

폐윤활유 정제기술

박 상 도

한국에너지기술연구소 에너지환경연구단

1. 서 론

우수한 기유와 첨가제들이 혼합된 양질의 윤활유라 할지라도 윤활유는 사용중에 차차 변질하여 그 성상이 저하하게 되는데 이와 같은 윤활유의 열화현상은 윤활유 자신이 일으키는 내부변화 즉, 화학변화와 외부적 요인에 의하여 생기는 윤활유의 오염 등에 기인하는 것으로 알려져 있다. 열화현상이 발생되면 폐윤활유는 주기적으로 교체하여야 하는데 소모성 물질이 아닌 윤활유는 국내에서 93년도 기준 연간 약 750,000 k1의 윤활유가 사용되어지고 있다. 윤활유 사용으로부터 발생된 폐윤활유는 첫째, 원유내의 윤활 성분이 10~15%인데 비하여 폐윤활유는 약 85% 이상의 윤활성분이 포함되어 있어 윤활기유의 회수율이 높으며 둘째, 폐윤활유내의 불순물은 윤활성분과는 물리화학적 성질이 달라 쉽게 분리될 수 있으며 셋째, 폐윤활유는 윤활유로서의 부적당한 물질은 이미 열화나 산화에 제거된 상태이므로 재정제가 용이하다는 장점이 있어 폐자원 재활용 측면에서 오래전 부터 관심의 대상이 되어왔다.

재정제 기술은 2차대전시 연구노력의 결과로 대단한 발전을 가져와 재정제유의 시장점유율이 한 때 상당한 수준에 이른 때도 있었으나(1990년대 미국의 경우 최고 18%), 석유 값의 하락 및 고체 폐기물의 공해문제, 저품질에 기인된 시장 확보문제, 폐윤활유 수집문제 등으로 상당히 위축 되었다. 그 이후 선진외국에서는 자원 절약 및 환경보호 차원에서 보다 경제성이 높은 새로운 공정을 개발하고자 APR(Association of Petroleum Re-refiners)와 같은 협회를 조직하여 환경보존, 수집 방법, 재정제 방법 등을 유기적으로 연구하여 왔다. 이와 같은 일련의 꾸준한

연구노력의 결과로 새로운 공정들이 많이 연구 개발 되었고, 특히 이중 KTI[1]에서 개발한 공정을 이용한 연간 2만톤의 상업화 공정이 그리이스에 조업되고 있는 실정이다.

국내에서도 1960년대에 폐윤활유의 재정제에 관심을 가져 KIST[2]에서 연구한 바 있었으나, 재래식 방법인 산/백토 처리에 용제 추출이 첨가된 것으로서 실용화 되지는 못하였고, 그후 철도기술연구소[3]에서 1972년부터 기관차에서 발생하는 폐윤활유를 재정제해 1981년도에는 어느 정도의 연구성과가 있었다는 보고가 있었다.

한편 한국에너지기술연구소에서는 폐윤활유의 효율적인 처리를 위하여 1983년부터 1987년까지 폐윤활유로부터 고부가 물질인 윤활기유 분리 정제를 목적으로 연구과제[4]를 수행, 기술을 축적하여 왔다. 이와 같은 연구는 그 당시 사회적 분위기로도 환경문제 차원 보다는 자원 절약 측면이 더욱 강조된 연구로서 비교적 간단한 연료유로의 정제보다는 재정제 비용은 더 들지만 고부가 물질인 윤활기유로 회수하는 정제방법을 주로 연구한 바 있었다.

그후 국내 폐윤활유 문제는 국가경제의 향상으로 인한 자동차 수요의 폭발로 폐윤활유의 발생량이 급격히 증가하고, 국민의 유해 폐기물에 대한 환경의식이 향상됨에 따라 폐윤활유의 처리는 점점 어려운 양상을 띄며 사회문제화 되자 정부에서는 급기야 폐윤활유는 윤활유 사용시 발생하는 부산물이므로 처리 역시 생산자가 책임져야 한다는 것을 근본 취지로 하는 1990년 8월 1일자 환경처 고시(제 90-12호)를 통해 폐윤활유 속에 있는 유해물질을 일정 수준 이상 제거 처리하면 폐윤활유를 연료유로 정제하여 제한된 업체에 판매할 수 있도록 조치하였다.

환경처 고시 이후 대부분의 국내 정제업체들은 윤활기유 시장의 복잡성과 윤활기유 가격의 하락, 제조공정의 난해성 및 정제비의 과다성 등을 들어 윤활기유로의 정제를 피하고 에너지 소비가 적고 공정도 비교적 간단한 물리적 분리공정이나 화학적 처리로도 정제가 가능한 연료유를 주로 생산하고 있다.

2. 폐윤활유 성상

2-1. 폐윤활유내의 오염물질

폐윤활유에 함유되어 있는 오염물질들의 종류는 매우 다양한 것으로서 윤활유를 구성하고 있는 윤활기유 성분, 첨가제에 포함된 성분, 사용과정에서 생성된 물질, 또는 폐윤활유를 수집하고 저장하는 과정 중에 이물질들의 혼합에 의해 일어나는 화학적 반응 생성물들로서 구성되어 있다. 예로 미국의 EPA에 의해 연구된 경우를 보면 PCB(Polychlorinated Biphenyl)와 같은 성분은 폐윤활유의 24가지 표본 중 4가지에서 미량으로 검출되었지만, 폐윤활유 수집과정에서 이들 표본들이 혼합되므로 일반적으로 폐윤활유 중에는 PCB가 존재한다고 알려져 있다. 미국의 EPA(Environmental Protection Agency)는 폐윤활유 중에 함유된 오염물질들을 PNA(PolyNuclear Aromatics), Nitrosoamine, Chlorinated Hydrocarbons, Various Trace Metals, Choline 등으로 분류하고 있는데, 이들 오염물질들은 대부분 오일 구성 물질 사이에서 화학적 작용에 의해 생긴것과 첨가제의 분리에 의해 생긴 것이다. 한편 크랭크실에 함유되어 있을 것으로 추정되는 구체적인 오염물질에 대한 오염원과 농도범위는 Table 1과 같다[5, 6].

2-2. 오염물질의 생성과정

폐윤활유에 존재하는 유기화합물로 구성된 오염물질의 대부분은 윤활기유 성분에서 기인되고, 사용 도중에 반응에 의해 생성되기도 한다. 크랭크실 오일이 오염되는 원인 중 물리적인 것으로는 엔진내에 유입된 가스 중에 미연소된 것이 실린더 밖으로 빠져 나오는 현상으로부터 매연이나 납이 유입되거나 먼지나 대기중으로

Table 1. 폐윤활유에 함유된 오염물질

성분	농도(PPM)		오염원천
	범위	평균치	
Metals			
Barium	10-1,630	820	A.P.
Aluminum	4-41	23	E.W./S.D.
Bromine	9-430	220	
Calcium	969-3,986	2,478	A.P.
Cadmium	1	1	
Chromium	8-65	37	E.W./S.D.
Copper	0-430	215	
Iron	10-750	380	
Lead	1-13,885	6,943	E.W./S.D./ L.G./C.P.
Magnesium	3-999	501	A.P.
Manganese	1-420	211	E.W./S.D.
Nickel	0-5	3	
Phosphorous	15-1500	758	A.P.
Sulphur	13,00-12,000	6,650	A.P.
Vanadium	0-13	7	
Zinc	20-2,500	1,260	A.P.
Chloride	300-3,000	1,650	
Nitrogen	300-6,000	3,150	A.P.
Semivolatle Organics			
Phenol	<10-25		P.B./O.U.
Pyren	30-45		P.B.
Ben(z)Anthracene	18-20		P.B.
Benzo(a)Pyrene	<5-<10		P.B.
PCB	<2-8		O.S.
Nitrosoamines			O.U.
Chrysene			P.B. P.B.
Benzo(C)-Phenanthrene			

A.P. : Additive Package

E.W. : Engine Wear

O.S. : Contamination of oil from outside sources

P.B. : Present in petroleum base stock

O.U. : Formed during oil use

S.D. : Contamination by soot dust

L.G. : Contamination from leaded gasoline

부터 오염물질이 유입되고, 엔진이 마모된 금속 입자, 녹, 불완전연소에 의한 연료, 엔진의 불완전 밀폐로 인한 냉매 또는 엔진 내에 유입된 가스 중 미연소된 것이 실린더 밖으로 빠져 나오는 증기에 의한 물의 유입 등이 있다. Ba, Ca, Mg, Na, P, Zn은 첨가제에 의해 오염된 것들이다.

마모나 오염에 의한 금속류에는 Al, Cr, Cu, Fe, K, Mn, Pb, Si, S 등이 있는데, Table 1에서 종합한 바와 같이 납의 함량이 두드러진다. 이러한 납은 가솔린에 들어간 것이 유입된 것인데, 현재는 유연휘발유가 생산되지 않으므로 납의 함량은 두드러지게 줄어든 상태다. 한편 공업용 윤활유는 그 사용 용도에 따라서 매우 다양한 물질을 가지고 있기 때문에 구체적으로 일반화할 수 있는 자료가 부족하여 대개 크랭크실 폐윤활유에 준하여 해석되고 있는 실정이다.

3. 폐윤활유 처리 기술

폐윤활유 정제방법으로는 폐윤활유 속에 잔존해 있는 유해물질을 비교적 간단히 화학적으로 처리하여 연료유로 재활용하는 방법과 고부가 물질인 윤활기유를 폐윤활유로 부터 물리화학적으로 분리정제해 윤활기유로 다시 사용하는 두가지 방법으로 대별되며 세계적으로도 이와 같은 방법이 함께 운용되고 있는 실정이다.

재정제 공정을 좀 더 구체적으로 살펴보면 폐윤활유의 재정제 공정은 단순한 침강, 여과에서 용매추출, 진공증류 또는 이들과 다른 공정의 혼합방법 등과 같이 다양하다. 70년대 말까지는 미국의 DOE 산하 BERCC(Bartlesville Energy Research Center)에서 개발한 BERCC 공정, Phillips Petroleum의 PROP 공정, 프랑스의 IFP 공정, Recyclon 공정 등과 같은 용매 추출법이 종래의 산/백토 처리를 대신한 폐윤활유 정제 기술로 각광을 받았으나, 최근에는 감압 증류법에 의한 재정제가 중심분야로 되어 가고 있다.

대표적인 감압증류공정으로는 스위스의 LUWA 공정, 네덜란드의 KTI 공정 등이 있으며, 이들 공정의 구성은 탈수 및 경질유분의 제거, 감압 증류, 수소화 정제 또는 백토처리, 분별 증류로 되어 있다. 이들 감압증류공정의 핵심부분은 Thin Film Evaporator에 의한 감압증류로 윤활유와 같이 열에 민감하고 점도가 높은 물질의 회수에 대단히 효과적인 것으로 알려져 있다. 후처리 공정으로는 수소화 정제와 백토처리를 들 수 있는데, 최근에는 폐백토 처리에 따른 환경오염문제와 재정제 윤활유의 품질향상을

위해 수소화 정제를 택하는 경향이 있다. 본 장에서는 이들 공정의 대표적인 것을 예로 들어 자세히 언급하고자 하였다.

3-1. 윤활기유로의 정제

윤활기유로의 정제는 고품질의 윤활기유를 만들어야 하므로 heating과 filtration 등의 전처리 공정과 감압증류 공정, 용제 추출 공정, 화학적 처리 공정 등의 핵심공정과 백토나 수소화 정제 공정 등과 같은 후처리 공정 등의 비교적 엄격한 단위공정들로 구성되어 있으며, 이와 같은 단위공정들로 구성된 폐윤활유를 윤활기유로 정제할 수 있는 대표적인 공정들은 Table 2와 같다. 대부분의 공정들은 약 70~80%의 수율을 나타내고 있으며, 정제유의 품질은 Virgin Oil과 비슷한 성상을 나타내고 있다

3-1-1. 산/백토 공정[7]

폐윤활유 재정제 공정 중 가장 간단한 공정이나 황산과 백토를 사용하는 관계로 재정제 부산물인 산/백토 슬러지 처리에 따른 환경오염 문제를 야기시키고 있다. 최근에는 윤활유 첨가제의 종류와 양이 많아짐에 따라 황산과의 반응성이 낮아 문제점이 많이 노출되고, 타 공장에

Table 2. 폐윤활유 정제 공정

공정	주요 단위공정	비 고
Acid Clay Process	Dehydration Acid treating Clay treating	1960년대에 널리 유행한 재래식 공정
BERC Process	Dehydration Solvent treating Distillation Clay or Hydrofinishing	미국의 BERCC에서 개발된 공정(용제 추출법)
IFP Process	Dehydration Propane treating Ultra-filtration	프랑스 IFP에서 개발
KTI Process	Dehydration Vacuum Distillation Hydrofinishing	네덜란드 KTI에서 개발 그리스에서 상업화
PROP Process	Chemical treating Clay contacting Hydrofinishing	미국 Philip Petroleum 사 개발
Recyclon Process	Chemical treating Distillation Fractionation	스위스 및 독일에서 개발

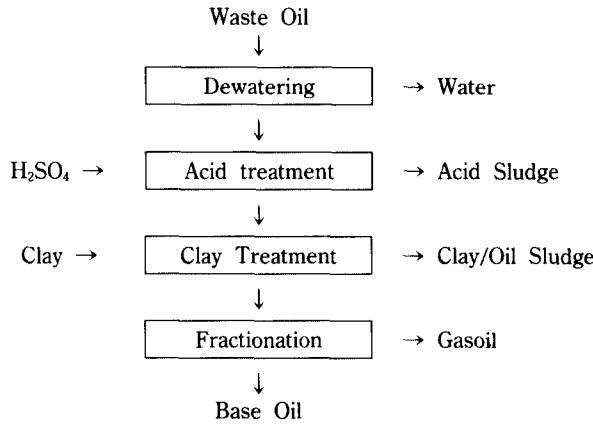


Fig. 1. 산/백토 공정 개략도

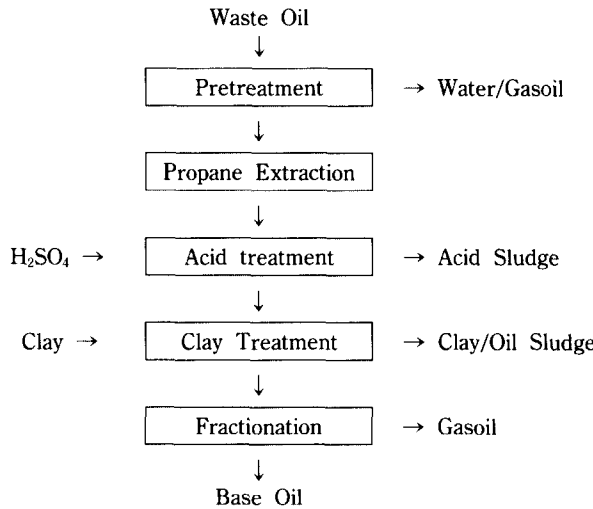


Fig. 2. IFP 공정 개략도

비하여 부산물의 환경오염이 심해 외국에서는 이미 사용이 금지되고 있는 공정이다.

산/백토 공정의 개략도는 Fig. 1과 같다. 폐유허유는 150°C 정도로 가열하여 수분과 경질유분을 제거한다. 이때 회수된 경질유분은 연료로 사용되며 수분은 폐수처리 공정으로 보내진다. 수분이 제거된 폐유허유는 약 40°C 정도에서 황산처리를 하여 약 24~48시간 동안 정지시킨다. 이때 투입되는 황산(92~98%)의 양은 4~7% 투입되며, 탈수된 유허유에 포함된 잉여수분의 양에 따라 황산의 소비량이 달라진다. 황산처리 공정에서 산화성 불순물이 응결되거나 금

속성분이 침전되어 생성된 산슬러지의 처리문제가 이 공정의 가장 큰 문제점이다. 산화물질, 금속성분 및 산슬러지가 제거된 기름은 백토처리 과정에서 색상 찌꺼기와 콜로이드형 탄소분이 제거됨으로써 정제유의 품질이 많이 개선된다. 백토는 산처리된 유허유 1개론당 약 0.5 lb 정도가 사용되며 전체적인 폐유허유의 수율은 45~75%이며, 수율은 조업조건과 원료의 조성에 따라 변한다.

3-1-2. IFP 공정[8]

프랑스의 The Institute Francais de Petrole (IFP)에 의해 개발된 공정으로, 개략도는 Fig. 2

와 같다. 이 공정의 특징은 프로판을 사용하여 첨가제와 불순물로부터 선택적으로 기유를 추출하는 것이다. 폐유헌유는 전처리 단계에서 300 °F 상압의 반응조건에서 수분이 제거 된다. 수분이 제거된 폐유는 용매 추출기로 보내져 첨가제와 불순물을 제거한다. 이 반응기는 고압에서 운전이 되며 프로판과 기름 용액을 침전시

킴으로써 비중차에 의해 분리가 일어나게 하는 것이다. 프로판과 폐유의 비율은 약 20 : 1로 사용되며 프로판과 폐유의 혼합액은 감압을 시켜 분리시킨 후 프로판 가스는 액화 후 재사용한다. 프로판이 제거된 폐유는 산/백토 처리를 한 후 최종 제품을 생산하는데, 기존의 산/백토 공정에서 황산의 사용량이 4~6%인데 반해 IFP

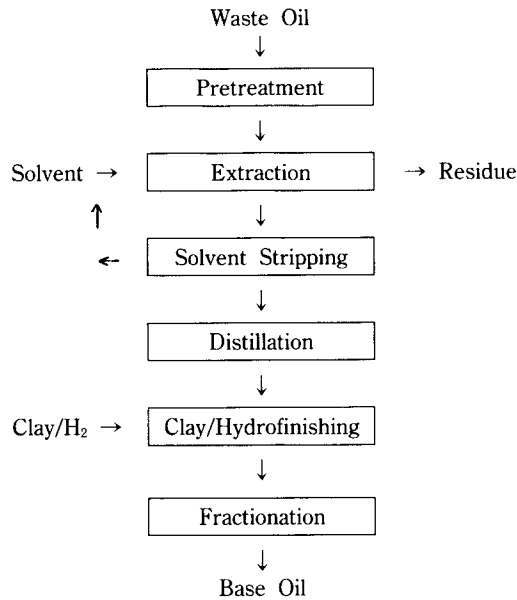


Fig. 3. BERC 공정 개략도

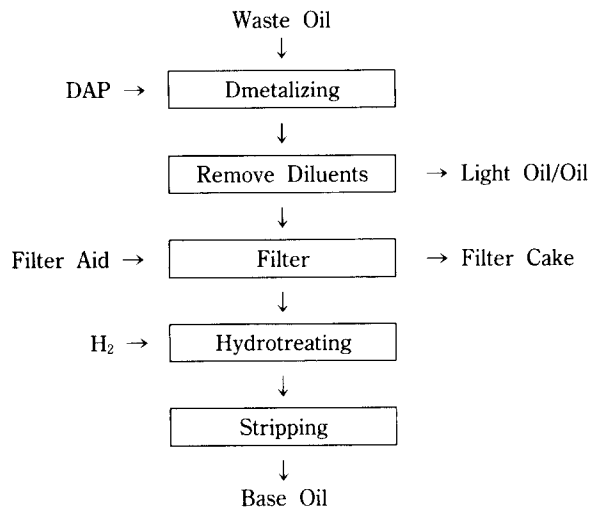


Fig. 4. PROP 공정 개략도

공정에서는 2% 정도만 요구된다. 그러나 산/백토 공정에서 생산되는 산슬러지의 량보다 양은 많이 줄었어도 이 산슬러지의 처리가 문제점으로 대두된다. 또한 Coking과 Fouling 현상을 감소시키기 위한 프로판 대 폐유의 비율이 매우 높으며 재정제 수율을 높이기 위해서는 프로판의 온도 및 압력을 높게 유지해야 하는 어려움이 있다.

3-1-3. BERC공정[9]

미국 DOE(Department of Energy)의 Bartle-

sville Energy Research Center에서 개발된 공정으로, 그 공정도는 Fig. 3과 같다.

전처리 과정에서 Coking 화합물과 Fouling 화합물을 제거한 후 용제와 혼합한다. 용제로는 2-Propanol: 1-Butanol: Methyl Ethyl Keton이 1:2:1의 비율로 섞인 용제가 사용되며, 용제 대 폐윤활의 비율은 3:1이다. 사용된 용제는 상압증류를 통해 회수되며 10 million gal/year 규모공정에서 하루에 보충해야 될 용매의 량은 1~2 드럼이다. 진공증류는 5 mmHg의 압력과

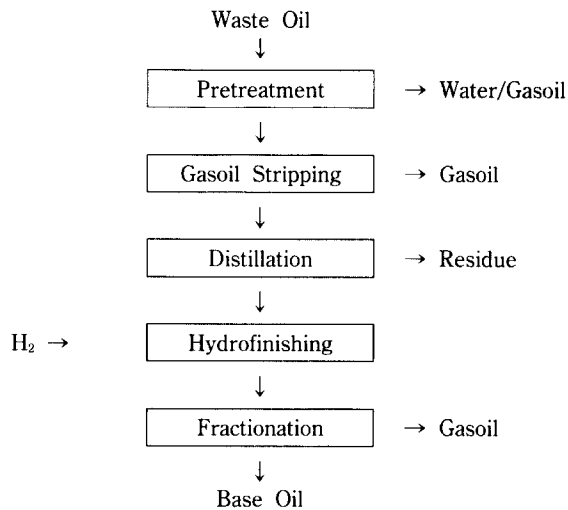


Fig. 5. KTI 공정 개략도

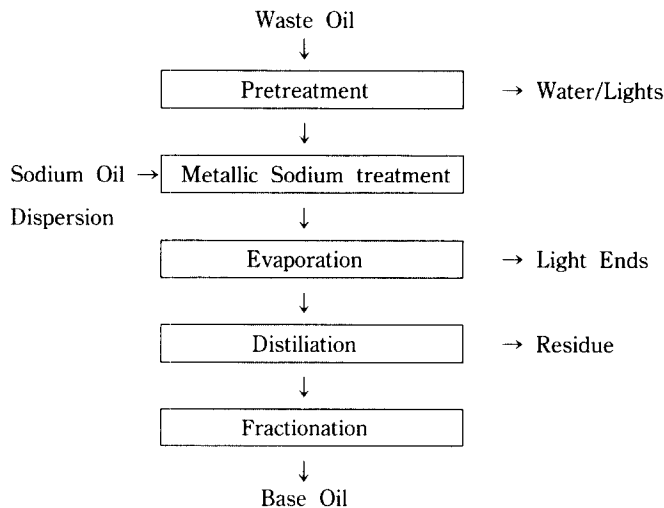


Fig. 6. Recyclon 공정 개략도

600 °F에서 행해지며, 후처리는 백토처리나 수소화 정제의 방법을 사용한다.

3-1-4. PROP 공정[10]

PROP(Phillips Re-refined Oil Process)는 미국의 Phillips Petroleum에서 개발된 공정으로 공정의 개략도는 Fig. 4와 같다.

폐윤활유는 Diammonium Phosphate(DAP) 수용액과 반응하여 물과 기름에 대해 수용성이 낮은 금속 반응물을 형성하고, 형성된 반응물은 고액 분리 방법에 의해 제거처리한다. 이때의 반응조건은 320~430°F, 90~350 psig이며, 이 반응이 일어나는 동안 물과 경질유분이 제거된다. 기름은 수소와 혼합시킨 후 백토층을 통과시켜 무기물질을 제거한 후 촉매층을 통과시킨다. 이 수소처리 공정에서 유황 화합물, 질소 화합물, 염화물을 제거하여 색상을 향상시킨다. 최종 Stripping 단계에서 윤활유 중의 경질유분을 한번 더 제거한다. Phillip에서는 이 공정의 수율이 90% 이상되며, 금속 제거 공정 중 생성된 부산물은 매립함으로써 안전하게 처리될 수 있다고 보고 하고 있다.

3-1-5. KTI 공정[11]

이 공정은 네덜란드의 Kinetics Technology International(KTI)에 의해 개발된 공정으로, 그 개략도는 Fig. 5와 같다.

KTI 공정에서는 전처리 과정에서 수분과 가솔린이 증류에 의해 제거되며, 진공 Stripping에 의해 Gas Oil이 제거되며, 감압증류에 의해 윤활유와 Residue가 분리된다. 이 공정은 Gulf사의 Hydrofinishing 공정을 채택하여 색상을 좋게 하고 냄새를 제거한다. 윤활성분의 수율은 수분이 제거된 폐윤활유 기준으로 평균 약 82%이며, 약 8% 정도 생산되는 Bottom Residue는 아스팔트용으로 사용되거나 발전소나 시멘트 Kiln의 연료로 사용될 수 있다. KTI 공정의 장점으로서는 품질이 좋은 윤활유의 재정제가 가능하며 환경을 오염시키는 부산물의 생성이 최소화 되며, 공정의 각 단계에 대한 대형화 운전에서의 텍스트가 완료되었다는 점이다. 단점으로는 300°C 이하의 온도에서 윤활유 증류에는 초저압이 필요한데, 이와 같은 압력을 Full Scale 규모의 공장에서 유지하는 것이 어렵다는 점이다.

3-1-6. Recyclon 공정[12]

나트륨이 Recyclon 공정 중 폐윤활유 중의 오염물질을 제거하는데 중요한 역할을 하는 것을 핵심으로 하고 있는 것으로서 공정 개략도는 Fig. 6과 같다.

폐윤활유는 우선 수분과 경질유분을 제거하기 위해 증류탑으로 보내진다. 증류는 약 20 mmHg의 진공에서 행해지며 이 공정을 거치면 수분의 함량은 0.1%로 줄어든다. 탈수가 된 폐유는 Sodium Emulsion과 교반되는데, Sodium Emulsion은 엔진오일과 조성이 비슷한 기유에 5~10 μm 크기의 Sodium 입자가 유화된 것이다. 이때 최고 반응온도는 240°C이며, 폐유 중의 불순물들은 염이나 고분자 물질로 변해서 증류가 되지 않는다. Sodium으로 처리된 폐윤활유는 Thin Film Evaporator(TFE)를 통과하여 유분과 Bottom분으로 분리된다. 이때 생성된 유분의 색상이 밝고 냄새 등이 전혀 없어 색상 향상 및 냄새 성분제거를 위한 백토처리나 수소화 정제 등의 추가 공정이 불필요하다. 이 공정의 수율은 약 70% 정도이다.

3-2. 연료유로의 정제

연료화 정제공정의 목적은 폐윤활유 내에 포함되어 있는 오염물질 중 환경오염이나 연소시 문제를 야기시키는 물질을 모두가 아니더라도 환경규제치 이상으로 제거시키고자 하는 것으로서, 처리방법으로는 폐윤활유 내에 있는 고체 폐기물, 수분, 기타 불순물 등을 제거하기 위한 Settling, Centrifugation, Filtration의 단위공정들과 단위공정의 혼합공정들이 적용된다. 또한 Settling을 효과적으로 처리하기 위해 폐윤활유

Table 3. 6개업체 폐윤활유 처리공정 및 능력[13]

업체별	정제공정	처리량(드럼/일)
동성산업	이온정제	600
삼성정유	이온정제	450
	크랙킹	130
성립유화	이온정제	480
대호석유	이온정제	450
화인	이온정제	600
동남정유	이온정제	450

를 가열하기도 하며 수분과 경질유분을 증발하기 위한 증류공정을 거치기도 한다. 일반적으로 연료유 정제공정의 세계적인 추세는 윤활기유 정제공정과 같이 대표적으로 소개되는 공정은 없으며, 폐윤활유를 연료유로 쓰기 위해 요구되는 재정제유 성상에 따라 단위공정의 type과 degree가 결정되어져 사용된다. 이와 같은 현상들은 세계 각국의 폐윤활유 특성과 폐윤활유 이용을 위한 관련규제 등이 각국마다 다르며, 또한 폐윤활유속에 포함되어 유해 폐기물을 연소이용 전이나 후에 제거시키는 방법에 따라 연료유로의 폐윤활유 정제기술이 다르게 적용되기 때문인 것으로 풀이된다.

참고로 국내에서 응용되고 있는 연료화 정제공정을 살펴보면 Table 3과 같다. 본 고에서는 Table 3에서 나타난 공정 중에서 대표적으로 운영되는 이온정제공정과 크래킹 공정, 당 연구소에서 개발한 KIER 공정에 대해서만 언급해 보기로 한다.

3-2-1. 이온정제

Fig. 7의 공정을 갖는 이온정제 공정은 고분자 응집제를 비롯한 해당약품을 약 5% 정도를 폐윤활유에 투입한 후 반응기에서 약 80°C 까지 가열 교반시키면서 반응시킨다. 반응된 반응물질은 증류기로 옮겨 100°C 이상으로 가열시키면서 수분을 제거한다. 수분이 제거된 반응물은 Decanter로 불리우는 고액 분리기로 보내져 반응이 되어 금속염을 형성하고 있는 고형물질들을 슬러지 형태로 분리해낸다. 이러한 공정의약품비는 드럼 당 약 2,000원이 소요되고 있는 것으로 알려져 있으나, Table 4와 같은 정제 연료유의 분석결과 중 회분 함량을 볼 때 이온정제 공정의약품투여 효과는 회의적이라 할 수 있다.

3-2-2. Thermal Cracking 공정

삼성정유 공장에 설치된 Thermal Cracking 공정은 캐나다에서 수입된 고성능 열분해 장치로서, 이 공정의 개략도는 Fig. 8과 같다. 이 공정의 특성을 살펴보면 수집된 폐윤활유는 수분을 일단 제거한 다음 열분해 장치로 이송해 약

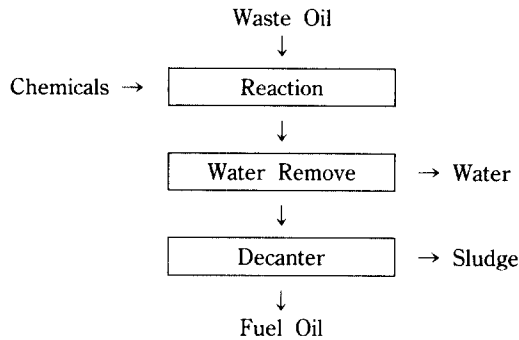


Fig. 7. 이온정제 공정 개략도

Table 4. 연료화 공정별 폐윤활유 정제도 분석 결과[13]

＼	정제기준	폐윤활유	이온정제	크래킹	KIER	시험방법	
잔류탄소분(%)	8	1.90	1.41	0.02	0.91	KSM 2017-91	
수 분(%)	1.0	0.2	0.13	Trace	0.01	KSM 2058-90	
황 분(%)	1.0	0.84	0.61	0.2	0.4	KSM 2027-92	
회 분(%)	1.5	1.27	0.85	0.01이하	0.16	KSM 2034-90	
금속분	카드뮴(PPM)	2	0.3	미검출	0.2	ICP	
	납(PPM)	100	40.45	＼	15.5	ICP	
	크롬(PPM)	10	0.1	2.65	＼	미검출	ICP
	비소(PPM)	5	미검출	미검출	＼	미검출	ICP

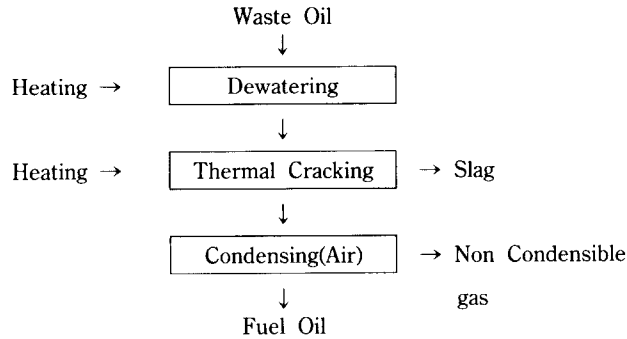


Fig. 8. Thermal Cracking 공정 개략도

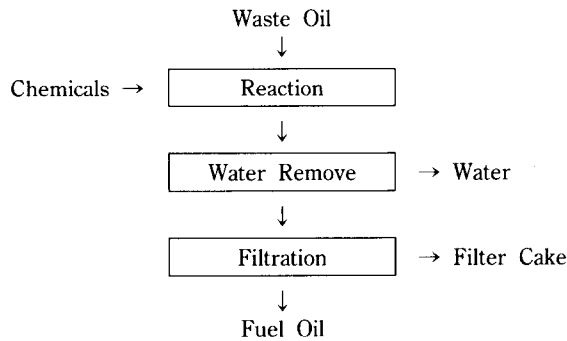


Fig. 9. KIER 공정 개략도

700°C 근처에서 윤활 성분을 증발시킨 후 바로 연결되어 있는 공냉식 응축기에서 대부분의 윤활성분을 응축시켜 연료유로 회수하는 것이다. 응축되지 않는 개스는 연소 제거되고, 폐윤활유 속에 잔존하는 회분 성분이나 중금속 성분들은 열분해 장치 하단에 고형 슬러지 형태로 남겨진다. 이 공정의 성분은 모든 것이 자동화되어 있어 운전 인원이 많이 필요치 않고 사용 에너지가 드럼당 1,500원 정도 드는 저렴한 정제비를 들 수 있으나, 장치의 보수관리가 용이하지 않고 정제유의 품질에 약간의 문제가 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 이 장치의 무엇보다 큰 장점은 정제유의 회분 함량이 B/C유 수준이라는 점이다.

3-3. KIER Process

한국에너지기술연구소에서 개발한 KIER 공정은 폐윤활유에 화학약품을 투입한 후 일정시간 반응시켜 오일이나 물에 용해도가 낮은 금

속염을 형성시켜 폐윤활유로부터 중금속이나 회재성분을 분리제거하는 공정으로, 개략도는 Fig. 9와 같다. 반응메카니즘상에서 볼 때 폐윤활유속에 존재해 있는 중금속들은 신유제조 시 첨가된 산화방지제인 Zinc Dithiophosphate로 존재하는 Zinc와 Phosphorous를 제외하고는 거의 모든 금속이 반응을 일으켜 금속염을 형성하여 제거시킨다. 반응된 폐윤활유는 약 1%의 고형 슬러지를 포함하게 되며, 폐윤활유 속에 잔존해 있는 경질유분과 수분들은 수분제거 공정에서 제거된다.

수분이 제거된 반응물은 여과기에서 정제유와 고형폐기물로 분리처리된다. 한편 반응시 Temperature Cycling이 적용되기도 하는데, Temperature Cycling은 Phosphorous 화합물의 열분해를 유발하고 분산되어 있는 고체 입자들을 덩어리로 만들어지게 하여 Filtering을 용이하게 한다. 이와 같이 일련의 공정을 거치게 되면 상당량의 회재와 중금속이 정제유로부터 분리

제거된다.

4. 결 론

1. 폐윤활유 재정제에 이용되는 공정은 화학 공학 측면에서 볼 때 분리정제 공정들을 조합하여 적용처리하는 기술들이므로, 최적 폐윤활유 정제 공정이란 각각의 물리 화학적 단위 공정을 원료인 폐윤활유 성상에 맞추어 정제하고자 하는 품질 수준으로 정제할 수 있도록 적절히 조합 응용 적용하는 것이다.

2. 윤활기유로 정제하는 최선의 방법은 감압 증류공정을 핵심으로 정제공정을 구성하는 것이고, 연료유로 정제하는 최선의 방법은 간단한 단위공정을 적용하여 회재성분을 일반 Fuel Oil 수준으로 정제할 수 있는 공정을 구성하는 것이라 하겠다.

3. 폐윤활유 자체 성분을 볼 때 폐윤활유에는 고급자원인 윤활성분이 80% 이상 존재하는 등 폐기물로서는 매우 가치 있는 물질이므로 이를 재활용할 시에는 연료유로의 정제보다는 고부가 물질인 윤활기유를 회수할 수 있으므로 고유가 시대를 대비해 이에 대한 기술축적은 필수적이라 하겠다.

참 고 문 헌

1. Kinetics Technology International, "KTI-Process

- for Re-refining of Waste Lubricating Oil", 1982.
2. 한상준 외 2인, "내연기관용 폐윤활유 재생법", 특허공보 제 183호, 1968.
 3. 이창섭, 정진원, "폐윤활유 재생에 관한 실험 연구", 제 13권 제 2호, 107-115, 철도기술연구소, 1979.
 4. 박상도 외 5인, 한국에너지기술연구소, 연구보고서, 1983-1987.
 5. Blatz, F.J & Redall, R.F., "Re-refined Locomotive Engine Oils and Resource Conservation", Motor Oils Refining Co., McCook Illinois 60525, 619~624.
 6. Whisman, M.L., *et al.*, "Waste Lubrication Oil Research; Characterization of Base Stocks from used Lubricating Oils. Part. 1.U.S. Energy Research & Development Administration Office of Public Affairs, Technical Information Center. June, 1975.
 7. Stringer, P.L., *et al.*, "Properties of Base Stocks Obtained from used Engine Oils by Acid/Clay Re-refining", National Research Council Canada, Ottawa, Sep. 1980.
 8. Parc, G., Born, M. & Rojey, A., "Process for Regenerating used Lubricating Oils", U.S. Patent 3, 919, 075.
 9. Whisman, M.L., *et al.*, "Re-refining makes Quality Oils", Hydrocarbon Processing, 141-145, Oct, 1978.
 10. Linnerd, R.E. & Henton, L.M., "Re-refine Waste Oil PROP", Hydrocarbon Processing, 148-154, Sep. 1979.
 11. Van Weenen, W.F., "Re-refining Plant in Greece, Applied by KTI Relube Process", Kinetics Technology Int. Corp., The 5th Int. Conf. of used Oil Recovery and Reuse, Nov. 17. 1983.
 12. Fauser, F. and Ritz, W., "Recyclon-Anew Method of Re-refining Spent Lubricating Oils without Detriment to the Environment", Conservation & Recycling, 3, 135-141, 1979.
 13. 윤활유공업협회 자료 1994, 4.