

폐유소각기술



최 갑 석
(KIMM 열유체시스템연구부)

- '64-'72 한양대학교 기계공학과(학사)
- '81-'87 충남대학교 기계공학과(박사)
- '72-'74 인천제철(주) 사원
- '74-'76 한국과학기술연구소, 기계 기관연구실, 연구원
- '76-현재 한국기계연구원 책임연구원



최 연 석
(KIMM 열유체시스템연구부)

- '77-'84 부산대학교 화학기계과(학사)
- '84-'85 현대정공(주)
- '91-'92 부산대 화공과(석사)
- '86-현재 한국기계연구원 선임연구원



김 한 석
(KIMM 열유체시스템연구부)

- '80-'84 한양대학교 기계공학과(학사)
- '85-'85 대우자동차 설계부 사원
- '86-'88 한국과학기술원 기계공학과(석사)
- '88-현재 한국기계연구원 연구원

1. 서 언

고도의 경제성장에 따라 기계, 압연, 제유, 화학등 각종 공장으로 부터 배출되는 폐유나 선박, 자동차 폐유는 날로 급증되고 이로 인한 해안, 하천오염, 해양오염, 토양오염등 범 지구적인 문제가 심각해지고 있다.

폐유에는 윤활유, cutting oil, 세정유, 용제, sludge, tar유정제, pitch등으로 모래, 녹, 고형물, 수분, 계면활성제나 촉매등이 포함되어 있어 폐유는 질이나 성상이 다양하여 그 처리기술도 다양하다. 그 중에서도 자동차폐유가 상당한 양을 차지하고 유동과정상 회수의 가능성이 높은 이점등으로 이 분야에서 자원화가 유럽이나 일본등에서 지금까지 추진되어오고 있으며 국내에서도 제조업체(사업장)에서 발생하는 폐윤활유와 자동차폐유로 나누어 관리하고 있는 실정이다.

폐유에 의한 환경오염을 최소화 하기 위한 노력은 세계적으로 경주되고 있으며 무상일지라도 폐유를 매각할 수 없도록 법적으로 규제한 경우가 대부분이며 유럽이나 일본의 경우 폐유회수-적정처리-재자원화를 추진해 왔으나 최근에 경제성 평가에 따른 재자원화의 정책적 지원이 요청되고 있는 실정으로 예상된다.

본고에서는 폐유중 폐윤활유 처리절차 및 방법을 중심으로 기술을 소개하여 폐유처리관련 기술개발의 연구분야에 도움을 주고자 한다.

2. 폐유발생 및 처리기술현황

2.1 폐유발생 및 처리과정

표 1에는 환경처의 전국산업폐기물발생 및 처

표 1 발생량 변화추이

구분		년도						증가율 %
		'85	'86	'87	'88	'89	'90	
계 (증가율)		33,349 (100)	37,065 (111)	40,307 (123)	51,230 (154)	57,645 (173)	61,412 (184)	13.2
특 정 일 반	소 계	1,020	1,558	1,505	2,013	2,310	2,653	22.5
	특정유해	67	87	104	127	162	225	27.5
	폐 유	228	290	321	434	434	519	18.6
	폐합성 수지	189	306	372	546	682	828	35.3
	폐산·폐알카리	536	875	708	906	1,032	1,081	18.2
	유기물류	6,140	6,365	7,797	15,170	15,953	17,325	26.9
무기물류		26,189	29,142	31,005	34,047	39,382	41,434	9.7
업 소 수		10,272	11,633	6,675	8,015	9,822	11,850	

표 2 폐윤활유회수 및 정제현황

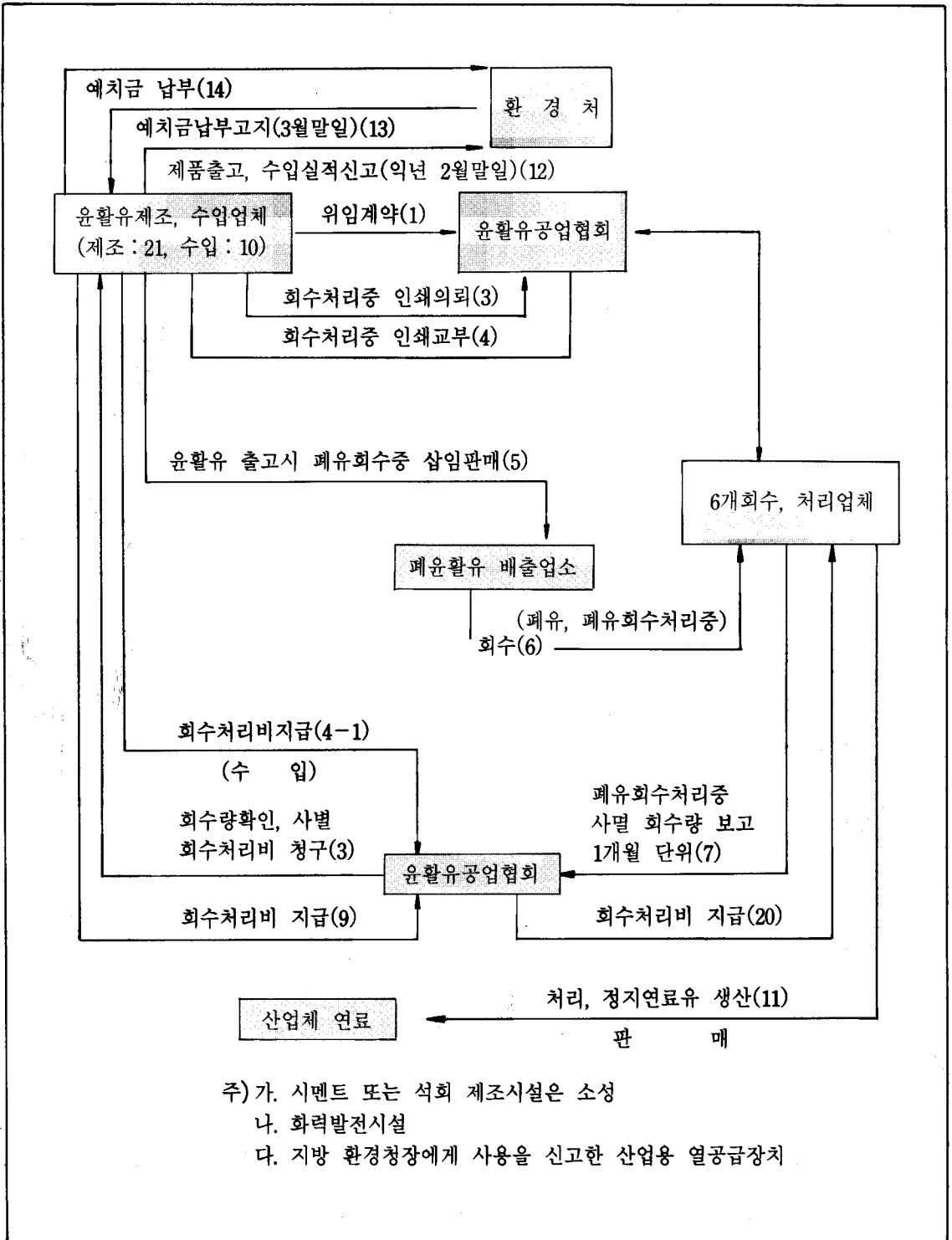
구분 년월	윤활유 판매량	폐 유 발생량 (65%)	폐 유 회수량	회수율 (%)	폐 유 처리량	폐 유 재고량	정 제 현 황		
							생산량	판매량	재고량
'90년 8월 이전재고						3,790.5			
'90(8-12)	670,015	435,510	38,109	8.8%	1,255	87,652.5	3,362	2,803	464
'91(1-12)	1,144,016	743,610	177,551	23.9%	85,143	130,060.5	74,448	63,715	11,137
'92(1-12)	1,410,305	916,698	311,398	34.0%	282,485.5	158,973.0	248,576	247,777	11,986
'93. 1	85,518	55,587	23,525	42.3%	32,253	150,245.0	28,991	26,866	14,111
'93. 2	122,859	79,858	24,722	31.0%	29,209	145,758.0	25,838	23,466	16,483
'93. 3	167,774	109,053	31,506	28.9%	35,715	141,549.0	31,310	37,403	10,390
'93. 4	85,094	55,311	36,258	65.6%	39,952	137,855.0	35,199	42,004	3,585
'93. 5	76,492	49,720	40,237	80.9%	42,881	135,211.0	38,351	35,348	6,927
'93. 6			41,088		41,034	135,265.0	38,095	36,957	8,065
'93(1-6)	537,737	349,529	197,336	56.6%	221,044	135,256.0	197,784	202,044	8,065

리현황상의 폐기물의 발생량추이를 나타내며 그중 폐유는 특정 폐기물의 10-23%를 차지하며 폐유 증가율은 연간 18.6%를 나타낸다. 한편 표 2에는 90.8부터 93.6까지의 폐윤활유 발생량을 제시한 것이며 총 판매 윤활유의 65%를 차지하고 있다. 92년도의 폐윤활유 발생량은 약 92만 드럼으로 전년대비 23% 정도의 증가량을 보이고 있다.

우리나라의 92년도 폐유발생량은 91년 일본 127만kl/yr의 14.5%, 프랑스 300,000ton/yr의 55% 정도에 이르고 있다.

한편 자동차폐윤활유 공동회수, 처리흐름도를 그림 1에 제시한 바와 같이 환경처 고시 제91-99호('92. 12. 31) "폐기물 회수 및 처리방법에 관한 규정"에 의해 윤활유로 재활용, 공공처리시설에서 처리, 정제 윤활유로 재활용을 하게 하고 있다.

폐기물 관리법에 따라 폐유는 무료 일지라도 매각할 수 없으며 회수, 처리에 소요되는 예치금은 1ℓ당 20원으로 하고 윤활유 출고량의 65%한도내에서 부과시키고 있다.



주) 가. 시멘트 또는 석회 제조시설은 소성
 나. 화력발전시설
 다. 지방 환경청장에게 사용을 신고한 산업용 열공급장치

그림1 자동차 폐유탄유 공동회수, 처리 흐름도

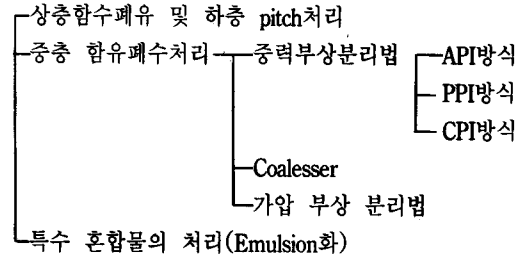
2.2 처리기술현황

폐유는 그 자체에 포함된 성분과 불순물로 질과 성상이 다양하고 그 처리방법에 있어서도 그때의 상황과 종류, 질등에 맞는 물리적 방법, pH조정, 산화, 환원, 응집, 흡착등의 화학적 방법, 전해법 또는 활성오니법, 살수여상법등의 생물학적 방법 등에 의하거나 이들의 혼성방법에 의해 처리된다. 본문에서는 일반적인 처리방법에 대해 소개를 한다.

2.2.1 함유폐수처리

선박등으로 부터 배출되는 함유폐수는 수입탱크 겸 분리탱크에 넣은 채 그대로 또는 70°C정도 온수나 수증기에 의해서 가온하여 24시간 정도 정치하면 상층(함수율이 작은 유층), 중층(함수율이 큰 유층), 하층(sludge, pitch층)으로 분리된다. 이것을 정치분리(settling) 또는 가온분리라 한다. 정치분리하는 경우 완속교반을 하는 경우가 있다. 선박폐유 처리시설의 예를 그림 2에 도시한다.

함유폐유처리에는 다음과 같은 방법이 이용되고 있다.



2.2.2 소각처리

정치분리하여 집유조에 폐유, 또는 기타 일반 폐유는 통상적으로 소각처리된다. 소각방법으로는 일반적으로 회전식, 2류체식 또는 압력식분무연소법이 사용된다. 회전식 분무연소법은 대립경의 sludge나 수분의 비교적 많은 폐유의 소각에 적당하다.

이 방법에 의하면 수분 70%정도까지 포함한

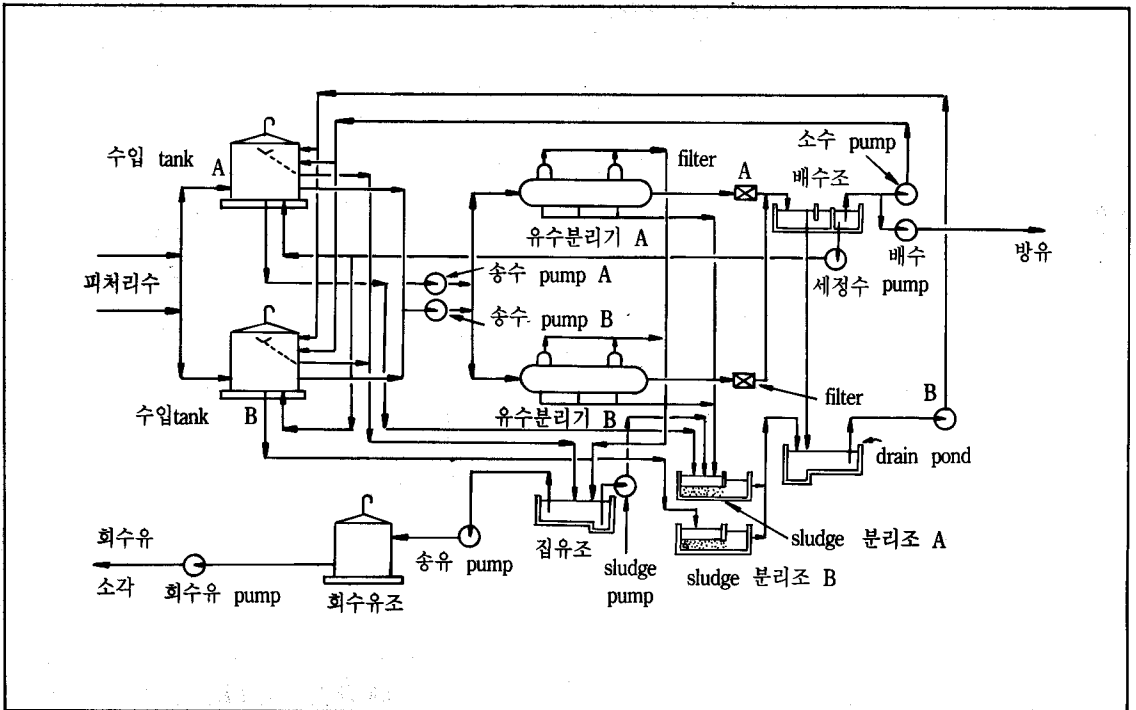


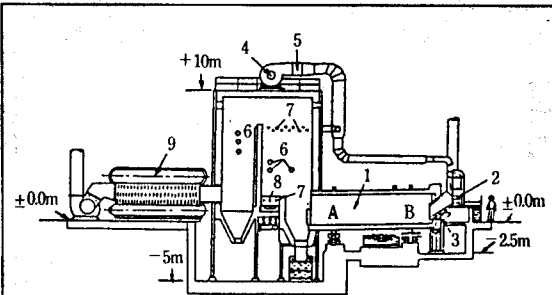
그림 2 폐유처리시설의 예

폐유를 자체 연소 시킬 수 있다. 그러나 비교적 대립경의 sludge를 포함한 폐유라도 미립화 할 수 있도록 nozzle의 구조를 여러가지로 연구를 한 2류체식 버너를 사용하여 연소시키는 경우도 많다. 폐유의 소각에는 압력식 버너는 거의 사용하지 않고 있다.

독일의 BASF사에서 고안한 공장으로부터 배출되는 폐유를 소각하고 있는 소각로를 그림 3에 예시한다.

미국의 Rohm and Hass사의 Colemam등에 의해 개발된 소각로 이외에도 Flask형 소각기, Reznor Type소각기 등이 폐유소각기로 판매되고 있다.

여기서 간과 할 수 없는 현실의 하나는 자원의 재활용 측면에서 폐유의 재자원화가 규제상이나 자원활용상 의미가 크지만 현실적으로 폐유회수에서부터 정제 연료유를 만들어 판매가 될때까지의 경제성과 폐유소각기의 개발에 의한 소규모 발생업체(허가가 필요치 않는 1일 500kg이하 발생업체)에서 수시로 폐유처리와 폐열회수등에 의한 에너지 재이용의 경제성은 검토 대상이 되고 있다.



1. 폐유 sludge 소각용 kiln
2. 용기투입구
3. 액상잔사공급구
4. 송풍기
5. 공기가열기
6. 기름 연소 burner 가압공기
7. 2차공기공급하
8. 물, 기름 혼합물용조
9. 폐열회수용 보일러

그림 3 폐유소각장치(BASF 사)

3. 폐유소각시스템 요소기술

3.1 폐유 전처리기술

산업현장에서 발생하는 기계유, 절삭유, 기어유, 엔진유험유등 대부분의 폐유는 작은 금속알갱이와 같은 고형 성분을 포함하고 있기 때문에 이런 액상, 고상의 폐유 재활용시에는 반드시 전처리과정이 필요하다.

1) 중력침강

유체속에 입자는 각각의 입경 및 비중에 의하여 결정되는 일정한 침강속도로서 하강하기 때문에 입자를 포함하는 유체의 어떤 용기속에서 일정 시간 동안 체류하면서 입자의 일부나 전부를 침강분리 시킬수 있다. 또한 입자의 침강방향과 반대방향으로 유체를 흐르게하면 침강 속도와 유체상승속도의 대소에 따라서 입자를 부상 또는 침강시켜서 분급을 행할 수 있으며 혼합 입자를 유체속에서 수평방향으로 방출하면 각 입자의 비행경로는 입경에 따라서 다르기 때문에 분급 효과를 높일 수 있다.

폐유의 1차 전처리에 가장 쉽게 응용할 수 있는 수평류형 분리기술을 살펴보면 폭B[m], 높이H[m], 길이L[m]인 침강실에서 V[m³/sec]의 유체가 일정한 속도 v[m/sec]로 수평방향으로 흘러 들어오며 유체의 흐름은 조용하여 입자는 종말침전속도를 u_t[m/sec]라고 하면 이 크기의 입자가 분리기에서 완전히 분리되려면 입자가 유체의 속도 v에 의하여 길이 L만큼 이동되는 사이(체류시간)에 입자단면에서 높이 H되는 점에 유입된 가장 분리되기 어려운 입자가 밑바닥에 침강하면 된다. 즉,

$$H/u_t = \text{침강 소요시간} \leq L/v = \text{체류시간} \quad (1)$$

이면 분리효율은 η는 1이다.

η=1인 입자 중에서 가장 적은 것의 직경을 D_{min}로 하고 Stokes의 침강식이 성립한다고 하면 식(1)에 u_t=D_{min}² · (ρ_s-ρ_t) g/18μ를 대입하여

$$\begin{aligned} D_{\min} &= \sqrt{18\mu H v / g L (\rho_s - \rho_t)} \\ &= \sqrt{18\mu V / g (\rho_s - \rho_t) B L} \\ &= \sqrt{18\mu V / g (\rho_s - \rho_t) S} \end{aligned} \quad (2)$$

여기에 $S=BL$ 은 침강실 바닥 면적이다. 이와 같이 완전히 분리되는 최소 입자나 분리되지 않는 최대 입자경을 한계입자경이라고 한다. 상기 식에서 보면 D_{min} 은 유량 V 가 일정한 경우, 침강실의 바닥 면적 S 에 의하여 결정되며 높이 H 에는 무관하다.

즉, 난류에 의한 혼합이 일어나지 않을 경우, 수평류형 분리기의 분리효율은 침강속도 u_k 와 V/S (이 값을 걸보기 상승속도라고함)의 비와 같다. 또한 D_{min} 입자의 침강속도를 u_{lm} 이라고 하면 효율은 식(3)으로 나타난다.

$$\eta = \frac{u_k \cdot S/V}{u_{lm} \cdot S/V} = \frac{u_k}{u_{lm}} = \left(\frac{D}{D_{min}}\right)^2 \quad (3)$$

2) 원심분리

그림 4는 원심침강기 내의 상태를 나타낸다.

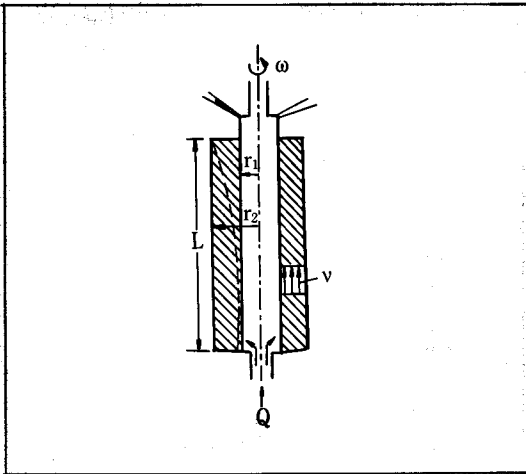


그림 4 원심침강기내의 분리기구

원심효과 Z_c 가 큰경우의 액면은 거의 회전축을 중심으로 하는 원통형이 되기 때문에 그 반경을 r_1 , 원통형 내경을 r_2 라고 하고 회전통의 축방향의 길이를 L , 지금 밀도 ρ_s 의 미립자를 소량 포함하는 밀도 ρ_f 의 액을 $Q[m^3/sec]$ 의 유로 하방으로부터 도입하여 입자를 분리하려고 한다. 통 속의 액은 원통형 회전통 회전각속도 $\omega[rad/sec]$ 와 동일한 각속도로 고체적 회전을 하며 축방향에는 일정한 속도 $v[m/sec]$ $[=Q/\pi(r_2^2-r_1^2)]$ 로 조용히 상방향

으로 흘러 올 경우 유량은

$$Q=L \cdot \pi(r_2^2-r_1^2)u_k\omega^2/g \ln(r_2/r_1) \quad (4)$$

로 나타나고 완전분리를 하기 위한 최대급액속도, 따라서 처리가능 용량을 나타내는 이 식을 변형하면 식 (5)가 되며

$$\frac{L}{Q/\pi(r_2^2-r_1^2)} = \frac{r_2-r_1}{(u)_{lm}} \quad (5)$$

여기서

$$\begin{aligned} (u)_{lm} &= (r_2-r_1)u_k\omega^2/g \ln(r_2/r_1) \\ &= (u_k \frac{r_2\omega^2}{g} - u_k \frac{r_1\omega^2}{g})/\ln(r_2/r_1) \end{aligned} \quad (6)$$

$(u)_{lm}$ 은 반경 r_1 및 r_2 에 있어서 침강속도의 대수평균이다. 수평류형 중력침강기에서는 $\eta=1$ 일때 $Q=uS$ (여기서 S 는 침강기의 바닥 면적)로 표시될 수 있기 때문에 이와 유사하게 변형하면,

$$Q=(u)_{lm}2\pi\left(\frac{r_1+r_2}{2}\right)L=(u)_{lm} \cdot S_{am} \quad (7)$$

여기서 S_{am} 은 원통 회전통 내의 반경 r_1 및 r_2 에 대한 침강면적의 산술평균치이다.

3) 액체사이클론

그림 5과 같은 치수로서 가스사이클론과 같은 형이며, 고체입자를 포함한 액의 농축분급을 행한다. 원료액은 원형 또는 구형 입구에서 접선적으로 5-10m/sec의 유속으로 원통부에 압입시켜 가스사이클론에서와 같은 유동을 하여 조립자를 분리한 액은 내통(일류상승관, overflow orifice)으로 나가는 일류(overflow)가 되고, 분리된 입자는 원추하단의 배출구멍(underflow orifice)으로 통하여 배출된다.

공업적으로 사용되는 액체사이클론은 가스사이클론 보다 소형인 75-300mm 직경의 범위로서, 분리가능 입자경이 유체의 점성 및 사이클론의 대표 치수의 곱의 평방근에 비례하고, 액의 점도는 가스점도의 50배 정도 크다. 흡입구 및 내통경(D_1 와 D_2)의 사이클론 직경 D_c 에 대한 비를 가스사이클론에 대한 비 보다 작게하는 것이 상례이다.

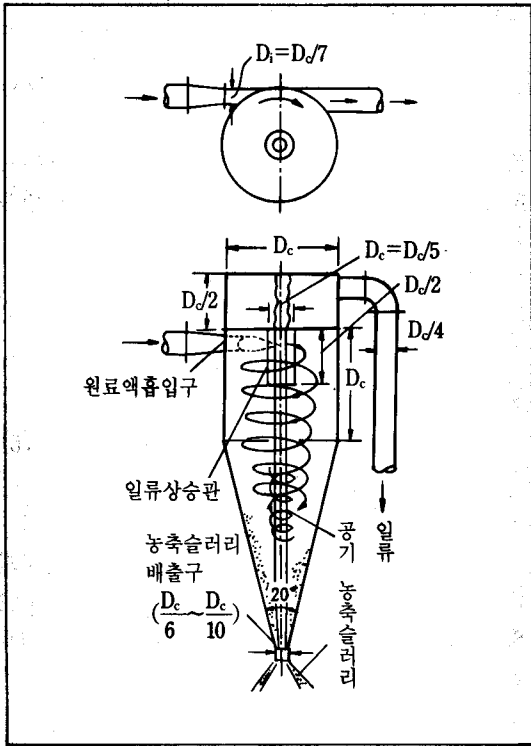


그림 5 표준형 액체 사이클론의 규격

액체사이클론의 흡입압력은 $0.5-2\text{Kg/cm}^2$ 으로서, 분리가능입자경은 소형 고성능에서는 $10-30\mu$ 대형 저압손실의 것에서는 $30-100\mu$ 정도이다.

4) 여과(Filtering)

여과란 기계적 분리법의 하나로서 현탁액을 포, 망 그리고 충전층등의 여과재(filtering medium)에 통과시켜 현탁액 중의 입자를 유체로부터 분리하는 조작이다. 원료인 슬러리(slurry or mud)를 여과시키면 여과재를 통과하는 여액(filterate)과 여과재상에 퇴적되는 여재(filter cake)로 분리된다.

여과의 목적은 결국 액체와 고체의 분리이지만 취급되어지는 원액의 종류에 따라서

- (i) 여액이 필요한 경우(청주, 상수, 등)
- (ii) 여재를 목적으로 하는 경우(무기 안료의 여과)
- (iii) 여재와 여액 모두가 가치가 있는 경우(염류 결정의 여과)
- (iv) 양자가 거의 무가치한 경우(공장폐수의 여과)

원액중에 고체가 상당량 많이 존재하여 여과 개시 후 단시간 내에 여과재상에 여재층이 생성되어 이후 여과가 여과재면 보다도 거의 여재층에 의해서 여과되는 경우를 여재여과(cake filtration)라 하며 대부분의 여과는 여기에 속한다.

이와 반대로 원액중에 고체 농도가 적을 경우는 여과재 자체와 여과재상에 퇴적된 얇은 층에 의해서 여과된다. 이 경우를 청징여과(clarifying filtration)라 한다.

그리고 여과재자신이 주 여과로 작용하는 경우를 여재여과(filter medium filtration)라 한다.

그림 6은 폐윤활유의 여과처리시 여포(Filter Cloth)가 막힘에 따른 여액투과율의 저하와 수명 연장을 위해 부탄놀과 2-에틸헥산놀과 같은 알코올을 5% 첨가했을때 성능향상 효과를 나타내고 있다.

이것은 고농도 알코올이 더욱 효과적임을 나타냈는데 여포의 막힘이 고휘형 알맹이(Particulate)의 축적에 의한것 보다는 2차 액상물질이나 에 멀전에 의한 것이 많다는 것을 의미한다.

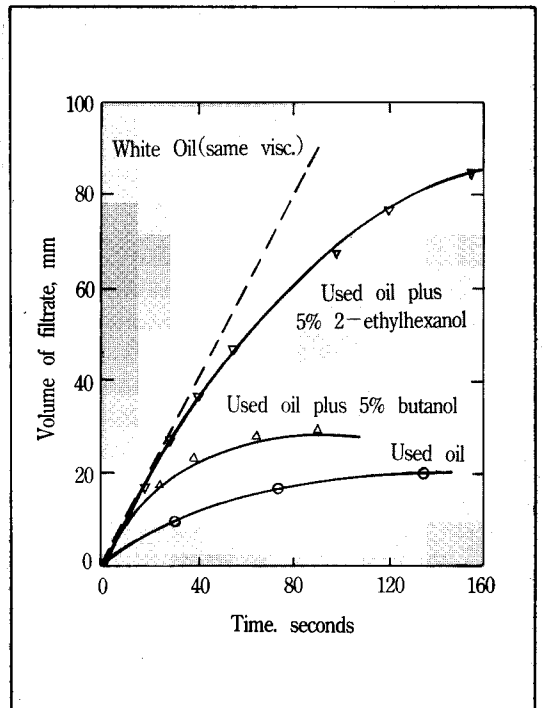


그림 6 알코올 증가율과 여액투과율

3.2 폐유공급, 예열, 분사기술

3.2.1 폐유의 일정유량 공급기술

자동차용 폐유 소각버너는 폐유의 특성상 밋손오일, 엔진오일, 스티어링오일등 점도가 다른 여러 종류의 오일이 혼합될 가능성이 많으므로 노즐로 분무되는 유량의 변화가 심해질 가능성이 많아 연소상 여러 문제점이 발생할 수 있다. 따라서 폐유의 일정유량 공급장치는 폐유소각버너에 있어 필수적인 기술이라 할 수 있다. 폐유의 일정유량 공급을 위해서는 공급펌프의 유량공급기술이 핵심이며 국내외에는 유량일정공급 펌프인 용적식 펌프가 개발되어 있다. 용적식은 기름의 점도에 관계없이 정한 용적만큼 임의로 유량을 조절할 수 있는 펌프로 소형 계측기등에 많이 쓰이고 있다. 또한 공급되는 유압을 일정하게하여 점도에 관계없이 공급유량을 일정하게 하는 기술이 개발되어 있다. 이 기술은 유압을 조정하는 기술로 압력 리미트 스위치를 이용하여 정한 압력이상으로 유량이 공급되는 경우 압력리미트스위치가 작동되어 폐유를 공급관으로 보내지 않고 되돌리는 방식이다. 이 기술은 압력스위치의 정확도가 핵심이며 폐유의 분사노즐로의 공급배관 이외에 폐유를 탱크로 돌리는 배관이 필요로 되는 단점이 있지만 대용량용 일정유량공급 펌프 기술로는 적합하며 폐유소각 버너에는 주로 이러한 형이 펌프가 많이 쓰인다.

3.2.2 폐유의 예열

폐유는 분무기에서 미립화하고 연소되기 위해서는 폐유의 점도와 점화온도에 따라 다르지만 방카C유가 주성분인 자동차용 윤활유는 예열장치가 반드시 필요로 된다.

폐유를 점도에 따라 최대의 분무효과를 얻어 연소효율을 높게하기 위해서는 분무기 직전 부분에 폐유의 예열장치가 필요로 된다. 너무 고온으로 예열시키면 기름이 분해되어 증질분이 석출하여 버너입구에 붙어버리는 경우가 있다. 또한 폐유중 잔존수분과 경질유분의 증발에 의하여 폐유공급중 맥동을 일으켜 연소가 불안정하게

되는 경우도 있다. 따라서 폐유의 예열장치는 분무기직전에 설치하여야 한다.

3.2.3 분사기술(미립화)

폐유의 소각에 있어서 분무에 의한 미립화는 연소장에서 다음과 같은 물리적, 화학적 효과가 있다.

- (1) 연료의 미립화에 의하여 연소장이 개선된다.
- (2) 산화제인 공기와의 혼합이 촉진된다.
- (3) 총 표면적의 증가로 인한 연료의 증발이 촉진된다.
- (4) 연소반응이 빨리 촉진된다.

미립화 과정은 액주의 분열, 액막이 미립화한 액막분열, 생성된 액적의 재분열에 의하여 설명되며, 단독 분열기구에 의한 미립화는 드물며 여러 기구가 동시에 순차적으로 진행된다.

일반적으로 연소기기에 이용되는 미립자법은 ①압력분사에 의한 방법 ②회전에 의한 방법 ③고속기류에 의한 방법이 주류이며 그 이외에 진동식과 충돌식 및 고압전전기식의 일부가 사용되고 있지만 방카C유가 주성분인 고점도용 폐유소각기에서도 압력분사방식이 주로 쓰인다. 압력분사방식은 압력에 의하여 분출구로부터 고속으로 분출시켜 미립화시키는 것이기 때문에 부화매체가 필요로 되지 않는다.

3.2.4 Air resister

에어 레지스터는 분무유에 연소용 공기를 혼합시키고 기름중에서 화염은 안정화시킴과 함께 공기유량을 조절하는 기능을 갖는다. 에어 레지스터는 에어레지스터팬, 보염기, 버너스토프 등으로 구성되어져 있다.

1) 보염기

보염기는 화염이 날려 꺼지지 않게 화염안정화의 주된기능을 갖는 것으로 스월러와 디퓨저로 분류된다. 스월러는 선회날개를 이용하여 공기에 선회를 주어 중심부에 부압을 형성시키는 것으로 비교적 강한 순환류를 생성시키는 것이며, 디퓨저는 공기류를 차단시키는 판 형식의 것으로 반경 방향에 있는 스트리트는 디퓨저의 냉각과 카본의 부착을 방지한다.

2) 레지스터팬

일반적으로 연소공기를 분무유와의 혼합을 촉진하기 위하여 레지스터팬에 의하여 선회를 시킨다. 레지스터팬은 고정식과 가변식이 있는데 가변식의 것은 팬의 열림각도의 조절에 의해 공기의 선회속도, 방향을 변화시킬 수 있고 그 결과 화염형상을 어느 정도 제어할 수 있다.

3) 버너스로트

레지스터팬을 통과한 연소용 공기는 버너스로트를 통하여 노내에 분출하는데 공기의 속도 분포와 흐름의 방향은 레지스터팬의 열림각도에 의해 지배를 받지만 최종적으로는 버너스로트에 의해 조절된다.

스로트의 유속이 느린경우는 화염의 온도가 높기 않게되며 반대로 유속이 빠른경우에는 화염의 온도가 높게 되지만 방사전열량이 적게 된다.

3.3 연소기술

3.3.1 유적 및 분무연소

분무연소방식은 연료를 연소실에 분사, 미립화한 분무를 연소장에 분산시켜 연소를 행하는 것으로 것이다. 노즐로부터 분사된 유적군은 방사전열등에 의해 가열되어 비점이 낮은 것으로부터 증발되어 간다. 단일 유적군의 증발과정을 포함한 전 연소시간은 초기입경의 제곱에 비례하기 때문에 분무입경을 작게하면 연소시간이 짧아지게 되며 양호한 연소가 이루어진다.

분사량은 분사압력의 평방근에 비례하며 또한 표면장력과 점도는 일반적으로 비례관계가 있다. 이상으로부터 점도가 높고 분사압력이 낮으면 평균입경은 크게되는 경향을 나타내기 때문에 미립화 성능을 양호하게 하기 위해서는 연료가열에 의한 점도조절과 분사압력을 상승시킬 필요가 있다.

3.3.2 화염구조

화염은 분사노즐을 기점으로 하여 흐름방향으로 안정화역, 혼합역, 확산염역으로 나누어진다. 화염의 길이는 버너의 형상, 기름의 종류, 분무각,

공기비, 공기선회각, 연소량등에 따라 변하지만 일반적인 버너에서는 연소량의 증대 공기선회각의 감소와 함께 길어지고 또한 공기비를 이룬 공기비 부분까지 낮게하면 길어진다.

선회강도는 일반적으로 슬로트 출구에 있어서 수윳수로 표현된다. 수윳수는 무차원 값으로 다음과 같이 정의 한다.

$$S = \frac{G_0}{G_x \cdot R} \tag{8}$$

G_0 : 각운동량(Kg · m²/sec²)

G_x : 축방향운동량(Kg · m/sec²)

R : 스로트반경(m)

3.3.3 연소의 반응기구

실제의 연소과정은 흐름과 혼합이라고하는 물리적인 인자에 지배되기 때문에 화학반응은 단지 발열이라고 가정되고 연소전후의 양론관계를 나타내는 총괄반응으로 나타내는 것이 많다. 그러나 NO_x등의 발생 억제를 고려하는 경우에는 화염대에서 연쇄적으로 행하여지는 각 화학종 가능성이 소반응 기구를 염두해 둘 필요가 있다.

연소의 화학반응속도는 분자 운동론에 의하면 연료와 산소분자가 단위시간에 단위체적중에서 일어나는 충돌수에 비례한다. 분자가 충돌하여도 실제로는 반응이 일어나기 위해서는 그것들은 반응분자가 갖는 에너지가 어느 이상치로 여기 되어야 한다. 환언하면 반응물질로부터 생성물질로의 변환에 있어서 넘어야할 에너지 장벽이 있고 그 높이를 활성화 에너지라고 한다. 활성화에너지는 반응분자마다 고유의 값을 갖는다. 전분자중 활성화에너지 이상의 에너지를 갖는 분자의 비율은 통계역학의 법칙으로부터 exp(-E/RT)로 된다 (단 가스정수(Kcal/mol/°K), T: 가스온도(°K))

3.4 폐열이용기술

폐유를 포함한 폐기물을 소각하면 열이 발생하게 되고 이 열을 유용하게 이용하기 위하여 회수해서 증기나, 온수로 열교환된 열이나 연소실외부에 신선한 공기를 열교환시켜 열풍으로

난방을하는 방법이 있고 대용량일때는 발전에도 이용가능 할 수 있다. 대용량일 경우는 System 전체의 Heat Balance와 열회수 한계의 검토에 따른 운전영역 설정이 전제되어야 하며 발열량의 변동에는 대응 방법이 필요하다. 한편 사용하기 편리하고 현장 적용이 쉬운 소형 폐유소각기는 그 수요의 폭이 넓어 시장이 크게 예측되기 때문에 Canada의 Reznor사의 제품의 예를 들어 간단히 소개한다.

1일 500kg이하의 폐유 발생업체나 소규모 작업장에 이용이 용이한 Reznor사의 폐유소각기는 SAE 40급의 폐유를 대상으로 하여 시간당 7.8ℓ/h의 폐유 분사로 235,000BTU의 열을 발생시키면서 폐유를 소각시킨다. Blower로 연소실과 배기 Duct주위에 신선한 공기를 공급, 열교환시켜 실내를 난방시키는 폐열회수법을 이용하고 있는데 이 기종의 소각기는 500Kg/D의 폐유 발생업체의 경우 3대로 24시간 가동시키면 전량을 소각시킬수 있으며 열량회수량은 사용조건에 따라 다르게 되나 발열량의 60-70% 정도가 한계로 예측된다. 사용조건으로서는 실내 분위기온도 설정치에 따라 운전자동화의 회로에 따라 운전이 되고 있다.

3.5 오염방지기술

엔진 윤활유의 주 성분은 C중유와 같으며 불포화가 없게 saturation하고 여기에 청정제, 산화방지제, Flow Improve, Viscosity Improve등을 소량 첨가한 것으로서 0.8-0.9%의 회분, 1.5-2.5%의 잔류탄소와 첨가제에 포함된 Ca, Mg, Zn, Fe, Cr등이 소량 함유되어 있고 그림 7과 같이 1% 이상의 황과 상당량의 인을 포함하고 있다.

폐엔진 윤활유의 소각시 고려해야할 대기오염 방지기술은 DeSO_x, DeNO_x와 카드뮴, 납, 크롬, 구리, 니켈, 아연 등의 화합물을 흡수나 흡착등으로 제거하는 기술이다.

표 3은 현재 가동 또는 개발중인 DeSO_x 기술을 나타내고 있다.

NO_x의 감소는 1차로 연소가스의 재순환이나 2차 연소등의 연소제어를 통하여 할 수 있으며 2차로 촉매 분해, 촉매환원, 흡수, 흡착등의 방법이 이

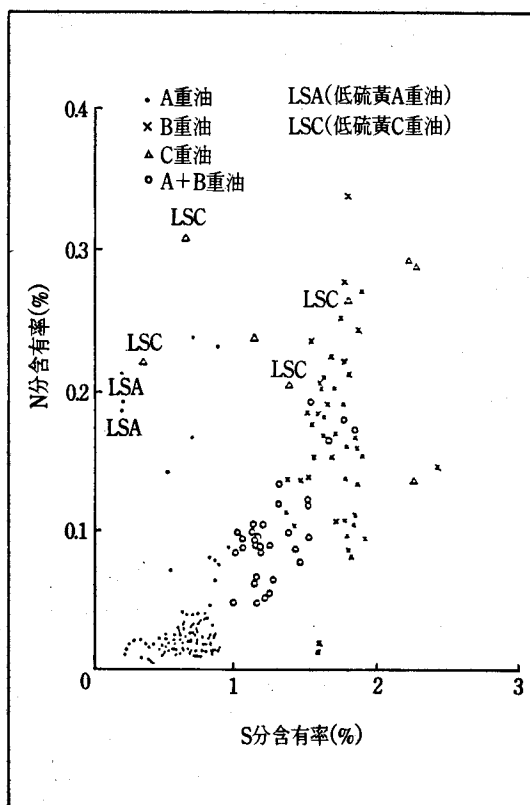


그림 7 중유의 S 및 N관계

용한다. 탈황과 탈질을 동시에 하는 기술의 연구가 오래전부터 검토되어 왔는데 현재 주류를 이루고 있는것은 물에 잘녹는 SO_x의 습식처리가 공정과 비교적 물에 잘안녹는 NO_x의 건식처리공정의 조합공정이고 최근에 전자빔에 의한 EBDS(Electron Bean Drying Scrubber) 공정의 연구가 이루어지고 있는데 SO_x, NO_x의 동시처리에 좋은 기술로 주목받고 있고 플라즈마를 이용하는 기술도 연구 되고 있다.

카드뮴이나 납과 같은 금속성분 또는 그 화합물들은 분진과 함께 배출되므로 증력집진, 관성력집진, 원심력집진, 세정집진, 여과집진 및 전기 집진장치등으로 제거할 수 있고 이외에 불소, 불화수소, SiF₄, 염소 및 HCl등과 같은 가스상의 유해물질은 흡수, 흡착의 직접연소, 점염산화등의 기술로 처리할 수 있다.

표 3 가동 및 개발중인 탈황기술

	공정명	공정흐름도	실용상황
습식법	석회석고법		대~중규모로 공장에서 실적이 많다
	수막법		소규모 공장에서 실적이 많다.
	소다법		유리, 펌프 산업이나 소규모 공장에 적용
건식법	활성탄법		석탄전소 107MW 130MW 1988년 운전개시
	전자빔법		석탄전소 24,000Nm3/hr 시험공장 완료
	석탄회이용법		석탄전소 350MW 실용기 운전개시
반건식	Spray Dry법		구미에서 실적 많다.

4. 결 언

현재 국내에서는 급증하는 자동차 폐윤활유의 처리를 위해 재생을 법적으로 정하고 있는데 수거의 문제점과 재생유의 질에 대한 인식부족 등

으로 효과적인 폐엔진 윤활유의 재생처리가 이루어지지 않고 있어서 무단 방류나 불법 투기로 환경문제를 야기하고 있다.

현재 자동차 폐유는 무연 연료의 사용의무화로 소각시 가장 문제가 되는 납 성분이 거의 없으므로

간단한 전처리와 오염방지후처리를 통해 발생지에서 직접연료로 사용가능한 것으로 판단되며 실제 외국에서 실시하고 있는 사례가 있다. 따라서 국내에도 수거비, 재가공비등을 포함하는 재생시 소요경비와 직접 소각시 경제성도 상호검토할 필요가 있으며 발생지에서 난방용연료와 같은 직접 연료로 사용할 수 있는 장치나 기술의 개발에 대한 지원과 아울러 폐유탄유처리 제도의 재검토가 필요한 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. Bayonile Ademondi, et, al 'Better Filtration of waste oil', 1978
2. 공해방지의 기술과 법규, 일본 통산성 입지공

- 해국, 1990.
3. Ralph, T.Yang, 'Gas separation by absorption processes', Butterworth, 1987.
4. D.M.Himmelblau, 'Basic principles and calculations in chemical Engineering', 3rd Ed., 1972.
5. Reznor, 'Manual of Used Oil Heater'
6. 신만중, '소각폐열이용 설비와 지역난방설비', 폐기물, 1993. 9
7. 환경처, '전국 산업폐기물 발생 및 처리현황 (1990)', 1991
8. 長谷聖一郎, '廢油處理の現況と問題點-環境保存とリサイクル' 潤滑經濟, 1993. 7
9. 藤田 稔, 'ヨーロッパにおける 潤滑油の 再生 -その 現狀と環境への 影響-', 1993. 7