

선박용 정유기 고행분 분리 성능시험 표준시료 지정에 관한 연구

정 상 후†

(원고접수일 : 2007년 8월 14일, 심사완료일 : 2007년 9월 29일)

A Study on the Designation of Standard Solid Test Particles for Marine Centrifugal Purifier Performance Test

Sang-Hu Jeong†

Abstract : In order to provide reliability, reproducibility, objectivity of solid particle separation performance test on marine centrifugal purifier, an investigation had been done on solid test dusts, test standards and designation of a definite standard test dust in test specifications or standards. ISO 121031-1 A2 test dust is the best test particle to meet commercial and military fuel oil and lube oil requirements on marine standards.

Key words : Solid test particles(고행분 시료), Marine centrifugal purifier(선박용 원심 정유기), Separation test(분리 시험), Test dust(시험 시료), heavy fuel oil(중유), diesel fuel oil(경유)

1. 서 론

선박용 연료유, 윤활유 정유기는 연료유 및 윤활유 중에 함유된 수분 및 각종 고행분을 분리, 제거하는 목적으로 사용되는 장비이다.

한국산업규격, 국방규격 등에는 정유기의 고행분 분리성능 시료로 흑연, 숯돌가루나 기타 고행분을 일정 중량비로 시험유에 혼합, 분리성능 시험을 실시토록 규정되어 있으나, 시료의 종류와 비중, 성분, 입자 분포, 입도 등에 대한 요구사항이 미지정, 시험의 객관성, 투명성 및 재현성 등이 부족한 문제점이 있다.⁽¹⁾

원심분리기는 비중 차이에 의해 기름과 불순물을 분리하는 방법이며, 고행분 시료의 종류와 비중,

성분, 입자분포, 입도 등이 분리성능에 미치는 영향이 크므로 성능시험시 정량적인 고행분 표준시료를 선정, 규격내에 지정하는 방안을 조사, 연구하였다.

2. 본 론

2.1 고행분 분리시험 시료의 요구조건

시험용 분체는 장비내에서 유동이 자유롭도록 디스크 판의 간격 0.5~0.6mm, 즉 약 500 μ m보다 입자가 적어야 하며, 연료유 노즐막힘, 윤활시 미립자가 엔진의 마모 및 윤활성능에 큰 영향을 미치는 점 등을 고려하여 선정해야 한다.

† 교신저자(국방기술품질원 품질경영단 합정센터), E-mail:jsanghu@hanmail.net, Tel: 051)410-8325

또한, 시료는 시험전, 후 정유기나 디젤엔진에 마모나 악영향이 없고, 분리가 용이 하며, 시험 유 혼합시 물리적, 화학적 안정성이 요구된다.

현재 산업계에서는 비중 1.05(15℃)까지 원심정유기로 분리가 가능하다고 정유기제작사 자료에 명시되므로 비중은 1.05이상이 적당하다^[1].

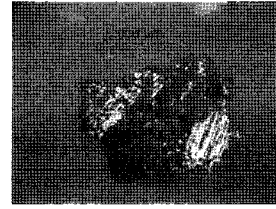


Fig. 2 A microphotograph of carbon black

2.2 고품분 시험 시료 사용실태 조사

각국의 산업기준이나 선급협회 규정, 정유기 제작사의 고품분분리 성능시험 시료를 조사한 결과는 Table 1.과 같다^[2)-(7)].

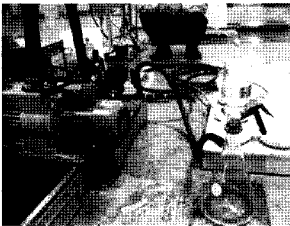


Fig. 1 Vacuum separation(Ulvac kiko pump, model : G-20DA(24 l/min), 0.8µm membrane filter)

Mitsubishi Kakiko Kaisha사는 일본 관동지방의 화산재를 800℃에서 소결한 칸트룸 11종을 분리시험 시료로 사용하고, 디젤유를 사용하는 미해군규격 MIL-P-24710A(SH)은 SAE J 726 Test dust(Air cleaner, fine)를 지정한 실적이 있으며, 이 규격은 2002.6 폐지되었다^[6].

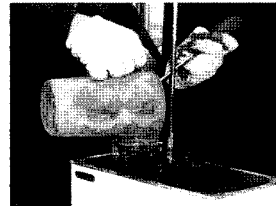


Fig. 3 Kanto loam(class 11) with ultrasonic mixer (Mujigae), heater, wise stir(Daihan scientic, HS-30D)

Table 1 Specifications and maker standards of Solid test particles

Test Code, Title or Manufacturer	Test Dust
KSV 6611, Shop test code for marine centrifugal oil purifiers	Graphite, yellow soil dusts or add another appropriate solid dusts in it
JIS F 6601, Shop test code for marine centrifugal oil purifiers	Graphite, Whetstone dusts or add another appropriate solid dusts in it
Defense 4330-3005/6(N) fuel oil / lube oil purifier(SJ-40FF/L)	Graphite, Whetstone dusts or add another appropriate solid dusts
MIL-P-20632B(SH) Fuel/lube oil Centrifugal purifier,Manual discharge	-
MIL-P-24710A(SH) Fel/lube oil Centrifugal purifier, Auto. discharge	SAE J 726 Test dust
ECN-CWA 15375 Euro-pean union agreement Westfalia Co.	5µm Dynosphere particles
Alfa-laval Co.	5µm Dynosphere, SAE J 726 Test dust(Record)
Pennwalt Co.	SAE J726 Test dust (Record)
Mitsubishi Kakiko Kaisha Co.	Kanto Loam Class 11

Alfa-laval사 및 Pennwalt사 등은 미해군 체계 사령부 제품인증 목록(Qualified product list, QPL-20632-8)에 등재, 미해군 군사규격 성능시험 요구조건을 만족한 실적이 있었다^[6].

유럽연합 시료는 5µm 크기의 구를 사용, 민수 선중유에 적합하며, 시험유는 자동차용 윤활유 PAO 6를 사용, 미세한 고품분 분리성능이 미흡 하여, 합정용 디젤연료유용으로는 미흡하다.

연료유에 있어서는 1~10µm 크기의 이물질도 연료분사 인젝터 노즐 막힘 유발과 불균일 분사 및 불안전연소 등을 유발, 출력을 저하시키고 실린더 내에 탄화물 또는 산화물을 생성, 실린더와 피스톤의 마찰력 증대 및 오일유입으로 오일성능 열화를 유발한다. 또한, 윤활유의 윤활공학적 측면에서 5µm의 이물질은 윤활성능에 나쁜 영향을 주고, 윤활유막은 1µm 정도의 필름두께를 가지고 있으므로 5µm이하의 이물질도 윤활성능에 악영향을 미치므로 제거 또는 감소되어야 한다^[1].

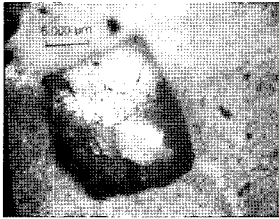


Fig. 4 A microphotograph of JIS R 6001 F60 grinderstone particle(magnification ratio 1 : 250)

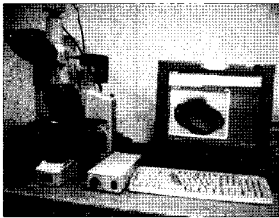


Fig. 5 A microphotograph analysis apparatus (model : nikon eclipse E600)

2.2 고형분 시료의 특성 고찰

원심분리기에 대한 성능시험시 각국 규격명시 시료 및 제작사에서 사용하고 있는 시료에 대한 조사, 검토나 KS규격에 따른 시험을 수행, 고형분 시료의 특성을 고찰해 보기로 한다.

2.2.1 칸트롬 11호 시료의 특성

M.K.K사에서 시료로 사용하는 칸트롬 11중에 대한 특성자료는 Table 2와 같다⁽⁸⁾.

Table 2 Characteristics of kanto loam(class 11)

Main Ingredients	Ingredients	Distribution
	SiO ₂	34~40%
	Al ₂ O ₃	26~32%
	Fe ₂ O ₃	17~23%
	CaO	0~ 3%
	MgO	3~ 7%
	TiO ₂	0~ 4%
Size Distribution (Over size, Mass)	Size(μm)	Distribution
	1	65± 5%
	2	50± 5%
	4	22± 5%
	6	8± 5%
	8	3± 5%
Density	2.9 ~ 3.1 g/cm ³	
concentration	3,000 mg/kg	

일본 분체공업기술협회에서 제작한 화산재로 800℃에서 2시간 가열후 파쇄한 칸트롬 11종 분체는 오렌지색으로 단위중량 10kg 포장단위로 매우 미세한 입자로 구성되어 있으며, 비중 2.9~3.1, 입자크기 1.6~8.0μm로 분리시험 결과 0.8미크론 공극의 멤브레인 필터로 기름과 고형분을 분리시 필터가 막히기 쉬워, 차압이 크게 발생, 고형분 분리시 시간이 소요 되었다.

미세한 입자의 분리가 요구되는 성능시험시는 출,입구의 분리효율을 나타내도록 성능시험 기준이 정해질 경우 미세입자를 분리하는 성능확인이 용이한 시료라고 판단된다.

한국산업규격이나 일본산업규격과 같이 최대 입자의 크기를 규제하는 성능시험 기준에서 미세 입자의 비율이 너무 높아 산업규격내에 칸트롬 시료 규격을 지정하는 것은 기술적 타당성이 적다고 판단되었다. 이 시료는 한국 및 일본산업규격에 규정된 시험방법과 같이 시험수행 결과 청정후 최대크기의 입자사이즈를 전자 현미경으로 관찰, 합부를 판단할때 시료가 너무 미세하여 시료가 뭉쳐지는 경우가 발생, 입자경계가 불분명 하여 입자 크기를 측정시 애로가 발생되었다⁽¹⁾.

이 시료는 미세입자의 분리가 중요한 성능시험의 시료로 우수한 특성을 나타낼 수 있다고 판단되며, 입,출구의 샘플시료를 기름과 진공 차압으로 분리하여 약 105± 5℃의 오븐에 가열, 고형분만을 남긴후 전자저울로 무게를 측정하는 중량특성 성능시험에 적합하다고 판단된다.

2.2.2 흑연 시료의 특성

흑연은 한국산업규격 KSA 0090의 분체1) 12종 카본 블랙으로 흑색이며, 12종은 입자 지름분포 등 요구사항은 특별히 규정하지 않는다⁽⁹⁾.

LORESCO사(미)의 LORESCO TYPE SC-3 BACK FILL시료를 대상으로 검토해보면, 주요 특성은 Table 3과 같다.

흑연은 소,대형 미립자를 다수 포함하고 있기 때문에 성능시험 기준이 분리효율로 나타내거나 최대크기로 규정하더라도 시험 수행상의 문제점은 없다고 판단된다. 그러나, 입자지름, 입자지름분포 등의 특성을 시료규격에 규정하지 않기 때문에 정량화 규격명시가 난이하다.

Table 3 Characteristics of carbon black

Volatiles	Nil
Moisture	0.05%
Ash	0.6%
Fixed carbon	99.35%
Resistivity	0.1 ohm-cm Max.
particle size	Max. Particle Size 1mm
Density	1.18g/cm ³

성능시험 결과 입자크기는 1mm(1,000 μ m)로 정유기내의 분리판 등에 걸려, 통과가 불가능한 입자가 존재, 시험시 문제점이 있었다⁽¹⁾.

2.2.3 미국 군사규격 성능시험 시료의 특성

SAE J 726 시료는 2002년 폐지된 정유기규격의 시료이나 미국 해상체계사령부에서 관리했던 근거가 있는 유일한 시료규격으로 미국 군사규격 정유기는 한국해군 함정에서 사용 하는 슬러지 자동 배출형 정유기이고, 청정대상 매체인 윤활유 및 연료유 사양이 함정용과 동일 하므로 한국 해군의 정유기 정유성능과 시료선정 시의 개념 정립에 도움이 될 수 있는 유용한 자료라고 판단되어 조사해 볼 필요가 있다.

시료의 화학적 성분 및 입자크기는 Table 4와 Table 5에 각각 나타내었다⁽¹⁰⁾. 이 시료는 KS A 0090, 시험용분체 및 시험용 입자의 시료와 화학 성분 및 입자크기 및 분포를 고려할 때 시험용 분체 1) 규사3종(밀도2.6~2.7g/cm³), 활석9종(밀도 2.7~ 2.9g/cm³), 롬8종(밀도 2.9~3.1g/cm³)과 유사, 근접 하였다.

Table 4 Composition of SAE J 726 test dust

Chemical Composition	Weight(%)
SiO ₂	65 ~ 76%
Al ₂ O ₃	11 ~ 17%
Fe ₂ O ₃	2.5 ~5.0%
Na ₂ O	2 ~ 4%
CaO	3 ~ 6%
MgO	0.5 ~ 1.5%
TiO ₂	0.5 ~ 1.0%
V ₂ O ₃	1.0%
ZrO	0.1%
BaO	0.1%
Loss of ignition	2-4%

Table 5 Distribution of SAE J 726(mass, %)

Size (μ m)	Fine grade	Coarse grade
< 125	-	98.5 \pm 1.5
< 75	98 \pm 2	84.5 \pm 5.5
< 40	84 \pm 3	51 \pm 2
< 20	67 \pm 3	32 \pm 2
< 10	49 \pm 3	19.5 \pm 1.5
< 5	35 \pm 3	10 \pm 1
< 2	17.5 \pm 2.5	-

정유기 미국 군사규격에서는 Fine grade 제품을 사용하도록 규정되어 있고, 입자 크기는 0~80 μ m를 사용함을 알 수 있다.

2.2.4 유럽연합 성능시험 시료의 특성

유럽연합 협약에는 직경 5 \pm 0.125 μ m, 비중 1.05 \pm 1%, polystyrene 45%, diveylbenzene 55%의 성분으로 구성된 불을 성능시험시료 로 사용하고 있으며, 유사한 입자는 KS A 0090 시험용 입자1) 9종, 폴리스틸렌, 지름 5 μ m(분포 4.75~5.25), 비중 1.04~1.07과 유사하다고 판단되며, 성능시험 기준 85%의 분리효율이며, 상선중유용으로 적합하다⁽⁷⁾.

이 시료는 중유용 시료로 동일한 집단의 시료를 사용하기 때문에 5 μ m 이하의 미립자 분리성능에 대한 입증은 미흡, 함정 경유용으로 미흡하다.

2.2.5 국제표준화기구(ISO) 시료의 특성

ISO 분체입자는 규사로써 표준시료는 ISO12103-1(Road Vehicles-Test Dust for filter evaluation)에 세부적으로 명시되어 있으며, 다음 Table 6, Table 7과 같이 초미립(A1), 미립(A2), 보통(A3), 거침(A4)의 4종으로 구분되어 있다⁽¹¹⁾.

ISO 분체입자는 화학적 성분은 SAE J 726과 유사하며, 입자크기 및 입자분포는 1~5 μ m 크기에 대해 ISO규격에서는 더욱 상세히 규정하였으나, SAE J 726에서는 5 μ m, 2 μ m이하로 명시하였으며, 초미립(A1), 미립(A2), 보통(A3), 거침(A4)의 4종중 A2분체가 미해군에서 시험, 입증 실적이 있는 SAE J 726분체와 가장 유사하였다⁽¹¹⁾.

Table 6 Composition of ISO 12103-1 test dust

Chemical Composition	Weight(%)
SiO ₂	68 ~ 76%
Al ₂ O ₃	10 ~ 15%
Fe ₂ O ₃	2.0 ~ 5.0%
Na ₂ O	2 ~ 4%
CaO	2 ~ 5%
MgO	1 ~ 2%
TiO ₂	5 ~ 1%
K ₂ O	2 ~ 5%
Loss of ignition	2 ~ 5%

Table 7 Distribution of ISO 12103-1(volume, %)

Size (μm)	Fine(A1)	Fine(A2)	Coarse(A3)	Coarse(A4)
1	1~3	2.5~3.5	1.0~3.0	0.6~10.0
2	9~13	10.5~12.5	4.0~5.5	2.2~3.7
3	21~27	18.5~22.0	7.5~9.5	4.2~6.0
4	36~44	15.5~29.5	10.5~13.0	6.2~8.2
5	56~64	31.0~36.0	15.0~19.0	8.0~10.5
7	83~88	41.0~46.0	28.0~33.0	12.0~14.5
10	97~100	50.0~54.0	40.0~45.0	17.0~22.0
20	100	70.0~74.0	65.0~69.0	32.0~36.0
40	-	88.0~91.0	84.0~88.0	57.0~61.0
80	-	99.5~100	99.0~100	87.5~89.5
120	-	100	100	97.0~98.0
180	-	-	-	99.5~100

2.2.6 숫돌가루 시료의 특성

숫돌가루는 KS 시료규격에는 미지정된 시료이며, JIS R6001의 입도 F60(300~250μm 이하)구성성분은 Al₂O₃ 95~97.5%, SiO₂ 1.2%이하, TiO₂ 1.5~3.8%이하, Fe₂O₃ 0.2%이하, MgO 0.4%이하이며, 비중 3.9인 시료로 시험한 결과, 분리 및 시험은 용이하나 시료의 정량화가 미흡, 불명확 하였다.

2.3 고흥분 시료의 고찰 및 선정

비중면에서는 실적사용 시료가 SAE J 726 시료의 비중이 2.7, ISO 121031-1 분체 시료 2.7, 롬 2.9~3.1, 플라스틱 구 1.05, 흑연 비중 1.7~1.9 등의 비중 범위를 가지고 있으며, 디스크 스택형 원심정유기에서는 일반적으로 비중 1.05 이상의 입자에 대해서 분리가 가능하므로 시료의

비중은 1.05~2.7정도의 범위가 적정하다고 판단 된다.

시료의 요구조건, 미해군 실적자료, 일본 및 스웨덴의 제작사 사용시료와 KS, JIS, ISO 규격 등을 조사 또는 시험한 결과, 가장 적합한 성능 시험 시료는 ISO 121031-1 A2분체라고 판단되며, 이 시료는 최대 입자크기나 분리효율을 규제하는 시험 기준을 모두 만족할 수 있다고 판단된다.

Table 8 Comparison of size distribution(%)

Size (μm)	SAE J 726	KS Silica class 3	ISO Test dust A2
< 125	-	-	120 <199.0
< 75	98 ± 2	97 ± 3	80 <99.5~100.0
< 40	84 ± 3	91 ± 3 (30 <85± 3)	88.0~91.0
< 20	67 ± 3	73 ± 3	70.0~74.0
< 10	49 ± 3	33 ± 5	50.0~54.0
< 5	35 ± 3	39 ± 5	31.0~36.0
< 2	17.5± 2.5	-	46 ± 5 (1 <20 ± 5)

Table 9 Comparison of size distribution(%)

Size (μm)	KS Loam Class 11	European Union Dynasphere	KS Particles 1) Class 9
< 125	-	-	-
< 75	-	-	-
< 40	-	-	-
< 20	(Below 3 > 8)	-	-
< 10	(8 <97± 3)	-	-
< 5	(6 <92± 3) (4 <78± 3)	100 (4.88~5.12)	100 (4.75~5.25)
< 2	50 ± 5 (1 <35± 3)	-	-

4. 결 론

선박용 정유기 고흥분 분리성능시험에 대한 표준 시료지정에 관한 조사, 연구결과는 아래와 같다.

가. 표준시료로는 ISO 121031-1 A2분체인 구사성분 시료가 가장 적합하고, 유사한 시료로는

KS A0090의 시험용 분체의 규사3종이라고 판단되었다.

나. 국방규격 및 한국산업규격 정유기 육상시험 방법에 정형화된 표준시료를 지정, 성능시험의 재현성, 투명성, 신뢰성 및 객관성 확보가 필요하다.

다. 민군규격통일화 방안으로 개정된 선박용 정유기 육상시험 KS규격은 상선용 증유 및 합정용 증유의 기술적 특성을 각각 만족할 수 있도록 제정되어야 하며, 제안된 표준시료는 민군규격요구조건을 만족할 수 있다.

라. 정형화된 표준시료를 규격에 지정시 장비제작자와 구매자간 장비 성능에 대한 논쟁을 예방할 수 있고, 구매자의 제작사별 장비성능 비교 및 선정이 용이하다.

향후, 제안된 시료에 대한 추가 입증시험 실시, 한국선급의 형식승인 장비 지정, 형식승인시험 등 후속적인 연구가 필요하다.

참고문헌

[1] 정상후, 선박용 원심정유기 성능시험 기준, 방법 및 시료에 관한 조사보고서, 국방기술 품질원, 2007.

[2] KS V 6611, 선박용 원심식 기름 청정기 육상 시험 방법, 한국표준협회, 2004.

[3] JIS F 6601, 선박용 원심 유청정기 육상시험 방법, 일본공업협회, 1996.

[4] 국방4330-3005(해), 연료유정유기, 해군군수사, 2001.

[5] MIL-P-20632B(SH), Purifier, Centrifugal, Fuel and Lube oil, Manual sludge discharge type, U.S NAVY, 1992. 4. 20.

[6] MIL-P-24710A(SH), Purifier, Centrifugal, Fuel and Lube oil, Auto. sludge discharge type, U.S NAVY, 1993.

[7] ECN-Workshop Agreement, CWA-15375, 유럽 연합 표준화 위원회, 2005.

[8] JIS Z 8901, 시험용 분체, 일본 공업 표준협회, 2006.

[9] KS A 0090, 시험용분체 및 시험용입자, 한국

표준협회, 2002.

[10] SAE J 726, Surface Vehicle Recommended Practice, 1993.

[11] ISO 121031-1, Road Vehicles-Test dust for Filter Evaluation, 국제표준화기구, 1997.

[12] KS V 7836, 선박용 연료유 및 윤활유정유기, 원심식, 한국표준협회, 2005.

저 자 소 개



정상후(鄭相厚)

1963년 8월생, 1986년 금오공과 대학교 기계공학과 졸업, 2000년 창원대학교 산업기계공학과 졸업 (석사), 1986~1995 코리아타코마 설계부 대리, 1995~2006 국방품질 관리소, 2006~2007 현재 국방기술품질원 품질 경영단 합정센터 선임기술원, 조선기술사, 관심분야 : 손상해석/고장진단, 진동,소음 저감