

부품 형상 및 조립공정에 따른 부품의 코드체계

Coding system considering a part feature and assembly process

목학수, 문광섭

부산대학교 산업공학과

Abstract

In this paper, part features are classified and then coding system is constructed by the considering characteristics of features in assembly process. Analyzing the characteristics of features, code values about part features are determined. Assembly process is divided into five functions such as transporting, handling, approaching, alignment, joining and then the detail parameters of each function are determined. Code values about assembly process are determined according to detail parameters. The detail parameters are the kinds of available working method and assembly tools, when each assembly function is going on. By the coding system, available assembly process can be grasped and perceived the part that is difficult to assemble.

1. 서론

우리나라 제조업체가 결정해야 할 당면 과제의 하나로 생산성 향상 문제가 논의되고 있다. 그런데, 대부분의 제조업체는 다품종소량 생산형태를 취하고 있으며, 다품종소량생산형태의 특징이라고 할 수 있는 생산품목의 다양성, 생산공정의 다양성, 생산능력의 복잡성, 공정 및 일정계획의 곤란성 등과 같은 현장에서 파생되는 여러 문제점들이 제조업체의 생산성을 저하시키고 있다. 다품종소량생산의 문제점 해결과 생산효율향상을 목적으로 개발되어 있는 여러가지 기법중의 하나가 그룹테크놀로지(Group Technology)이다 [1]. GT는 지금까지 컴퓨터 응용설계(CAD)나 컴퓨터 응용제조(CAM)에서 주로 제품의 가공을 위해 제품의 형상을 분류, 그룹화하는데 이용되어 왔다.

그림 1.은 지금까지 개발된 몇가지 GT 분류 시스템의 종류와 특징을 나타낸 것으로서 기존의 GT 분류 시스템은 제품의 형상에 따른 제조에 중점을 두고 개발된 것이다. 본 연구에서는 제품의 조립공정에 중점을 두어 부품의 분류체계를 구축하였다. 그리하여 다품종 소량생산형 제품의 유사 조립공정에 대한 분류로써 애로공정 유발 부품 및 조립시간 단축을 위한 부품들의 특성을 파악할 수 있게 하였다.

2. 부품의 일반형상 특징요소

조립대상이 되는 부품의 일반 형상들을 파악하기 위해 5개의 파라미터 (표면상태, 대칭성, 단면변화, 방해면의 수)를 계층적으로 나타내어 그림 2.와 같이 나타내었다. 공모양의 구형은 곡면만으로 이루어진 형상으로 분류되며, 상자모양의 육면체 모양은 평면만으로 이루어진 형상으로 또한 캔모양의 원기둥은 곡면과 평면의 복합으로 이루어진 형상으로 분류하였다.

Convex 나 Concave 에 대한 구분은 체결점을 기준으로 하여 체결점이 있는 면과 인접하는 면과의 각

분류 명칭	판매/개발 기관명	코드구조	비고
BRISCH BIRN	Brish Bim & Partners Inc. (영국)	-주코드 (길이:4-6 자리)와 보조코드(길이: 가변적)의 두 부분으로 구성됨 -숫자코드 (numeric code)	-영국인 E.G.British 가 개발 -설계의 검색과 다양 화 감소에 적합함 -소프트웨어 :TAGS 발표
CODE	Manufacturing Data Systems Inc. (미국)	-8 자리의 혼합형 구조 코드 -영숫자 (1-9, A-F)의 사용	-Brisch 시스템을 이 용 -부품의 특성 (크기, 형상과 기능도 표현됨)
MICLASS/ MULTICLASS	Organization for Industrial Research (미국)	-Monocode 와 Polycode 의 혼합형 -코드길이 : 32 자리 -9 개의 상이한 코딩시스템 (기계가공부품, 판공부품, 전자부품 등)	-미국에서 주로 사용 되는 시스템임 -CAD, CAPP 의 데이 터베이스 -MICLASS 의 개정판
OPITZ	H. Opitz (독일)	-5 자리의 형상코드와 4 자 리의 -보조코드, 합계 9 자 리로 구성됨 -숫자(0-9)의 사용 -형상코드 Mixed-mode code -보조코드 : Polycode	-원래는 부품 통계용 으로 개발 -유럽, 주로 독일에서 사용
KK-3	기계진흥협회 (일본)	-21 자리로 구성 -mixed-mode code	-설계 및 제조결용 시 스템 -3 요소법의 사용

그림 1. 주요분류코딩 시스템의 특성

도가 90°이상이면 Concave 로 그렇지 않으면 Convex 로 결정하였다 [2]. 예를들어, 정육면체와 같은 형상은 그림 2.에서 나누어진 tree 에 따라서 평면-세축대칭-Concave-단면변화 없음-방해면의 수 0 개에 해당되는 경우이다.

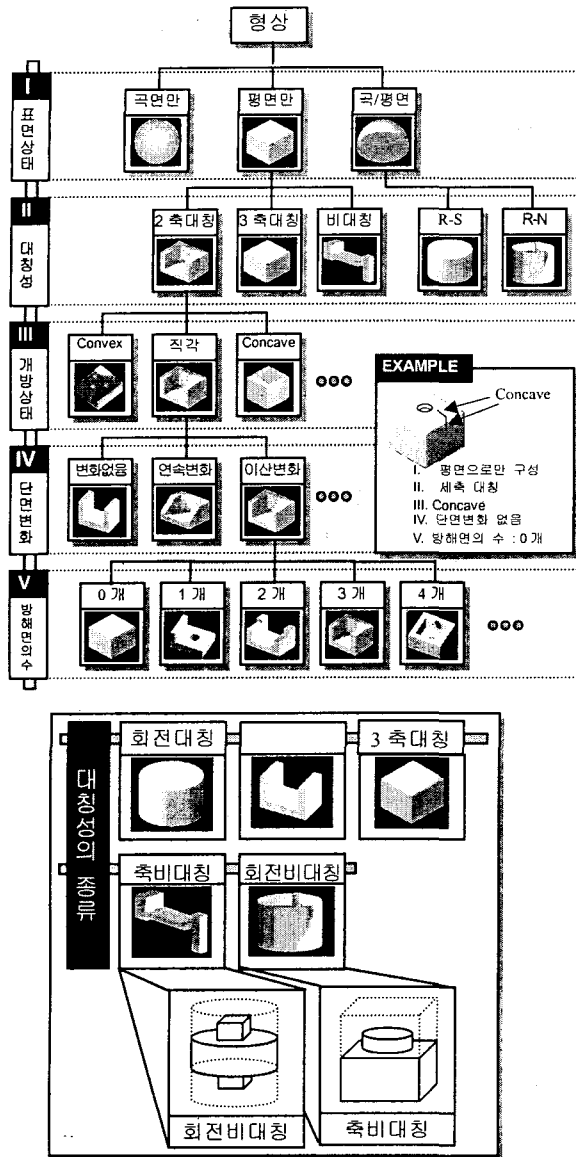


그림 2. 형상분류를 위한 형상특징 Parameters.

부품의 형상요소 중 하나인 대칭성은 크게 회전체와 비회전체로 나누었다. 회전체는 축을 기준으로 회전하여 생성 가능한 것으로, 회전축에 대해 대칭인 경우와 비대칭인 경우로 그림 2와 같이 나누었다. 비회전체는 회전에 의해 생성할 수 없는 형상으로서, 축을 기준으로 2, 3 축대칭과 축비대칭으로 나누었다. 2 축대칭은 부품의 특정면을 기준으로 xy, yz, xz 의 두 축에 대해 대칭인 경우이며, 3 축 대칭은 회전체가 아니며, xyz 축 모두에 대해서 대칭인 경우에 해당된다. 회전비대칭과 축대칭을 간단히 나타내면, 부품의 형상을 구성하는 세부 형상들에 연장선을 그었을 때 가장 크게 나타나는 형상이 회전체이면 회전 비대칭이 되며 그렇지 않은 경우는 축대칭이 된다는 것이다 (그림 2 참조). 형상 측면에서의 대칭성은 조립준이나 부품의 외형에 관한 관찰을 고려한 것이므로, 조립공정에서의 취급, 운반 시에 고려되는 대칭성과는 구분하였다.

3. 조립공정의 분석 및 공정 영향 요소

조립공정은 실제 조립작업을 수행하기 전의 준비과정에 해당되는 보조공정과 실제 조립작업이 일어나는 주공정으로 나누어 분석되었다. 조립대상물을 조립장으로 운반하는 공정과, 체결점 파악이나 체결위치 선정등에 해당되는 취급공정, 부품이나 도구 등이 체결을 위해 체결점으로 접근하는 공정, 부품들의 체결점을 서로 맞추거나 도구를 체결 요소에 맞대는 공정인 정렬공정을 보조공정으로 나타내었으며, 조립수행체가 체결 요소에 체결도구를 이용하여 체결력을 전달하는 과정인 체결공정을 주공정으로 표시하였다.

조립 공정영향요소는 부품이 조립수행체에 의해 운반, 취급, 접근, 정렬, 체결의 조립공정이 수행되면서 조립시간이나 조립 동작 등에 영향을 미치는 요소들로서 그림 3과 같이 부품의 무게, 놓임상태, 접근방향, 접근방향 변경수, 대칭정도, 체결방법 등으로 결정하였다 [3].

접근방향 변경 수는 부품 또는 조립준들이 체결점을 맞대기 위해 체결점으로 접근할 때에 접근 방향이 바뀐 횟수를 말한다. 본 논문에서는 그림 3에서와 같이 접근방향 변경 수를 변경이 없이 바로 접근이 가능한 경우와 1회, 2회 및 3회 바뀌는 경우로 분류하였으며, 그 이상의 변경에 대해서는 접근이 불가능한 것으로 가정하였다. 해당형상의 접근 변경수는 여러 접근 경로 중에서 접근방향의 변경 횟수가 가장 적게 되는 경로의 변경수가 해당된다. 대각선 방향으로의 접근은 서로 다른 두 개의 수직 방향의 합으로 간주하여 1회의 변경이 있는 것으로 하였다.

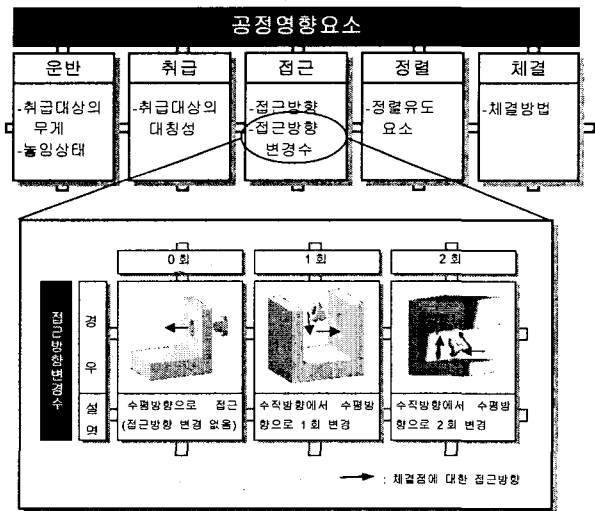


그림 3. 조립기능 및 공정 영향요소

4. 조립시간 추정을 위한 동작요소와 조립공정 영향요소와의 관계

3 절에서 결정된 조립공정 영향 요소들이 조립 시간에 미치는 영향을 파악하기 위해 동작 분석 기법의 하나인 MTM과 WF를 이용하였다 [5].

4.1 표준동작요소

WF(Work Factor)에서는 인간이 작업 시간을 통제하는 작업의 경우 그림 4와 같이 동작신체부

위, 동작거리, 중량 및 저항, 인위적 조절의 4 가지 요인에 의하여 동작 시간이 좌우된다.

동작신체부위는 신체부위 중 어디를 이용하여 동작을 행하는가에 따라 동작시간이 달라진다는 개념을 바탕으로 하여 신체 부위를 손, 팔, 앞팔회전, 몸통, 발, 다리, 머리돌림의 7 가지로 분류하였다. 동작거리는 동작에 의해 이동되어진 거리로서 거리의 측정은 동작이 시작하는 점과 끝나는 점 사이의 직선거리를 반올림하여 inch 로 표시한다. 중량 및 저항은 앞팔의 회전 동작은 토크(인치, 파운드)로 측정하고, 그 외의 동작의 경우는 모두 파운드로 측정한다. 측정된 중량 또는 저항은 Work Factor 의 수에 의하여 표시된다.

- 동작 신체 부위 : 동작을 행하는 신체 부위 (손, 팔, 어깨, 다리..)
- 동작 거리 : 동작의 시점과 종점의 직선거리를 Inch 로 표시
- 중량이나 저항 : 대부분 pound 로 측정된 후 이를 WF/MTM 으로 변환
- 인위적 조절 : 4가지 경우로 발생하며 Work-Factor 로 발생유무 표시

- 3 방향 조절 (Steering; S): 좁은 간격을 통과하거나, 작은 목표물로 동작을 유도할 때의 상황
- 3 주의 (Precaution; P): 물건의 손상내지는 작업자의 상해방지 또는 동작의 목적상 신체 조절이 요구되는 상황
- 3 방향의 변경 (Change of Direction; U): 장애물 등으로 동작 경로가 급격한 커브 형태로 될 때의 상황
- 3 일정한 정지 (Definite Stop; D): 작업자가 의도적으로 운동을 정지시키는 상황으로서 구조적인 장애물에 의하여 정지가 될때는 해당되지 않음

그림 4. WF/MTM 의 시간변동요인 [5]

4.2 형상 및 조립공정 측면의 특징요소와 표준동작요소와의 관계

2 장과 3 장에서 결정된 형상측면과 공정측면에서의 특징요소와 표준동작요소와의 관계를 결정하여 그림 5, 6 과 같은 그래프를 구하였다. 형상 측면요소들 중 대칭성과 개방상태, 방해면의 수가 최악의 상태인 경우 높은 시간값을 가지는 것으로 나타났으며 표면상태나 단면 변화는 상대적으로 낮은 시간값으로 나타났다. 이를 통해 부품의 외형적인 특징을 쉽게 파악하기 위해서는 부품의 대칭성과 개방상태 방해면의 수를 우선적으로 고려해야 함을 알 수 있다. 대칭성과 관련있는 동작요소는 react 와 inspect identity 로 결정하였다. 왜냐하면, 조립군이나 부품의 대칭성에 따라 조립군이나 부품의 외형적인 형상 파악을 위한 필요 시각 개수가 달라지므로 외부의 signal 을 파악하는 동작인 react 와 inspect identity 가 관계가 있는 것으로 결정하여 그림 5.와 같이 나타내었다.

공정측면에서의 특징요소와 관련 표준동작요소와의 관계를 위해 공정을 공정을 운반, 취급, 접근, 정렬, 체결의 순서로 나누어 이에 따른 동작들을 분석하여 그림 6.과 같은 시간값을 결정하였다. 즉, 무게나 놓임상태는 부품의 운반시에 미치는 영향을 고려하여 시간값을 결정하였으며, 대칭성은 부품이 다음 공정인 접근을 쉽게하기 위해 운반 중인 부품을 원하는 방향으로 고쳐잡을 수 있는 정도에 따라 그림 6.과 같이 나타내었다.

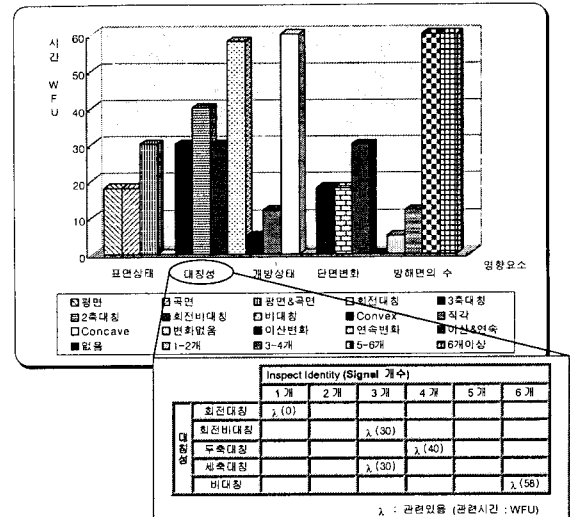


그림 5. 형상측면요소에 대한 시간변동

접근과 관련된 영향요소로는 부품이 체결점이나 특정위치로 이동하기 위해 접근하는 방향과 접근 방향이 몇 번 변경되었는가를 고려하였다. 부품이나 조립군이 체결점으로 접근할 때 방향이 변경되게 되면 일정한 정지동작과 주의, 방향조절 등의 동작이 필요하게 되므로, 본 연구에서는 1 회의 방향변경이 생길 때 마다 Steering, Change of direction 이 발생하는 것으로 가정하여 그림 6.과 같이 나타내었다.

접근방향 변경수와 체결방법이 최악의 상태인 경우에 비교적 높은 시간값을 가지는 것으로 나타났으며 나머지 요소들은 비슷한 시간값으로 결정되었다. 공정측면 요소에 대한 시간변동표를 통해 공정한 측면에서는 제품설계 시에 체결방법과 접근방향 변경수를 우선적으로 고려해야 하는 것으로 나타났다.

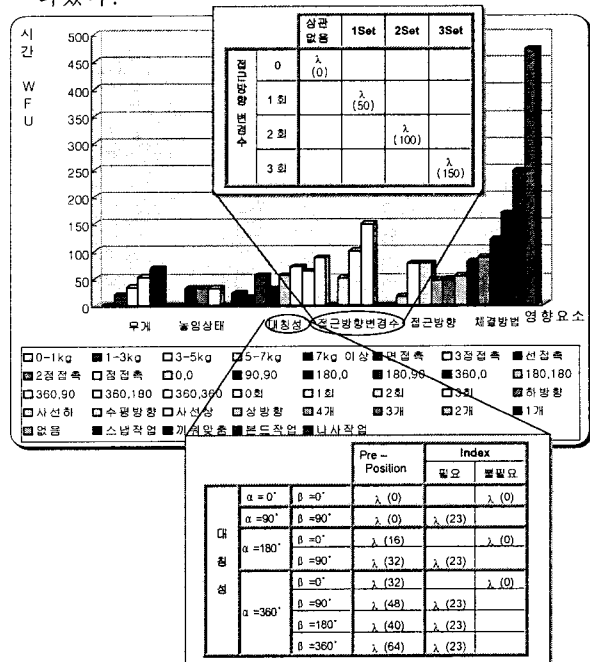


그림 6. 공정측면요소에 대한 시간변동

5. 코딩 시스템 구조 및 코드 자리수 결정

본 연구에서는 코드 자리수 결정을 위해 전체 코드를 형상측면과 조립공정 측면으로 크게 나누었으며, 조립공정 또한 운반, 취급, 접근, 정렬 및 체결의 5개 공정으로 분류하였다. 예를 들어, 일곱번째 자리인 놓임상태에 대한 세부 코드값은 접촉상태가 면접촉이거나 무게 중심이 치우쳐있거나 또는 무게가 무거움으로 인한 안정적인 경우와 접촉상태가 선 또는 점, 무게중심이 가운데 있거나 무게가 너무 가벼워서 불안정한 경우를 고려하여 결정하였다.

1-5 자리까지는 형상측면의 코드로서 부품의 일반 형상 특징요소에서 결정된 표면상태, 대칭성, 개방상태, 단면변화, 방해면의 수로 결정하였다. 6-12까지는 조립공정 측면의 코드로서 조립공정 분석을 통한 공정영향요소들에 대해 표시하였다 (그림 7 참조). 특히 조립 공정영향요소와 조립시간 추정을 통한 조립동작과의 관계에 따른 결과를 이용하여 조립시간이 가장 짧은 경우나 조립동작이 간단한 경우에 '0'의 코드값을 가지도록 하였으며, 조립시간이 많이 걸리거나 조립동작이 복잡할수록 높은 코드값을 가지도록 하였다. 이렇게 하여 조립공정측면의 코드값만으로도 조립작업시 애로 공정 유발 부품을 파악할 수 있도록 하였다.

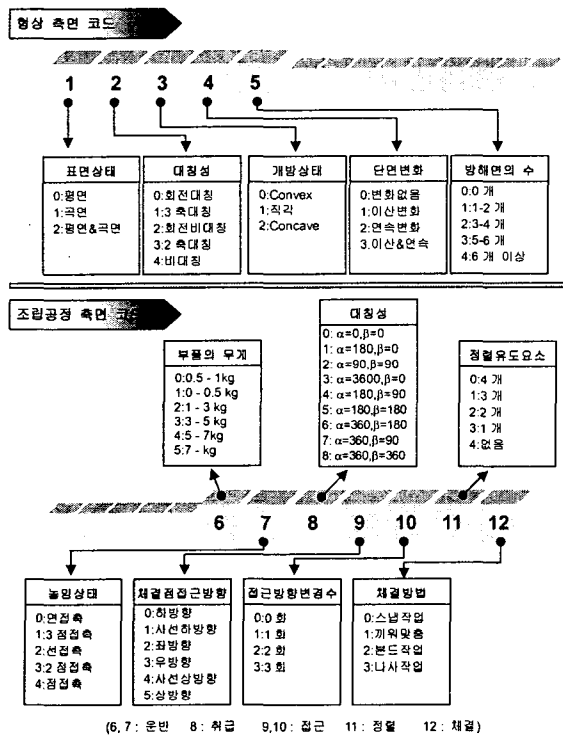


그림 7. 부품의 형상 및 조립공정을 고려한 코드 구조

5. 사례연구

본 논문에서는 전원 plug 에 대해서 사례연구를 그림 7.과 같이 실시하였다. 부품 A 는 전원 plug 의 뒷면에 해당되는 부분으로 형상측면에서 단면변화가 많은 것에 약간의 취약점이 있는 것으

로 표시되었으며, 공정측면에서는 취급공정과 체결공정에서 다소 시간이 걸릴것으로 나타났다. 부품 B 나 C 도 거의 비슷한 형태로 표시되었지만 부품 B 가 부품 A 에 체결하는 방법이 끼워넣기인 관계로 체결공정에서 취약점이 나타나지 않았다는 것을 알 수 있었다. 본 사례 대상의 가장 취약한 부분은 시간변동표에서 가장 높은 값을 가지는 체결방법인 나사체결인 것으로 나타났다.

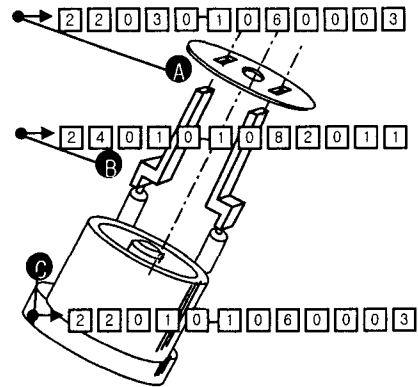


그림 8. 사례연구

6. 결론

조립대상이 되는 부품의 일반적인 형상을 파악하기 위해 5개의 파라미터 (표면상태, 대칭, 개방상태단면변화, 면의 수 등)를 계층적으로 나타내었다. 조립공정을 운반, 취급, 접근, 정렬 및 체결의 5 단계로 분류하여 각 공정에서의 필요동작 및 각각의 공정에 관련된 공정영향요소들을 결정하였다. 이를 근거로 조립공정을 고려한 12 자리의 코드를 가지는 코딩시스템을 구축하였으며, MTM 과 WF 을 이용하여 공정영향 요소들에 따른 대략적인 조립시간을 추정하였다.

특히 공정영향요소들에 따른 동작시간관계의 결과를 이용하여 동작이나 시간이 많이 소요될수록 큰 코드값을 가지도록 정하였으므로 코드값만으로 조립공정의 난이정도를 빠르게 파악할 수 있으며 조립 공정영향 요소에 따른 조립시간 추정방법을 이용한 코딩시스템을 이용함으로써 코드자리만으로 조립시 애로 유발 부품이나 조립시간 단축요인을 파악할 수 있도록 하였다.

참고문헌

1. 감인영, " Group Technology 의 개념 및 응용" 전각서, pp.8-10, 1990
2. Rembold, U., and Storr, A., "Computer Integrated Manufacturing & Engineering", Addison-Wesley, pp. 383-386, 1993
3. Hsu, W., Lee, C.S.G. and Su, S.F., "Feedback approach to design for assembly by evaluation of assembly plan, Computer Aided Design", Vol 25, No.7, 395-410, 1993.
4. G. Boothroyd and P. Dewhurst, "Product Design for Assembly : Manual Assembly, Machine Design", Vol. 10, pp. 94-98, 1993.
5. 황학, "작업관리론", pp 403-472, 1993.
6. 목학수, 문광섭, 김형주, "볼트를 사용한 제품에서의 조립용이성과 조립비용의 상관관계 평가시스템," 한국 정밀공학회지, 제 15 권 제 5 호, pp. 72-84, 1998.