대한산업공학회/한국경영과학회 2002 춘계공동학술대회
한국과학기술원(KAIST) 2002 년 5월 3 일-4 일

자동차 부품의 분리용이성 향상을 위한 평가 방법의 개발

목 학수* • 문 광섭* • 성 재현*
*부산대학교 산업공학과

Development of evaluation methodology to improve the disassemblability of automobile parts

Hak Soo Mok*, Kwang Sup Moon*, and Jae Hyun Sung *

Abstract

In recent years, pressure to recycle has stemmed from environmental and economic reasons. This paper examines a new methodology that can estimate the disassemblability considering the recycling. Easy of disassembly estimation method outlined here is shown to provide one of several needed metrics for use during product design. This study suggests five main determining factors-fixing, grasping, access, disassembly, and handling-as the five determining factors and determined to evaluate disassemblability. The evaluation based on disassemblability is demonstrated on an automobile parts example.

1. 서론

과거에는 자동차 업체들이 자동차의 생산성 향상과 제조 비용 절감에 관심이 있었으나, 현재에는 수명을 다한 자동차의 폐기 문제가 환경문제와 맞물려 재활용의 필요성은 지속적으로 증가하고 있다. 그러나, 국내 자동차 해체업체(Dismantler)와 파쇄업체(Shredder)의 경우 선진국에 비해 20배~100배 가량 부족하고, 폐자동차의 경우 그 수치가 2001년에는 82만대에 이를 전망이어서 자동차의 분리와 재활용
대한 체계적인 연구가 필요하게 되었다.

그림 1은 자동차의 주요 부품들을 보여주고 있는데 이러한 부품들은 분리공정에 의해서 1차적으로 분리되어서 재사용이 된다. 또, 이러한 부품들은 재활용을 위한 배치 효율이 분석, 평가되고 배치설계와 모듈설계를 통해서 재배치가 이루어지게 된다.

폐자동차의 재활용 과정은 그림 2와 같이 4차의 분리공정과 파쇄, 압축 등에 의해 이루어지는데, 현재 이 분리기술이 체계화되어 있지 못하여 많은 재활용비용과 노력이 소요되고 있다. 또, 분리 후 재사용, 재활용에 대한 분석 및 평가 방법이 체계적으로 구축되어 있지 못하여 정확한 재활용량, 매립, 소각량, 에너지 회복(Energy Recovery) 등을 예측하고 계산하기가 쉽지 않다. 따라서, 분리 시간, 순서, 경로를 생성시켜주는 경제적 분리시스템과 재활용성 분석 및 평가시스템이 필요하게 되었다.

그림 2는 자동차의 각 재질별 수거, 운반비용을 보여주고 있는데, 비율이 매우 높은 고철에 비해서 상대적으로 비율이 매우 낮은 알루미늄과 폐플라스틱의 비용이 더 높음을 알 수 있다. 이는 고철에 비해서 분리를 위한 이론적, 실질적 연구가 부족함을 보여주는 것이다. 더구나, 자동차에서 고철의 비율이 2000년대를 넘어서면서 60%이하로 떨어지고 알루미늄과 플라스틱의 비율이 각각 7%와 15%로 점차적으로 높아지고 있는 추세이기 때문에 비철금속의 분리기술과 재활용 기술에 대한 필요성은 점차 증가할 것이다.

본 연구에서는 분리시간 결정을 위한 자동차 조립군의 특성을 파악하기 위해 자동차의 인스트루먼트 판넬 조립군과 도어 조립군에 대해 분리 실험을 수행하였다. 분리 실험을 통해 분리 메커니즘을 분석하였으며, 분리 공정별 세부 용이성에 대한 결정이 이루어 졌다. 다음으로, 분리시간 추정을 위해 동작 시간연구 기법 (Motion Time Study)의 하나인 MTM (Method of Time Measurement)과 WF (Work Factor)을 이용하였으며, MTM과 WF의 시간변동 요인과 작업동작을 고려하여 세부 용이성의 관련 영향요소

를 결정하였다.

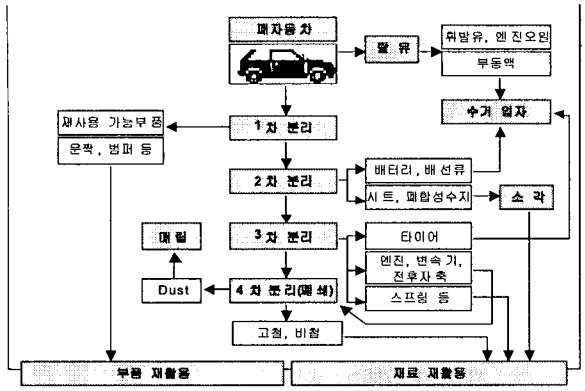


Fig. 1 Recycling process of automobile

마지막으로 이전 단계에서 이루어진 결과들을 이용하여 세부용이성별 시간값을 결정하기 위한 방법론을 개발하게 되었다.

품 목	비 율(A)	수거·운반비용(B) (원/톤)	
		재 활 용	매 립
고철	.75	80,000	58,234
알루미늄	.05	241,777	152,399
폐플라스틱	.10	160,000	131,336
고무	.02		
유리	.03	14,249	14,249
타이어	.03	29,000	29,000
총 액 (A*B)		89,386	65,727

Fig. 2 Removing and transportation cost of automobile parts

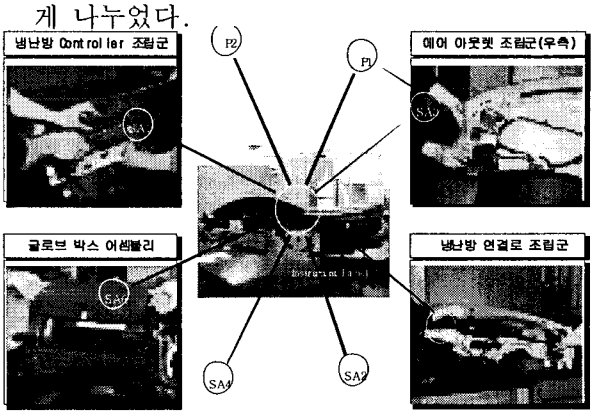
2. 자동차 조립군의 선정 및 분리실험

2.1 인스트루먼트 판넬 조립군의 특성

분리는 수동 드라이버와 플라이어에 의해서 이루어 졌으며, 한 사람의 작업자가 고정이나 접근 등이 힘들거나 불가능한 경우에는 보조작업자의 도움을 받아 진행되었다. 인스트루먼트 판넬 조립군을 6개의 부분 조립군(Subassembly)과 두개의 부품으로 분류하였다.

분리 실험을 통해, 인스트루먼트 판넬 조립군은 냉난방 컨트롤 조립군, 글로브 박스 조립군, 에어 아웃렛 조립군, 냉난방 연결로 조립군 등과 2개의 부품 (냉난방 통로, 에어가이드)으로 그림 3 과 같이 분류되었다.

본 실험에서 분리공정 분석과 부품 및 조립군의 특성을 파악하기 위해, 그림 4 와 같은 양식의 체크리스트를 사용하였다. 체크 내용은 분리 메커니즘과 분리동작을 분석하기 위한 공정에 관련된 부분과 부품이나 조립군의 특성파악을 위한 분리대상에 관련된 부분으로 크게 나누었다.



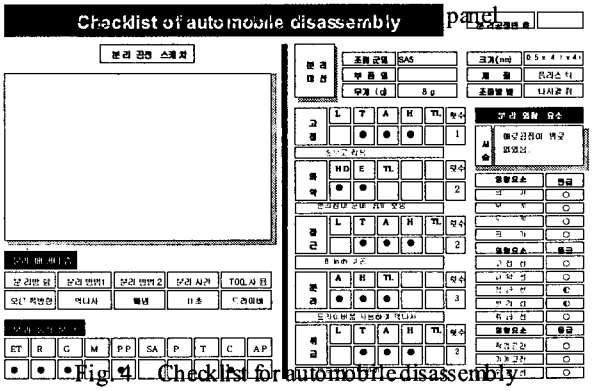


Fig. 4 Checklist for automobile disassembly

분리 메커니즘은 작업자를 기준으로 한 접근 방향인 분리방향과 분리에 사용된 분리방법, 분리에 소요된 시간, 사용된 도구의 종류로 분석하였으며, 분리동작은 7장에서 제시될 동작시간 연구 기법의 하나인 MTM과 WF의 단위동작을 참조하였다.

분리대상은 대상물의 특성을 파악하기 위한 것으로서, 대상물의 크기나 무게, 재질로 결정하였다. 인스트루먼트 판넬 조립군의 분리실험에 따른 체크리스트 분석을 종합하면, 인스트루먼트 판넬 조립군에 사용된 체결 방법은 나사나 볼트에 의한 체결과 끼움이나 스냅에 의한 것이 대부분이었으며, 사용된 소재는 조립군 특성상 플라스틱 (67%)이 가장 많았으며, 섬유, 철, 고무의 순이었다.

2.2 자동차 도어 조립군의 특성

자동차 도어에는 철로 이루어진 외부 부분과 플라스틱 및 섬유로 이루어진 내부 부분으로 구성되어져 있다. 그렇기 때문에 철을 재활용하기 위해서는 도어의 내부부분인 Door Trim 부분의 분리가 필수적이다.

본 연구에서는 Door Trim의 분리 용이함 정도와 애로 공정 발생원인 및 조립군의 특성 파악을 위해 2종류의 차량에 대해 분리 실험

을 실시하였다. 실험은 인스트루먼트 판넬에서의 작업조건과 같은 조건에서 이루어졌다. 사용도구는 수동 드라이버와 플라이어, 펜치이며, 2인의 작업자에 의해 분리 작업이 수행되었다. 인스트루먼트 판넬과 달리 고정이나 접근의 이유로 보조 자업자가 필요한 경우는 없었으며, 특히 Door Trim은 자동차에 부착되어 있는 상태에서 분리 작업이 수행되었다는 점이 다르다고 할 수 있겠다. Door Trim 은 그림 6.5와 같이 1개의 부분 조립군 (Power window 스위치)와 8개의 부품으로 분류되었으며, 두번째 차종에 대해서도 이와 유사하게 분류되어졌다.

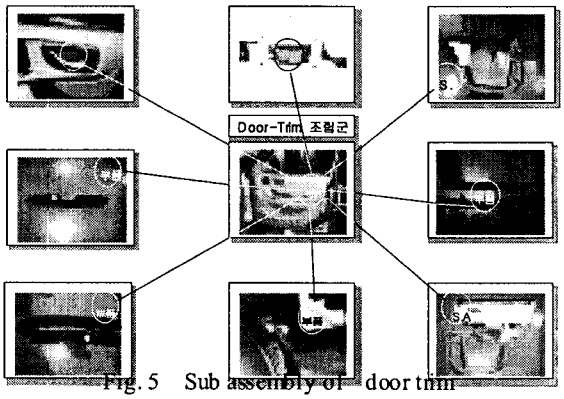


Fig. 5 Sub assembly of door trim

본 실험에서는 분리공정 분석에 중점을 두기 위해, 인스트루먼트 판넬에 사용되었던 체크리스트를 수정하여 그림 6과 같이 작성하였다. 구조부분은 분리대상에 대한 물리적, 기하학적인 특징을 파악하기 위한 부분이며, 공정 부분은 분리 작업시에 발생할 수 있는 애로 요인이나 용이함을 유지할 수 있는 요인들을 파악하기 위한 부분이다. 공정부분은 작업자의 작업의 난이도에 따라서 A – C 또는 D로 구분하였다. (A : Good, B : Normal, C : Bad) 예를들어, 체결부위의 시각성은 현재의 작업상태에서 몸통이나 다리의 움직임 없이 체결부위의 상태를 모두 파악할 수 있으면 A의 경우에 해당이 되며, C와 D로 갈수록 체결부위의 시각성이 나빠지는 경우로 분류하였다. 분리 위치의 표시나 시각성 확보를 위한 재취급의 경우도 작업자의 부가되는 동작여부에 따라 A에서 C로 그림 6과 같이 분류하였다.

2.3 분리 실험을 통한 조립군 특성 분석

인스트루먼트 판넬 조립군의 분리실험을 통한 애로공정의 유형으로는 그림 7과 같이 파악 되었다. 경우1과 같이 부품간의 간섭으로 인해 체결점 파악이 힘든 경우와 볼트나 나사를 사용한 경우에 나사산의 마모나 홈의 마모로 인해 볼트나 나사가 헛도는 경우, 경우 2와 같이 분리점으로 도구나 작업자의 손이 접근시에 접근공간의 협소로 인해 접근이 힘든 경우가 자주 발생하였다. 경우 3과 같이 조립군 구조이해의 어려움과 시각성이 나쁨으로 인해 분리점의 위치파악이 힘든 경우로 분류할 수 있었다.

본 논문에서는 분리실험과 이에 이용된 체크리스트의 분석으로 분리 작업시에 분리동작과 용이성에 영향을 미치는 주요 인자를 파악하고자 하였다.

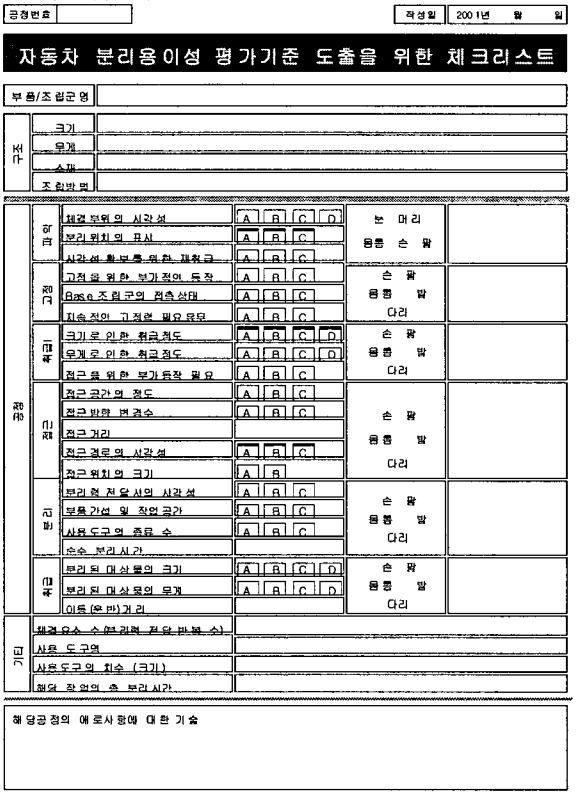


Fig. 6 Checklist for automobile disassembly process

Door Trim 분리실험을 통해 발생된 애로 공정은 그림 8과 같이, 융착(Welding)에 의한 조립으로 인해 분리 시에 상당히 큰 힘이 필요하였으며, 분리시 대부분 파손되는 경우가 있었다. 또한 융착에 의한 체결점의 수가 많은것도 분리시에 어려움이 발생하는 주요요인으로 분석되었다.

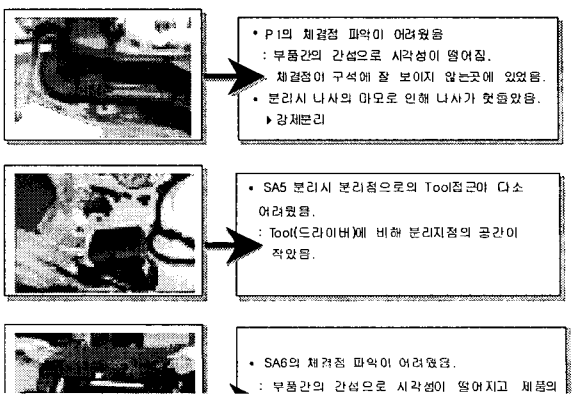


Fig. 7 Case of bottleneck process in instrument panel

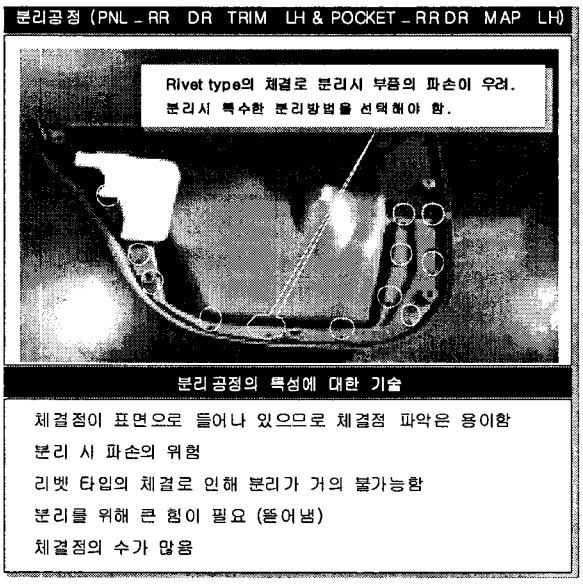


Fig. 8 Case of bottleneck process in instrument panel

3. 분리공정 분석

자동차 조립군에 대한 분리실험을 통해 분리 메커니즘을 분리 순서에 따라.고정, 파악, 접근, 취급, 분리력 전달의 5 가지로 분류하였다. 분리실험에 이용된 체크리스트의 분석을 통해 각 세부 용이성을 결정하였으며, 세부용이성별 애로공정의 유형과 용이한 공정의 형태를 파악하였다.

각 세부용이성별 중요도를 결정하기 위해 평가기준을 결정하였으며, 평가기준의 등급을 결정하기 위해서는 작업자의 신체 부위와 평균 작업시간등을 고려하였다.

3.1 분리 메커니즘 분석

분리메커니즘은 크게 고정, 파악, 취급, 접근, 분리력 전달의 5가지 공정으로 분류하였다. 고정공정은 분리 대상물의 분리력 전달 등 후 공정을 용이하게 할 수 있도록 대상물을 고정시키는 공정이며, 파악공정은 분리 대상물의 분리점이나 접근경로 등 대상물의 특징을 인식하는 공정이다. 취급공정은 후 공정인 접근이나 분리력 전달을 용이하게 하기 위해 대상물의 위치를 변경하거나 도구를 잡거나 잡은 후 이동하는 공정이 이에 해당된다. 접근공정은 분리점으로 작업자의 손이나 도구가 접근하는 공정이며, 분리력 전달 공정은 분리점에 접근한 작업자의 손이나 도구가 분리작업을 수행하는 공정이다. 위에서 분류된 5가지의 세부공정이 모든 분리공정에 모두 적용되는 것은 아니며, 부품이나 조립군의 상태에 따라 생략 가능한 공정이 있는 것으로 파악되었다. 특히, 대상물의 무게가 무겁거나, 크기가 큰 경우에는 고정에 관련된 공정이 많이 생략되는 것을 알 수 있었다. 또한, 특정 도구없이 단순한 빼냄으로 분리가 가능한 경우에는 취급과 접근이 구분없이 나타나는 경우도 발생하였다.

3.2 세부공정의 용이성 결정

분리메커니즘의 분석결과에 따라 분리 용이성의 세부용이성을 결정하였다. 즉, 세부용이성을 분리 메커니즘 각 공정 (고정, 파악, 취급, 접근, 분리)의 용이한 정도를 파악하기 위한 성질의 것이라고 정의하였다.

본 연구에서는 각 세부용이성에 대한 용이성 정도를 정량적으로 나타내고자 한다. 따라서 각 세부용이성에 대한 구체적인 정의와 조건을 추가하여 각 세부용이성에 대한 정의를 내리고자 한다. 그림 9 는 각 세부용이성에 대한 개략적인 정의를 나타내고 있다.

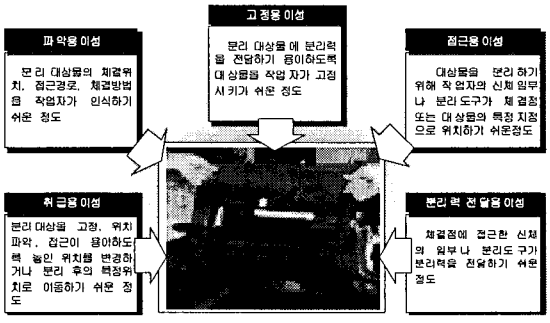


Fig. 9 Definitions of disassemblability parameters

파악용이성은 작업자가 분리 대상물의 체결위치나 체결요소, 접근경로 등을 얼마나 쉽게 인식 할 수 있는가 하는 성질이다. 즉, 작업자가 분리점 주변에 대한 상태를 파악하기 위해 현재 놓여진 대상물의 상태를 변경하거나, 머리, 몸통, 다리를 움직여야 하는 경우에, 이를 수행하기 쉬운 정도이다.

본 연구에서의 파악은 작업자가 몸통을 굽히거나 대상물의 놓여진 상태를 변경시켜 분

리점에 대한 시각을 확보하는 것으로 하였다. 따라서 작업자의 머리나 몸통의 움직임 만으로 분리점의 위치나 경로가 보이지 않으면 파악 용이성이 낮은 것으로 판단하였다.

분리 실험결과, 자동차 차체에서 분리가 일어나는 경우에 파악용이성이 낮은 경우가 많이 발생되었으며 (대상물의 재취급이 불가능하므로), 스냅에 의한 체결방법에도 결합요소가 보이지 않는 관계로 파악 용이성이 낮은 경우가 자주 발생되었다.

Fig. 10 Bottleneck and easy process in easy ofgrasping

분리력 전달 용이성은 분리점에 접근한 신체의 일부나 분리도구가 분리력을 전달하기 쉬운 정도로 정의하였다. 분리에 사용된 도구와 주변상태 (부품간 간섭, 작업공간의 크기)의 조건에 따라 분리력 전달이 용이한 정도가 달라지는 것으로 나타났다. 즉, 그림 10 과 같이 동일한 도구를 사용하는 경우에도 분리점 주변의 상태에 따라 분리력 전달의 쉬운 정도가 달라지게 된다는 것이다.

본 연구에서는, 분리력 전달에 수동 드라이버, 전동 드라이버, 육각렌치, 플라이어, 스패너, 펜치가 사용되었으며, 전동 드라이버가 사용 가능하다면 가능한 전동 드라이버를 사용하도록 하였다. 전동 드라이버는 도구의 특성상, 수동 드라이버에 비해 필요한 작업공간이 더 컸으며, 접근의 어려움이 발생한 경우에는 전동 드라이버의 사용이 불가능한 경우가 많았다. 전동 공구의 사용으로 분리가 가능한 경우는 분리력 전달용이성이 높은것으로 분류하였으며, 도구의 회전운동 등에 제약이 발생하는 경우를 분리력 전달 용이성이 낮은 경우로 분류하였다. 스냅이나 끼워넣기에 의한 체결로 이루어진 조립군이나 부품의 경우는 분리력을 전달할 수 있는 잡힘점의 크기나 분리를 위해 필요한 분리력의 크기를 기준으로 용이성 정도를 판단하였다.

3.3 세부용이성의 중요도 결정

분리실험을 통한 체크리스트의 자료와 작업시간 및 애로 공정의 유발요인에 대한 분석 등을 통해 5가지 세부용이성에 대한 중요도를 결정하였다. 본 연구에서 각 세부용이성의 중요도를 결정하기 위해, 평가기준을 그림 11과 같이 5가지로 나누었다. '애로 발생시의 해당공정의 어려움 정도'은 고정, 파악, 접근 등의 해당 공정에서 애로가 발생하였을 때, 그로인해 미치는 영향의 정도에 해당이 된다. 필요 신체 부위는 각 공정 (고정, 파악, 접근, 취급, 분리력 전달) 수행시에 요구되는 신체 부위의 정도 (손, 팔, 다리, 몸통 등)에 따라 분류하였다.

평균 작업시간은 체크리스트의 분석 및 작업자 경험 등을 통해 개략적인 평균 시간을 파악하여 전체 분리공정에서 소요되는 세부공정의 시간 크기를 결정하였다. 분석결과 그림과 같이 분리력 전달이 가장 많은 시간이 소요되는 것으로 나타났으며, 고정 및 파악은 경우에 따라 생략되는 경우가 많아 상대적으로 적은 시간이 소요 되는 것으로 파악되었다.

해당공정의 발생 빈도는 분리공정 수행시에 5가지 공정 중 해당 공정이 매번 수행되는 빈도이며, 애로공정의 발생빈도는 해당공정에서 '애로가 어느 정도 자주 발생하는가'를 파악한 것이라고 할 수 있다. 분리 실험을 통한 분석결과, 접근, 취급, 분리력 전달에 대한 공정은 분리시의 필수 공정인 것으로 파악되었으며, 애로공정은 분리력 전달 공정에서 가장 많이 발생한 것으로 나타났다.

세부용이성을 각 평가기준에 대해 최고 5점에서 최저 1점 사이의 값으로 결정하여 해당 점수를 결정하였으며, 이를 기준으로 각 세부용이성에 대한 가중치를 결정하였다.

	평가기준					합계 (가중치)
	해당공정의 어려움	필요신체 부하	평균 작업 시간	해당공정장비	애로공정 장비도	
고정 용이성	1	5	1	1	2	10 (0.128)
파악 용이성	3	1	1	2	1	8 (0.103)
접근 용이성	5	2	3	5	5	20 (0.256)
취급 용이성	3	3	3	5	3	17 (0.218)
분리력 전달 용이성	5	3	5	5	5	23 (0.295)

Fig. 11 The weighting values of disassemblability parameters and evaluation criteria

4. 관련영향요소에 대한 분석

설계시 주요인자에 대한 중요도를 결정하기 위해 3.3 절에서 결정된 5 가지 용이성에 대한 가중치를 이용하였다. 각 용이성의 영향요소들에 대한 가중치의 결정을 위해 의사결정 지원 및 중요도 평가 등에 이용되는 기법의 하나인 AHP(Analytic Hierarchy Process)방법을 이용하였다.

분리력 전달용이성의 영향요소들에 대한 가중치는 체결방법에 따른 분리방법에 의해 결정되는 것이므로 각 분리방법별 영향요소들에 대한 가중치를 각각 개별적으로 결정하였다.

4.1 관련 영향요소의 가중치 결정

본 논문에서는 5가지 용이성의 관련 영향요소들에 대한 각각의 중요도를 결정하기 위해 애로원인 발생빈도와 해당애로로 인한 해당공정시간의 영향정도, 해당 요인에 의한 필요 동작의 증가 수라는 3가지 기준을 결정하였다. 애로원인 발생빈도는 해당영향요소로 인한 애로발생 빈도를 나타내는 것이며, 해당애로로 인한 파악시간 영향과 동작의 증가는 해당 영향요소로 인해 파악시간의 증가 정도와 동작수의 증가 정도에 대한 것이다.

해당기준에 가장 큰 영향을 주는 경우를 5점으로 하고, 보통의 경우를 3점으로 하였으며, 영향이 적은 경우를 1점으로 하여 각 영향 요소들에 대해 평가를 하였다. 각 기준에 대한 평가를 위해 분리 실험을 통해 분석된 체크리스트를 이용하여 결과를 얻었다. 가중치는 총합에 대한 각 영향요소들에 대한 비율로 결정하였다.

분리력 전달용이성의 영향요소인 시각성과 작업영역, 분리력의 크기, 잡힘성은 체결방법과 그에 따른 분리방법의 종류에 따라 분리력 전달용이정도에 미치는 영향이 각기 다르다. 따라서 본 논문에서는 체결방법을 크게 6 가지로 분류하여 그에 따른 분리방법을 기준으로 가중치를 결정하였다.

6 가지 체결방법은 볼팅, 본딩, 패스너(Blind Fastening), 스냅, 융착(Welding)과 끼움으로 분류하였다. 또한 그에 따른 분리 방법으로, 역나사, 뜯어냄 I, 역나사& 빼냄, 뜯어냄 II 와 빼냄으로 결정하였다. 뜯어냄 I 은 본딩과 같은 방법으로 체결되어있는 경우에 손이나 도구를 이용해 뜯어내는 경우이며, 뜯어냄 II 의 경우는 융착에 의해 체결된 경우의 분리로서 본딩보다 많은 분리력이 필요한 경우이다.

체결방법별 가중치를 결정하기 위해, AHP기법이 이용하였다. AHP에서의 초기 행렬값을 결정하기 위해, 쌍비교 방법을 통한 상대적 중요도를 결정하였다. 3장에서 결정된 분리력 전달용이성의 각 영향요소들간의 1:1 쌍비교를 이용한 상대적인 중요도를 그림 과 같이 결정하였다. 볼트체결에 대한 분리시에, 시각성은 작업영역과 동일한 중요도 "1"을 가지며 분리력에 대해서는 시각성이 더 중요한 요인으로 평가되었으며, 잡힘성에 비해서는 낮은 요인으로 파악되었다.

중요도의 등급은 1, 2, 3, 5, 7로 나누었으며, 시각성이 잡힘성에 대해 1/3의 중요도이면, 반대로 잡힘성은 시각성에 대해 3의 중요도를 가지는 것으로 가정하였다. AHP분석을 통해 그림 과 같은 결과를 도출하였으며, 이와 같은 결과는 설계시 주요 고려 인자의 우선순위 결정에 이용되었다. 예를 들면, 본딩에 의한 체결의 경우에는 분리력의 크기를 줄이거나, 분리력을 전달하기 위한 잡힘점을 충분히 확보할 수 있도록 설계하는 것이 우선적으로 고려되어야 함을 알 수 있었다. 즉, 뜯어내는 분리 작업에서는 분리력 전달시의 시각성 확보나 작업영역의 개선보다는 잡힘성이나 분리력의 크기를 줄일 수 있는 방법으로의 설계 개선이 더욱 효과적임을 말하는 것이다.

4.2 세부공정 및 관련 영향요소에 대한 가중치 분석

본 논문에서는, 3 장에서 결정된 분리용이성의 세부용이성에 대한 가중치와 4 장에서 결정된 각 세부용이성별 영향요소의 가중치를 이용하여 용이성별 영향요소의 가중치를 결정하

였다. 세부용이성에 대한 가중치(W_F)와 해당 영향요소의 가중치(W_f)를 곱한 후 보정값 100 을 곱해 해당 영향요소의 최종가중치를 계산하였다. 융착에 의해 체결되어 있는 경우에는 뜯어내는 작업이 필요한 경우로서, 작업자가 분리를 위해서는 일반적으로 큰 분리력을 필요로하는 경우가 많으며, 분리력의 크기를 줄일 수 있는 설계 방법이 우선적으로 고려되어야 함을 최종 가중치 테이블을 통해 알 수 있었다. 반면에 가장 많은 체결방법으로 이용하고 있는 볼트의 경우에는 4 가지 영향요소가 모두 비슷한 중요도를 가지고 있는 것으로 나타났다.

5. 사례 연구

그림 12 는 국산 자동차 MS 와 BMW 를 분리 대상으로 선정하여 적용한 사례를 보여주고 있다. MS 자동차의 Bumper 분리시에 시간 소요가 많이 발생했던 mud-guard 분리 공정을 Check-list 상에 용이성 별로 나타내었다.
Check-list 상에 표시된 항목들은 용이성별 점수표에 따라 그림 12 와 같이 각각 나타내어진다.

Mud guard의 용이성 점수		MS	BMW
접근 용이성		62.1(42.6)	62.1(42.6)
분리력 전달 용이성	Bolt	84.3(40.6)	99.6(60.1)
	Fastening	88.9(45.6)	-
	끼움	86.1(45.9)	115.5(80.5)
분리 구조성		155.5(52.0)	155.5(52.0)
총 점		118.8(41.2)	128.1(55.0)

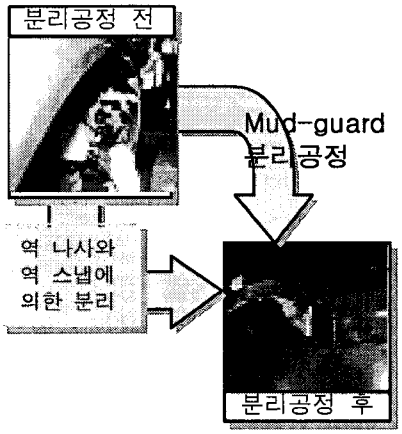


Fig. 12 Table of disassemblability (MS&BMW)

총점을 서로 비교해 보면 MS 의 mud-guard 가 비교적 낮게 나타나는 것을 알 수 있다. 분리 용이성 점수가 낮게 나타나는 요인을 각 용이성별로 살펴보면 접근용이성과 분리력 전달용이성에서 평균치(50 점)이하로 나타나는 것을 알 수가 있다. 접근용이성의 점수가 낮게 나타난 것을 영향 요소별로 요인을 찾아보면 먼저 접근용이성의 영향 요소인 접근공간의 크기에서 부품간의 간섭현상으로 인해 특정방향으로의 접근만이 허용됨에 따라 용이성점수를 낮게 하는 한 요인이 되었다. 접근 방향 변경 수에서는 체결 점의 분포가 일정하지 않고, 부품간의 간섭현상으로 접근 방향 변경횟수가 늘어나게 된 요인이었다. 결국 접근용이성 점수가 낮게 나타난 것은 접근공간의 크기와 접근 방향변경횟수에서 낮은 점수를 받았기 때문이다. 또한 체결요소의 다양성으로 인한 Tool 의 교체가 빈번하여 분리시간을 증가시키는 요소로 작용시킬 뿐 아니라, 용이성 점수를 낮추는 요인으로 인식되었다. 접근용이성의 점수를 높이기 위해서는 접근 공간의 크기가 크고 간섭현상이 일어나지 않는 형태의 구조로 이루어져야 하며, 또한 체결부위로의 접근시 간섭에 의한 접근 변경이 일어나지 않게 고려를 해야 할 것이다.
Mud-guard 분리 실험시의 분리방법에서 MS 는 세가지 방법으로 분리가 되었으며, 접근용이성 점수와 같이 평균치 이하의 점수를 받았다. BMW 의 경우에는 역 나사와 역 스냅 두 가지 방법으로 진행되었다.
이 두 방법의 분리력 전달 용이성 점수를 살펴보면 역 나사는 71.4 점으로 평균이상으로 비교적 높게 나왔으며, 역 스냅의 경우는 18.8 로 저조한 점수가 나왔다. 따라서 분리력 전달 용이성 점수가 낮게 나온것은 역 스냅에 의한 것이었다.
역 스냅의 점수가 낮게 나온 요인을 영향요소별로 찾아보면 체결부위의 노출이 작음으로 인해 시각성과 잡힘성이 떨어졌으며,

분리력 전달을 위한 공간의 제약과 부품간의 간섭현상으로 인해 제한된 작업을 수행할 수 밖에 없었다.
분리력 전달 용이성 점수를 높이기 위해서는 체결부위의 노출과 부품간의 간섭현상을 지양할 수 있게 해야 하고, 분리력 전달을 위한 충분한 공간이 확보될 수 있도록 고려되어야 할 것이다.

본 논문에서 제시된 점수 Table 을 이용하여 자동차의 구조성과 공정에 대한 애로사항의 파악과 분리용이성 평가를 할 수가 있었다.

6. 결론

인스트루먼트 판넬과 자동차 Door Trim, Bumper에 대한 조립군의 분리실험을 통해, 분리시에 발생되는 애로의 유형을 파악할 수 있었다. 또한, MTM과 Work Factor를 이용한 분리동작에 대한 단위 동작의 분석 및 단위동작에 따른 시간 테이블을 파악 하였다. 분리실험 및 분리실험에 이용된 체크리스트의 분석으로 애로공정의 유형을 분석하였으며, 이를 통하여 분리용이성 평가를 위한 세부용이성을 결정할 수 있었다. 특히, 애로공정에 대한 분석과 애로발생시 발생되는 필요동작의 분석을 통해 애로공정의 유발인자 들도 파악할 수 있었다. AHP기법을 이용하여 분리공정별 영향요소들에 대한 중요도를 산출 하였는데, 이러한 결과를 이용하여 설계 시 우선적으로 고려되어야 할 인자를 결정할 수 있었다.

본 논문에서 제시한 분리 공정별 영향요소들에 대한 중요도 값을 분리용이성 평가에도 이용될 수 있을 것으로 생각되며, 설계 가이드라인을 제시해 줄 수 있는 전문가 시스템 개발 시에도, 제시되는 설계 가이드라인의 우선 순위 결정에 적용이 가능할 것으로 보인다.

참고문헌

1. Boothroyd, G., "Assembly Automation and Product Design," Marcel Dekker, Inc., pp.181 –208, 1992.
2. 황학, "작업관리론," 영지 문화사, pp.129-156, 2001.
3. 목학수외 3 명"자동차 부품의 조립용이성과 분리용이성,"한국 학술 진흥 재단, pp.101-114, 1996
4. Ehud Kroll, Bad S. Carverm, "Disassembly analysis through time estimation and other metrics,"Annals of the RCIM, pp.191-200, 1999
5. 목학수외 3 명., "자원재활용을 이용한 자동차 조립군의 복잡도 평가시스템," pp, 132-144, 1999
6. Daabub, A.M. et al, "A Computer-based intelligent System for design for assembly", Computer & Engineering, Vol.3.7, pp, 111-115, 1999
7. Daabub, A.M. et al, "Disassembly analysis through times estimation and other metrics", Robotics and Computer Integrated Manufacturing, Vol.15, 9. pp, 191-200, 1999
8. E. Uhlmann, G.Seliger, J. Härtwig, T. Keil, "Pilot Disassembly System for Home appliance using new Tools and concepts". In: Proceedings of the 3rd World Congress on Intelligent Manufacturing Process and Systems, Cambridge, June 2000.