

# 분해순서 구조 기술을 위한 모델

박홍석(울산대 기계공학과), 목학수(부산대 기계공학과), 최흥원\*(울산대 대학원 기계공학과)

## Model for the description of disassembly sequence structure

H. S. Park(Mech. Eng. Dept., UOU), H. S. Mok(Mech. Eng. Dept., PNU), H. W. Choi\*(Mech. Eng. Dept., UOU)

### ABSTRACT

The realization of the avoidance, decrease and utilization of waste can be made through reduction of resource consumption during product production and use. Beside that it is desirable to regain the resource attached to products and components. The same resources can be much used in product and material cycle through their reuse and regeneration. In order to improve the use productivity of resource, the disassembly makes up the substantial prerequisite.

In this paper a model describing the disassembly sequence structure is introduced under consideration of the influential facts related to disassembly process planning rules for disassembly sequence planning are derived from that.

**Key Words** disassembly process(분해공정), disassembly sequence(분해 순서), disassembly influential factors(분해 영향 인자)

### 1. 서론

현재 폐품 처리의 대부분은 매립에 의존하고 있다. 제품을 판매한 기업에서 폐품을 다시 회수하여 처리하기를 원하는 지금, 매립지의 부족과 매립비용의 증가는 기업을 더욱 어렵게 한다. 이와 맞물려 대부분의 국가에서는 환경적 법규를 강화하고 있다. 이런 법규와 폐품처리 문제를 해결할 수 있는 최선의 방법이 재활용이다.<sup>(1,2)</sup>

거의 모든 제품은 단품으로 존재하는 것이 아니라 조립품으로 존재하는 경우가 대부분이다. 이런 조립품을 재활용을 하기 위해서는 분리 작업 및 분류 작업이 원활하게 수행되어야만 한다. 즉 조립을 하는 경우와 같이 분해를 위해서도 공정 계획이 이루어져야 함을 의미한다. 그리고 이런 분해 및 분류 작업을 잘 표현할 수 있는 모델이 필요하게 되었다.

### 2. 분해 공정의 표현

#### 2.1 분해 공정에 영향을 미치는 인자들

제품을 분리하는데 있어서 그 영향 요소는 아주 많다.<sup>(3)</sup> 단순히 결합방법에 관한 것부터 분해비용을 고려한 최적 깊이를 고려하는 것까지 그 범위만 해도 광대하다. 이렇게 많은 인자에 대해서 모두 고려해준다는 것은 불가능할 뿐만 아니라 오히려 분해 공정을 기술하는데 있어서 복잡함을 더할 뿐이다.

그래서 분해공정을 기술하는데 필요한 분해작업에 대한 부분과 각각의 공정의 상호관계를 통한 대

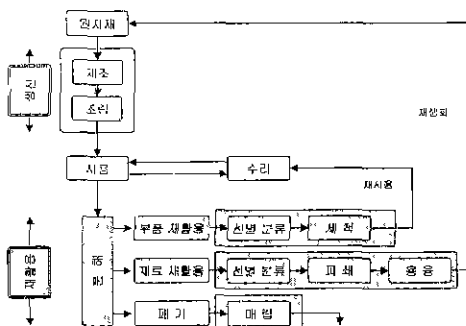


Fig. 1 Product Life-cycle

제 공정의 표현과 분해가 되어 나오는 부품을 기술하는데 주력하고자 한다.

### 2.3 Reverse Fishbone Diagram의 변형

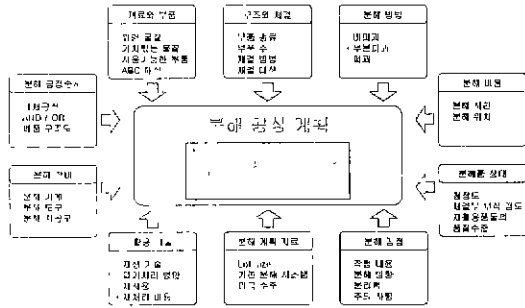


Fig 2 분해에 영향을 미치는 인자들

### 2.2 분해를 위한 모델로서의 Reverse Fishbone Diagram

분해 공정을 기술하기 위해서 많은 모델들이 제안되어져 왔다 그 중에서도 기하학적 위상을 잘 표현할 수 있는 트리구조가 많이 제안되어져 왔다.

Reverse fishbone Diagram 또한 트리구조의 형태를 가지는 모델이다.<sup>(45)</sup> Reverse Fishbone Diagram의 경우는 작업의 형태와 순서, 분해되어져 나오는 부품들을 표현하는데 있어서 적합한 모델이다 하지만 Reverse fishbone Diagram도 트리구조의 모델이 가지는 몇몇 단점을 가지고 있다. 그것은 두마디 사이에는 꼭 하나만의 경로가 있어서 제품의 연결구조를 알기 어렵고 또한 단 하나의 분해경로를 표시할 수 밖에 없다는 것이다

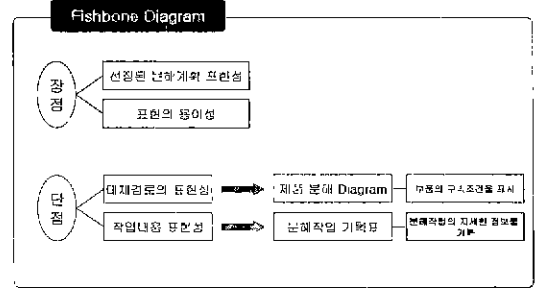


Fig 4 Reverse Fishbone Diagram의 장·단점과 그 보완방법

이러한 단점을 극복하기 위해서 Reverse Fishbone Diagram을 부분적으로 수정하였다 분해 Diagram이라는 것과 분해작업 기록표가 그것이다

#### — 분해 Diagram

Reverse Fishbone Diagram이 가지는 기하학적 위상을 그대로 가짐과 동시에 공정의 AND/OR을 나타낼 수 있고, 이를 바탕으로 여러 경우의 대체공정을 생성할 수 있다

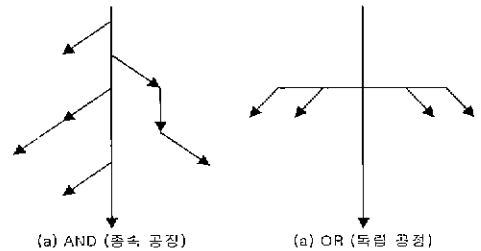
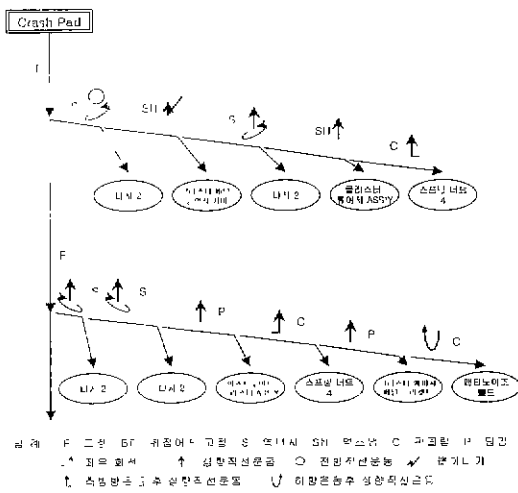


Fig 4 AND/OR 공정의 표현



비례 F: 분해, BF: 부품에 대한, S: 연삭, SH: 연삭, C: 가공, P: 밀링  
 \* 좌우에서 ↑ 상향작업순열, ↓ 전방작업순열, / 분기나기  
 †: 축방향으로 수직방향으로, U: 미장본을 수직 방향으로

Fig 3 Reverse Fishbone Diagram을 이용한 Crash Pad의 분해 모델

### 3. 분해 Diagram의 적용

#### 3.1 분해 Diagram

Fig. 5에서 보듯이 타원은 분해되어 나온 단품이고 사각형의 박스는 조립품을 나타낸다 하위 조립품은 또다시 다른 단품과 하위 조립품으로 나타낼 수 있다

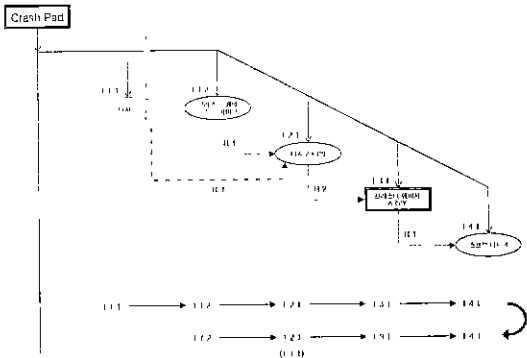


Fig 3 분해 Diagram을 이용한 분해 모델(1)

11.1 공정과 112 공정은 동일한 위상을 가지고 있다 이는 1.11 공정과 1.12 공정은 서로 독립 공정임을 의미한다 하지만 121이하의 공정은 서로 위상 차이를 내며 점선으로 각각의 상위 공정에 영향을 받고 있음을 나타낸다. 즉 121공정을 수행하기 위해서는 반드시 112 공정이 수행되어야만 한다는 것을 의미한다 예를들면 클러스터 패널 블랭킹 커버를 분해한 후에야 비로소 12.1 공정의 나사를 분리할 수 있음을 나타낸다

111 역사사 공정이 1.2.1의 역사사 공정과 이점 선택으로 연결되어 있다 이는 서로 다른 공정들이 섞여 있을 때 동일한 작업을 모아서 동시에 수행함으로써 공정의 수가 늘어나는 것으로 인한 손실을 줄일 수 있다는 것을 표현한 것이다

### 3.2 대체공정의 생성

분해작업을 하다보면 동일한 위상의 공정이라도 선 후를 나누어야만 한다 그러기 위해서는 다양한 대체 공정을 나타낼 수가 있어야만 한다.

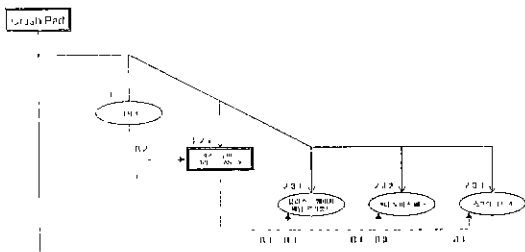


Fig 6 분해 Diagram을 이용한 분해 모델 (2)

Fig 6의 경우 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3 공정들은 동일한 위상을 가진다 실제 어느 작업을 먼저 수행하더라도

도 완전한 분해를 할 수 있다 하지만 최상의 분해 순서를 찾아야만 한다 그리고 이때 구해진 모든 대체 공정을 서로 비교하게 된다

Fig. 6의 경우의 가능한 모든 대체공정은 다음과 같다(Fig. 7)



Fig 7 대체공정의 생성

### 3.3 분해 공정 기록표

이렇게 하여 찾아진 여러 대체공정 중 최적의 공정을 찾을 때 분해공정 기록표가 사용된다

분해 번호	조각 명칭	분해방법 (작업명)	작업공구	분리공구	분리도구	구멍 및 피스 종류	분해방향	작업회전방향 및 비고	분해시간 (초)
1-1-1	나사	역나사 (회)	C	(+) 드라이버		양쪽	↙	양쪽	10 sec
1-1-2	스crew	역스crew (회)	C	(+) 드라이버		양쪽	↙	양쪽	2 sec
1-2-1	나사	역나사 (회)	C	(+) 드라이버		양쪽	↙	양쪽	10 sec
1-3-1	스crew	역스crew (회)	C	(-) 드라이버		양쪽	↑	양쪽	20 sec
1-4-1	커버	분리 (회)	C	(-) 드라이버		양쪽	↙	양쪽	6 sec
2-1-1	나사	역나사 (회)	C	(+) 드라이버		양쪽	↙	양쪽	10 sec
2-1-2	나사	역나사 (회)	C	(+) 드라이버		양쪽	↙	양쪽	8 sec
2-2-1	클러스터 패널	분리 (회)	C	양손		양쪽	↑	양쪽	5 sec
2-3-1	클러스터 패널	회전 (회)	C	양손		양쪽	↑	양쪽	7 sec
2-3-2	커버	분리 (회)	C	(-) 드라이버		양쪽	↙	양쪽	20 sec
2-3-3	커버	분리 (회)	C	(-) 드라이버		양쪽	↙	양쪽	6 sec

Fig 8 분해작업 기록표의 작성

211과 2.2.1의 공정은 이미 결정이 되어 있는 상태이다 231은 2.2.1과 같은 작업 방식을 가지며 233은 부품의 수가 많은 반면 232는 부품의 수가 적은 개라서 2.3.2의 공정이 먼저 수행되어지는 것이 좋다

### 4. 분해 규칙

이렇게 생성된 각각의 대체 공정을 비교하는 기준으로 사용되는 것이 바로 분해규칙들이다 이미 많은 분해규칙들이 알려져 있다 하지만 각각의 공정이 단 하나만의 분해규칙을 적용받는 것은 아니다 동시에 서로 상반되는 규칙이 적용될 수도 있다.

에를들이 분해비용이 많이 드는 위험물질이 있는 경우에는 빠른 기간 내에 분해해야 한다는 규칙과 비용이 많이 드는 자우는 바로 폐기한다는 상반된 다른 규칙이 동시에 적용된다 이런 경우에는 비용이 많이 늘어도 위험물질은 반드시 폐기하여야 함으로 전자가 후자보다 우선하게 된다

이렇게 각각의 분해규칙들 사이에서도 어느 규칙이 우선이 되는가 하는 것도 결정이 되어야 한다 그러기 위해서는 보다 많은 분해규칙들을 정의하여 놓아야만 한다

규칙	내 용
Rule 1	이전에 설계된 부분을 분리하기 위해서는 뒤에 가리고 있는 부분이 먼저 치거 되어져야만 한다
Rule 2	제일요스로 결합이 되어 있는 경우에는 제일요스본 분리를과 동시에 두번째 요스를 풀 수 있다
Rule 3	같은 분해작업은 가능하면 한 번이 수행한다
Rule 4	같은 분해작업이 필요하다 다른 순서로 따라서는 방향을 무시한다 (수조인드 두르 이루어질 때)
Rule 5	유사 작업은 동일 한 작업으로 간주한다
Rule 6	공구의 접근성이 향상한다
Rule 7	작업물과 set up의 변화 수를 줄인다
...	.....

Fig 9 수집된 분해규칙의 정리

## 5. 결론

제품의 분해를 분해 Diagram으로 나타냄으로써 각 부품의 기하학적인 위상과 분리되어 나오는 시기, 부품 상호간의 종속관계 등을 쉽게 알아볼 수 있었다 또한 이를 이용하여 다른 대체공정을 표현할 수 있게 되었다

그리고 각각의 분해공정들을 분해공정 기록표에 잘 기술 해 놓음으로써 이런 대체공정 중에서 가장 직감한 공정을 선택할 수가 있었다 이때 순서를 결정하게된 이유를 제품 분해를 위한 하나의 규칙으로 볼 수가 있었다

이렇게 분해실험을 통하여 수집된 많은 분해규칙들을 잘 정리함으로써 향후 시스템을 구축할 때 분해 순서를 결정하는 Rule로 사용이 가능할 것이다.

## 후 기

본 연구는 한국생산기술연구원과 한국과학재단 지정 울산대학교 기계부품 및 소재 특성평가연구센터의 부분적 지원에 의한 것입니다

## 참고문헌

- 1 박홍석 | "제품 개발에서 환경 친화성." 한국정밀공학회지, 제17권, 제8호, pp. 15-18, 2000
2. 이성철, 옥성현. "자동차부품 재활용 동향과 사례," 자동차공학회지, 제19권, 제6호, pp. 17-33, 1997
3. 목학수, 정현교, 박주형. "자원 재활용을 위한 부품의 물리 용이성 " 한국정밀공학회지, 제13권, 제1호, pp 153-166, 1999.
4. K, Ishii, B., Lee, "Reverse Fishbone Diagram: A Tool in Aid of Design for Product Retirement," ASME Design Technical Conference, 1996.
5. R, Bopp, H.-J. Bullinger, "Methods and tools to Support Design for Recycling," CIRP, 1994