

## 기계부품의 검사 및 분류성 평가에 관한 연구

### A Study on Inspection-ability and Classification-ability Evaluation for Mechanical Parts

전창수\*

Chang-Su Jeon\*

#### 〈Abstract〉

Globally, the need for remanufacturing or reusing ships and various mechanical parts continues to increase due to environmental problems including global warming. Research on remanufacturing is being carried out in many areas. However, research on inspection and classification to identify the performance or degree of wear of mechanical parts is insufficient. In particular, studies on the inspection-ability and classification-ability of mechanical parts equipped with various materials and complex forms are highly required. Remanufacturing must be considered from the stage of design to extend the life cycle of mechanical parts. Particularly, it is very important to perform research for evaluating the degree of ease to inspect and classify various sorts of wear or deterioration of parts caused by long-term use easily. In this study, the degree of ease in inspecting or classifying mechanical parts for remanufacturing is defined as inspection-ability and classification-ability. In fact, to remanufacture old parts, inspection-ability and classification-ability should be reflected from the stage of design. The purpose of this study is to evaluate the inspection-ability and classification-ability of ships and various mechanical parts. This researcher has presented the quantitative evaluation procedure of inspection-ability and classification-ability, derived the factors and ranges that influence each of the details of easiness, assigned scores according to the ranges of the factors, and calculated weights. Lastly, this study presents the procedure of scoring to evaluate the overall weights of inspection-ability and classification-ability and also inspection-ability and classification-ability quantitatively.

*Keywords : Inspection-ability, classification-ability, Remanufacturing, Mechanical Components, Details of Easiness, Total Weight*

---

\* 주저자, 한국생산기술연구원 선임연구원  
E-mail: jcs1972@kitech.re.kr

\* Main Author, Energy Plant Group, Offshore Plant Resources R&D Center, Korea Institute of Industrial Technology, Senior Researcher, Ph.D.

## 1. 서론

현대 산업의 발전에 따라 인간 삶의 질은 향상 되었으나, 대량 생산체계를 갖추게 되므로 인하여 지구상의 한정된 자원은 고갈되어가며, 폐기물은 점점 증가하고 있다. 수명주기가 다하거나 노후된 선박 및 다양한 기계부품의 재사용을 위한 재제조에 대한 필요성은 환경문제와 더불어 계속해서 증가하고 있다[1-2].

재제조에 관한 연구는 다양한 분야에서 많이 진행되고 있지만, 기계부품의 성능이나 마모정도를 파악하기 위한 검사와 분류에 관한 연구는 많이 부족한 실증이다. 특히 다양한 재질과 복잡한 형태의 기계부품에 대한 검사 및 분류성에 대한 연구는 미비한 상황이다. 기계부품의 수명주기를 늘리기 위하여 재제조는 설계 단계에서부터 반드시 고려되어야 한다. 특히, 오랜 시간 사용으로 인하여 발생한 부품의 다양한 마모나 변질을 용이하게 검사하고 분류하기 위한 쉬움 정도를 평가하는 연구도 매우 중요하다[3-6]. 본 연구는 다양한 기계부품의 검사 및 분류성을 평가하는 것을 목적으로 한다. 검사 및 분류성의 정량적인 평가 절차를 제시하였으며, 각각의 세부용이성에 영향을 미치는 영향요소와 범위를 도출하고, 영향요소의 범위에 따라서 평가점수를 부여하고, 가중치를 산정하였다. 마지막으로 검사 및 분류성의 종합가중치와 검사 및 분류성의 정량적인 평가를 위한 점수 산정 절차를 제시하였다.

## 2. 검사 및 분류성의 개요

### 2.1 검사 및 분류성의 세부용이성 정의

검사 및 분류성은 부품을 재제조하기 위한 세

Table 1. Definition of the details of easiness in Inspection-ability and Classification-ability

세부용이성	정의
부품검사성	부품의 마모나 고장 정도를 시각적으로 쉽게 검사할 수 있는 정도
부품분류성	검사 과정을 수행한 부품을 양호한 것과 수리가 필요한 것으로 분류하고, 정렬하기 쉬운 정도

번째 단계로 부품을 단일 부품으로 완전 분해하고 세척 과정을 거친 후에, 부품의 마모 정도를 검사하고 분류하기 위한 여러 제반 조건들의 쉬운 정도이다. 재제조 검사 및 분류 공정 메커니즘을 통하여 검사 및 분류성의 세부용이성을 2가지로 결정하여 Table 1에 나타내었다. 첫째, 부품의 마모나 고장 정도를 시각적으로 쉽게 검사할 수 있는 정도인 부품검사성이다. 둘째, 검사 과정을 수행한 부품을 양호한 것과 수리가 필요한 것으로 분류하고, 정렬하기 쉬운 정도인 부품 분류성이다.

### 2.2 검사 및 분류성의 정량적인 평가 절차

Fig. 1은 제품의 재제조를 위한 검사 및 분류성의 정량적인 평가 절차를 보여준다. 부품의 특성을 고려한 재제조성의 결정요소를 분석하고, 재제조 검사 및 분류 공정의 애로 발생 요인을 분석하였다. 또한 재제조 검사 및 분류 메커니즘과 애로 발생형태 분석을 통하여 검사 및 분류성의 세부용이성과 영향요소를 도출하였다. 도출된 세부용이성과 영향요소의 가중치를 산정하고, 세부영향요소를 제시하였다. 검사 및 분류성의 영향요소의 작업 난이도에 따라 세부영향요소의 점수를 결정하였으며, 최종적으로 작업상황 분석 체크리스트를 활용하여 재제조 검사 및 분류성을 정량적으로 평가하였다.

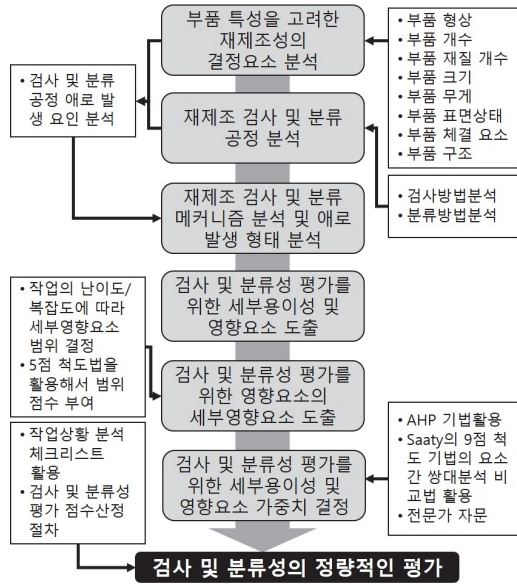


Fig. 1 Procedure to evaluate Inspection-ability and Classification-ability quantitatively

### 2.3 검사 및 분류성의 영향요소 및 세부 영향요소

재제조 검사 및 분류 공정의 애로 발생 형태 분석을 통하여 검사 및 분류성의 세부용이성에 대한 영향요소를 결정하고, 결정된 검사 및 분류성의 영향요소 범위를 설정하였다. 설정된 범위에 따라서 검사 및 분류성의 세부영향요소를 도출하였다.

#### 2.3.1 검사 및 분류성의 영향요소

부품검사성의 영향요소는 부품 검사의 수월성, 검사 기준의 필요 여부, 특수 검사 장비 필요하다. 부품 분류성의 영향요소는 부품간 영킴성, 형상 복잡성, 형상의 유사성, 놓임 안정성이다. Table 2는 검사 및 분류성의 세부용이성의 영향요소를 나타낸다.

#### 2.3.2 부품 검사성의 세부영향요소

부품 검사성의 3가지 영향요소(부품 검사 수월

Table 2. Factors influencing the details of easiness in Inspection-ability and Classification-ability

세부용이성	영향요소	범위
부품검사성	부품 검사수월성	특수장비, Test, 시각
	검사 기준 필요 여부 (매뉴얼)	필요, 불필요
	특수 검사장비 필요 여부	불필요, 필요
부품분류성	부품간 영킴성	발생, 미 발생
	형상 복잡성	복잡, 단순
	형상 유사성	3개 이상 유사, 1~2개 유사, 없음
	놓임 안정성	안정, 불안정

Table 3. Detailed factors of Part Inspection-ability

부품 검사성			
영향요소	세부영향요소	범위	점수
검사 수월성	부품의 수리 및 교체에 대한 결정을 특수검사장비를 통해 검사해야 하는 경우	특수 장비	1
	부품의 수리 및 교체에 대한 결정을 일반검사장비를 통해 검사해야 하는 경우	일반 장비	3
	부품의 수리 및 교체에 대한 결정을 시각만으로 쉽게 검사할 수 있는 경우	시각	5
검사/분류 기준 필요 여부 (매뉴얼)	부품의 상태를 검사 및 분류하기 위한 매뉴얼이 없는 경우	없음	1
	부품의 상태를 검사 및 분류하기 위한 매뉴얼이 있는 경우	있음	5
특수 검사장비 필요여부	부품의 상태 검사(마모/고장)에 별도로 특수한 장비가 필요한 경우	필요	1
	부품의 상태 검사(마모/고장)가 작업자의 시각만으로 가능한 경우	불필요	5

성, 검사 기준 필요 여부, 특수 검사장비 필요 여부)에 따른 세부영향요소를 결정하였다.

부품 검사 수월성의 세부영향요소는 부품의 검사를 통한 수리 및 교체에 대한 결정을 특수장비를 사용해야 하는 경우, 일반장비를 사용하는 경우, 시각적으로 파악이 가능한 경우이다.

검사 기준 필요 여부에 대한 세부 영향요소는 부품의 상태를 검사하기 위한 기준이 필요한 경우와 작업자의 경험만으로 검사가 가능하여 기준이 필요 없는 경우이다.

특수 검사장비 필요 여부에 대한 세부영향요소는 부품의 검사를 위해 특수 검사 장비의 사용이 반드시 필요한 경우와 시각이나 간단한 검사 장비를 사용하여 검사가 가능한 경우이다. Table 3은 부품 검사성의 영향요소에 따른 세부 영향요소를 나타낸 것이다.

Table 4. Detailed factors of Part Classification-ability

부품 분류성			
영향 요소	세부영향요소	범위	점수
부품 영킴성	부품의 분류 시 형상적인 문제로 다른 부품과 영킴 현상이 발생하는 경우	발생	1
	부품의 분류 시 형상적인 문제로 다른 부품과 영킴 현상이 발생하지 않는 경우	미 발생	5
부품 형상 복잡성	부품을 분류할 때 형상이 복잡하여, 체계적으로 정렬하는데 애로가 있는 경우	복잡 형상	1
	부품을 분류하여 정렬하는데 애로가 없는 경우	단순 형상	5
부품 유사성	분리된 부품들 중에서 검사/분류중인 부품과 형태가 유사한 부품이 2개 이상 있는 경우	3개 이상	1
	분리된 부품들 중에서 검사/분류중인 부품과 형태가 유사한 부품이 1~2개 있는 경우	1~2 개	3
	분리된 부품들 중에서 검사/분류중인 부품과 형태가 유사한 부품이 없는 경우	없음	5
놓임 안정성	검사/분류를 위해 부품을 작업대나 분류대에 놓아둘 때, 부품의 형상적인 문제로 받침대나 보관함이 별도로 필요한 경우 (접촉면의 넓이가 좁거나, 마찰계수가 적은 경우)	불 안정	1
	검사/분류를 위해 부품을 작업대나 분류대에 놓아둘 때, 부품이 안정적으로 놓여지는 경우 (접촉면의 넓음)	안정	5

부품 분류성의 4가지 영향요소(부품간 영킴성, 형상 복잡성, 형상의 유사성, 놓임 안정성)에 따른 세부영향요소를 결정하였다.

부품 영킴성의 세부영향요소는 부품의 분류와 정렬과정에서 부품간의 형상적인 문제로 영킴 현상이 발생하는 경우와 영킴 현상이 발생하지 않는 경우이다.

형상 복잡성의 세부영향요소는 부품의 형상이 기하학적으로 복잡하여 분류나 정렬이 어려운 경우와 형상이 단순하여 분류나 정렬이 쉬운 경우이다.

형상 유사성의 세부영향요소는 분류 및 정렬과정에 있는 부품의 형상과 유사한 부품이 2개 이상인 경우, 1~2개인 경우, 유사한 부품이 없는 경우이다. 형상 간의 유사성이 높으면, 분류과정에서 작업자의 혼선을 유발할 수 있고, 부품을 중복 분류하는 경우가 발생한다.

놓임 안정성의 세부영향요소는 분류 및 정렬을 위해 부품을 작업대나 분류대에 놓아둘 때, 부품의 형상적인 문제로 놓임 상태가 불안정한 경우와 접촉면이 넓어서 놓임이 안정적인 경우이다. 부품의 놓임 안정성이 낮으면, 부품이 넘어지거나 떨어져서 마모나 파손이 일어난다. Table 4는 부품 분류성의 영향요소에 따른 세부영향요소를 나타낸다.

### 3. 세척성의 세부용이성 및 영향요소의 가중치

가중치 결정 단계를 통하여 일치성 계수가 0.2 이상인 응답을 제외한 나머지 유효한 응답에 대하여 검사 및 분류성의 세부용이성 가중치를 Table 5에 도출하였다. Table 5의 검사 및 분류성의 세부용이성 가중치 배점 구성을 보면 검사 및 분류성의 세부용이성 중에서 부품 검사성이 0.75점으로 부품 분류성 보다 높은 가중치를 가지는 것으로 분석되었다.

Table 5. Weights of the details of easiness in Inspection-ability and Classification-ability

검사 및 분류성의 세부용이성	재제조 전문가 설문조사 / 검사 및 분류성의 세부용이성 가중치 결정										가중치 합계	가중치
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
부품 검사성	0.750	0.750	0.750	0.750	0.750	0.750	0.833	0.667	0.750	0.750	7.5	<b>0.750</b>
부품 분류성	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.167	0.333	0.25	0.25	2.5	<b>0.25</b>

Table 6. Weights of the factors influencing Inspection-ability and Classification-ability

검사 및 분류성의 세부용이성	검사 및 분류성의 영향요소	재제조 전문가 설문조사/ 검사 및 분류성의 영향요소 가중치										가중치 합계	가중치
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
부품 검사성	부품검사 수월성	0.540	0.584	0.443	0.648	0.550	0.571	0.443	0.528	0.443	0.528	5.278	<b>0.528</b>
	검사기준 필요여부	0.163	0.184	0.169	0.122	0.210	0.143	0.169	0.140	0.169	0.140	1.609	<b>0.161</b>
	특수검사장비 필요여부	0.297	0.232	0.387	0.230	0.240	0.286	0.387	0.333	0.387	0.333	3.112	<b>0.311</b>
부품 분류성	부품 영킴성	<b>0.179</b>	0.107	0.121	0.085	0.112	0.127	0.081	<b>0.257</b>	0.109	0.128	0.870	<b>0.109</b>
	형상 복잡성	<b>0.239</b>	0.293	0.336	0.240	0.214	0.190	0.360	<b>0.091</b>	0.297	0.195	2.125	<b>0.266</b>
	형상 유사성	<b>0.232</b>	0.185	0.160	0.152	0.119	0.115	0.159	<b>0.347</b>	0.109	0.128	1.127	<b>0.141</b>
	농업 안정성	<b>0.350</b>	0.415	0.384	0.523	0.556	0.568	0.399	<b>0.305</b>	0.485	0.548	3.878	<b>0.485</b>

Table 7. Coherence index of the factors influencing Inspection-ability and Classification-ability

	검사 및 분류성의 영향요소 Consistency Index 값									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
부품 검사성	0.009	0.050	0.020	0.004	0.020	0.000	0.020	0.050	0.020	0.050
부품 분류성	0.350	0.030	0.060	0.020	0.006	0.060	0.040	0.300	0.008	0.070

Table 8. Coherence coefficient of the factors influencing Inspection-ability and Classification-ability

	검사 및 분류성의 영향요소 Consistency Ratio 값									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
부품 검사성	0.016	0.086	0.034	0.007	0.034	0.000	0.034	0.086	0.034	0.086
부품 분류성	<b>0.389</b>	0.033	0.067	0.022	0.007	0.067	0.044	<b>0.333</b>	0.009	0.078

Table 9. Total weight of Inspection-ability and Classification-ability

검사 및 분류성 세부용이성	세부용이성 가중치	검사 및 분류성 영향요소	영향요소 가중치	종합 가중치	최우수 작업상황 점수	최우수 작업상황 평가
부품 검사성	0.750	부품검사 수월성	0.528	0.396	5	1.979
		검사기준 필요여부	0.161	0.121	5	0.603
		특수검사장비 필요여부	0.311	0.233	5	1.167
부품 분류성	0.250	부품 영킴성	0.109	0.027	5	0.136
		형상 복잡성	0.266	0.066	5	0.332
		형상 유사성	0.141	0.035	5	0.176
		농입 안정성	0.485	0.121	5	0.606
합계				1		5

Table 6에 검사 및 분류성의 영향요소의 가중치 결과를 나타내었다. Table 7은 검사 및 분류성의 영향요소에 대한 일치성 지수(CI)이고, Table 8은 검사 및 분류성의 영향요소에 대한 일치성 계수(CR)이다. 유효하지 않은 응답은 부품 분류성에 2개가 있다.

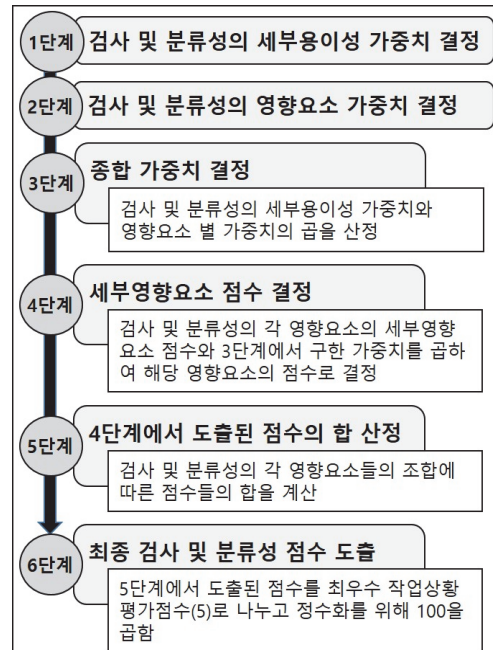
Table 9를 보면 검사 및 분류성의 영향요소 가중치는 부품 검사성에서는 검사수월성이 0.528점, 부품 분류성에서는 농입안정성이 0.485점으로 검사 및 분류성의 각 세부용이성의 영향요소 중에서 가장 높은 가중치를 가지는 것으로 결과가 도출되었다. 반면에, 검사성의 검사기준 필요 여부는 0.161점, 분류정렬성의 부품 영킴성은 0.109점으로 가장 낮은 가중치를 가지는 영향요소인 것으로 결과가 도출되었다.

Table 9는 검사 및 분류성의 세부용이성 가중치와 영향요소 가중치의 곱을 통하여 결정된 검사 및 분류성의 종합가중치를 보여준다. 부품검사성의 부품 검사수월성이 0.396점으로 검사 및 분류성의 영향요소 중에서 가장 높은 종합가중치를 가지는 것으로 분석되었고, 부품 영킴성이 0.027점으로 가장 낮은 종합가중치를 가지는 것으로 나타났다.

#### 4. 검사 및 분류성의 정량적 평가를 위한 점수 산정 절차

Table 10은 검사 및 분류성의 정량적인 평가를 위한 점수 산정 절차를 나타낸다. 검사 및 분류성의 세부용이성 및 영향요소의 가중치를 결정하고,

Table 10. Scoring procedure to evaluate Inspection-ability and classification-ability quantitatively



세부용이성의 가중치와 영향요소의 가중치를 곱하여 종합가중치를 산정한다.

Step 4에서는 Step 3에서 산정된 종합가중치와 검사 및 분류성의 각 영향요소의 세부영향요소 점수를 현 작업상황 분석용 체크리스트를 활용하여 평가한 값과 곱하여 해당 작업상황 점수를 결정한다.

Step 5에서는 Step 4에서 도출된 점수들의 합을 계산하고, Step 6에서는 Step 5에서 도출된 점수를 애로공정이 없는 최우수 작업상황 평가 점수(5)로 나누고, 정수화를 위해 100을 곱하여, 검사 및 분류성 점수를 산정하게 된다.

### 5. 사례연구

자동변속기 2종에 대한 검사 및 분류성을 본 연구에서 제시한 검사 및 분류성 평가 방법을 활용하여 분석해 보았다.

Table 11. Case Study (Product: Automatic Transmission)

부품명	자동변속기 A		자동변속기 B	
	검사및 분류성 점수	우선 순위	검사 및 분류성 점수	우선 순위
Torque Converter	80.8	6	80.8	8
Converter Housing	65.5	10	90.1	5
Transfer Drive Gear	77.9	9	78.9	9
Transaxle Case	<b>100</b>	<b>1</b>	<b>100</b>	<b>1</b>
Reverse Sun Gear	89.1	5	87.8	6
Oil Pump	80.8	6	92.6	4
Input Shaft	<b>100</b>	<b>1</b>	83.7	7
Planet Gear Carrier	96.2	3	96.2	2
One Way Clutch	96.2	3	96.2	2
Valve Body Assembly	80.8	6	45	10
합계	867.3		851.3	
평균	<b>86.7</b>		<b>85.1</b>	

주요 부품 10개를 선정하고, 각각에 대하여 검사 및 분류성 점수를 산정하여 비교하여 보았다. Table 11은 자동변속기 2종에 대한 검사 및 분류성 평가 결과를 보여준다. Transaxle Case가 자동변속기 2종 모두에서 검사 및 분류성이 제일 높은 것으로 평가되었다. 그리고, 자동변속기 A에서는 Converter Housing, 자동변속기 B에서는 Valve Body Assembly가 검사 및 분류성이 제일 낮은 것으로 나타났다. 전체적으로는 자동변속기 A가 86.7점으로 자동변속기 B보다는 검사 및 분류성이 높았다.

### 6. 결론

본 연구에서는 선박 및 다양한 기계부품의 검사 및 분류성을 평가하는 방법을 제시하였다. 분류성의 세부용이성을 부품검사성과 부품분류성으로 결정하였다. 검사 및 분류성의 정량적인 평가 절차를 제시하였으며, 각각의 세부용이성에 영향을 미치는 다양한 영향요소를 도출하고, 영향요소의 범위에 따른 평가점수를 부여하였다. 검사 및 분류성의 세부용이성과 영향요소에 가중치를 산정하였으며, 검사 및 분류성의 종합가중치와 검사 및 분류성의 정량적인 평가를 위한 점수 산정 절차를 제시하였다.

본 연구에서 제시된 기계부품의 검사 및 분류성 평가점수 산정 절차를 활용하여 자동차의 핵심 부품인 자동변속기 2종에 대한 검사 및 분류성을 평가하여 사례연구로 제시하였다.

본 연구의 결과를 활용하여 제품이나 부품의 다양한 기계부품에 대한 검사 및 분류성을 평가하고, 검사 및 분류성이 낮은 공정 및 설계에 대한 개선안을 마련하여 신제품 설계에 반영하면 재제조성을 높일 수 있을 것으로 사료된다.

## 사 사

본 논문은 산업통상자원부 산업기술진흥원 “친환경 선박 수리개조 플랫폼 고도화지원 사업(과제 번호: P0025697)”에 의하여 연구되었습니다.

## 참고문헌

- [1] S. J. Park, W. H. Son, C. S. Jeon, H. S. Mok, “Evaluation of Cleaning Method for Remanufacturing Using Start Motor of Vehicle,” Korean Society of industry Convergence, vol. 23, no. 3, pp. 381-392 (2020).
- [2] Steinhilper, R., Remanufacturing, Fraunhofer IRB Verlag, (1988).
- [3] H. S. Mok, et al., Remanufacturing Industry for Automobile Parts of USA, Journal of the Korean Society for Precision Engineering, 27(3), 58-65, (2010).
- [4] C. S. Jeon, “A Study on Cleaning-ability Evaluation for Mechanical Components,” Korean Society of industry Convergence, vol. 25, no. 6, pp. 1315-1324 (2022).
- [5] H. S. Mok, et al., Remanufacturing industry for Automobile Parts of European, Transactions of the Korean Society of Automotive Engineers, 19(1), 38-44, (2011).
- [6] W. H. Son, S. J. Park, J. Y. Jeong, J. H. Kim, H. W. Bin, H. S. Mok, Analysis of Throttle Body’s Remanufacturing Process and RPN, Journal of Korean Institute of Resource Recycling, 25(4), 11-22, (2016).

---

(접수: 2023.10.10. 수정: 2023.11.21. 게재확정: 2023.12.01.)