

자동차 부품의 재활용을 위한 설계시의 주요인자 결정

목학수*, 문광섭**, 박홍석***, 성재현*, 최흥원***

Determination of Design Parameters for Automobile Parts Recycling

Hak Soo Mok*, Kwang Sup Moon**, Hong Seok Park***, Jae Hyun Sung* and Heung Won Choi***

ABSTRACT

In this paper, some parts of a domestic automobiles and foreign automobiles are disassembled for the evaluation of disassemblability, especially door trim and bumper. Influencing factors of disassembly are determined by the classification of bottleneck process in disassembly process. On the bases of disassembly sequence and structure of parts and subassembly, disassemblability is classified into five categories. The influencing factors, which are related with the five categories are determined. By these relations, the checklist for disassembly evaluation is draw up and score tables of checked factors are established. For the establishing the disassembly score tables, the weighting values of each five categories are calculated by the disassembly test of automobiles and then, the weighting values of each influencing factors of five categories are calculated by the method of AHP (Analytic Hierarchy Process). And the last, the weighting values are modified and recalculated from the disassembly test. Using these weighting values, the score of influencing factors are determined and then, the score tables are established based on the score of influencing factors.

Key Words : Disassemblability (분리용이성), Influencing Factor (영향요소), Disassembly Evaluation (분리용이성 평가), AHP (Analytic Hierarchy Process)

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 20 배

~100 배 가량 부족하고, 폐자동차의 경우 그 수치가 2001년에는 82 만대에 이를 전망이어서 자동차의 분리와 재활용에 대한 체계적인 연구가 필요하게 되었다. 재활용을 위한 분리 작업시에 소요되는 시간이나 인력을 감축 시키기 위한 연구가 Fig. 1 과 같이 외국의 여러 단체에서 이루어져 오고 있다. 그 중의 하나로 미국의 Boothroyd Dewhurst Inc.에서는 분리를 위한 설계 가이드를 비용과 시

*** 2002년 5월 24일 접수
* 부산대학교 산업공학과
** 영산대학교 경영정보학과
*** 울산대학교 기계공학과

간 측면을 고려하여 제시하고 있다.^[1] 하지만 제시되는 설계 가이드의 정도가 추상적, 개념적이며, 상세하지 않아 설계자가 제시된 설계 가이드를 바로 적용할 수는 없는 실정이다. 이에 대해 본 과제에서는 제시되는 설계를 세단계로 분류하여, 설계자에게 보다 실제적인 설계 가이드를 제시함으로써, 제시된 설계 가이드의 이해를 빠르게 하여, 적용이 용이하도록 하고자 한다. 이를 통해 분리 시간 및 분리비용을 낮출 수 있는 설계를 유도할 수 있을 것이다.

지역	기관	연구 내용
독일	WZL, RWTH Aachen	• Esser & Schneewind : Recycling 을 위한 Design
	IWF Berlin Univ.	• 자원 재활용을 위한 분리 구조설계
	IWO Munchen Univ.	• 분리를 위한 제품 구조연구
미국	Boothroyd Dewhurst Inc.	• DFE(Design For Environment) • DFD(Design For Disassembly)
	EUCAR	• 재활용 설계 기술, Plastic 자동차 분리 기술
일본	TP Management	• 제품 분리용이성 점수 평가 • 개선안 검색

Fig. 1 Literature reviews for recycling^[1,2,3,4]

Fig. 2 는 자동차의 주요 부품들을 보여주고 있는데 이러한 부품들은 분리공정에 의해서 1 차적으로 분리되어서 재사용이 된다. 또, 이러한 부품들은 재활용을 위한 배치 효율이 분석, 평가되고 배치설계와 모듈설계를 통해서 재배치가 이루어지게 된다. 폐자동차의 재활용은 Fig. 2 와 같은 분류 기준에 따라서 4 가지로 나누어진다. 첫째로 자동차 부품에 재사용되는 부품, 두번째는 자동차에 쓰이지 않지만 다른용도로 재활용이 되는 부품, 세번째는 자동차에 재활용은 되지만 다른 소재로 쓰이는 부품, 마지막으로 네번째는 재활용이 되지 못하고 소각 또는 매립이 되는 부품으로 나누어지며 재활용이 된다. 그러나 현재 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.

Fig. 3 은 자동차의 각 재질별 수거, 운반비용을 보여주고 있는데, 비율이 매우 높은 고철에 비해서 상대적으로 비율이 매우 낮은 알루미늄과 페플

라스틱의 비용이 더 높음을 알 수 있다. 이는 고철에 비해서 분리를 위한 이론적, 실질적 연구가 부족함을 보여주는 것이다.

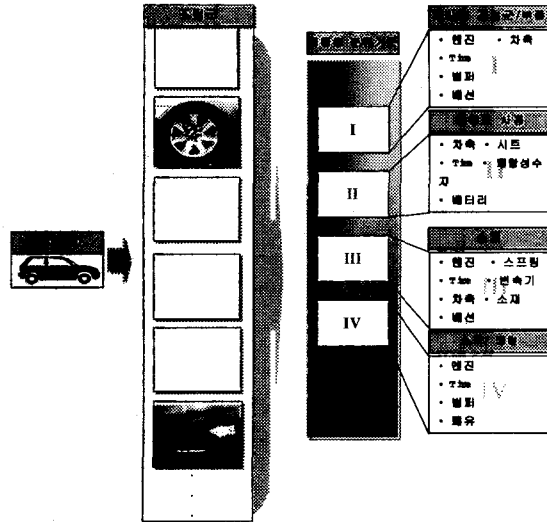


Fig. 2 Recycling process of automobile

재질	비율(A)	수거·운반비용 (원/톤)	
		수거비용	운반비용
고철	.75	80,000	58,234
알루미늄	.05	241,777	152,399
페플라스틱	.10	160,000	131,336
고무	.02		
유리	.03	14,249	14,249
타이어	.03	29,000	29,000
총액 (A*B)		89,386	65,727

Fig. 3 Removing and transportation cost of automobile parts

더구나, 자동차에서 고철의 비율이 2000 년대를 넘어서면서 60%이하로 떨어지고 알루미늄과 플라스틱의 비율이 각각 7%와 15%로 점차적으로 높아지고 있는 추세이기 때문에 비철금속의 분리 기술과 재활용 기술에 대한 필요성은 점차 증가할 것이다.

본 연구에서는 분리용이성 영향요소를 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, MTM 과 WF 의 시간변동 요인과 작업동작을 고려하여 세부 용이성의 관련 영향요소를 결정하였다.[5,6,7]

마지막으로 이전 단계에서 이루어진 결과들을 이용하여 세부용이성별 분리용이성 점수 테이블을 작성하게 되었다.

2. 자동차 조립군의 선정 및 분리실험

본 연구에서는 자동차의 분리실험을 위해, 플라스틱 소재가 많이 이용된 자동차 조립군을 선별하여 인스트루먼트 패널로 결정하였다.

분리에 사용된 작업자는 작업자 1 명과 보조 작업자 1 명이었으며, 분리 실험자는 2~3 회 실험을 통한 일반 작업자인 것으로 가정하였다.

분류하였다.

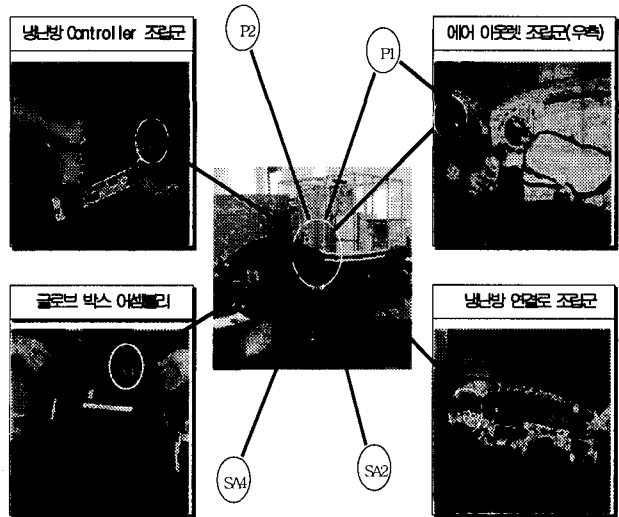


Fig. 4 Sub assembly of a instrument panel

Checklist of automobile disassembly										분리공정번호																			
분리 공정 스케치										분리공정번호																			
										분리대상	조립군명	SA5	크기(mm)	0.5 x 4.1 x 4.1															
											부품명		재질	플라스틱															
											무게(g)	8g	조립방법	나사결합															
										고정	L	T	A	H	TL	횟수	부속 위치 표시												
																1	사출												
										사출		사출		사출		사출		사출											
										파악	HD	E	TL			횟수	영향요소												
																2	크기	○											
										분리점이 눈에 쉽게 보임						무게	○												
										8 inch 이동						고정성		○											
										결과	L	T	A	H	TL	횟수	파악성	○											
																2	접근성	○											
										분리	A	H	TL			횟수	분리성	○											
																3	취급성	○											
										드라이버를 사용하여 역나사						영향요소	○												
										이동거리 10 inch						취급성		○											
										취급	L	T	A	H	TL	횟수	적립공간	○											
																2	기계고장	○											
										ET		R		G		M		PP		SA		P		T		C		AP	
										●		●		●		●		●		●		●		●		●		●	

Fig. 5 Checklist for automobile disassembly

분리실험을 통해 취약공정 및 애로 발생원인을 파악하기 위해 체크리스트를 이용하였다. 분리는 수동 드라이버와 플라이어에 의해서 이루어졌으며, 한 사람의 작업자가 고정이나 접근 등이 힘들거나 불가능한 경우에는 보조 작업자의 도움을 받아 진행되었다. 인스트루먼트 패널 조립군을 6개의 부분 조립군(Subassembly)과 두개의 부품으로

분리 실험을 통해, 인스트루먼트 패널 조립군은 냉난방 컨트롤 조립군, 글로브 박스 조립군, 에어 아웃렛 조립군, 냉난방 연결로 조립군 등과 2개의 부품(냉난방 통로, 에어가이드)으로 Fig. 4와 같이 분류되었다.

본 실험에서 분리공정 분석과 부품 및 조립군의 특성을 파악하기 위해, Fig. 5와 같은 양식의

체크리스트를 사용하였다. 체크 내용은 분리 메커니즘과 분리동작을 분석하기 위한 공정에 관련된 부분과 부품이나 조립군의 특성과악을 위한 분리 대상에 관련된 부분으로 크게 나누었다.

분리 메커니즘은 작업자를 기준으로 한 접근 방향인 분리방향과 분리에 사용된 분리방법, 분리에 소요된 시간, 사용된 도구의 종류로 분석하였으며, 분리동작은 동작시간 연구 기법의 하나인 MTM 과 WF 의 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 스패에 의한 것이 대부분이었으며, 사용된 소재는 조립군 특성상 플라스틱(67%)이 가장 많았으며, 섬유, 철, 고무의 순이었다. 인스트루먼트 판넬 조립군의 분리실험을 통한 애로공정의 유형으로는 Fig. 6 과 같이 파악 되었다. 경우 1 과 같이 부품간의 간섭으로 인해 체결점 파악이 힘든 경우와 볼트나 나사를 사용한 경우에 나사산의 마모나 홈의 마모로 인해 볼트나 나사가 헛도는 경우, 경우 2 와 같이 분리점으로 도구나 작업자의 손이 접근시에 접근공간의 협소로 인해 접근이 힘든 경우가 자주 발생하였다. 경우 3 과 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.

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 고

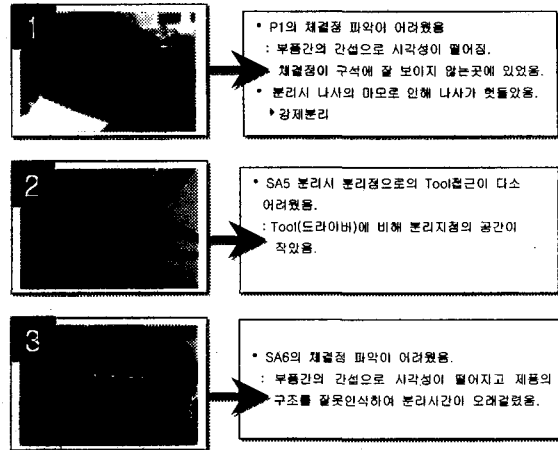


Fig. 6 Case of bottleneck process in a instrument panel

려하였다.

분리메커니즘은 크게 고정, 파악, 취급, 접근, 분리력 전달의 5 가지 공정으로 분류하였다. 고정공정은 분리 대상물의 분리력 전달 등 후 공정을 용이하게 할 수 있도록 대상물을 고정시키는 공정이며, 파악공정은 분리 대상물의 분리점이나 접근 경로 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 5 가지의 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 개념으로 분리가 가능한 경우에는 취급과 접근이 구분없이 나타나는 경우도 발생하였다.^[6]

3.1 세부공정의 용이성 결정

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

라고 정의하였다.[4,8,9]

본 연구에서는 각 세부용이성에 대한 용이성 정도를 정량적으로 나타내고자 한다. 따라서 각 세부용이성에 대한 구체적인 정의와 조건을 추가하여 각 세부용이성에 대한 정의를 내리고자 한다. Fig. 7 은 각 세부용이성에 대한 개략적인 정의를 나타내고 있다. 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, Fig. 8 과 같이 동일한 도구를 사용하는 경우에도 분리점 주변의 상태에 따라 분리력 전달의 쉬운 정도가 달라지게 된다는 것이다.

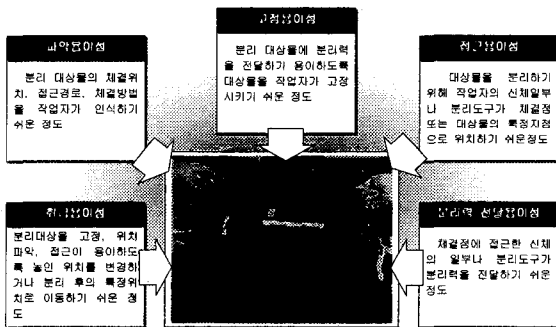


Fig. 7 Definitions of disassemblability parameters

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 높은 것으로 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.

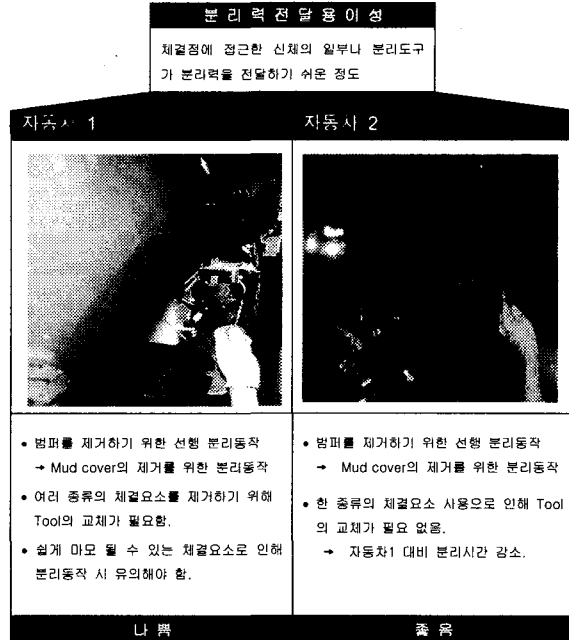


Fig. 8 Bottleneck and easy process in easy of disassembly power translation

3.2 세부용이성의 중요도 결정

분리실험을 통한 체크리스트의 자료와 작업시간 및 애로 공정의 유발요인에 대한 분석 등을 통해 5 가지 세부용이성에 대한 중요도를 결정하였다. 본 연구에서 각 세부용이성의 중요도를 결정하기 위해, 평가기준을 Fig. 9 와 같이 5 가지로 나누었다. ‘애로 발생시의 해당공정의 어려움 정도’은 고정, 파악, 접근 등의 해당 공정에서 애로가 발생하였을 때, 그로 인해 미치는 영향의 정도에 해당이 된다. 필요 신체 부위는 각 공정(고정, 파악, 접근, 취급, 분리력 전달) 수행 시에 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 Fig. 9 와 같이 분리력 전달이 가장 많은 시간이 소요 되는 것으로 나타났으며, 고정 및 파악은 경우에 따라 생략되는 경우가 많아 상대적으로 적은 시간이 소요 되는 것으로 파악되었다.[5]

해당공정의 발생 빈도는 분리공정 수행 시에

5 가지 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 필수공정인 것으로 파악되었으며, 애로공정은 분리력 전달 공정에서 가장 많이 발생한 것으로 나타났다.

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

	평가 기준					가중치
	접근용이성	취급용이성	분리력 전달용이성	분리력 전달용이성	분리력 전달용이성	
고정용이성	1	5	1	1	2	10 (0.128)
삽입용이성	3	1	1	2	1	8 (0.103)
접근용이성	5	2	3	5	5	20 (0.256)
취급용이성	3	3	3	5	3	17 (0.218)
애로 발생 빈도	5	3	5	5	5	23 (0.295)

Fig. 9 The weighting values of disassemblability parameters and evaluation criteria

4. 세부공정의 관련 영향요소 결정

세부공정별 난이정도에 영향을 미치는 요소들을 결정하기 위해, 본 논문에서는 작업자의 동작에 중점을 두고 동작의 어려움을 유발 시키는 요인을 파악하고자 하였다.

자동차 조립군의 분리실험에서 발생되었던 애로공정의 유형에 동작시간연구 기법의 하나인 MTM 과 WF 방법을 적용하여 분리공정에 영향을 미치는 요인을 결정하였다.

본 연구에서는 분리시간 결정 및 분리용이성 평가를 위해 시간 연구기법의 하나인 MTM 을 기본으로 하였으며, MTM 의 기본 동작으로 미흡한 경우에 대해서는 WF 의 단위 동작을 이용하여 동작시간 및 시간변동 요인을 파악하였다.

WF 에서는 인간이 작업 시간을 통제하는 작업의 경우 동작신체부위, 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.

MTM 에서의 단위동작으로는 목적물에 손이나 손가락을 이동하는 뻗침(Reach)과 잡는 동작인 잡음(Grasp), 잡은 대상물을 특정위치로 이동하는 동작인 운반(Move)동작과 잡은 대상물을 놓는 동작인 방치(Release)동작 등으로 분류하고 있다.

4.1 분리공정별 관련동작의 결정

MTM 과 WF 에서 파악된 단위동작과 동작시간 영향요소를 기준으로 5 개의 분리공정(고정, 파악, 접근, 취급, 분리력 전달)에 대한 관련동작을 결정하였다. 관련동작의 결정을 위해, 해당 공정에 대한 동작분석을 실시하였으며, 이를 통하여 세부동작에 대한 정의 및 각 세부동작의 형태와 세부공정(고정, 파악, 접근 등)에서의 필요동작을 결정하였다.

분리공정별 관련 동작의 결정을 위해, 1 인 또는 2 인의 작업자가 작업대 또는 자동차 차체에서 도구나 손을 이용해서 분리가 일어나는 것으로 가정하였다. 즉, 임의의 작업공간을 설정하였으며, 분리를 위한 장비의 취급은 고려하지 않았다.

분리력 전달은 작업자의 손이나 도구를 이용한 실제 분리를 위한 공정으로서, 본 연구에서는 Fig. 10 과 같이 세 단계의 메커니즘으로 분류하였다. 손 또는 도구를 이용한 분리력 전달은 체결요소에 접근한 도구나 손에 힘을 가해서 분리작업이 수행되는 동작이다. 본 동작에서는 분리력의 크기에 따라서 작업자의 사용신체 부위가 다르게 나타났으며, 전동도구의 사용 여부에 따라서도 필요동작이 다르게 나타났다. 예를 들면, 나사에 의한 체결의 경우에 일반적으로 한 손으로 분리가 가능하였으나, 큰 분리력이 필요한 경우에는 양손을 사용하여 분리가 가능하였다.

수동인 경우는 손목을 돌리는 동작인 회전(Turn)동작이 필요하였지만, 전동 도구인 경우에는 누르는 동작(Apply Pressure)이 필요한 것을 파악되었다. 도구나 잡았던 손을 고쳐 잡는 동작은 도구

의 특성이나 작업공간의 제약 등으로 자주 발생하는 동작으로 잡았던 도구를 놓는 동작인 놓음 (Release) 동작과 다시 잡음 동작이 필요한 것으로 나타났다. 본 동작은 사용도구나 작업공간에 따라 생략 가능한 동작이다. 분리력 전달 제거 동작은 체결요소의 체결력이 완전히 제거되었을 때 분리력 전달 동작을 멈추는 동작으로서 일정정지 동작 (Definite Stop)과 체결력이 완전히 제거되었는지를 인식하는 동작인 눈의 움직임(Eye Travel) 동작과 검사동작(Inspect)이 필요한 것으로 파악되었다.^[9]

분리력 전달		
<ul style="list-style-type: none"> • 분리력 전달시 작업공간의 정도에 따른 동작의 제약 발생 • 분리력 전달의 크기에 따른 사용 신체 부위의 차이 • 수동 또는 전동 도구의 사용 	<ul style="list-style-type: none"> • 부품간 간섭이나 공간의 제약으로 인해 도구 놓았다, 놓았다 하는 경우 발생 • 도구 특성상 고정잡는 경우의 발생 	<ul style="list-style-type: none"> • 체결 요소가 완전히 제거 되었는지를 확인 • 도구 및 손을 이용한 분리력 전달 운동 중지
<ul style="list-style-type: none"> • 수동 도구 사용시 나사 및 볼트 체결에 따른 회전(Turn)동작 • 전동 도구 사용시 일정한 힘을 가하는 누름 (Apply Pressure)동작 • 재경, 볼거에 이용되는 동작인 빼어놓음 (Disengage)동작 	<ul style="list-style-type: none"> • 도구를 잡는 동작 (Grasp) • 도구를 놓는 동작 (Release) 	<ul style="list-style-type: none"> • 일정 정지 동작 • 체결요소 제거 유무 및 분리력 전달 확인에 관련된 인식 동작(ET, Inspect)

Fig. 10 Required motion factors in the process of disassembly power translation

4.2 세부공정별 관련 영향요소의 결정

분리실험 및 4 장에서의 단위 동작 분석을 통해 세부용이성별 관련 영향요소를 Fig. 11 과 같이 결정하였다. 파악 용이성의 영향요소로는 체결요소의 인식 및 확인에 관련되는 요소를 위주로 결정되었으며, 고정용이성은 대상물의 크기나 무게에 따라 고정공정의 필요 유무가 결정되므로 이를 고려하여 영향요소를 결정하였다. 취급용이성이나 접근용이성, 분리력 전달 용이성도 이와 같은 기준으로 결정하였다.

분리력 전달용이성과 관련된 영향요소로는 체결방법, 시각성, 작업영역(또는 부품간 간섭), 분리력의 크기와 잡힘성으로 결정되었다. 체결방법은 자동차 도어와 범퍼, 인스트루먼트 판넬 조립군에

서 사용되었던 체결요소를 분석하여 크게 6 가지로 분류하였다. 그리고 나머지 영향요소는 체결 종류에 따른 관련동작과 사용도구를 고려하여 결정하게 되었다. 잡힘성은 작업자의 손이나 도구가 분리력을 전달하기 쉽도록 대상물의 일부분이나 체결요소의 일부분을 잡을 수 있는 성질을 말하는 것이다.

	영향요소	세부 영향요소
고정용이성	고정형태	고정 필요없음, 손-발에 의한 고정, 고정구(도구)에 의한 고정
	무게	0.5Kg 미만, 0.5 - 2Kg, 2 - 5Kg, 5Kg 이상
	크기	손가락, 한 손, 두 손으로 잡을 수 있는 크기
	접촉상태	점 접촉, 선 접촉, 면 접촉
취급용이성	지속적 고정력	필요, 불필요 (처음 분리력 전달 시에만 필요)
	체결부위	낮음, 보통, 높음
	시각성	존재함, 존재하지 않음
접근용이성	분리위치의 표시	재취급 필요 없음, 재취급 필요(작업자 또는 대상물이동)
	재취급성	재취급 필요 없음, 재취급 필요(작업자 또는 대상물이동)
	접근공간의 크기	자유로운 접근, 특정방향 제약, 접근 어려움
인식용이성	접근경로	높음, 중간, 낮음
	시각성	높음, 중간, 낮음
	Self-location 존재	존재함, 존재하지 않음
분리력 전달용이성	접근방향 변경수	변경없음, 1 회, 2 회
	크기	손가락, 한 손, 두 손, 보조작업자 취급가능 크기
	무게	0.5Kg 미만, 0.5 - 2Kg, 2 - 5Kg, 5Kg 이상
	소재	단단함, 유연하고 휘어짐, 깨어짐
잡힘성	영킹성	존재, 존재하지 않음
	체결방법	볼팅, 본딩, 패스너, 스냅, 용착, 끼움
	시각성	높음, 낮음
	작업영역	자유로운 작업, 제한된 작업
	분리력 크기	적음, 중간, 많음
잡힘성	잡힘성	높음, 중간, 낮음

Fig. 11 Disassemblability parameters and its influential factors

예를들면, 볼트의 경우에 등근 볼트 머리의 십자홈이 오랜 부식으로 마모된 경우에는 드라이버를 통한 잡힘성이 낮은 경우에 해당이 되며, 육

각머리 볼트의 경우, SOCKET렌치를 통해 분리력 전달이 쉽게 된다면 잡힘성이 높은 경우에 해당되는 경우로 결정하였다.

5. 관련영향요소에 대한 분석

설계시 주요인자에 대한 중요도를 결정하기 위해 3장에서 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 응용하였다.

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

5.1 관련 영향요소의 가중치 결정

본 논문에서는 5 가지 용이성의 관련 영향요소들에 대한 각각의 중요도를 결정하기 위해 애로원인 발생빈도와 해당애로로 인한 해당공정시간의 영향정도, 해당 요인에 의한 필요 동작의 증가수라는 3 가지 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 5 점으로 하고, 보통의 경우를 3 점으로 하였으며, 영향이 적은 경우를 1 점으로 하여 각 영향 요소들에

대해 평가를 하였다. 각 기준에 대한 평가를 위해, 분리 실험을 통해 분석된 체크리스트를 이용하여 Fig. 12 와 같은 결과를 얻었다. 가중치는 총합에 대한 각 영향요소들에 대한 비율로 결정하였다. Fig. 12 의 결과를 통해, 파악 용이성을 위해서는 체결부위의 시각성을 높이거나 체결부위의 상태를 파악하기 위한 재취급이 필요 없도록 하는 것이 우선적으로 고려되어야 함을 알 수 있다.

분리력 전달용이성의 영향요소인 시각성과 작업영역, 분리력의 크기, 잡힘성은 체결방법과 그에 따른 분리방법의 종류에 따라 분리력 전달용이 정도에 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, 용착(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 용착에 의해 체결된 경우의 분리로서 본딩보다 많은 분리력이 필요한 경우이다.

체결방법별 가중치를 결정하기 위해, Fig. 13 과 같이 AHP 기법이 이용하였다. AHP 에서의 초기 행렬값을 결정하기 위해, 쌍비교 방법을 통한 상대적 중요도를 결정하였다. 3장에서 결정된 분리력 전달용이성의 각 영향요소들간의 1:1 쌍비교를 이용한 상대적인 중요도를 Fig. 13 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 1/3 의 중요도이면, 반대로 잡힘성은 시각성에 대해 3 의 중요도를 가지는 것으로 가정하였다.

AHP 분석을 통해 Fig. 14 와 같은 결과를 도출하였으며, 이와 같은 결과는 설계시 주요 고려 인자의 우선순위 결정에 이용되었다.

예를들면, 본딩에 의한 체결의 경우에는 분리력의 크기를 줄이거나, 분리력을 전달하기 위한 잡힘점을 충분히 확보할 수 있도록 설계하는 것이 우선적으로 고려되어야 함을 알 수 있었다. 즉, 뜯

체결부위의 시각성	5	5	3	13 (0.419)
분리 위치의 표시	1	3	1	5 (0.162)
재취급성	3	5	5	13 (0.419)
				31 (1)

Fig. 12 The weighting values of influential factors and evaluation criteria in easy of grasping

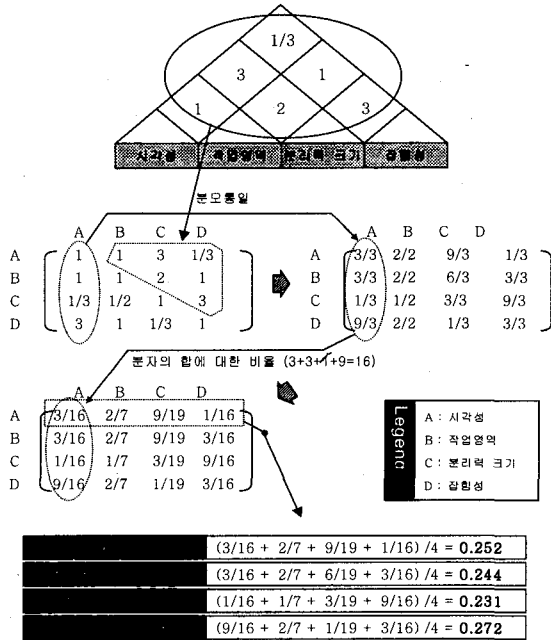


Fig. 13 The weighting values of influential factors and evaluation criteria in easy of grasping

어내는 분리 작업에서는 분리력 전달시의 시각성 확보나 작업영역의 개선보다는 잡힘성이나 분리력의 크기를 줄일 수 있는 방법으로의 설계 개선이 더욱 효과적임을 말하는 것이다.

	분리력 전달시의 시각성	작업영역 (부품간 간격)	분리력 크기	잡힘성
역대시	0.252	0.244	0.231	0.272
역대시 I	0.053	0.192	0.436	0.320
역대시 & 배합	0.386	0.174	0.123	0.317
역대시 II	0.142	0.102	0.296	0.460
배합 II	0.097	0.110	0.301	0.525

Fig. 14 The weighting values of influential factors and evaluation criteria in easy of disassembly power translation

5.2 세부공정 및 관련 영향요소에 대한 가중치 분석

본 논문에서는, 3 장에서 결정된 분리용이성의 세부용이성에 대한 가중치와 5 장에서 결정된 각 세부용이성별 영향요소의 가중치를 이용하여 용이성별 영향요소의 가중치를 결정하였다.

세부용이성 (W_e)	영향요소	영향요소별 가중치 (W_i)	최종가중치 $W_e \cdot W_i$	
고정용이성 (0.128)	고정형태	0.268	3.430	
	무게	0.122	1.562	
	크기	0.122	1.562	
	접촉상태	0.171	2.200	
파악용이성 (0.103)	지속적 고정력	0.317	4.058	
	체결부위 시각성	0.419	4.316	
	분리위치의 표시	0.162	1.670	
접근용이성 (0.258)	재취급성	0.419	4.316	
	접근공간 크기	0.441	11.290	
	접근경로 시각성	0.265	6.784	
	Self location	0.088	2.253	
취급용이성 (0.218)	접근방향 변경수	0.206	5.274	
	크기	0.326	7.107	
	무게	0.326	7.107	
	소재	0.109	2.376	
분리력 전달용이성 (0.295)	수직성	영림성	0.239	5.210
		시각성	0.252	7.434
		작업영역	0.244	7.198
		분리력크기	0.231	6.815
	1-30도배	잡힘성	0.272	8.024
		시각성	0.053	1.564
		작업영역	0.192	5.664
		분리력크기	0.436	12.862
	상향 30도배	잡힘성	0.320	9.440
		시각성	0.386	11.387
		작업영역	0.174	5.133
		분리력크기	0.123	3.629
	좌시성	잡힘성	0.317	9.352
		시각성	0.142	4.189
		작업영역	0.102	3.009
		분리력크기	0.296	8.732
	2-30도배	잡힘성	0.460	13.570
		시각성	0.057	1.682
		작업영역	0.125	3.688
		분리력크기	0.554	16.343
30도배	잡힘성	0.264	7.788	
	시각성	0.097	2.862	
	작업영역	0.110	3.245	
	분리력크기	0.301	8.880	
배합	잡힘성	0.525	15.488	
	분리력크기	0.301	8.880	

Fig. 15 The final weighting values of influential factors in disassemblability parameters

세부용이성에 대한 가중치(W_F)와 해당 영향요소의 가중치(W_i)를 곱한 후 보정값 100 을 곱해 해당 영향요소의 최종가중치를 Fig. 15 와 같이 계산하였다. 용착에 의해 체결되어 있는 경우에는 뜯어내는 작업이 필요한 경우로서, 작업자가 분리를 위해서는 일반적으로 큰 분리력을 필요로 하는 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.

고정용이성의 경우에는 대상물의 고정시에 지속적인 고정력의 필요유무가 가장 중요한 요소인 것으로 나타났으며, 과약용이성은 체결부위의 시각성과 재취급 정도가 중요한 요소로 결정되었다. 접근용이성에서는 접근을 위한 접근공간의 크기가 높은 가중치를 가지며, 취급용이성에서는 운반이 놓임상태 변경에 밀접한 관련을 가지는 크기와 무게가 높은 가중치를 가지는 것으로 결정되었다. 분리력 전달용이성에서는 대체적으로 분리력의 크기와 잡힘성의 중요도가 역나사를 제외한 5 가지 체결방법 모두에서 높은것으로 나타났다.

5.3 세부용이성에 대한 점수 및 평가표 작성

분리용이성의 세부용이성에 대한 점수는 각 세부용이성의 영향요소들에 대한 조합으로 계산되었다. 각 세부용이성의 점수는 본 연구에서 Fig. 16와 같이 5단계의 절차를 통해 계산되었다. 분리력 전달용이성에서 역나사에 의한 분리 경우를 예로들어 설명하면, 다음과 같다. 1단계에서는 분리력 전달 용이성에 대한 자체 가중치(0.295, Fig. 8 참조)를 결정하였으며, 2단계에서는 분리력 전달용이성의 영향요소인 시각성(0.252), 작업영역(0.244), 분리력의 크기(0.231), 잡힘성(0.272)에 대한 가중치를 구한다.

3단계에서는 1, 2 단계에서 결정된 각각의 가중치를 곱한 후 100을 다시 곱해 자리수를 올린다. 이렇게 함으로서, 전체 분리용이성에 대한 영향요소별 가중치를 결정하였다. 즉, 역나사 작업에서의 분리력 전달시, 시각성이 가지는 가중치는 $0.295 * 0.252=7.434$ 가 된다. 3단계까지의 결과는 Fig. 15와 같다. 4단계에서는 3단계에서 결정된 가중치를 세부영향요소의 점수에 곱하여 해당 세부용이성의

관련 영향요소 점수로 결정하였다. 여기서 세부영향요소가 3가지로 등급으로 분류되면 1, 3, 5점을 주었으며, 두가지 등급이면 1, 5점을 주었다. 시각성을 예로들면 시각성은 두가지 등급(높음, 낮음)으로 분류되므로 시각성이 높은 경우는 $7.434 * 5(\text{점})=37.17(\text{점})$ 이 된다. 마지막 단계에서는 각 세부영향요소들의 조합에 따른 점수들의 합을 계산하며, 계산된 점수를 반올림하여 정수화 시킨다. 즉, 점수 테이블의 하나의 셀에 해당하는 점수가 구해지게 된다.

Step 1. 해당 세부용이성의 가중치 결정
Step 2. 해당 세부용이성의 영향요소별 가중치 결정
Step 3. 해당 용이성 가중치와 영향 요소별 가중치의 곱을 계산한 후 곱하기 100 을 하여 자리수를 올림
Step 4. 각 영향요소의 세부 영향요소(등급)에 따른 점수값과 Step 3 에서 구한 가중치를 곱하여 해당세부 영향요소의 점수로 결정함 (세부 영향요소가 3 종류 (3 등급)이면, 1, 3, 5 점을 주었으며, 2 등급이면 1, 5 점을 주었음)
Step 5. 세부 영향요소들의 조합에 따른 점수들의 합을 계산(반올림을 통한 정수화)

Fig. 16 The calculation procedure of disassemblability score

3 장에서 최종 결정된 5 가지 세부용이성과 관련 영향요소들을 기준으로 분리용이성 평가 체크리스트를 Fig. 17 과 같이 작성하였다. 해당 부분에 체크 후 각 세부용이성별 영향요소에 따른 점수 테이블을 이용하여 점수 확인이 가능하도록 하였다. 즉, 평가표에 체크된 상태에 따른 점수표를 확인함으로써 해당 공정에 대한 분리용이성 점수를 알 수 있으며, 체크리스트 분석을 통해 애로 공정 또는 취약공정을 쉽게 확인할 수 있게 하였다. 분리력 전달용이성의 체결 종류는 6 가지 중 해당 사항에만 기록하도록 하였으며, 분리력 전달에 관련된 점수는 각 체결종류에 대한 점수의 평균으로 결정하였다. 즉, 분리 대상물이 볼트와 스냅으로 이루어져 있는 경우라면, 볼트에 의한 분리력 전달 점수와 역스냅에 의한 분리력 전달 점수에 대한 평균이 해당 공정의 분리력 전달 점수가 되는 것이다. 분리 실험 결과 대부분이 하나의 체결요소에 의해 체결이 되어있었으며, 도어트림에서 볼트와 스냅으로 이루어진 경우가 한번 있었다.

평가번호	부품/조립군명	점수	
고정	고정형태 <input type="checkbox"/> 필요없음 <input type="checkbox"/> 손/발 이용 <input type="checkbox"/> 고정구 이용		
	무게 <input type="checkbox"/> 0.5kg 미만 <input type="checkbox"/> 0.5-5kg <input type="checkbox"/> 5kg 이상		
	크기 <input type="checkbox"/> 손가락잡기 <input type="checkbox"/> 한손잡기 <input type="checkbox"/> 두손잡기		
	접촉상태 <input type="checkbox"/> 점접촉 <input type="checkbox"/> 선접촉 <input type="checkbox"/> 면접촉		
이동	고정력 <input type="checkbox"/> 필요 <input type="checkbox"/> 불필요		
	시각성 <input type="checkbox"/> 높음 <input type="checkbox"/> 중간 <input type="checkbox"/> 낮음		
	위치 표시 <input type="checkbox"/> 존재함 <input type="checkbox"/> 존재하지 않음		
근접	재취급성 <input type="checkbox"/> 필요 <input type="checkbox"/> 불필요		
	공간크기 <input type="checkbox"/> 자유접근, <input type="checkbox"/> 특정제한, <input type="checkbox"/> 접근 어려움		
	Self location <input type="checkbox"/> 존재함 <input type="checkbox"/> 존재하지 않음		
부품	방향 변경수 <input type="checkbox"/> 변경없음 <input type="checkbox"/> 1회 변경 <input type="checkbox"/> 2회 변경		
	크기 <input type="checkbox"/> 손가락 <input type="checkbox"/> 한손 <input type="checkbox"/> 두손 <input type="checkbox"/> 보조작업자		
	무게 <input type="checkbox"/> -0.2kg <input type="checkbox"/> -2kg <input type="checkbox"/> -5kg <input type="checkbox"/> -10kg <input type="checkbox"/> -20kg		
	소재 <input type="checkbox"/> 단단함 <input type="checkbox"/> 유연하고 휘어짐 <input type="checkbox"/> 깨어짐		
조립	영킹성 <input type="checkbox"/> 존재함 <input type="checkbox"/> 존재하지 않음		
	90도	시각성 <input type="checkbox"/> 높음 <input type="checkbox"/> 낮음	
		작업영역 <input type="checkbox"/> 자유작업 <input type="checkbox"/> 제한된 작업	
		분리력 <input type="checkbox"/> 높음 <input type="checkbox"/> 중간 <input type="checkbox"/> 낮음	
	180도	잡힘성 <input type="checkbox"/> 높음 <input type="checkbox"/> 중간 <input type="checkbox"/> 낮음	
		시각성 <input type="checkbox"/> 높음 <input type="checkbox"/> 낮음	
		작업영역 <input type="checkbox"/> 자유작업 <input type="checkbox"/> 제한된 작업	
	30도	분리력 <input type="checkbox"/> 높음 <input type="checkbox"/> 중간 <input type="checkbox"/> 낮음	
		잡힘성 <input type="checkbox"/> 높음 <input type="checkbox"/> 중간 <input type="checkbox"/> 낮음	
		시각성 <input type="checkbox"/> 높음 <input type="checkbox"/> 낮음	
	45도	작업영역 <input type="checkbox"/> 자유작업 <input type="checkbox"/> 제한된 작업	
		분리력 <input type="checkbox"/> 높음 <input type="checkbox"/> 중간 <input type="checkbox"/> 낮음	
잡힘성 <input type="checkbox"/> 높음 <input type="checkbox"/> 중간 <input type="checkbox"/> 낮음			
90도	시각성 <input type="checkbox"/> 높음 <input type="checkbox"/> 낮음		
	작업영역 <input type="checkbox"/> 자유작업 <input type="checkbox"/> 제한된 작업		
	분리력 <input type="checkbox"/> 높음 <input type="checkbox"/> 중간 <input type="checkbox"/> 낮음		
180도	잡힘성 <input type="checkbox"/> 높음 <input type="checkbox"/> 중간 <input type="checkbox"/> 낮음		
	시각성 <input type="checkbox"/> 높음 <input type="checkbox"/> 낮음		
	작업영역 <input type="checkbox"/> 자유작업 <input type="checkbox"/> 제한된 작업		
30도	분리력 <input type="checkbox"/> 높음 <input type="checkbox"/> 중간 <input type="checkbox"/> 낮음		
	잡힘성 <input type="checkbox"/> 높음 <input type="checkbox"/> 중간 <input type="checkbox"/> 낮음		
	시각성 <input type="checkbox"/> 높음 <input type="checkbox"/> 낮음		

Fig. 17 Checklist for disassemblability evaluation

5.4 세부용이성에 대한 점수 테이블 작성

5.3 절에서 소개된 절차에 따라 Fig. 18 과 같은 점수테이블을 작성하였다. 각 체결방법 마다 가장 좋은 조합 형태에는 동일한 점수가 부여되었다. 즉, 4 가지 영향요소들에 대한 세부 영향요소의 조합이, 시각성이 높고, 자유로운 작업영역에서 분리력이 낮으면서, 잡힘성이 좋은 경우에는 모두 140 점의 점수가 부여 되었다. 이렇게 작성된 점수 테이블에 대한 분석을 통해 취약점 개선을 위한 효율적인 방법을 파악할 수 있었다. 예를 들면, 볼트 체결로 이루어진 경우에 볼트의 머리가 부식이 되지 않도록 하거나, 드라이버의 회전력에 흠이 뭉개지지 않는 소재를 사용하거나, 육각머리 볼트를 사용하여 잡힘성을 높이도록 하는 것 보다 체결부위의 부품간섭을 없게 함으로서 분리력 전달 시에 진행 상황을 계속 관찰 할 수 있도록 시각성을 높이는 것이 더 효율적임을 알 수 있었다.

시각성이 낮고 자유작업에 분리력의 크기와 잡힘성이 중간인 경우가 84 점의 분리력 전달용이성 점수를 가지는데, 여기서 잡힘성을 높이면 99 점으로 15 점의 향상을 볼 수 있으며, 시각성을 높이면, 112 점으로 28 점의 향상이 있는 것으로 보아 시각성을 높이는 설계를 우선적으로 실시하여야 함을 알 수 있다.

6. 사례 연구

Fig. 19 는 국산 자동차 A 와 외제 자동차 B 를

분리력	용이성	시각성이 높음						시각성이 낮음					
		자유작업(영역)			제한된 작업			자유작업(영역)			제한된 작업		
		높음	중간	낮음	높음	중간	낮음	높음	중간	낮음	높음	중간	낮음
90도	높음	140	127	114	113	100	87	112	99	86	84	71	59
	중간	125	112	99	97	84	71	96	84	71	69	56	43
	낮음	109	97	84	82	69	56	81	68	55	54	41	28
180도	높음	140	116	91	119	94	70	134	110	85	113	88	64
	중간	122	98	73	101	76	52	116	92	68	95	70	46
	낮음	104	80	56	83	58	34	98	74	50	77	53	28
30도	높음	140	133	126	121	114	107	97	90	83	77	70	64
	중간	122	115	108	103	96	89	79	72	65	60	53	46
	낮음	105	98	91	85	78	71	61	54	48	42	35	28
45도	높음	140	124	107	129	112	96	124	108	91	113	96	80
	중간	114	98	81	103	86	70	98	82	65	87	70	54
	낮음	89	72	55	77	61	44	73	56	40	61	45	28
90도	높음	140	109	78	126	95	64	134	103	72	120	89	58
	중간	125	94	63	111	80	49	119	88	57	105	74	43
	낮음	111	79	48	97	65	34	104	73	42	90	59	28
180도	높음	140	123	106	128	111	94	133	116	99	121	104	87
	중간	110	94	77	98	81	64	103	87	70	91	74	57
	낮음	81	64	47	69	52	35	74	57	40	62	45	28

Fig. 18 The score table for the transmission of disassembly power

분리 대상으로 선정하여 적용한 사례를 보여주고 있다. A 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 Fig. 19 와 같이 각각 나타내어진다.

총점을 서로 비교해 보면 A 자동차의 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 수 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 접근방향 변경 횟수에서 낮은 점수를 받았기 때문이다. 또한 체결요소의 다양성으로 인한 도구의 교체가 빈번하여 분리시간을 증가 시키는 요소로 작용시킬 뿐 아니라, 용이성 점수를 낮추는 요인으로 인식되었다. 접근 용이성의 점수를 높이기 위해서는 접근공간의 크기가 크고 간섭현상이 일어나지 않는 형태의 구조로 이루어져야 하며, 또한 체결부위의 접근시 간섭에 의한 접근 변경이 일어나지 않게 고려를 해야 할 것이다.

Mud-guard 분리 실험시의 분리방법에서 A 자동차는 세가지 방법으로 분리가 되었으며, 접근용이성 점수와 같이 평균치 이하의 점수를 받았다. B 자동차의 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 나온 것은 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.

7. 결론

인스트루먼트 판넬과 자동차 Door Trim, Bumper 에 대한 조립군의 분리실험을 통해, 분리시에 발생하는 애로의 유형을 파악할 수 있었다.

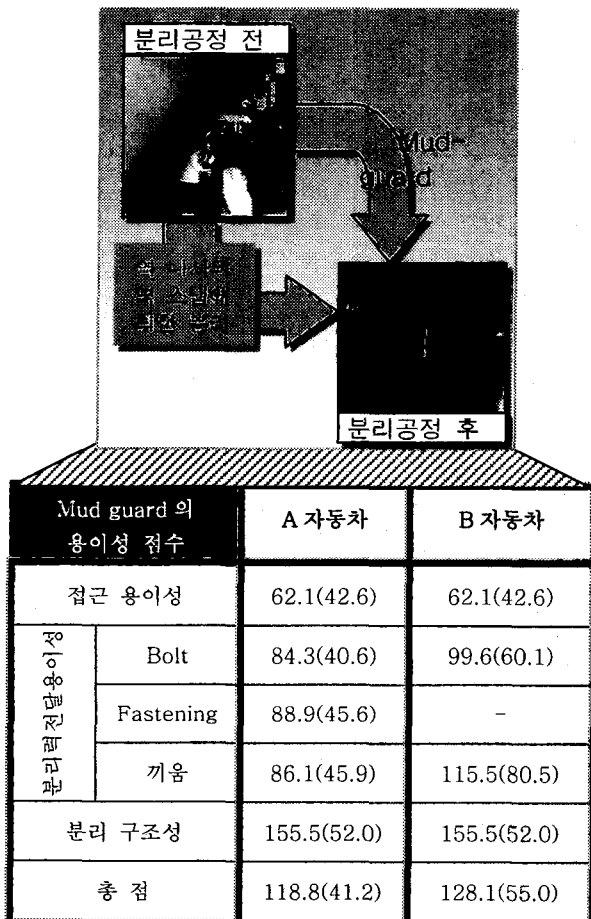


Fig. 19 Disassemblability score for case study

또한, MTM 과 Work Factor 를 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 발생하는 필요동작의 분석을 통해 애로공정의 유발인자 들도 파악할 수 있었다. AHP 기법을 이용하여 분리공정별 영향 요소들에 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.

후 기

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(환경친화화를 위한 자동차의 분리 및 재활용 기술개발 : R01-2000-00387)지원으로 수행 되었음.

참고문헌

1. Seliger, G., Heinemeiner, H. J., "Robotergeführte Demontage und Montage von Kleingetrieben für die Austauschfertigung(교체 가공을 위한 소형 기어의 로봇트를 이용한 분리 및 조립)," Zwf88, pp. 245-248, 1993.
2. Boothroyd, G., Alting, L., "Design for Assembly and Disassembly," Annals of the CIRP, Vol. 41, No. 2, pp. 625-635, 1992.
3. Boothroyd, G., "Assembly Automation and Product Design," Marcel Dekker, Inc., pp.181-208, 1992.
4. 목학수, 문광섭, 김형주, 양태일, "자동차 부품의 조립용이성과 분리용이성," 한국 학술 진흥재단, pp. 101-114, 1996.
5. Ehd Kroll, Bad S. Carverm, "Disassembly analysis through time estimation and other metrics," Annals of the RCIM, pp. 191-200, 1999.
6. 목학수, 문광섭, 김성호, 문대성, "자원재활용을

이용한 자동차 조립군의 복잡도 평가시스템," 한국정밀공학회, 제 15 권, 제 5 호, pp. 132-144, 1999.

7. Daabub, A.M. et al, "A Computer-based intelligent System for design for assembly," Computer & Engineering, Vol. 3.7, pp. 111-115, 1999.
8. 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.
9. Uhlmann, E., Seliger, G., Härtwig, J., Keil, T., "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.