부분에 두었다.

Batcher plant외의 다른 제품의 생산에서도 효율성을 추구하기 위해 전 생산품목을 조립 지향

적인 구조로 해석하여 제품의 형상, 공정의 순서, 작업방법, 작업도구등의 유사성에 따라서 조립군을 형성하였다. 이에 기초하여 조립될 조립군의 구조와 크기도 고려하여 조립시 소요되는 면적에 따라 전체 작업면적을 위와 같이 크게 셋으로 분류하였다. 이렇게 함으로써 다른 제품의 작업시에도 어려움이 없도록 하여 더욱 효과적으로 유연성에 대처하도록 하였고 각 장업장내에서 한 부품이 완성되므로 작업자의 이동거리 단축 및 작업의 편이성을 최대로 도모 하게 되었다. 세 작업소간의 왕래도 고려하여 가능한 그룹조직의 환상형을 유지하도록 하였다.

4. 조립계획의 성과

개발된 조립계획시스템은 기업의 실정에 맞게 수주의 양이나 조건 납기 등을 적절하게 분석하여 이에 맞는 체계적인 생산계획과 목표를 세우게 한다. 이로 인해서 납기의 촉박에 의한 잦은 생산계획의 변동으로 발생하는 계획 비용과 지체료의 감소 등의 간접효과 뿐만 아니라 그림 9에 소개된 직접적인 효과도 얻게 한다.

조립계획 시스템의 효과

- 공수의 단축
(846 M·H → 267 M·H)
- 작업인원 감소 및 효율적 이용
(Bucket elevator 제작의 경우 : 9명 → 8명)
- 납기기간 단축 및 업무
(Bucket elevator 생산시간 : 72.8 시간 → 23.5 시간)
- 조립계획 표준화로 공정계획 시간 단축
- 용접자세의 개선으로 품질향상 및 용접시간 단축
- 작업의 안전성 증대
(crane 사용지양)
- 용접 방법 개선으로 생산성 향상 도모
(Arc 용접 → CO₂ - FCAW)

그림 9. 체계적인 조립계획 시스템 개발의 성과

공수의 단축은 68% 이루어졌고, 작업인원은 기존의 9명에서 현재는 11명으로 늘어난 상태이므로 실제적인 감축의 효과는 3명에 달한다. Bucket elevator의 전체제작시간도 32% 단축되었다. 계획의 표준화로 약간의 수정으로 재사용이 가능하게하여 계획의 비용과 시간을 크게 단축하였다. 윗 보기 용접과 좁은 장소에서의 용접등을 피하여 작업자의 편리를 도모함으로써 용접의 결함률과 시간이 낮아졌다. 대형 물체의 취급에 크레인 사용의 지양으로 안전사고의 위험도 크게 줄었다. 용접방법에서는 용접봉 교체등 간접시간이 비교적 많은 아크 용접을 CO₂-가스 용접으로 교체함으로써 용접 생산성을 10배 이상 높였다. 이효과를 고려한다면 기존의 데이터로 해석된 공수및 제작시간은 더 단축될 것이다.

그 밖에도 조직적으로 목표에 도달하기 위해 세워진 논리적인 계획 절차와 각 절차에서 개발된 계획도구를 사용하여 데이터의 체계적인 정리로 납기및 부하계획 등이 효율적으로 이루어지도록 하였다. 이러한 결과들로 인해서 본 연구의 목적인 생산성 향상과 조립계획 능력의 배양에 효과적으로 도달 되었다고 판단할 수 있다.

5. 결 론

다가오는 세계화 시대에서 지속적으로 경쟁력을 확보하여 살아남고 번영하기 위해서 사례기업은 생산성 향상을 추구하였으나 지향할 바를 몰라 망설이고 있었다. 사례기업의 생산과정을 분석한 결과 조립분야의 합리화를 통하여 생산성의 극대화를 기할 수 있었으므로 본 연구에서는 주어진 자료를 분석하여 조립의 최적화를 기하는 기업규모에 맞는 일반적이며 체계적인 조립계획 시스템을 개발하고자 하였다.

이를 위해 먼저 기존의 제품구조도와 자재명세서를 재분석하여 조립지향적인 구조로 하였다. 현 생산체제의 공정 및 작업방법 등에서 불합리한 점을 파악하여 개선책을 제시하였다. 또한 여러가지 개발된 계획도구를 사용하여 인원, 납기와 부하계획등이 효율적으로 이루어지도록 하였으며, 적합한 조립조직의 선정을 통해서 생산시간과 비용을 줄일 수 있도록 현장Layout의 최적

화를 기하였다. 이와같이 분석을 통한 최적화에 접근하는 법을 보임으로써 생산성 향상을 기하고 조립계획 분야의 발전을 도모하여 기업의 계획능력 향상에 크게 공헌하였다. 계획의 절차와 그 과정중에 개발된 도구들은 일반성을 갖고 있으므로 다른 기업에 충분히 응용가능하다.

복잡한 구조 제품의 처음 조립 계획에는 많은 데이터의 처리로 인해 높은 초기 비용과 많은 시간이 소모되므로 이의 절감을 위해 전산화의 도입이 바람직하다고 본다. 자동화에서는 반드시 체계화의 과정을 거쳐야 하므로 여기에 소개된 체계적인 방법은 향후 전산화를 위한 기초도 함께 마련하였다고 생각한다.

참고문헌

- [1] U. Ungeheuer, "Produkt-und Montagestrukturierung", VDI-Verlag, 1986
- [2] H-H. Gerlach, "Stuecklistenwesen", Handbuch der modernen Fertigungund Montage, Carl Hanser Verlag, pp.325-352. 1975
- [3] G. Boothroyd, "Assembly Automation and product Design" Marcel Dekker, 1992
- [4] B. Lotter, "Manufacturing Assembly Hand book" Butterworths. 1986
- [5] G. Boothroyd and P. Dewhurst, "Design for Assembly Hand book" University of Massachusetts, amherst, 1983
- [6] R. Hackstein, "Arbeitswissenschaft I" Umdruck, RWTH Aachen. 1984
- [7] 목학수, "SIMAN을 이용한 조립시스템의 시뮬레이션에 대한 연구" 대한산업공학회, vol. 17/No. 1/
- [8] W. Eversheim, "Organisation in der Produktionstechnik" Band 4: Fertigung und Montage VDI-Verlag, Duesseldorf, 1987
- [9] F. E. Meyers "Plant layout and Material Handling". Prentice Hall. 1993