

Sys 2128241

ESCOLA POLITECNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

PROJETO MECÂNICO

RERREFINO DE ÓLEO LUBRIFICANTES
USADOS DE MOTORES DE COMBUSTÃO
INTERNA

- ANÁLISE DE PROCESSOS EXISTENTES
- PROCESSO NÃO CONVENCIONAL
(ESTUDO INICIAL)

1982

Autor: GUY HARARI

Orientador: Prof. Dr. JOSÉ
MARIA SAIZ JA
BARDO

SUMÁRIO

O autor apresenta, de uma maneira bastante completa e abrangente, o tema rerrefino de óleos lubrificantes usados de motores de combustão interna, abordando lubrificantes novos e usados, os processos de rerrefino atualmente utilizados e as novas tecnologias em desenvolvimento, culminando com uma proposta de rerrefino não-convencional. São apresentados e analisados os processos existentes de rerrefino, inclusive aspectos de ordem técnica, econômica e ambiental, fornecendo subsídios para novas tecnologias, cuja pesquisa seria interessante se desenvolver em nosso país tendo em vista que outros países já detêm tecnologia própria com processos de alto rendimento e com menos (ou nenhum) resíduo poluente, ao contrário do processo convencional (ácido/argila) utilizado no Brasil. As premissas seguintes justificam a preocupação do autor:

- Demanda sempre crescente de óleos lubrificantes;
- Aumento dos preços do petróleo, além deste não ser uma fonte inexaurível de matéria-prima;
- O óleo lubrificante usado pode ser considerado como matéria-prima para a fabricação de óleos lubrificantes básicos novos, contribuindo para o suprimento da demanda mundial;
- A utilização do óleo usado para o rerrefino tem se mostrado economicamente viável, tornando-se uma alternativa melhor do que sua utilização como combustível.

A meus pais que me permiti
ram alcançar o título de
"Engenheiro"

AGRADECIMENTOS

Aos professores e funcionários do Departamento de Engenharia Mecânica da EPUSP, que possibilitaram e acompanharam o desenvolvimento desta etapa inicial de minha carreira profissional.

Aos Srs. Garcia (professor do departamento), Horus Serra (diretor da Diesel Limpo e antigo professor do departamento) e Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) pelas breves mas acertadas informações fornecidas.

À SHELL S.A., RHODIA S.A., Conselho Nacional de Petróleo (CNP), Petrobrás (RPBC - Refinaria Presidente Bernardes - Cubatão), pelo material bibliográfico cedido.

Às Bibliotecas do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), do Instituto de Química da USP, dos departamentos de Engenharia Química e Engenharia Mecânica da EPUSP.

À Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia (FDTE) por aceitar minha inscrição no curso de atualização "Destilação", bem como aos professores deste curso.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Ao amigo e professor orientador Dr. José Maria Saiz Jabardo, que não só acompanhou e orientou a elaboração deste trabalho, mas também indicou o tema (inicialmente desconhecido por completo e agora julgado fascinante), num momento de indecisão do engenheiro, e compreendeu as dificuldades encontradas, valorizando o estágio de desenvolvimento atingido.

PREFÁCIO

No início deste trabalho, imaginávamos tratar-se de aplicações de mecânica dos fluidos, transmissão de calor e termodinâmica, num tema jamais abordado por engenheiros deste departamento, que poderia ser uma contribuição inédita para o acervo de projetos ou trabalhos de formatura já constantes em nossa biblioteca.

Posteriormente, ao nos aprofundarmos do assunto, fomos descobrindo o vasto campo de pesquisa que constitui a tecnologia do rerrefino de óleos lubrificantes. Desta forma, tendo em vista a escassa literatura brasileira a esse respeito, decidiu-se mudar a orientação do trabalho, dirigindo-o para a etapa de estudo do projeto de rerrefino, onde procuramos reunir, neste volume, a literatura nacional e estrangeira (principalmente dos E.U.A. e França), abordando o tema de uma maneira completa e abrangente, com a apresentação dos diversos processos existentes no mundo, culminando com uma sugestão de um processo não convencional.

Estamos conscientes de que esse tema é inesgotável e está em pleno desenvolvimento em diversos países, motivo pelo qual não pretendemos que o trabalho aqui termine.

No entanto, temos certeza de que este volume reúne uma quantidade enorme de informações, bem ordenadas, numa sequência bastante lógica, que poderá introduzir qualquer pesquisador e/ou engenheiro no assunto, desde as noções de óleos lubrificantes até os processos de rerrefino, permitindo a continuação desta pesquisa.

Este trabalho poderia ser continuado por este engenheiro através de mestrado na área de Engenharia Química, ou por outros organismos, empresas e centros de pesquisas, onde haveria a possibilidade de realização de ensaios em laboratório e maiores meios de comunicação (com outras entidades nacionais e estrangeiras), recursos humanos e financeiros.

Finalmente, a experiência adquirida durante o desenvolvimento deste trabalho, tanto com relação aos contatos efetuados com empresas e pessoal especializado e à pesquisa e organização dos dados e bibliografia disponíveis, como com relação à consolidação dos conhecimentos técnicos e da formação construída na universidade, é o aspecto de maior importância a ser destacado.

ÍNDICE

	<u>PÁG.</u>
INTRODUÇÃO	1
<u>CAPÍTULO I - LUBRIFICANTES</u>	2
1. Princípios de Lubrificação	4
2. Tipos de Lubrificantes	5
3. Características Físicas dos Lubrificantes	7
4. Lubrificantes Líquidos Minerais	9
5. Aditivos	17
6. Classificação dos Óleos Lubrificantes	20
7. Refino e Manufatura de Lubrificantes de Petróleo....	23
8. Lubrificação de Motores de Combustão Interna e Contaminação do Óleo	31
<u>CAPÍTULO II - RERREFINO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES USADOS...</u>	35
9. Óleos Usados - Composição	36
10. Rerrefino de Óleos Usados - Introdução	41
11. Descrição de Processos Físicos e Químicos Utili- zados na Indústria do Rerrefino	44
12. Processos (Tecnologias) de Rerrefino de Óleos Lubrificantes Usados de Motores de Combustão Interna	48
13. O Rerrefino no Brasil (Empresas e Legislação).....	89
14. Os Números do Rerrefino - Brasil	94
15. Aspectos Econômicos do Rerrefino	97
16. Incentivos ao Rerrefino	100
<u>CAPÍTULO III - PROPOSTA DE PROCESSO NÃO CONVENCIONAL DE RERREFINO</u>	102
<u>CONCLUSÃO</u>	106
<u>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS</u>	107
<u>ANEXOS:</u>	
Catálogo Wiped-Film-Evaporator-PFAUDLER	
Catálogo Ultra Filtração - RHÔNE-POULENC	
Catálogo Óleos Lubrificantes - SHELL	
Aparelhagem de Laboratório (Ref.Bibl.:Nelson)	

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento industrial demanda, a cada dia, uma maior quantidade de óleos lubrificantes de alta qualidade.

No entanto, a disponibilidade desses óleos lubrificantes é função da disponibilidade de petróleo cru selecionado, cuja capacidade de produção mundial tende a não acompanhar o incremento da necessidade mundial de óleos lubrificantes.

Conseqüentemente, uma política adequada de reaproveitamento dos óleos lubrificantes usados se faz necessária a partir desta década, para a contribuição do suprimento da demanda mundial. A esta política chamamos de rerrefino de óleos lubrificantes usados (que gerará óleos lubrificantes novos).

Uma recente constatação foi a de que rerrefinar óleo usado é preferível à sua queima. O rerrefino contribui para a conservação, preservando um valioso recurso natural e eliminando um produto poluente. Para esse fim, nosso objetivo é o de prover um suporte bibliográfico para a indústria do rerrefino, a maioria composta por pequenas empresas.

CAPÍTULO I - LUBRIFICANTES

1. Princípios de lubrificação
2. Tipos de lubrificantes
 - 2.1- Oleos
 - 2.2- Graxas
 - 2.3- Composições betuminosas
3. Características físicas dos lubrificantes
 - 3.1- Densidade
 - 3.2- Ponto de fulgor
 - 3.3- Ponto de combustão
 - 3.4- Ponto de fluidez
 - 3.5- Ponto de névoa
 - 3.6- Viscosidade
 - 3.7- Índice de viscosidade
 - 3.8- Cor
 - 3.9- Outros
4. Lubrificantes líquidos mineiras
 - 4.1- Introdução
 - 4.2- Tipos de óleos minerais
 - 4.3- Comparações e comentários
5. Aditivos
 - 5.1- Introdução
 - 5.2- Tipos de aditivos
6. Classificação dos óleos lubrificantes
 - 6.1- Classificação SAE
 - 6.2- Classificação de Serviço de Motor e de Desempenho do Óleo de Motor (API, SAE, ASTM)
7. Refino e manufatura de lubrificantes de petróleo
 - 7.1- Introdução
 - 7.2- Etapas do refino do petróleo
 - 7.3- Tratamento dos lubrificantes

8. Lubrificação de motores de combustão interna e contaminação do óleo

8.1- Métodos de lubrificação mais comum

8.2- Purificação do lubrificante (filtro de óleo)

8.3- Principais propriedades dos óleos para motores

8.4- Contaminantes, suas fontes, possíveis efeitos nos lu
brificantes de motores de combustão interna

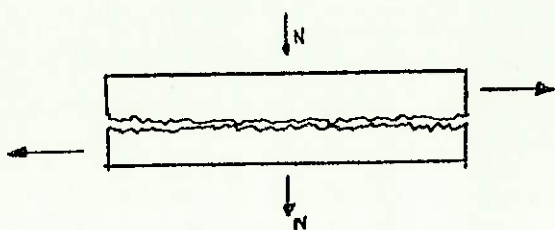
1. PRINCÍPIOS DE LUBRIFICAÇÃO

O conceito de "atrito" surge com o aparecimento do movimento relativo entre dois corpos. Este atrito representa uma perda de energia na forma de calor, além de provocar ruído e desgaste dos corpos, podendo levar à sua ruptura.

Assim, a interposição de uma película de um fluido adequado entre as superfícies em movimento relativo é chamada de "lubrificação".

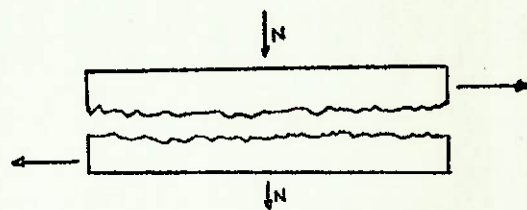
As principais vantagens de ordem técnica, decorrentes da lubrificação fluida são:

- redução do desgaste
- diminuição das perdas por atrito
- aumento de segurança em operação



Contato metálico

hã duas superfícies em movimento relativo, sem lubrificação de espécie alguma; o atrito é diretamente proporcional à força aplicada contra as superfícies em movimento.



Separação pelo lubrificante

temos o denominado atrito fluido onde deve existir entre as superfícies uma película de espessura maior que a soma das alturas das rugosidades das duas superfícies a serem lubrificadas.

Enfim, genericamente, as principais funções dos lubrificantes são:

- | | |
|---|-----------------------------------|
| 1. Controle do atrito | } lubrificação, propriamente dita |
| 2. Controle do desgaste | |
| 3. Controle de temperatura (refrigeração) | |

4. Controle da corrosão
5. Isolação (elétrica)
6. Transmissão de potência (hidráulica)
7. Amortecer choques (amortecedores, engrenagens)
8. Remoção de contaminantes (limpeza)
9. Vedação (graxas)

Consideremos, para efeito deste trabalho, apenas os óleos lubrificantes de motores de combustão interna.

2. TIPOS DE LUBRIFICANTES

2.1- Óleos

2.1.1. Óleos Minerais : são produzidos de crus de composição muito variada, mas formados por grande número de hidrocarbonetos, podendo ser classificados por:

- parafínicos
- naftênicos
- aromáticos

2.1.2. Óleos Graxos : são óleos de origem vegetal ou animal. Foram os primeiros lubrificantes utilizados, satisfazendo às modestas necessidades da época em que predominava a tração animal. A industrialização progressiva dos centros de produção tornou imperativa a substituição dos óleos graxos pelos produtos derivados do petróleo.

2.1.3. Óleos Compostos : certas aplicações especiais requerem, muitas vezes, o uso de óleos compostos, que consistem na mistura de óleos graxos com óleo mineral, conferindo ao produto obtido uma maior oleosidade e também uma maior facilidade de emulsão em presença de vapor.

2.1.4. Óleos Sintéticos. : são lubrificantes "criados" em laboratório, especialmente para oferecer características especiais de viscosidade, resistência a temperatura elevadas ou muito baixas, de forma a atender aplicações especiais em algumas indústrias. Tendem a ser de custo bastante elevado, devendo ser empregados, portanto, só em casos específicos que não podem ser atendidos pelos lubrificantes minerais.

2.2- Graxas

As graxas lubrificantes são dispersões estáveis de sabões em óleos minerais. Apresentam-se, sobretudo, em função do tipo de sabão empregado, com determinada textura, que poderá ser fibrosa, untuosa ou amantigada. Alcançam sua estabilidade-fator importantíssimo à sua conservação - com a adição de agentes estabilizantes específicos, tais como glicerina, ácidos graxos, água, etc... Fabricam-se essas dispersões de modo a se obter produtos semifluidos ou pastosos, que possam ser aplicados como lubrificantes nos pontos em que seria pouco prático, ou quase impossível, o emprego de óleos, uma vez que estes, em virtude de sua fluidez, não ficariam retidos. Podem ser à base de sabão de cálcio, de sódio ou de lítio.

2.3- Composições Betuminosas

São lubrificantes de alta aderência, formulados à base de misturas de óleos minerais com asfalto. São, geralmente, aplicadas após aquecimento prévio. Alguns tipos, entretanto, possuem solventes leves, podendo ser aplicados a frio. São indicadas para engrenagens de grande dimensão e baixa rotação.

3. CARACTERISTICAS FISICAS DOS LUBRIFICANTES

3.1- Densidade

A densidade de um produto de petroleo é definida pela relação entre o peso de um dado volume do produto, medido a uma determinada temperatura e o peso de igual volume padrão (água), medido a uma outra temperatura. No caso de produtos de petroleo, as temperaturas foram padronizadas em 60°F/60°F para a quase totalidade dos países. No Brasil ela foi padronizada para 20°C/40°C.

A densidade tem pouco significado quanto à qualidade do lubrificante, mas é de grande utilidade no cálculo da conversão de litros em quilos, ou vice-versa, e para fins de controle em combustíveis leves e residuais.

3.2- Ponto de Fulgor

É a temperatura em que o óleo, quando aquecido em aparelho adequado (ex.: Cleveland), desprende os primeiros vapores que se inflamam momentaneamente em contato com uma chama, sem no entanto, sustentar a combustão.

3.3- Ponto de Combustão

É a temperatura na qual o óleo, aquecido no mesmo aparelho para a determinação do ponto de fulgor, continuará, uma vez inflamado, a queimar por mais de 5 segundos. Esta temperatura é ligeiramente superior à do ponto de fulgor.

3.4- Ponto de Fluidéz

É a temperatura mínima em que o óleo, submetido a um processo de resfriamento, ainda escoo livremente. Esta característica tem grande importância no caso especial dos lubrificantes utilizados a baixas temperaturas.

3.5- Ponto de Névoa

É a temperatura em que, resfriando-se o óleo, começam a aparecer os principais cristais de parafina. Esta característica tem grande importância no caso de óleo diesel, quando o mesmo é usado durante os meses de inverno, em determinadas regiões.

3.6- Viscosidade

De todas as características físicas, é a viscosidade a que apresenta o maior interesse em relação à propriedade lubrificante dos óleos. É a resistência que um óleo impõe ao escoamento. Essa medida é determinada em aparelhos chamados viscosímetros. A viscosidade é a constante de proporcionalidade entre a força tangencial e o gradiente de velocidade existentes no movimento relativo entre duas superfícies, sendo medida em s^{-1} .

3.7- Índice de Viscosidade

É a expressão numérica da variação da viscosidade com a variação da temperatura. Assim, o alto índice de viscosidade revela variação relativamente pequena de viscosidade, em função da temperatura, enquanto o baixo índice de viscosidade indica tendência do óleo a apresentar grande variação da viscosidade com uma pequena variação de temperatura. Óleos parafínicos possuem maior índice de viscosidade do que os naftênicos.

De acordo com o índice de viscosidade, os óleos podem ser classificados em três categorias:

- HVI - alto índice de viscosidade
- MVI - medio índice de viscosidade
- LVI - baixo índice de viscosidade

3.8- Cor

É determinada por comparação com cores padronizadas em aparelho ASTM ou similar. A única importância da cor, no que se refere a óleos lubrificantes, está na sua aceitação geral como índice de uniformidade de determinado tipo ou marca. Entretanto, a cor não tem nenhuma relação com a qualidade do lubrificante.

3.9- Outras características de indentificação

- Ponto de Anilina: é a mínima temperatura da solução em equilíbrio com volumes iguais de anilina e a amostra. Óleos básicos parafínicos geralmente apresentam um ponto de anilina de 220º F ou maior.

4. LUBRIFICANTES LIQUIDOS MINERAIS

4.1- Introdução

Os líquidos são geralmente preferidos como lubrificantes pois podem ser arrastados entre as partes em movimento pela ação hidráulica; portanto, eles não são mantêm as partes separadas, mas agem também como transmissores de calor. Realmente, em muitas aplicações, como rolamentos muito carregados e motores de combustão interna, a remoção de calor é tão importante quanto a função de lubrificar. Propriedades secundárias também estão, geralmente, presentes, como proteção de superfícies metálicas contra a corrosão, prevenção de formação de depósitos e vedação de partes justas, como anéis de pistão contra as paredes do cilindro.

Na escolha de um lubrificante líquido para uma dada aplicação, a viscosidade deve ser considerada em primeiro lugar. O óleo deve ser suficientemente viscoso para manter um filme lubrificante sob condições

RANGE OF PHYSICAL PROPERTIES OF LUBRICATING OILS

Name of oil	Used for	API	Viscosity at			Viscosity Index	Flash (open cup)	Pour point	Carbon residue	Compounding oil, per cent	Special property
			100°F	130°F	210°F						
Motor, light.....	Automotive engine	24-30	.....	90-185	40-55	70-100	350-499	-10 to 15	0.03-0.5	.....	Detergency and Viscosity Index
Motor, medium.....	Automotive engine	22-28	400-650	185-293	62-90	50-100	400-450	0 to 25	0.1-0.9	.....	Detergency and Viscosity Index
Motor, heavy.....	Automotive engine	20-27	.....	.....	80-155	40-100	410-510	0 to 25	0.2-1.8	.....	Detergency and Viscosity Index
Aircraft engine, light.....	Airplanes	24-28	.....	.....	60-85	90-100	490-425	-10 to 0	0.8-1.0	.....	Settle from salt solution, 60 min
Aircraft engine, heavy.....	Airplanes	23-25	.....	.....	100-145	90-100	475-500	0 to 30	1.5-2.0	.....	Settle from salt solution, 60 min
Diesel engine, lightest.....	Diesels	23-25	.....	120-185	.....	40-70	330-350	-10 to 10	0.2-0.5	.....	.....
Diesel engine, heaviest.....	Diesels	22-25	.....	.....	75-90	40-70	390-410	0 to 20	0.3-0.8	.....	.....
Transmission oil, lightest.....	Automobiles	21-23	800-1,500	.....	.....	.....	300-420	-10 to 10	.....	.....	Precipitation number, 0.1 max
Transmission oil, heaviest.....	Automobiles	20-22	.....	.....	200	.....	500+	0 to 30	.....	.....	Precipitation number, 0.1 max
Engine and machine, spindle.....	Textiles, etc.	25-27	100-125	.....	.....	.....	320-350	0 to 30	.....	.....	Viscosity
Engine and machine, heaviest.....	Heavy machinery	21-26	700-800	.....	.....	.....	375-400	0 to 30	.....	.....	Viscosity
Coal tar, light.....	Refrigeration, etc.	27-32	140-170	.....	.....	.....	310-350	-20 max	.....	.....	Low pour point
Cold test, heavy.....	Refrigeration, etc.	25-28	300-325	.....	.....	.....	340-400	-10 max	.....	.....	Low pour point
Cyclohexane oils, unfiltered:											
Light mineral.....	.....	25-28	.....	135-165	.....	.....	490-540	20 to 60	2.0-3.0	None	Neutralization number, 0.15 max
Heavy mineral.....	Engine or compressor cylinders	20-26	.....	175-220	.....	.....	520-600	30 to 60	3.0-4.0	None	Neutralization number, 0.15 max
Light compounded.....	.....	25-28	.....	95-110	.....	.....	450-510	10 to 40	1.0-2.0	9-10	Neutralization number, 1.0 max
Heavy compounded.....	.....	20-26	.....	175-220	.....	.....	520-600	30 to 60	3.0-4.0	5-7	Neutralization number, 1.0 max
Marine engine, mineral.....	Marine engines	23-28	.....	65-75	.....	.....	350-410	35 max	.....	None	Neutralization number, 0.1 max
Marine engine, compound.....	Marine engines	23-28	.....	65-80	.....	.....	350-410	35 max	.....	15-20	Neutralization number, 3.0 max
Turbine oil, light.....	Steam turbines, dynamos, high speed, etc.	29-31	120-175	.....	.....	.....	310-350	0 to 35	0.02-0.1	.....	Steam emulsion number, demulsibility, and Slight oxidation
Turbine oil, medium.....	.....	27-30	175-340	.....	.....	.....	320-410	0 to 35	0.05-0.3	.....	number also specified
Turbine oil, heaviest.....	.....	26-28	475-525	.....	.....	.....	350-450	35 max	0.1-0.4	.....	.....
Transformer oil.....	Electrical transformers	28-30	55-65	.....	.....	.....	275-325	-50 to -30	.....	.....	Dielectric strength, 1-in. dia., 0.1-in. gap, 25,000 volts
Black oil, summer.....	Rough slow-speed bearings, crushers, etc.	20-25	400-500	.....	.....	.....	.....	0 to 30	.....	.....	Insoluble per cent, 0.1
Black oil, winter.....	.....	20-27	200-300	.....	.....	.....	.....	-20 to 0	.....	.....	Insoluble per cent, 0.1
White oil.....	Food manufacturing, textiles, paper, etc.	29-32	55-140	.....	.....	.....	260-380	.....	.....	.....	Colorless

PETROLEUM REFINERY ENGINEERING

Tipos de Óleos Básicos Nacionais

A avaliação do mercado brasileiro à época da implantação das Unidades, determinou a escolha dos tipos abaixo, com as principais características:

	Cor ASTM	P. Névoa °C (max)	P. Fluidez °C (max)	Visc. SSU a 210°F	I.V.
SPINDLE	1,5	- 10	- 9	37 a 38	95
NEUTRO LEVE	2	- 10	- 9	42 a 45	95
NEUTRO MÉDIO	2,5	- 10	- 9	52 a 55	95
NEUTRO PESADO	3,5	- 10	- 9	66 a 68	95
BRIGHT STOCK	6	- 7	- 6	150 a 160	95
CILINDRO 1	-	+ 8	+ 7	185 a 195	81
CILINDRO 2	-	-	+ 2	255 a 265	95

Os 7 tipos são de base parafínica, sendo o spindle, os neutros e o bright stock usados nas composições para motores de combustão interna e indústrias, enquanto os cilindros são a base para a fabricação de produtos para engrenagens, diferencial, caixa de mudança, caixa de redução etc.

operacionais, mas deveria ser o mais fluido possível para evitar perda de potência devida à fricção e para promover a transferência de calor. Geralmente, é desejável, também, que a variação da viscosidade em função da temperatura seja mantida a um mínimo. Essa propriedade, como vimos, é medida pelo índice de viscosidade. Um alto valor indica pequena variação com o aumento da temperatura. O líquido deveria ter uma baixa volatilidade, mas compatível com a viscosidade desejada e ser resistente à decomposição térmica e à degradação por oxidação. Este último requisito é importante, já que a maioria das aplicações são em presença de ar. Os lubrificantes líquidos deveriam ser, em geral, inertes em relação às superfícies metálicas e não deveria atacar outros componentes, como selos de borracha, com quais eles entram em contato.

Os hidrocarbonetos encontrados no petróleo apresentam os requisitos acima de uma maneira surpreendente e, até alguns anos atrás, eram baratos.

4.2- Tipos de Óleos Minerais

Modernas técnicas de refino tornaram possível a produção de lubrificantes de boa qualidade a partir de uma larga variedade de crus. No entanto, os óleos de base podem ser agrupados em três grandes tendências químicas de caracteres específicos particulares:

a) A tendência parafínica

É representada pelo conjunto dos hidrocarbonetos saturados de cadeia reta, ramificada ou não, mas não cíclica. As parafinas ramificadas, que são as mais interessantes, encontram-se em quantidade apreciável nas frações lubrificantes dos crus parafínicos.

Por outro lado, as parafinas de cadeia reta de peso molecular elevado aumentam a temperatura de congelação dos óleos e devem ser retiradas por "desparafinagem".

As características desta família de óleos ricos em hidrocarbonetos parafínicos são:

- . baixa densidade para uma dada viscosidade
(na gama de viscosidade de óleos de base para motor, esta densidade está geralmente compreendida entre 0,880 e 0,890 - estamos falando da densidade $d_{60/60}$).
- . variações relativamente baixas da viscosidade em função da temperatura (esta qualidade pode ser observada pelo índice de viscosidade)
Os óleos de tendência parafínica têm índices de viscosidade elevados, geralmente próximos de 100 para a gama de viscosidade dos óleos para motor. Os altos índices de viscosidade natural explicam a preferência dada a esse tipo de óleo. O emprego de aditivos de índice de viscosidade permitem modificar sensivelmente esta característica; e seu valor para um óleo acabado não mais pode ser atribuído de maneira sistemática à natureza química do óleo.
- . baixa volatilidade para uma dada viscosidade
O intervalo de temperatura de destilação de um óleo de uma determinada viscosidade é tão mais elevado quanto o óleo é mais parafínico. Essa propriedade se traduz, em particular, por altos pontos de inflamabilidade para uma dada viscosidade.
- . baixo poder solvente
Pode ser caracterizado por um ponto de anilina relativamente elevado, de 80 a 85°C, o que se traduz, na prática, por uma tendência pronunciada à precipitação dos produtos de alteração dos óleos. Dito de outra maneira, um óleo usado de tendência parafínica sem aditivos se separa mais facilmente de seus produtos de alteração do que um óleo de uma outra família química; ele tende, também, a conservar por mais tempo sua cor original, o que não é, no entanto, um critério de qualidade.

b) A tendência naftênica

É composta por hidrocarbonatos saturados, como os parafínicos, porém acíclicos ou policíclicos. Os arranjos moleculares são bastante complexos. Os tipos de naftênicos que têm apenas alguns ciclos por molécula e uma preponderância de átomos de carbono na forma de longas cadeias parafínicas possuem provavelmente as propriedades que são as mais desejáveis nos óleos lubrificantes.

As características físicas e químicas destes hidrocarbonetos se afastam dos parafínicos mais acentuadamente à medida em que as cadeias fixas sobre os núcleos naftênicos sejam mais curtas; elas se traduzem por:

- uma densidade relativamente alta para uma dada viscosidade (para os óleos de base motores, esta densidade é geralmente superior a 0,900).
- variações rápidas da viscosidade em função da temperatura (índices de viscosidade baixos, da ordem de 40 a 60)
- uma maior volatilidade que a fração parafínica correspondente da mesma viscosidade (os pontos de inflamabilidade são relativamente baixos)
- um poder solvente relativamente elevado (os pontos de anilina são inferiores aos dos parafínicos)

Esta última propriedade justifica a mistura desse tipo de óleo com óleos de base parafínica. Com efeito, tais misturas têm, em geral, menos tendência, após uso em motores, de se separar de seus produtos de alteração. Assim, essa ação solvente natural pode ajudar, dentro de certos limites, o papel dos aditivos detergentes, sobretudo quando eles devem responder a uma severa poluição do óleo.

c) A tendência aromática

Trata-se de compostos não saturados tendo um ou mais ciclos aromáticos condensados ou não, sobre os quais estão fixadas uma ou mais cadeias laterais.

Essas frações apresentam características ainda mais acentuadas que as naftênicas. Porém, se sua densidade é muito elevada e seu índice de viscosidade é bastante baixo, sua importância na composição dos óleos acabados é limitada.

A característica essencial desses compostos nos óleos minerais puros é sua alterabilidade; quimicamente ativos, são facilmente oxidáveis e provocam a formação de produtos resinosos ou asfálticos acompanhados de derivados corrosivos.

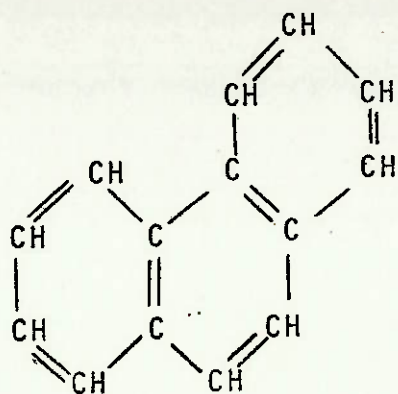
Seu ponto de anilina é bastante baixo e a indicação de um poder solvente elevado, mas que não apresenta interesse devido aos defeitos principais assinalados.

Enfim, sua baixa tensão interfacial está ligada à sua facilidade de emulsão com a água.

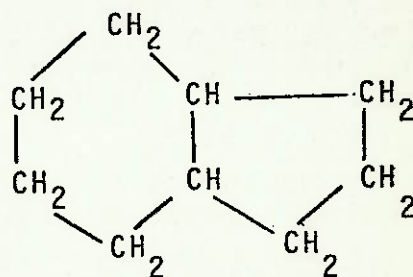
4.3- Comparações e Comentários

Estes termos "parafínico", "naftênico" e "aromático", frequentemente utilizados para caracterizar os óleos lubrificantes, não devem ser considerados ao pé da letra, mas no sentido de uma expressão de tendências químicas.

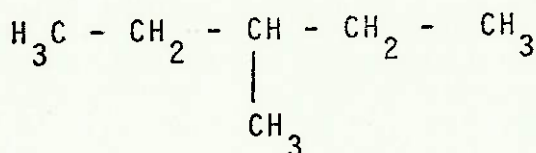
Resumindo, os hidrocarbonetos de óleo lubrificante, ou de crus de petróleo em geral, podem ser classificados em cíclicos e acíclicos. Ambos podem ser subdivididos em compostos saturados e insaturados. As quatro classes podem ser "tipificadas" pelas seguintes estruturas:



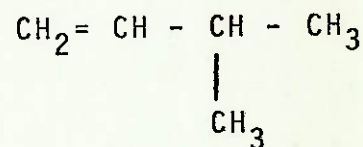
aromático



naftênico

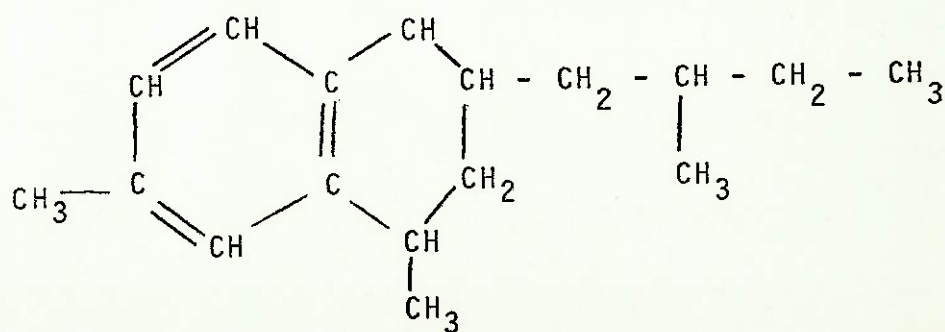


parafínico



olefina

No campo dos óleos lubrificantes, é raro encontrar quantidades apreciáveis de olefinas, a menos que elas tenham sido formadas por "cracking" durante a destilação. Ainda, observa-se que as moléculas raramente se "encaixam" em uma única classe de compostos. Por isso, uma molécula pode conter um sistema aromático "ligado" a um anel naftênico, e, ainda, um ou ambos substituídos por uma cadeia lateral parafínica:



aromático

A regra geral para classificar hidrocarbonetos, portanto, é a seguinte: se a molécula contém um anel aromático, é chamada composto aromático, apesar da presença de grupos naftênicos ou parafínicos; se não contiver um anel aromático, mas um anel naftênico com ou sem cadeias parafínicas, é denominado um naftêno. Somente quando não contiver nem um anel aromático ou naftênico, será chamado parafínico.

O quadro abaixo indica as composições químicas de três óleos de base para motor:

OLEOS	% C _P	% C _A	% C _N
A	50	14,2	35,8
B	58,6	7,7	33,7
C	65,8	6,3	27,9

C_P = átomos de carbono sob a forma parafínica

C_A = átomos de carbono sob a forma aromática

C_N = átomos de carbono sob a forma naftênica

A figura a seguir mostra a influencia da tendência química preponderante dos diversos óleos de base sobre as principais características físicas e químicas:

OLEO	A (tend. naftênica)	B (tend. naftênica)	C (tend. parafínica)
Origem do bruto	Webster (U.S.A.)	Laquillas (Venezuela)	Arranco (Oriente Médio)
Método de Refino	com ácido sulfúrico	com ácido sulfúrico e após SO ₂ líquido	fusural e depois desparafinação com metilacetona
Densidade a 20°C	0,915	0,901	0,882
Índice de refração n _D 20°C	1,5050	1,4950	1,4864
Viscosidade cinemática absoluta em cSt a:			
37,8°C	159	154	85,1
50°C	75,6	77	47,1
98,9°C	10,9	11,7	9,54
Índice de viscosidade (Dean e Davis)	34	57	97
Enxofre (%)	0,24	0,92	0,83
Ponto de anilina (°C)	92	96	106

5. ADITIVOS

5.1- Introdução

A qualidade dos óleos lubrificantes depende não só do processo de fabricação e purificação mas também da adição de certos compostos químicos ou agentes aditivos. Aditivos são adicionados aos lubrificantes por uma série de fatores e concorrem para melhorar os óleos lubrificantes que a natureza e o refinador produzem.

Modernos aditivos de óleos lubrificantes, baseados em anos de pesquisa científica, projetados para atender a severas condições de máquinas modernas e para melhorar as taxas de performance sob as atuais condições de trabalho, tornaram-se indispensáveis em diversas aplicações. A tendência de se transmitir maior potência através de mecanismos menores em tamanho e peso impõe uma maior queima ao lubrificante. Novos problemas de combustão, maiores cargas superficiais, maior intervalo de temperaturas de operação e maiores velocidades periféricas em engrenagens e mancais, todos sujeitando os lubrificantes a maiores temperaturas operacionais, cargas e outros abusos. Hoje em dia, apenas os óleos minerais não poderiam enfrentar essas condições. Sem os aditivos químicos incorporados aos lubrificantes, o alto "output" mecânico atual e a longa vida útil das máquinas ou equipamentos seria impossível.

Em suma, aditivos de lubrificantes são produtos químicos que, quando incorporados em fluidos lubrificantes básicos, suplementam suas características naturais e aperfeiçoam seu desempenho em serviço nas atuais aplicações ou aumentam as áreas de sua utilização. A maioria dos aditivos para lubrificantes podem ser classificados em três categorias:

1. aqueles projetados para proteger o lubrificante a cabado em serviço, de uma maneira ou outra, limitando mudanças químicas ou deterioração.
2. aqueles que protegem a máquina contra produtos prejudiciais de combustão de combustível, depositados nos lubrificantes, ou contra falha do combustível e/ou lubrificante em funcionar corretamente.
3. aqueles que melhoram as propriedades físicas existentes ou adicionam novas características.

Os aditivos para óleos lubrificantes podem conter, entre outros, bário, cálcio, fósforo, enxofre, cloro, zinco, chumbo, molibdênio, silicões, gorduras, polímeros e compostos saponáceos.

5.2- Tipos de Aditivos

Entre os aditivos mais empregados, destacam-se:

- . dispersantes/detergentes: usados em óleos para motores de combustão interna, onde há queima de combustível e, conseqüentemente, formação de carbono (carvão), têm a finalidade de manter esse carbono em suspensão e finamente disperso, a fim de evitar que causem danos ao motor
- . antioxidantes : retardam a oxidação óleo; um óleo exposto ao ar tende a se oxidar devido à presença de oxigênio. Esta oxidação se processa lenta ou rapidamente, conforme a natureza do óleo e da presença de aditivos antioxidantes.
- . antiferrugem: impedem a ação da umidade e do oxigênio sobre metais, evitando a formação de ferrugem.
- . antiespumantes: promovem a aglutinação de bolhas de ar que se encontram na massa do óleo; com a conseqüente formação de bolhas maiores, ocorre o seu deslocamento para a superfície livre do óleo, onde, em contato com o ar ambiente, as bolhas se desfazem.

- . extrema pressão: conhecidos como aditivos EP, são compostos contendo fósforo, enxofre e cloro, que reagem quimicamente com a superfície do metal, formando compostos que agem como eficientes lubrificantes sólidos, evitando a ação destrutiva "metal contra metal". Os aditivos EP somente agem quando há condições de extrema pressão, com rompimento da película lubrificante. Quando isso ocorre, o calor desenvolvido provoca a reação química que libera os compostos que agem como lubrificantes.
- . anti-desgaste: seu uso é importante nos casos de lubrificação limite, isto é, quando em virtude de cargas e velocidade elevadas não se consegue uma lubrificação fluida eficiente e, em consequência, há contato das superfícies metálicas em movimento relativo, aumentando sobremaneira o desgaste dessas superfícies.
- . inibidores da corrosão: usados para evitar a corrosão das superfícies metálicas. Os agentes corrosivos podem ser produtos resultantes da própria oxidação do óleo, como também agentes externos contidos no ar atmosférico ou então, no caso dos motores de combustão interna, ácidos formados na combustão.
- . aumentadores do Índice de viscosidade: reduzem a variação de viscosidade em função da temperatura; graças a eles, o óleo do motor mantém viscosidade adequada ao dar partida, quando ainda está frio, e horas após estar funcionando a altas temperaturas.
- . abaixadores do ponto de fluidez: abaixam o ponto de fluidez do lubrificante pela modificação da estrutura dos cristais de parafina que vão se formando, no seio do óleo, em consequência do abaixamento da temperatura.

6. CLASSIFICAÇÃO DOS ÓLEOS LUBRIFICANTES

6.1- Classificação SAE

Esta instituição classifica os óleos lubrificantes para motores de combustão e para caixas de engrenagens (marcha e diferencial) unicamente pela viscosidade, não levando em conta as outras propriedades necessárias ao óleo, segundo o serviço a ser executado pelo mesmo. A SAE arbitrou faixas de viscosidade para óleos de motor e óleos de transmissão. No primeiro caso, os óleos são classificados em SAE 5W, 10 W, 20 W, 20, 30, 40, 50. No segundo caso, SAE 75 W, 80 W, 85 W, 90, 140 e 250.

6.2- Classificação de Serviço do Motor e de Desempenho do Óleo de Motor (API, SAE, ASTM)

Esta nova classificação, introduzida em meados de 1970, veio substituir a antiga classificação API de serviços do motor, que incluía três classificações para os motores a gasolina (ML - MM e MS) e três para motores diesel (DG - DM e DS).

A atual classificação, além de definir com maior precisão o tipo de serviço do motor, define também os correspondentes tipos de óleo e o seu nível de desempenho.

As classificações estão distribuídas em dois grupos, sendo um dos grupos identificado pela letra "S" (Service Station) é relativo aos óleos usados em motores a gasolina e o outro grupo identificado pela letra "C" (Commercial), relativo aos óleos para motores a diesel.

Para os motores a gasolina:	os motores a diesel:
SA - serviço classe A	CA - comercial classe A
SB - serviço classe B	CB - comercial classe B
SC - serviço classe C	CC - comercial classe C
SD - serviço classe D	CD - comercial classe D
SE - serviço classe E	
SF - serviço classe F	

DESIGNAÇÃO SAE	Descrição do tipo de Serviço Segundo API	Descrição do tipo de óleo segundo ASTM
SA	<p>SERVIÇOS DE UTILITÁRIOS COM MOTORES DIESEL E A GASOLINA</p> <p>Serviço típico de motores operados em condições suaves nos quais a proteção proporcionada por óleos aditivados não é necessária. Esta classificação não requer dados de performance.</p>	<p>Óleo sem aditivo podendo conter anti-espumante e/ou abaixadores de ponto de mínima fluidez.</p>
SB	<p>SERVIÇOS LEVES DE MOTORES A GASOLINA</p> <p>Serviço típico de motores operados sob condições suaves nas quais é desejado o mínimo de proteção proporcionada por óleos aditivados. Os óleos projetados para estes tipos de serviço têm sido usados desde 1930 e têm apenas capacidade anti-desgaste, resistência a oxidação e corrosão de mancais.</p>	<p>Contêm algumas características anti-oxidantes e anti-desgastes</p>
CA	<p>SERVIÇO LEVE DE MOTORES DIESEL</p> <p>Serviço típico de motores diesel operados sob condições suaves a moderadas usando combustível de alta qualidade. Ocasionalmente pode incluir motores a gasolina em serviços suaves. Os óleos projetados para esses serviços foram largamente usados nas décadas de 1940 a 1950. Esses óleos proporcionam proteção contra corrosão de mancais e contra depósitos em altas temperaturas em motores diesel não turbinados, quando usando combustível de alta qualidade, que não lhes impõem necessidades de maiores proteções contra desgaste e depósitos.</p>	<p>Óleo dentro da especificação MIL-L-2104 A. Para uso em motores a gasolina e motores diesel não turbinados, operados com combustível de baixo teor de enxofre. A especificação MIL-2104 A, foi emitida em 1954.</p>
CB	<p>SERVIÇO MODERADO DE MOTORES DIESEL</p> <p>Serviço típico de motores diesel operados sob condições suaves a moderadas nas com combustível de qualidade inferior, necessitando maior proteção contra desgastes e depósitos. Ocasionalmente pode incluir motores a gasolina em serviços suaves. Os óleos projetados para este serviço foram introduzidos em 1949. Tais óleos proporcionam proteção necessária contra corrosão de mancais e depósitos em altas temperaturas em motores diesel não turbinados, usando combustível com alto teor de enxofre.</p>	<p>Óleo destinado ao uso em motores a gasolina e motores diesel não turbinados. Inclui óleos MIL-L-2104 A, quando o teste em motor diesel foi feito usando combustível com alto teor de enxofre.</p>

DESIGNAÇÃO SAE	Descrição do tipo de serviço Segundo API	Descrição do tipo de óleo segundo ASTM
SC	<p>SERVIÇO DE MOTORES A GASOLINA SOB GARANTIA A PARTIR DE 1964</p> <p>Serviços típicos de motores a gasolina em automóveis de passageiros e caminhões nos anos de 1964 a 1967 operando dentro das condições de garantia dos fabricantes. Os óleos projetados para este serviço devem proporcionar controle de depósitos a altas e baixas temperaturas, controle de desgaste, oxidação e corrosão nesses motores.</p>	<p>Óleo dentro das especificações dos fabricantes de automóveis entre os anos de 1964 e 1967. Projetados principalmente para uso em carros de passageiros. Proporcionam boa performance anti-borra a baixa temperatura e anti-ferrugem.</p>
SD	<p>SERVIÇO DE MOTORES A GASOLINA SOB GARANTIA A PARTIR DE 1968</p> <p>Serviço típico de motores a gasolina em automóveis de passageiros e caminhões a partir dos modelos de 1968 e operando dentro das condições de garantia dos fabricantes. Os óleos projetados para estes serviços proporcionam maior proteção contra depósitos em altas e baixas temperaturas, desgastes, ferrugem e corrosão do que os óleos da classificação SC, e podem ser usados onde estes são recomendados.</p>	<p>Óleos dentro das especificações dos fabricantes de automóveis desde 1968. Projetados principalmente para uso em carros de passageiros. Proporcionam boa performance anti-borra a baixa temperatura e anti-ferrugem.</p>
CC	<p>SERVIÇO MODERADO DE MOTORES DIESEL E A GASOLINA</p> <p>Serviço típico de motores diesel turbinados com baixa taxa de superalimentação, operados sob condições de trabalho moderado e severo, incluindo alguns motores a gasolina em serviço severo. Os óleos projetados para estes serviços foram introduzidos em 1961 e usados em muitos caminhões e equipamentos de construção e em tratores agrícolas. Estes óleos proporcionam proteção contra depósitos em altas temperaturas em motores diesel turbinados com baixa taxa de superalimentação e também proteção contra ferrugem, corrosão e depósitos em baixa temperatura em motores a gasolina.</p>	<p>Óleo dentro da especificação MIL-L-2104B. Proporciona proteção contra borras a baixa temperatura, protegendo também contra ferrugem os motores diesel turbinados com baixa taxa de superalimentação. A especificação MIL-L-2104B, foi emitida em 1964.</p>
CD	<p>SERVIÇO SEVERO DE MOTORES DIESEL</p> <p>Serviço típico de motor diesel turbinado, trabalhando em regime de alta velocidade e alto rendimento, necessitando eficiente proteção contra desgaste e depósitos. Os óleos projetados para este serviço foram introduzidos em 1955 e proporcionam proteção contra corrosão de mancais e depósitos em altas temperaturas em motores diesel turbinados, podendo utilizar combustível com teor de enxofre variável.</p>	<p>Óleo dentro da especificação Série 3 com certificado emitido pela Caterpillar Tractor Co., para motores diesel de sua fabricação. O certificado de óleo série 3 foi estabelecido pela Caterpillar Tractor Co. em 1955. A especificação MIL-L-45199, que se aproxima da especificação série 3 foi emitida em 1958.</p>

SAE CLASSIFICATION SYSTEM FOR CRANKCASE OILS

SAE viscosity number	Saybolt Universal, sec		Redwood		Engler		Centistokes	
	0°F	210°F	0°F	210°F	0°F	210°F	0°F	210°F
5W	Below 4,000	.....	Below 3,500	.....	Below 115	.....	Below 869	.....
10W	6,000-12,000	40 min	5,250-10,500	.....	172-344	.....	1,303-2,606	.....
20W	12,000-48,000	45 min	10,500-42,000	.....	344-1,376	.....	2,606-10,423	.....
20	.....	45-58	.....	40.9-51.6	.....	1.46-1.8	.....	5.73-9.63
30	.....	58-70	.....	51.6-61.9	.....	1.8-2.12	.....	9.62-12.94
40	.....	70-85	.....	61.9-75.2	.....	2.12-2.52	.....	12.94-16.77
50	.....	85-110	.....	75.2-97.5	.....	2.52-3.19	.....	16.77-22.68

7. REFINO E MANUFATURA DE LUBRIFICANTES DE PETROLEO

7.1- Introdução

A maior parte dos óleos lubrificantes é uma mistura de hidrocarbonetos contendo mais de 20 átomos de carbono. Comparando hidrocarbonetos com o mesmo número de átomos de carbono, quanto maior a proporção carbono/hidrogênio, mais viscoso será o óleo, mas menor será o índice de viscosidade (ou seja haverá maiores mudanças na viscosidade para variações de temperatura). A complexidade dos óleos crus requer tecnologias de destilação altamente desenvolvidas para separar as frações lubrificantes dos componentes mais leves e mais pesados.

7.2- Etapas do Refino do Petrôleo

No refino de petróleo, a primeira etapa é o condicionamento do óleo cru. Através de decantação, aquecimento e utilizando "desemulssificadores" químicos, materiais como água, sais, emulsões e gás sulfídrico são removidos. A próxima etapa é a destilação, para a qual é necessário pré-aquecer a matéria-prima.

O processo de destilação é baseado no princípio de que, para cada líquido em equilíbrio com vapor, há uma dada pressão de vapor para uma dada temperatura. Modernos equipamentos de destilação usam o princípio do flash (separação) do equilíbrio líquido - vapor, pelo qual o líquido e o vapor formado durante o aquecimento são mantidos em íntimo contato até que uma

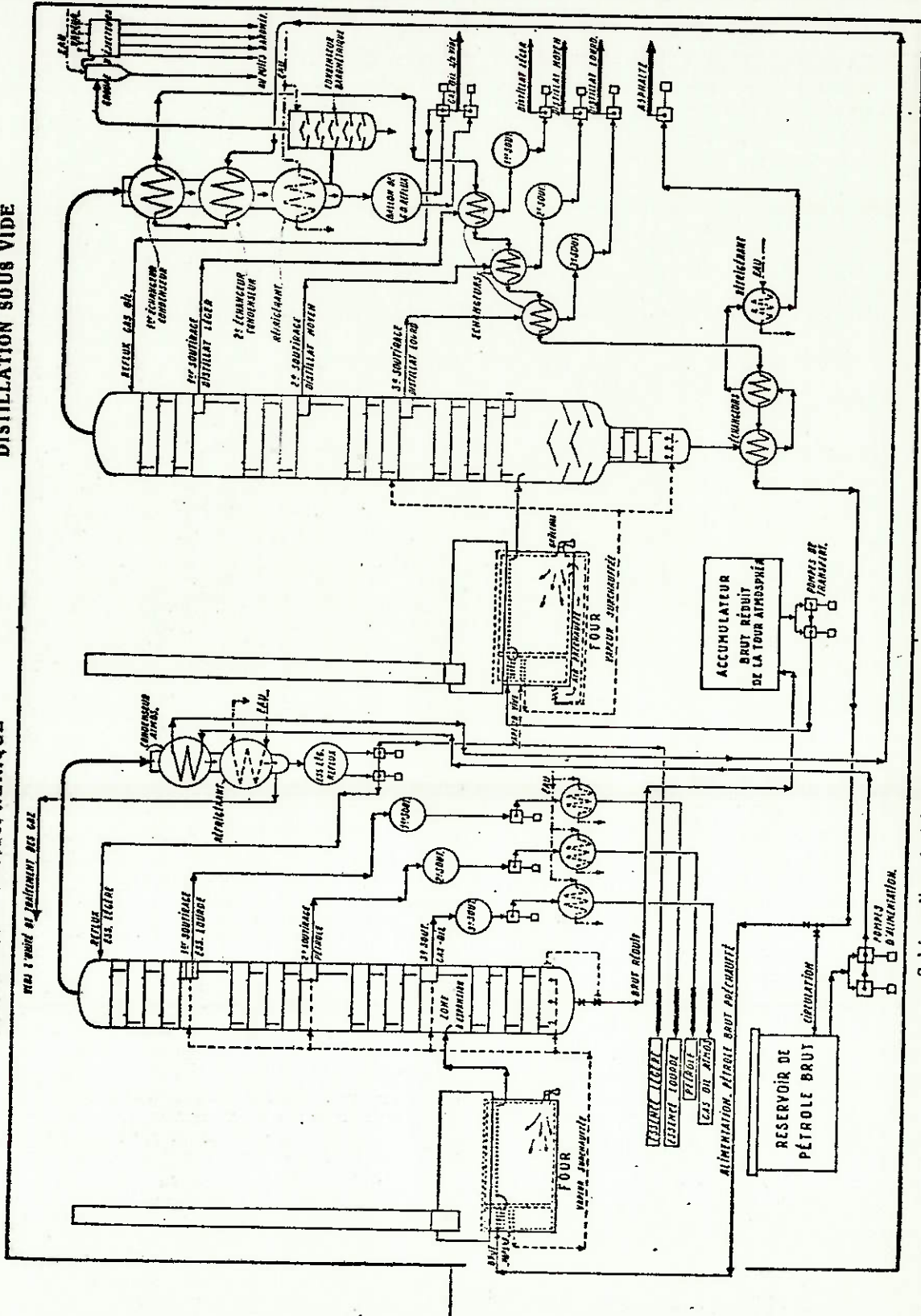
temperatura específica seja atingida, ponto no qual a quantidade desejada de vapores é retirada (flashed out) como uma fração.

Desta maneira, é produzido o "cru reduzido", que sai pelo fundo da coluna e são retirados os produtos leves (em ordem crescente de faixas de temperatura de ebulição: propano-butano, gasolina, nafta, querosene, diesel). Esta destilação é feita à pressão atmosférica e as temperaturas geralmente estão abaixo de 680°F, para minimizar superaquecimento local e craqueamento térmico.

O óleo residual de fundo, no caso do processo de manufatura dos óleos lubrificantes, é bombeado para um segundo aquecedor, reaquecido e "flasheado" numa torre a vácuo. O vácuo, que pode ser mantido até 0.1 mm Hg absoluto, juntamente com vapor (que contribui com o efeito de pressão parcial), promove a vaporização das frações pesadas sem a necessidade de temperaturas excessivamente altas, que conduzem à deterioração do material. Como na destilação atmosférica, extrações laterais removem as frações como diesel pesado e as diversas frações lubrificantes. O material de fundo ou resíduo da torre a vácuo é retirado para a fabricação de óleos lubrificantes pesados ou óleo combustível (dependendo do caráter do óleo cru ou produto desejado) ou ainda asfaltos. Os petróleos com elevada proporção de hidrocarboneto parafínicos em sua parte residual dificilmente fornecerão asfalto. Já os petróleos que contêm maiores quantidades de hidrocarbonetos leves e médios são os que, ao final do processo de refinação, produzem maior quantidade de óleo diesel e gasolina. Estes exemplos já dão uma idéia da complexidade do petróleo. Assim, antes da fase do refino, deve-se considerar suas propriedades físicas e químicas que, avaliadas em laboratório, indicam os produtos que poderão ser obtidos.

DISTILLATION ATMOSPHÉRIQUE

DISTILLATION SOUS VIDE



- Schéma d'une installation de distillation atmosphérique et sous vide de pétrole brut.

As frações lubrificantes são em seguida transformadas em óleos de base propriamente ditos através de tratamentos sucessivos destinados a retirar os constituintes indesejáveis.

Os óleos de base de tendência parafínica são comumente chamados "neutrals", "solventes" ou "neutrals solventes", segundo os tratamentos aplicados ou sua importância.

Os óleos básicos de tendência naftênica são mais simplesmente designados pelo valor de sua viscosidade Engler a 50°C, completado pela indicação "Movimento", "Diesel", etc.

Os tratamentos aplicados consistem em uma série de procedimentos de seleção ou de segregação pelo tipo molecular dos hidrocarbonetos constituintes de cada fração lubrificante, enquanto que a destilação é uma separação pela dimensão molecular.

Para que se tenha uma idéia dos constituintes e nomes de algumas das frações do petróleo, damos uma tabela que os relaciona, num determinado petróleo:

Nome da Fração	Destilação Intervalo em (°C)	Componentes (em nº de carbonos)
Gás de petróleo	abaixo de 20	1 → 4
Éter de petróleo	20 → 60	5 → 6
Benzina, Ligroína	60 → 100	6 → 7
Gasolina natural	40 → 205	5 → 10
Querosene	175 → 325	12 → 18 (com aromáticos)
Óleo combustível	acima de 275	12 e maiores
Óleos lubrificantes	líquidos não voláteis	cadeias longas e estruturas cíclicas (20 → 30)
Vaselina	(P.F. 40 - 60)	20 → 40
Cera de parafina	(P.F. 50 - 65)	25 → 50
Asfalto, pixe e coque de petróleo	sólidos não voláteis	estruturas policíclicas

7.3- Tratamento dos Lubrificantes

Voltando aos lubrificantes, são numerosos e variados os processos de tratamento, dos quais destacamos:

- . tratamento com ácido sulfúrico (1,5% em peso): (pouco utilizado atualmente para os óleos de motores) ou convencional; foi amplamente suplantado pela extração por solvente e refino por hidrogênio. O ácido sulfúrico ataca hidrocarbonetos insaturados para produzir ésteres, álcoois, polímeros e produtos de oxidação. A temperatura normal, reage menos prontamente com hidrocarbonetos parafínicos e naftênicos. Corpos resinosos e outros são removidos e a cor e o índice de viscosidade são melhorados pelo tratamento ácido. As propriedades carbono conradson (residual) e tendência à emulsificação também são reduzidos. Após a decantação da borra, o óleo é lavado com água e com soda cáustica para neutralizar qualquer traço de ácido. O ácido não remove inteiramente a cor do óleo mesmo quando usado em grandes quantidades, mas a remoção posterior da cor é alcançada com agentes adsorptivos. Desparafinagem (extração de cera) e filtração com argila podem completar o tratamento de refino.
- . extração por solvente (fenol, furfural, propano, etc) é o processo mais utilizado no refino de óleos lubrificantes. As frações de óleos lubrificantes contêm não só os desejáveis hidrocarbonetos parafínicos e naftênicos mas também compostos indesejáveis como alcatrão, resinas, compostos asfálticos, polinaftenos e policíclicos. A separação é um processo puramente físico e não faz nada mais do que separar os constituintes desejáveis dos indesejáveis. A ação do solvente é primeiramente distribuir o óleo em duas fases não miscíveis:

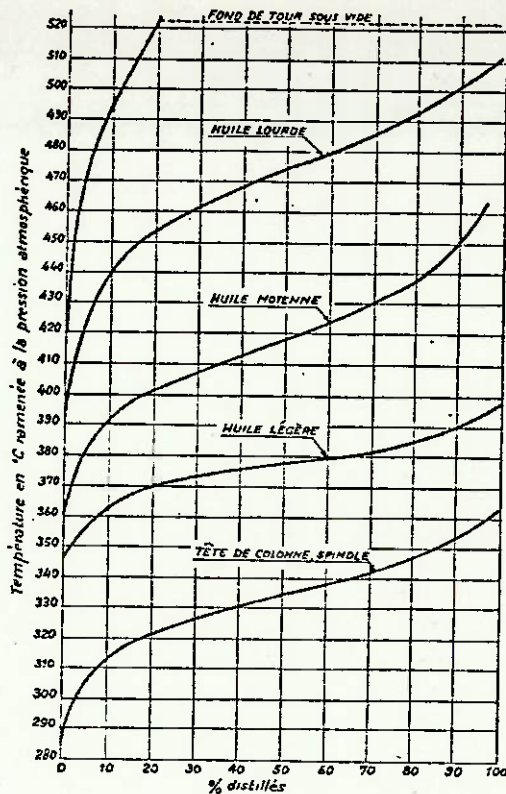
(1) a chamada fase extraída, que consiste principalmente de solvente no qual são extraídos os corpos indesejáveis e

(2) a fase refinada consistindo de hidrocarbonetos saturados parafínicos com os solventes. A remoção do solvente do refinado (óleo) e extrato (indesejáveis) requer destilação (recuperação do solvente).

- . tratamentos de neutralização e descoloração com terras (argilas) especiais (filtração) : é um processo usado largamente para remover a cor e alguns componentes indesejáveis dos óleos. Realmente, o termo filtração não é descritivo, pois combina efeitos de filtração e adsorção. A atração adsorptiva do meio filtrante usado é maior para compostos oxigenados e menor para hidrocarbonetos insaturados e aqueles contendo nitrogênio. Asfaltos e resinas são efetivamente removidas. Compostos aromáticos são atraídos moderadamente, enquanto que hidrocarbonetos saturados parafínicos e naftênicos são menos atraídos. Cor, número de neutralização e resistência à oxidação são melhorados. Esse fator de adsorção seletiva torna o método de filtração um dos mais valiosos processos no refino. Os meios filtrantes utilizados no refino de petróleo são terra fuller, argilas especiais e bauxita ativada. A filtração pode ser feita pela percolação ou pelo processo de contato. No processo de percolação, o óleo é bombeado com pressões até 15 psi através de um leito de argila. No processo de contato, uma mistura de argila de 200 mesh e óleo são intimamente misturados e a mistura é bombeada através de um aquecedor tubular. A temperatura da mistura é aumentada a 350 a 600 F dependendo das características da argila e do óleo. Após aquecida, a mistura é filtrada para remover a argila do óleo. O processo de contato é particularmente

adaptado para remoção de qualquer resíduo ácido do tratamento com ácido sulfúrico. A argila do processo de contato não é reutilizada, enquanto que a argila da percolação é regenerada diversas vezes até que sua eficiência filtrante seja economicamente baixa.

- hidroacabamento ou acabamento por hidrogenação: é um processo menos drástico do que o refino com hidrogênio (ver a seguir). É um meio de aperfeiçoar ainda mais os óleos refinados por solvente. O hidrogênio com catalizador atua de forma a saturar e tornar menos prejudiciais quaisquer pequenas quantidades de aromáticos e outros hidrocarbonetos instáveis não retirados completamente pelo tratamento com solvente. Melhorias da cor, resistência à oxidação e redução do resíduo de carbono Conradson são obtidos. Em geral, óleos lubrificantes tratados com solventes ou hidrogênio são superiores em índice de viscosidade e estabilidade à oxidação aos óleos refinados por ácido.
- refino por hidrogênio: consiste em fazer passar o óleo e o hidrogênio através de um leito de catalizador sob condições moderadas de pressão e temperatura. Aplica-se tanto aos óleos refinados com solvente quanto a destilados. Permite eliminar o tratamento ácido ou o tratamento com argila. Ainda, o rendimento do processo é elevado.
- mistura ou combinação e aditivação: nesta última etapa, as diversas frações lubrificantes são adequadamente misturadas a fim de se obter as características desejadas de viscosidade (e outras) e são adicionados os aditivos, cuja função foi discutida no capítulo "aditivos".



— Courbes de distillation de différentes fractions lubrifiantes obtenues par distillation sous vide d'un « brut réduit ».

Ref. Bib].; LES HUILES POUR MOTEURS ET LE GRAISSAGE DES MOTEURS

ÉVOLUTION DES PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DES FRACTIONS LUBRIFIANTES D'UN BRUT DU MOYEN-ORIENT AU COURS DES TRAITEMENTS SUCCESSIFS DE RAFFINAGE

CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES AUX DIFFÉRENTS STADES DE TRAITEMENT	DISTILLAT LÉGER	DISTILLAT MOYEN	DISTILLAT LOURD
I. — Distillation sous vide			
Densité à 15° C	0,907 / 0,909	0,929 / 0,934	1 000 / 1 010
Point d'éclair, V.O. (°C)	208	238	300 / 305
Viscosité cSk à 93,9° C	5,3 / 5,5	11,4 / 12,2	320 / 360
Point de congélation (°C)	< + 40	< + 40	< + 40
II. — Désasphaltage au propane			
Densité à 15° C	—	—	0,928 / 0,932
Viscosité cSk à 93,9° C	—	—	32,3 / 33,2
Carbone Conradson, %	—	—	1,8 maxi
Couleur (A.S.T.M. D 1500)	—	—	5 / 6
III. — Raffinage au furfural			
Densité à 15° C	0,860	0,875 / 0,880	0,899 / 0,902
Viscosité cSk à 93,9° C	4,8	9,2 / 9,3	27,8 / 28,0
IV. — Déparaffinage méthyléthylcétone-benzène et traitement à la terre			
Densité à 15° C	0,869	0,884 / 0,888	0,903 / 0,905
Point d'éclair, V.O. (°C)	201 / 207	238 / 242	290
Viscosité cSk à 37,8° C	29,8 / 34,3	85 / 91	—
Viscosité cSk à 93,9° C	—	—	30,7 / 33
Indice de viscosité	102 mini	98	—
Carbone Conradson (%)	—	—	0,8
Couleur (A.S.T.M. D 1500)	2 maxi	3 maxi	5 / 6 1/2
Point de trouble (°C)	— 9	— 6	— 9
Point de congélation (°C)	— 15	— 9	— 9

8. LUBRIFICAÇÃO DE MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA E CONTAMINAÇÃO DO ÓLEO

8.1- Métodos de Lubrificação mais Comuns

Os métodos usados para a lubrificação de motores de combustão interna variam consideravelmente. Entretanto, o sistema mais amplamente empregado consiste na circulação sob pressão, para os mancais principais e cabeças de biela, com uma passagem secundária para o eixo de comando de válvulas e outros componentes. Os cilindros podem ser lubrificados pelo óleo salpicado pela cabeça da biela, ou mediante alimentação direta proporcionados por lubrificadores mecânicos, ou ainda por meio de uma combinação de ambos. Os pinos dos êmbolos são lubrificados através de condutos de óleo situados na cabeça da biela, ou por salpico. Empregam-se os mesmos dispositivos de carter úmido e de carter seco: encontra-se o primeiro, normalmente, em motores de alta velocidade, enquanto se utiliza o último em unidades estacionárias de grande porte, ou em motores marítimos, comumente providos de resfriador de óleo. Constituem exceções a esses casos gerais os motores horizontais do tipo carter aberto e os motores verticais de dois tempos, onde os mancais são normalmente lubrificados por anel e a cabeça da biela por alimentação direta.

8.2- Purificação do Lubrificante (filtro de óleo)

A contaminação e a deterioração do lubrificante são inevitáveis na prática, apesar dos cuidados tomados a fim de impedi-las. Torna-se, pois, necessário submetê-lo a uma purificação periódica ou contínua.

Certos métodos, algumas vezes aplicados para a purificação de lubrificantes minerais puros, não se prestam para lubrificantes com aditivos. Processos de filtração puramente mecânicos são bastante satisfatórios, mas, em geral, deve-se evitar a lavagem com água ou o emprego de substâncias altamente absorventes, como a terra ativada, e qualquer outro método de purificação de óleo que implique no uso de substâncias químicas (coagulantes alcalinos, por exemplo). Convém ressaltar que a adequada purificação de lubrificantes possibilita grande espaçamento nos períodos de troca de óleo, porém não dispensa a necessidade dessa troca, em virtude de não ser possível evitar a deterioração natural do lubrificante.

8.3- Principais Propriedades dos Óleos para Motores

Propriedades dos óleos	Ações resultantes sobre o motor
1º Resistência à oxidação	Proteção a temperatura elevada contra: - formação de depósitos de verniz e borras; - corrosão de certas peças metálicas;
2º Detergência ou dispersividade	Proteção: - a pequena carga e a baixa temperatura; - a plena carga e a alta temperatura; - contra a formação de depósitos de verniz, borras e carbono.
3º Baixa formação de depósitos de carbono	Proteção contra a formação de depósitos: - nas câmaras de combustão; - sobre as velas;
4º Ação anti-desgaste	Proteção contra: - o desgaste corrosivo a baixa temperatura dos segmentos e dos cilindros - o desgaste mecânico em qualquer temperatura
5º Facilidade de partida e rapidez na colocação em funcionamento	Redução: - do desgaste do motor; - do desgaste dos elementos de partida; - do consumo de carburante e combustível

8.4- Contaminantes, suas fontes, possíveis efeitos nos lubrificantes de motores de combustão interna

O óleo, além de lubrificar todas as partes em movimento, deve vedar os anéis do pistão, neutralizar produtos ácidos da combustão para reduzir o ataque corrosivo, proteger contra a ferrugem durante operações a baixa temperatura ou, quando o motor estiver inoperante, servir como um líquido de transferência de calor, e manter o motor limpo.

A medida em que estiver realizando estas funções, o óleo do motor vai se tornando, com o tempo, inadequado para uso posterior. A expectativa de vida do óleo depende de: (1) qualidade do óleo e combinação óleo-aditivos; (2) combustível usado; (3) projeto e construção do motor; (4) condições operatórias do motor; (5) manutenção.

A tabela a seguir resume os tipos de contaminantes, fontes, efeitos no sistema de lubrificação e no equipamento.

A- MOTORES DIESEL

CONTAMINANTES	FONTE	EFEITOS NO LUBRIFICANTE DO CARTER
Produtos de combustão incompleta. Oxidação, polimerização. Outras deteriorações	Diesel. Óleo lubrificante	Escurecimento do óleo. Aumento da viscosidade. Tendência à formação de verniz (e sua sedimentação). Aumento da suscetibilidade à oxidação.
Material fuliginoso	Diesel	Enegrecimento do óleo. Aumento da viscosidade. Tendência à formação de depósitos.
Poeiras e sujeira	Ar de entrada Diesel	Tendência à formação de depósito. Tendência ao desgaste por abrasão. Tendência a formar espumas.
Partículas metálicas. Ferrugem e incrustação	Desgaste do motor. Corrosão. Resíduos de manufatura	Cataliza a deterioração do óleo. Tendência à formação de depósitos. Tendência ao desgaste por abrasão.

Diesel	Vazamento (bomba, tubulação). Pingos da injeção. Agitação. Combustão incompleta	Diminuição da estabilidade do óleo. Diminuição de viscosidade do óleo. Tendência à formação de verniz
Água	Condensação dos gases da combustão. Vazamentos do resfriamento, das camisas	Diminuição da estabilidade do óleo. Tendência à formação de borra. Tendência a enferrujar e corroer o material
Ácidos	Gases de combustão (especialmente de diesel com muito S)	Tendência à corrosão do material. Diminuição da estabilidade do óleo. Tendência à formação de borra e verniz

B- MOTOR A GASOLINA

Produtos de combustão incompleto. Oxidação. Polimerização. Outras deteriorações	Gasolina. Óleo lubrificante	Descoloração cinzenta de vido ao chumbo da gasolina. Tendência à formação de depósitos e de verniz. Aumento da viscosidade e da suscetibilidade à oxidação
Fuligem de carbono	Gasolina	Enegrhecimento do óleo. Aumento da viscosidade. Tendência à formação de depósitos
Poeira	Ar de entrada. Filtro de ar e respiradouro do carter	Tendência ao desgaste por abrasão. Tendência à formação de depósito
Partículas metálicas	Desgaste do motor. Inscrustação ferruginosa. Resíduos de manufatura	Tendência à formação de depósitos. Cataliza a deterioração do óleo. Tendência ao desgaste por abrasão
Diluição	Gasolina. Partidas frequentes, saída a frio, afogamento excessivo	Redução da viscosidade. Diminuição da estabilidade do óleo. Tendência à formação de verniz
Água e materiais anticongelantes	Condensação. Vazamento na gaxeta do cabeçote	Tendência à formação de verniz e depósitos. Tendência a enferrujar e corroer partes metálicas. Tendência a emulsificação. Aumento da suscetibilidade à oxidação.
Ácidos	Gases de combustão	Tendência à corrosão dos metais. Tendência à formação de borra e verniz

CAPÍTULO II - RERREFINO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES USADOS

9. Óleos usados - Composição
 - 9.1. Contaminantes
 - 9.2. Reações que levam à contaminação
10. Rerrefino de óleos usados - Introdução
11. Descrição de processos físicos e químicos utilizados na indústria do rerrefino
 - 11.1. Introdução
 - 11.2. Processos físicos
 - 11.3. Processos químicos
12. Processos (tecnologias) de rerrefino de óleos lubrificantes usados de motores de combustão interna
 - 12.1. Processo clássico ácido-argila ou convencional
 - 12.2. Processos de extração por solvente - IFP
 - 12.3. Processos desenvolvidos nos EUA
(PROP, KTI, RTI, BERC)
 - 12.4. Novidades (ultrafiltração, Wiped Film Evaporator)
13. O rerrefino no Brasil
 - 13.1. Introdução
 - 13.2. Legislação
 - 13.3. Empresas brasileiras - Novidades
14. Os números do rerrefino - Brasil
15. Aspectos econômicos do rerrefino
16. Incentivo ao rerrefino (Brasil e Europa)

9. ÓLEOS USADOS - COMPOSIÇÃO

Serão tratados apenas os óleos lubrificantes usados em motores de combustão interna.

O óleo lubrificante, após um certo período de uso, perde suas características iniciais, tornando-se necessária sua substituição, tendo em vista garantir para o motor um melhor desempenho e uma vida útil maior.

Porém, o óleo lubrificante nunca se desgasta, isto é, nunca perde suas qualidades lubrificantes; ele apenas se suja com o uso. Os contaminantes (que diminuem estas qualidades) geralmente presentes nos óleos usados, são apresentados a seguir.

9.1- Contaminantes

- . Água : normalmente proveniente da condensação de umidade presente no ar ou de uma infiltração; fica retida em suspensão como defesa dos equipamentos lubrificados.
- . Produtos voláteis (combustíveis líquidos, tais como a gasolina e o óleo diesel) a diluição do óleo lubrificante pela incorporação dessas frações leves é proveniente, entre outros, de misturas ricas de combustíveis/ar, partidas repetidas com motor a frio, possíveis folgas nos cilindros, vazamento ou má combustão.
- . Partículas sólidas: carvão (fuligem), poeira (contaminação externa), fragmentos metálicos (decorrentes do atrito), entre outros, que são insolúveis no óleo.
- . Compostos insolúveis em óleo: aditivos degradados (compostos provenientes da degradação parcial dos aditivos: sulfato de chumbo, óxidos de chumbo, etc.).

- . Compostos solúveis no óleo: aditivos não degradados; decomposição de partículas saturadas devido ao calor, originalmente presentes no lubrificante, com geração de hidrocarbonetos insaturados, oxigenados e poli insaturados, que tendem a polimerizar formando resinas, verniz, gomas, outras matérias asfálticas, e altos polímeros, além de compostos halogenados, fenóis, etc.

A análise de um óleo lubrificante usado demonstra que as impurezas representam 20 a 35% do seu volume, podendo esse óleo ser considerado um petróleo cru rico em óleo lubrificante e apto a receber nova refinação.

Análise Típica de Óleo Lubrificante Usado	
	% em peso do lubrificante usado
Diluentes leves da faixa da gasolina	1 a 6
Diluentes leves da faixa do óleo diesel ...	10 a 15
Óleo lubrificante não deteriorado	60 a 80
Água	0 a 10
Aditivos	a 15
Produtos de decomposição do óleo lubrificante	5 a 8
Partículas sólidas	1 a 3

Fonte: Equipe da Cotepe.

9.2- Reações que levam à contaminação

Apresentamos, abaixo, as reações químicas que podem resultar em "contaminação" de um óleo lubrificante:

- . oxidação da superfície metálica
- . oxidação de hidrocarbonetos e formação de ácidos
- . polimerização de hidrocarbonetos e formação de filmes resinosos
- . hidrólise dos aditivos
- . oxidação dos aditivos
- . interação dos componentes

O óleo lubrificante, como é do conhecimento geral, tem sua origem na destilação fracionada do produto retirado dos poços de petróleo. Dessa forma, obtém-se um óleo lubrificante composto de hidrocarbonetos, tendo de 70% a 80% de moléculas de origem parafínicas e 20% a 30% de moléculas de origem naftênicas. As cadeias de moléculas parafínicas são quimicamente mais estáveis que as cadeias de moléculas naftênicas.

Some physical properties of 30 used lubricating oils

Sample No.	Viscosity		Viscosity Index	Sp. Gr. 60/60°F	BS and W, %	Water, %	Pentane Insolubles, %	Benzene Insolubles, %	Fuel Dilution, %	Anti-freeze ^a
	SUS 100°F	SUS 210°F								
1465	255	56.7	168	0.904	8	2.8	1.15	0.81	5.7	Positive
1466	435	72.4	158	0.932	14	5.7	4.38	1.26	2.0	Trace
1467	340	61.7	145	0.908	13	7.9	1.75	0.64	4.7	Positive
1468	425	69.0	145	0.917	14	11.5	2.62	0.82	2.9	Positive
1469	295	55.2	124	0.904	8	4.0	0.74	0.56	3.4	Positive
1470	345	62.3	146	0.920	12	7.5	2.42	0.99	2.6	Positive
1471	220	53.7	168	0.904	10	5.3	1.30	0.82	9.7	Positive
1473	286	61.4	176	0.906	8	3.7	3.16	0.82	3.2	Positive
1474	425	70.9	154	0.929	17	13.7	4.64	0.95	3.0	Positive
1476	305	60.5	156	0.908	6	0.2	1.29	1.24	2.6	Negative
1477	315	58.4	137	0.901	10	5.3	2.13	0.82	3.6	Positive
1478	345	60.9	137	0.905	16	8.0	5.02	0.75	2.2	Positive
1479	295	56.8	137	0.901	15	6.3	2.16	0.76	2.6	Positive
1480	300	60.8	162	0.914	23	15.5	2.64	0.49	6.8	Positive
1481	310	59.9	149	0.906	14	4.2	2.82	1.14	3.6	Positive
1482	240	52.5	136	0.897	15	6.2	1.08	0.85	6.4	Positive
1483	300	61.8	168	0.907	10	13.3	1.95	1.24	5.8	Positive
1484	305	59.5	149	0.903	16	7.8	0.92	0.71	5.8	Positive
1485	315	59.9	147	0.905	15	5.5	1.95	1.01	6.2	Positive
1486	315	61.1	154	0.910	15	8.3	2.37	1.00	3.4	Positive
1487	1261	126.6	136	0.921	5	7.0	2.73	0.80	0.4	Positive
1488	250	54.9	151	0.911	16	7.5	2.22	0.97	7.0	Positive
1489	1032	128.6	164	0.938	42	33.8	3.17	0.68	2.0	Positive
1492	325	57.7	126	0.901	6	0.7	1.27	1.15	1.2	Negative
1493	395	57.4	96	0.910	16	8.8	1.09	0.75	5.0	Negative
1494	350	64.5	156	0.916	22	14.8	2.98	0.89	2.0	Positive
1495	285	56.5	141	0.891	4	0.6	0.82	0.52	2.0	Positive
1496	300	58.9	176	0.906	20	8.9	3.00	0.99	6.5	Positive
1497	375	66.1	152	0.914	1	10.6	1.69	0.91	5.8	Positive
1498	415	67.7	143	0.908	0.4	0.4	2.09	1.86	1.6	Positive

^a Positive — greater than 0.1 percent; Trace — less than 0.1 percent.

September 1977

HYDROCARBON PROCESSING

TENEURS EN MÉTAUX ET MÉTALLOIDES D'HUILES USAGÉES DE DIFFÉRENTES ORIGINES. (ppm)

Metal and metalloid contents in spent oils of different origins (ppm).

	FRANCE	FRANCE	FRANCE	ITALIE	URSS	RÉPUBLIQUE D'AFRIQUE DU SUD	YUGOSLAVIE	POLOGNE	MAROC
	1973	1974	1976	1976	1973	1974	1974	1976	1976
Ni	< 5	< 5	< 5	< 5	7	< 5	< 5	< 5	
B	< 5		7	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	
Mn	< 5	< 5		8	< 5		< 5		
Fe	124	123	160	245	250	104	78	350	239
Cr	9		< 5	5	5	37	< 5	5	< 10
Sn	< 5	< 5	7	< 5	< 5	4	< 5	< 5	< 10
Cu	34	30	21	27	9	36	< 5	40	21
Al	12	19	14	32	43	34	16	33	30
Mg	38	102	80	160	< 5	49	17	11	34
Si	14	20	19	41	23		39	83	25
Cl	2 200		I 020	1 080	200	350	230		700
Ca	900	I 250	I 450	1 600	1 000	975	4 100	420	I 700
Ba	2 100	2 000	700	650	2 500	630	415	480	600
Zn	690	730	660	750	230	485	860	400	625
Pb	2 130	1 800	I 120	3 300	19 (*)	I 180	17 (*)		
P	530	670	625	740	210	550	660	310	600

(*) Huiles « diesel ».

A existência de moléculas instáveis em um óleo lubrificante original, sempre prontas a se oxidarem ou a se combinarem com outros elementos, decorre do fato de que, nas torres de fracionamento das refinarias de petróleo, o processo de quebra de cadeias moleculares naftênicas quimicamente instáveis processa-se de maneira insuficiente.

O óleo lubrificante de primeira destilação, isto é aquele que sai das refinarias, quando usado em motores à explosão, onde experimenta pressões e altas temperaturas, sofre transformações que resultam na decomposição das moléculas instáveis.

Tendo em vista que o óleo lubrificante é formado em quase toda sua totalidade por moléculas parafínicas, que lhe conferem o poder de lubrificação, podemos compreender, facilmente, porque o óleo retirado do carter dos motores à explosão é perfeitamente reutilizável, com as vantagens de, após a rerrefinação apresentar cerca de 90% a 100% de moléculas estáveis, sendo, portanto, superior a um óleo lubrificante de primeira origem.

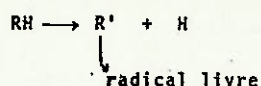
Conclusões obtidas através de experiências em todo o mundo e mesmo aqui no Brasil indicam que o óleo lubrificante rerrefinado, sendo mais estável, é duas vezes, pelo menos, mais eficiente que o óleo novo de mesma qualidade, isto é, para o mesmo tipo de serviço.

CARACTERISTICAS DE OXIDAÇÃO

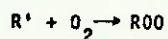
Um dos requisitos mais importantes de um lubrificante é que suas propriedades não sofram apreciável mudança durante o uso. Enquanto alguma mudança nas propriedades durante operação resultam de contaminação, diluição, etc., a maioria das mudanças são atribuíveis a mudanças químicas nas próprias moléculas introduzidas primariamente pela oxidação do lubrificante.

Apesar de não ser conhecida a exata composição dos produtos formados pela oxidação de um óleo de hidrocarbonetos, devido à sua complexidade química, acredita-se que os primeiros produtos da reação são peróxidos orgânicos que sabe-se serem corrosivos a vários metais brancos (babbit). Estes peróxidos podem funcionar como catalizadores durante oxidação posterior do hidrocarboneto. O processo de oxidação pode ser considerado como:

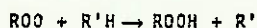
- inicialmente, um radical livre é formado pela remoção de um átomo de hidrogênio da molécula do hidrocarboneto



- o radical R' reage com o oxigênio para formar o radical peróxido



- este, forma um hidroperóxido pela remoção de um átomo de hidrogênio de outra molécula de hidrocarboneto:

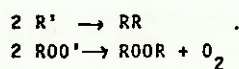


Através da repetição contínua deste processo, ocorre uma reação em cadeia, cuja taxa é função da estabilidade do hidroperóxido.

A decomposição da molécula de hidroperóxido, causada pela reação: $\text{R}'\text{OOH} \longrightarrow \text{RO}' + \text{OH}'$ gera dois radicais livres.

A partir desta reação, muitos compostos oxigênio-metal podem ser formados, incluindo álcoois (RCH_2OH), aldeídos (RCHO), cetonas (RCOR'), ácidos (RCOOH) e ² água (H_2O). Oxidação posterior destes materiais forma polímeros de alto peso molecular insolúveis e aparecem como resinas ou revestimentos envernizados nas partes metálicas. Ambas as reações descritas acima, podem ser aceleradas pela presença de íons metálicos, calor ou luz.

A reação de oxidação pode ser concluída em diversas maneiras:



O término da reação pode ser atingido pela exaustão do fornecimento de oxigênio ou da exaustão dos fragmentos reagentes ou pela formação de compostos estáveis como produtos finais ou pela geração de radicais livres que são muito estáveis e não entram em reações em cadeia adicionais.

10. RERREFINO DE ÓLEOS USADOS - INTRODUÇÃO

A Associação Americana dos Engenheiros de Lubrificantes (ASLE) assim define o Rerrefino dos Óleos Usados: "é o tratamento do óleo lubrificante usado em uma sequência de processos que remove todos os contaminantes, incluindo água, partículas sólidas, produtos de diluição, produtos de oxidação e os aditivos previamente incorporados ao óleo básico".

Constitui, tanto no Brasil quanto no exterior, atividade industrial de especial significado visto tratar-se de solução prática e racional para os problemas de poluição ambiental e produção de lubrificantes. Quando havia petróleo em abundância e seu preço era baixo, o significado do rerrefino era quase nulo pois muito mais fácil era a utilização de óleos lubrificantes de primeira refinação, com queima ou descarte de óleo lubrificante usado. Hoje, a situação é outra.

Essa medida de racionalização encontrou adeptos em diversos países que, em função de suas necessidades e da viabilidade econômica, desenvolveram tecnologia apropriada visando obter, a partir de óleo lubrificante usado, um produto com características físico-químicas similares ao óleo lubrificante novo.

Devemos, inicialmente, deixar bem claro o que é o rerrefino de óleos usados.

Há um contínuo debate sobre a melhor maneira de reciclar o óleo usado que é coletado. A American Society for Testing and Materials (ASTM) define os métodos de reutilização como se segue:

- Reciclagem é o termo genérico utilizado para o processamento de óleo usado a fim de torná-lo novamente utilizável. (usa-se, também, o termo regeneração)

- Rerrefino é a utilização, inicialmente, de métodos de limpeza em óleos usados a fim de remover contaminantes insolúveis, tornando o óleo adequado para uso posterior. Os métodos podem incluir decantação, aquecimento, desidratação, filtração e centrifugação. (esta parte do rerrefino é chamada "reclaiming" em ingles, ou recuperação às vezes, em portugues)

O rerrefino, propriamente dito, ("re-refining", em ingles) é o uso, após passarem pelos métodos acima, de processos de refino em óleos usados para produzir óleos básicos de alta qualidade; pode incluir destilação, hidrotratamento e/ou tratamentos empregando ácido sulfúrico, soda caustica, solvente, argila e/ou outros produtos químicos.

Desta forma, os principais caminhos de reciclagem são a queima dos óleos usados (para usar o conteúdo energético do óleo) e a fabricação de lubrificantes pelo rerrefino. Eliminação de poeira tem sido outro uso significativo, mas têm-se tornado menos desejável, devido a problemas ambientais. Correntemente, a maior parte dos óleos usados coletados deve estar sendo queimada, pois há uma limitada capacidade instalada de rerrefino de óleos lubrificantes usados. A indústria do rerrefino é uma situação como o "ovo e a galinha", na qual muitas pessoas investiriam em plantas de rerrefino se tivessem um suprimento de óleo usado garantido; mas, como o valor do combustível "óleo usado" está próximo do valor de um "óleo novo", além da falta de incentivos reais ao rerrefino, o caminho da queima do óleo usado aparenta ser mais econômico. Entretanto, diversos estudos recentes envolvendo a energia total empregada nos dois caminhos concluiu que há uma leve vantagem econômica para o rerrefino do óleo usado contra a sua queima. Devemos considerar ainda, que a política de incentivos ao rerrefino está mudando, havendo já definida uma legislação sobre o assunto (tanto no Brasil como no exterior) e já foram criadas associações, realizados congressos, e o tema rerrefino aparece em diversas revistas de química e petroquímica, com um grau de desenvolvimento espantoso.

Finalmente, o rerrefino já possui uma infraestrutura bastante aprimorada, principalmente em países como EUA, França, Alemanha, etc.

Resumindo, o problema da reciclagem (ou regeneração) de óleos usados deve ser considerado à luz de três pontos básicos:

1. óleo usado é um residuo bastante poluente;
2. óleos usados podem ser queimados e conseqüentemente são uma fonte de energia;
3. óleos usados podem ser rerrefinados em novos óleos básicos e conseqüentemente podem ser considerados como matéria prima.

O carater poluente dos óleos usados é bem conhecido. Vamos apenas relembrar alguns pontos:

- são um produto preto e viscoso cobrindo a água e impedindo seu contato com o ar;
- sua penetração no solo é facilitada pela presença de agentes tenso-ativos;
- são rejeitados ao nível do consumidor, ou seja, de uma maneira bastante dispersa.

11. DESCRIÇÃO DE PROCESSOS FÍSICOS E QUÍMICOS UTILIZADOS NA INDUSTRIA DO RERREFINO

11.1- Introdução

Apresentaremos, a seguir uma descrição suscinta das etapas envolvidas no rerrefino de óleos lubrificantes usados, a fim de familiarizar o leitor com a nomenclatura a ser usada no próximo segmento onde discutiremos os diversos processos de rerrefino desenvolvidos mundialmente.

O rerrefino vem a ser o tratamento adequado do óleo usado mediante processos específicos, permitindo assim a reutilização do mesmo. Dentre esse conjunto de processos, alguns são de natureza física (utilizam apenas as diferenças entre as propriedades físicas dos compostos, para separá-los em diversos produtos) e outros de natureza química (utilizam reações químicas para obtenção de produtos e purificação dos mesmos).

11.2- Processos Físicos

a) Sedimentação: consiste em deixar o óleo usado em um tanque de fundo cuneiforme, sem agitação, por um período de tempo suficiente e adequado. Este método depende da densidade da água, das impurezas sólidas do óleo. É óbvio que os produtos oxidados que têm a mesma densidade do óleo não serão removidos.

Algumas impurezas se separam lentamente, outras mais rapidamente. Os óleos mais fluidos se separam das matérias em suspensão com maior facilidade do que os mais viscosos.

Algumas impurezas são tão leves que se torna impossível purificar o óleo sem a utilização de certos procedimentos que aceleram a decantação. Estes procedimentos incluem o aquecimento pelo

vapor ou água quente, adição de coagulantes, etc. A introdução de vapor (70 ou 80°C) não só aquece o óleo, como também atua de tal forma que as impurezas leves são arrastadas para o fundo do tanque juntamente com as mais pesadas.

Quando se deixa o óleo em repouso, é importante se desligar o aquecimento, pois do contrário se formariam correntes que dificultariam a sedimentação das impurezas.

- b) Filtração: consiste em fazer passar o óleo através de certos materiais que retêm as partículas sólidas. Podem ser classificados em quatro tipos genéricos:
- . Filtro de placa;
 - . Filtros de algodão, estopa, papel e celulose;
 - . Filtros que empregam argilas ativadas;
 - . Filtros magnéticos
- c) Centrifugação: é um processo mecânico pelo qual a separação das impurezas dos líquidos é acelerada, fazendo-se girar em altas velocidades periféricas, servindo assim a força centrífuga como agente acelerador. É econômico para grandes volumes de óleo. Não remove aditivos e ocupa pequeno espaço.
- d) Desidratação térmica : consiste em passar o óleo lubrificante em uma coluna de dois estágios, que operam independentemente. O primeiro estágio consiste em aquecer o óleo na faixa de 160°C a 200°C, sob pressão normal. O óleo circula em um fluxo contínuo através de um trocador de calor; na coluna inferior, com uma bomba de circulação, atravessa o trocador de calor e retorna à coluna superior. Deste circuito, uma certa quantidade de óleo desidratado é removida para o segundo estágio, na parte superior da coluna, onde de lá é resfriado. A água e as frações leves são retiradas pelo topo da coluna e condensados em um condensador.

- e) Extração por solvente: pode ser aplicado a qualquer tipo de óleo lubrificante, de origem parafínica. A matéria prima, além de hidrocarbonetos parafínicos e naftênicos, contém também indesejáveis resinas, borras, compostos asfálticos, etc. A ação do solvente é distribuir o óleo em duas fases miscíveis: fase de extração e fase de refinado. A escolha do solvente depende dos seguintes fatores:
- características do óleo lubrificante;
 - seletividade do solvente;
 - características das fases;
 - facilidade de recuperação do solvente

O propano pode ser usado em combinação com outros solventes, tais como fenol e ácido cresílico. O ácido cresílico, fenol e furfural estão entre os solventes mais usados para enriquecer a qualidade do óleo lubrificante.

No processo fenol, os constituintes indesejáveis são removidos por uma mistura de fenol e água. Em um sistema típico, o óleo a ser tratado flui através de uma torre de tratamento em contra-corrente a um vapor da mistura fenol-água. A pressão na torre é atmosférica e a temperatura varia na faixa de 60 a 90°C.

- f) Destilação: devem ser considerados os seguintes fatores:

- faixa dos pontos de ebulição dos componentes;
- estabilidade térmica;
- especificações das frações a serem obtidas

Cabe recordar que destilação é a operação unitária que faz uso das diferenças de volatilidade entre os componentes de uma mistura líquida para separá-los.

No entanto, certos óleos possuem pontos de ebulição tão elevados que não podem ser vaporizados à pressão atmosférica. Nestes casos, utiliza-se a destilação sob vácuo ou pelo uso de grande quantidade de vapor. Temperaturas elevadas resultam em uma perda do lubrificante viscoso devido ao possível craqueamento. O limite superior para a não ocorrência de craqueamento parece situar-se ao redor de 370°C.

11.3- Processos Químicos

a) Acidulações

O uso de ácido sulfúrico concentrado é especialmente indicado para a produção de certos tipos de óleos minerais, óleos medicinais, óleos brancos e óleos isolantes. O ácido ataca os hidrocarbonetos insaturados, produzindo ésteres, alcoóis, polímeros e produtos oxidados. Em temperaturas normais (30 a 40°C), o ácido sulfúrico reage menos com os hidrocarbonetos parafínicos e naftênicos. A tendência à emulsificação e à formação de resíduo carbonoso é sensivelmente reduzida.

O tratamento por ácido sulfúrico (92 a 98% puro) compreende um reator central provido de uma bomba dosadora, tanque de sedimentação, tanque intermediário, tanque para a borra ácida e instrumentação. Geralmente é necessário um tempo de sedimentação da ordem de 24 horas para a completa sedimentação da borra (formada pelos elementos atacados pelo ácido: compostos oxidados, aditivos não degradados e compostos insaturados).

b) Neutralização

Consiste em adicionar soda ou potassa caustica no óleo, com o objetivo de neutralizar os ácidos

presentes, convertendo-os em sais. Este tratamento é feito em um tanque de fundo abaulado provido de um agitador.

c) Hidroacabamento

O hidrogênio age para saturar os hidrocarbonetos instáveis. Além de melhorar a cor, obtêm-se uma melhor resistência à oxidação e uma redução do resíduo de carbono.

O hidrogênio no reator atinge de 30 a 50 kgf/cm², a uma temperatura de 280 a 340°C, em uma taxa de reciclagem na ordem de 100 a 200 m³ de hidrogênio puro por m³ de óleo a 150°C, sob 1kgf/cm².

12. PROCESSOS (TECNOLOGIAS) DE RERREFINO DE ÓLEOS LUBRIFICANTES USADOS DE MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

Observação importante: existem inúmeros processos complexos de reciclagem de óleos lubrificantes, dentre os quais:

- a) tratamento de óleos hidráulicos e óleos de circulação;
- b) tratamentos de óleos de turbina;
- c) tratamentos de óleos de corte;
- d) tratamentos de óleos isolantes;
- e) tratamentos de fluidos sintéticos resistentes ao fogo;
- f) tratamentos de óleos automotivos.

Dentre os processos acima iremos abordar apenas os tratamentos de óleos lubrificantes usados automotivos (motores de combustão interna).

12.1- Processo Clássico Ácido-Argila ou Convencional

Esse processo, também conhecido como Bernd Mein-
kem, é bem antigo e foi desenvolvido na Alemanha Ocidental, tendo sido o processo adotado no Brasil.

Compreende as seguintes etapas:

- a) Filtração primária : o óleo usado é peneirado para a remoção de impurezas sólidas grosseiras (granulação maior que 3 mm).
- b) Decantação e Desidratação: o óleo peneirado é mantido sob determinadas condições de temperatura e pressão ($\approx 160^{\circ}\text{C}$ e 1 atm) para a eliminação da água e de algumas frações leves presentes no produto.
- c) Destilação (a vácuo): sob temperatura de 280°C e pressão de 30 polegadas (≈ 58 mmHg), são separados, por destilação, as frações classificadas como leves (gasolina, óleo diesel e outros lubrificantes de baixa viscosidade), as quais, em geral, são aproveitadas como combustível no próprio processo de rerrefinação.
- d) Acidulação ou Sulfonação (tratamento ácido): após a destilação, o produto é resfriado para uma temperatura de $30/40^{\circ}\text{C}$ e, a seguir, bombeado para os tanques de acidulação, onde, após o óleo receber certa dosagem de ácido sulfúrico concentrado deverá permanecer por 24 horas (tempo de residência). O ácido ataca compostos oxidados, aditivos não degradados, compostos insaturados, polímeros e asfaltos, fazendo, dessa maneira, com que estes elementos formem uma borra ácida no fundo do tanque, a qual é drenada e descartada em locais pré-estabelecidos pelos órgãos de meio ambiente. Não existe, ainda, no Brasil aproveitamento desse material, embora existam estudos em andamento nesse sentido.
- e) Neutralização (tratamento alcalino): devido ao tratamento ácido que o óleo sofre, é necessário neutralizá-lo. (com soda ou potassa caustica, adicionadas gradativamente e em proporções definidas).

- f) Clarificação: através de argila clarificante (2,5%), a uma temperatura de 150°C por um determinado período de tempo.
- g) Destilação e Fracionamento de diferentes óleos básicos: após a clarificação, o óleo é enviado para um aquecedor, onde os compostos voláteis vão para uma coluna, chamada "spindle" que opera sob um vácuo de 80 mmHg. Assim, os derivados leves remanescentes são separados e obtêm-se os óleos lubrificantes básicos rerrefinados.
- h) Acabamento: através de argila para os spindle e neutrals; através de ácido/argila para o bright stock.
- i) Filtração: a seguir, o óleo é tratado em filtros-prensa para a separação da argila utilizada e eliminação de partículas de carbono e materiais coloridos remanescentes no produto.

O rendimento médio, no processo de rerrefinação, conforme citado, situa-se na faixa de 60% a 70% de óleo básico rerrefinado em relação ao óleo usado empregado como matéria-prima.

Apresentamos, neste ponto, algumas vantagens que podem ser destacadas de um óleo lubrificante básico rerrefinado:

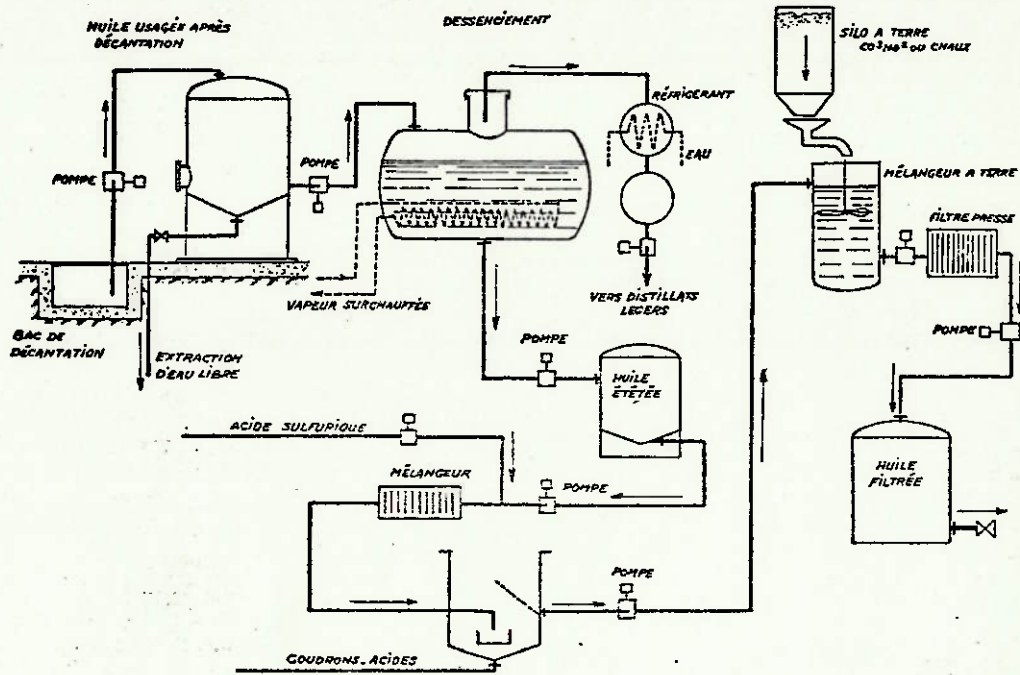
- maior estabilidade de moléculas, permitindo, portanto, uma maior quilometragem ou um número maior de horas de serviço;
- menor tendência à formação de carbonos, depósitos e, conseqüentemente, menor tendência à formação de ácidos e ao desgaste do motor;
- menor tendência à oxidação;
- maior capacidade de dissolução de gomas existentes no motor;
- detergência inerente.

O processo convencional, adotado no Brasil, apresenta, como inconveniente, o alto custo de processamento tendo em vista o maior consumo de ácido sulfúrico, neutralizado e argila ativada. Deve-se ainda, considerar o baixo rendimento do processo (~ 60%).

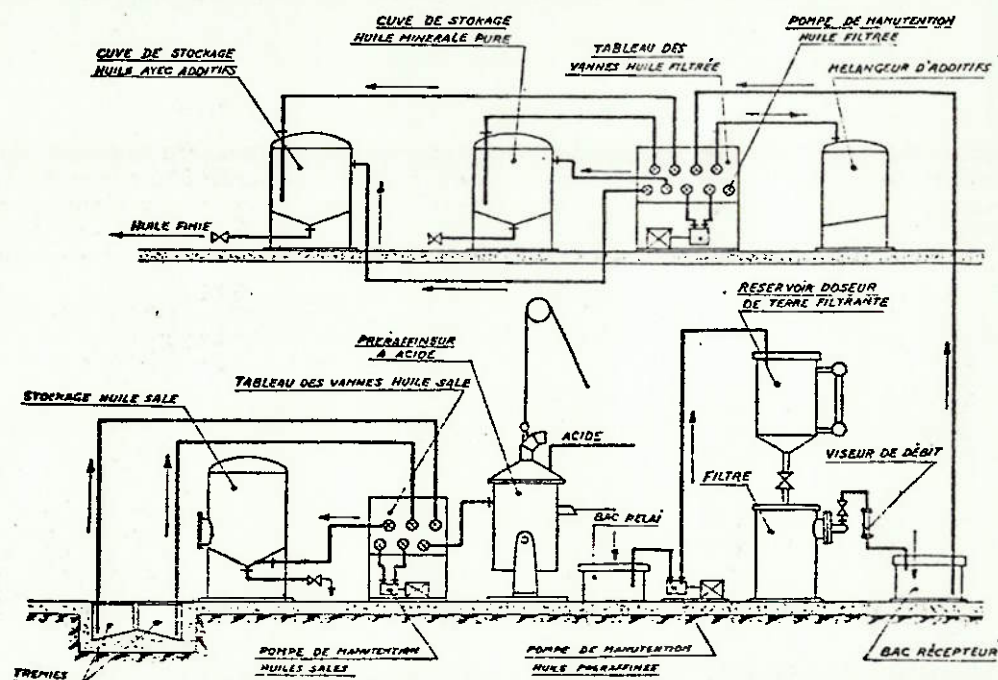
Além disso, este esquema tem se tornado progressivamente menos atrativo e lucrativo nos últimos anos, devido a três fatores:

- a legislação sobre poluição ambiental está cada vez mais severa e a quantidade de borra ácida (poluente, difícil eliminação) e resíduos de argila devem ser drasticamente reduzidos.
- a maior utilização de óleos multigrade que possuem uma maior concentração de aditivos diminui acentuadamente o rendimento do rerrefino, enquanto que simultaneamente aumenta o consumo de produtos químicos no processo (ácido sulfúrico e argila ativada).
- a maior quilometragem de óleos lubrificantes para motor está tornando os óleos usados mais asfálticos e, conseqüentemente, o resultado do processo de rerrefino através de ácido torna-se, frequentemente, errático e decepcionante.

Dessa forma, sentiu-se a necessidade de um método mais eficiente e menos poluente, que foram e estão sendo desenvolvidos mundialmente.

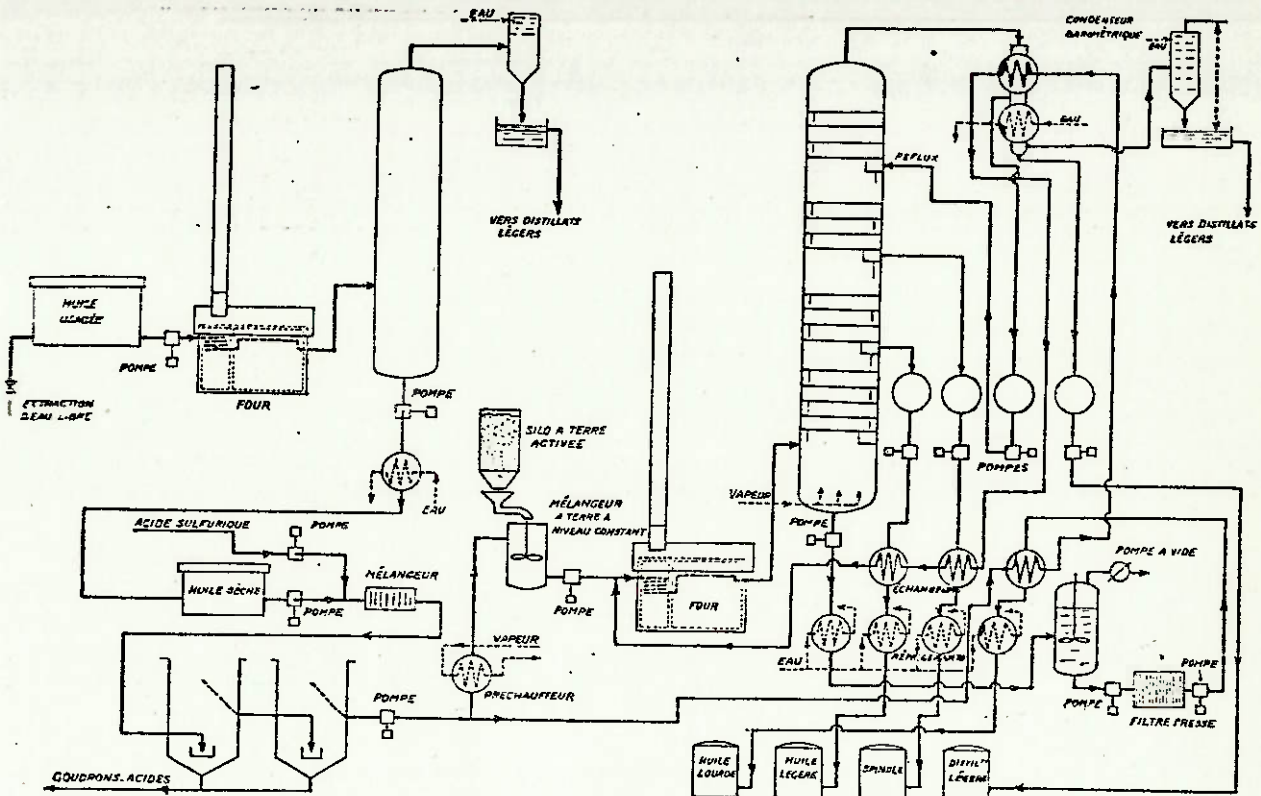


— Schéma d'une installation de régénération d'huiles usagées en discontinu d'une capacité de 50 tonnes par mois.



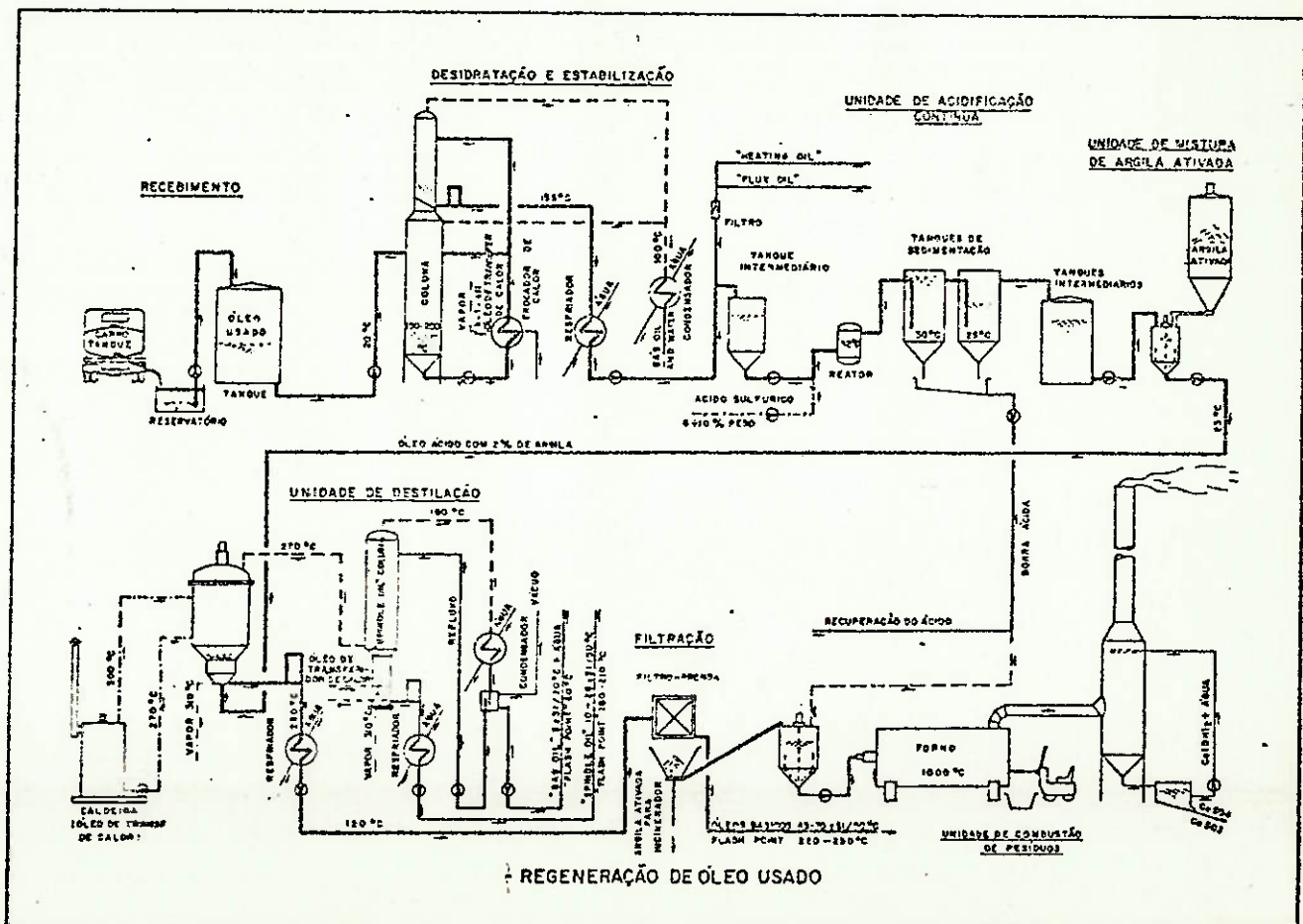
— Schéma d'une installation de traitement d'huiles usagées d'une capacité de 200 tonnes par an, environ. (Avec l'autorisation de la Société d'Étude et de Recherches des Procédés Maxel).

Ref.Bibl.: LES HUILES POUR MOTEURS ET LE GRAISSAGE DES MOTEURS



— Schéma d'une installation de régénération en continu d'huiles moteurs usagées d'une capacité de 15 000 tonnes par an.

Ref. Bibl.: LES HUILES POUR MOTEURS ET LE GRAISSAGE DES MOTEURS



12.2- Processos de Extração por Solvente - IFP

Foram desenvolvidos, pelo Instituto Francês de Petróleo (IFP), dois esquemas de rerrefino não convencionais, ambos utilizando o propano para extração dos contaminantes (material asfalto-metálico) do óleo lubrificante usado.

O primeiro processo, além da extração com solvente, utiliza tratamento ácido (com ácido em proporções muito menores que o processo convencional), sendo que o segundo usa o hidrogênio em substituição ao ácido.

Paralelamente aos dois processos básicos que iremos apresentar, o IFP pesquisou e desenvolveu processos como o pré-tratamento térmico, ultrafiltração e absorção, este último ainda em desenvolvimento, os quais serão descritos, bem como sua utilização alternativa em determinadas etapas dos processos básicos de extração por solvente.

1º Processo : Extração seletiva a propano com tratamento ácido

O fluxograma típico segue as seguintes etapas:

- a) decantação
- b) desidatação e eliminação dos voláteis: praticamente todos os esquemas de rerrefino compreendem, numa primeira etapa, um balão de flash ou uma coluna para a eliminação da água e dos voláteis. A água presente em condições variáveis (0,5 a 5%) é eliminada ao mesmo tempo que os poluentes voláteis do tipo fenóis e outros derivados de aditivos.

A eliminação desses diversos produtos é essencial por causa do seu odor e seu efeito prejudicial possível sobre os tratamentos subsequentes. Uma parte dos voláteis polares é automaticamente eliminada com a água devido às interações moleculares.

Quando desta primeira etapa, a maior parte do oleo diesel é geralmente conservada no oleo; a viscosidade do meio é assim reduzida, o que facilita frequentemente as operações seguintes (decantação das borras ácidas, difusão molecular nos poros do catalisador). Ainda, o diesel que é assim rerrefinado apresenta um melhor valor comercial.

Esta etapa pode ser precedida pelo pré-tratamento térmico (ver adiante).

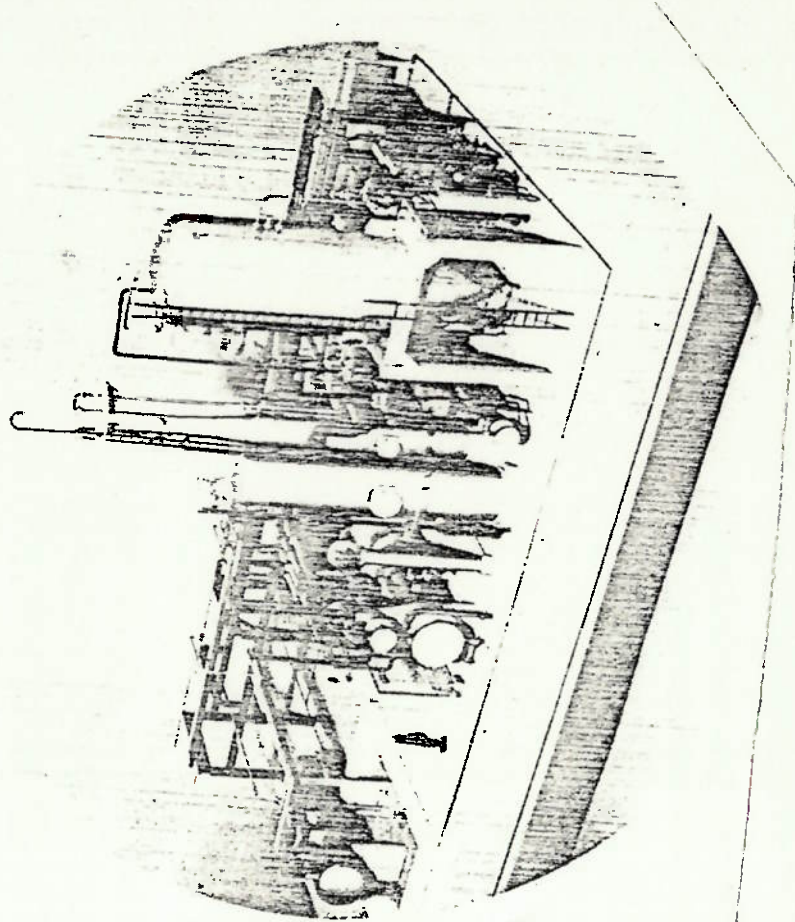
- c) extração de contaminantes por solventes utilizando o propano : Como segunda etapa do esquema de rerrefino, o IFP propõe uma purificação física profunda utilizando a clarificação com propano (ou a ultrafiltração em presença de diluente, como veremos mais adiante).

Uma vantagem evidente deste processo é a separação das impurezas sem a eliminação dos hidrocarbonetos que não estão combinados no resíduo asfáltico.

Este processo está sendo aplicado desde 1968 na refinaria de Viscolube em Lodi (Itália) de maneira bastante satisfatória.

A clarificação ao propano permite eliminar as partículas em suspensão (carbono, poeiras, metais devido à fricção, derivados de aditivos, moléculas oxidadas condensadas, etc.) assim como os compostos de peso molecular elevado não solúveis no propano nas condições de utilização. Enfim, são extraídos aditivos, resíduos de combustão e resíduos provenientes da degradação térmica.

O oleo decantado e desidratado é misturado com propano. A unidade de extração por propano opera a 500 psig e a elevada temperatura. O propano contendo oleo dissolvido é extraído pelo topo da unidade, enquanto que os produtos asfálti



Modèle d'une unité de régénération
d'huiles usées
Capacité : 30 000 t/an (750 BPSD)
Milan, Italie

Processo: IFP

cos e produtos oxidados são removidos pelo fundo. Este resíduo (4% de óleo usado) pode ser queimado em forno especial depois de adequadamente misturado com combustível.

A solução óleo/propano é enviada para uma unidade de recuperação de propano e o óleo segue para as demais etapas.

d) tratamento com ácido sulfúrico (etapa de refino)

Numerosos comentários foram feitos na literatura sobre este tratamento tornado obsoleto na sua aplicação convencional. Todavia, uma distinção deve ser feita entre dois tipos de utilização:

- a primeira utilização, chamada "convencional" consiste em adicionar ao óleo desidratado uma grande quantidade de ácido (por exemplo 15 a 18% em peso). Ainda aceitável há 15 ou 20 anos, este processo tornou-se obsoleto para novas instalações devido ao incomodo e ao custo que representa a utilização importante de ácido e a produção de rejeitos correspondentes. Este processo, também, perde sua eficácia no caso de óleos usados ainda muito ativos.
- a segunda utilização é ainda satisfatória em numerosos casos, já que ela consiste em adicionar apenas alguma porcentagem de ácido, não mais para obter a indispensável separação das borras, mas principalmente para assegurar um refino químico, leve e necessário, após uma purificação física profunda. Neste nível do refino, o problema não é o da separação das borras, mas do ajustamento da quantidade de ácido necessária para se obter um óleo comparável ao óleo virgem (após passar pelo tratamento com terra ativada).

HUILES USAGÉES : SCHÉMAS IFP DE RERAFFINAGE

EFFET D'UNE QUANTITÉ CROISSANTE D'ACIDE SUR LA QUALITÉ DE L'HUILE.
(Données 1978)

Effect of an increasing amount of acid on oil quality (1978 data).

	PRÉTRAITÉE ET CLARIFIÉE AU PROPANE	PRÉTRAITÉE CLARIFIÉE + 1,5 % ACIDE 3 % TERRE	PRÉTRAITÉE CLARIFIÉE + 2,5 % ACIDE 3 % TERRE	PRÉTRAITÉE CLARIFIÉE + 3,5 % ACIDE 3 % TERRE	PRÉTRAITÉE CLARIFIÉE + 4,5 % ACIDE 3 % TERRE
Viscosité à 98,9 °C (cSt).....	8,65	10,19	8,71	8,60	9,13
Indice de viscosité.....	105,5	102	108	105,5	105
Point éclair (°C vase ouvert).....	192	230	196	208	216
Carbone Conradson (% poids).....	0,58	0,33	0,26	0,22	0,20
Indice d'acide (mg KOH/g).....	0,3	0,138	0,095	0,088	0,0088
Cendres (% poids).....	traces	—	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Couleur ASTM.....	noire	6	5	4,5	4,0
Ultra violet (lumière naturelle).....	..	dépôt	dépôt très léger	limpide	limpide
Observations après 6 mois.....	..	dépôt	dépôt très léger	limpide	limpide

Para compensar a evolução desfavorável da composição do óleo bruto ao longo dos anos, a quantidade de ácido adicionada passou de 2,5 a 4,5% em peso em média no espaço de nove anos. Se o óleo for previamente tratado termicamente (veremos adiante) antes da clarificação, a quantidade necessária de ácido pode ser reduzida a 2 a 3% em peso ao invés de 4 a 5%.

e) tratamento com argila ativada (2%) ou percolação

Com o objetivo de neutralização e primeiro ajuste das especificações desejadas.

A maioria dos processos de rerrefino compreendem uma etapa de acabamento o qual podemos considerar como um parâmetro suplementar de obtenção das características desejadas assim como da limpidez e da desodorização dos cortes de óleo. É assim que, após o tratamento ácido e a separação das borras, a adição de terra permite adsorber as finas partículas restantes em suspensão. Após destilação a vácuo (próxima etapa) de um óleo global descolorado (por tratamento ácido e argila ou hidrogenação catalítica), uma adsorção adicional do resíduo oleoso com argila é geralmente recomendada. De uma maneira geral, uma adsorção com pequena quantidade de argila pode ser considerada como um meio de ajustar a cor, o resíduo de carbono Conradson e o índice de acidez às especificações, sendo também melhoradas outras propriedades.

f) destilação fracionada a vácuo

É a etapa de separação das várias frações do óleo em função das diversas viscosidades.

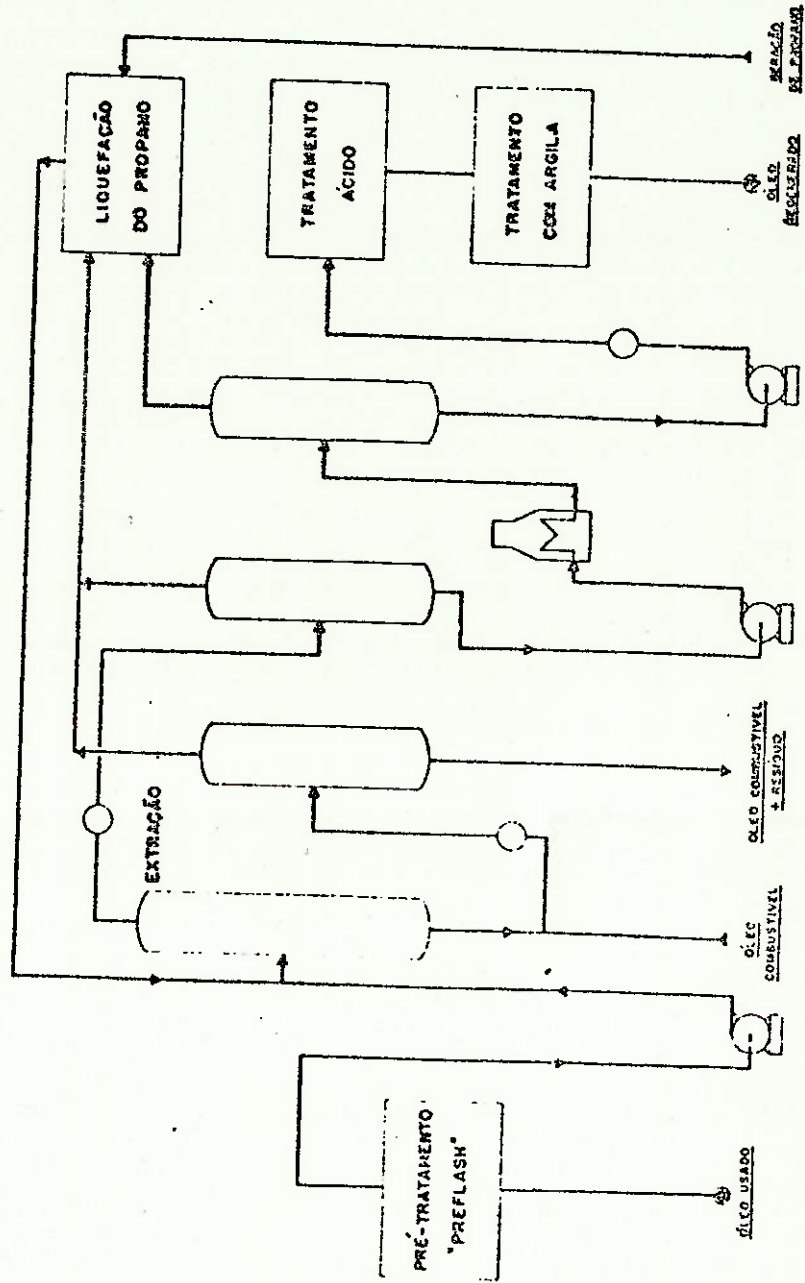
Como foi mencionado no item anterior, após a fase de destilação pode-se melhorar a qualidade das diversas frações através de novo tratamento com argila.

g) filtração

EXTRAÇÃO SELETIVA A PROPANO COM TRATAMENTO-ÁCIDO

FLUXOGRAMA SIMPLIFICADO

1FP

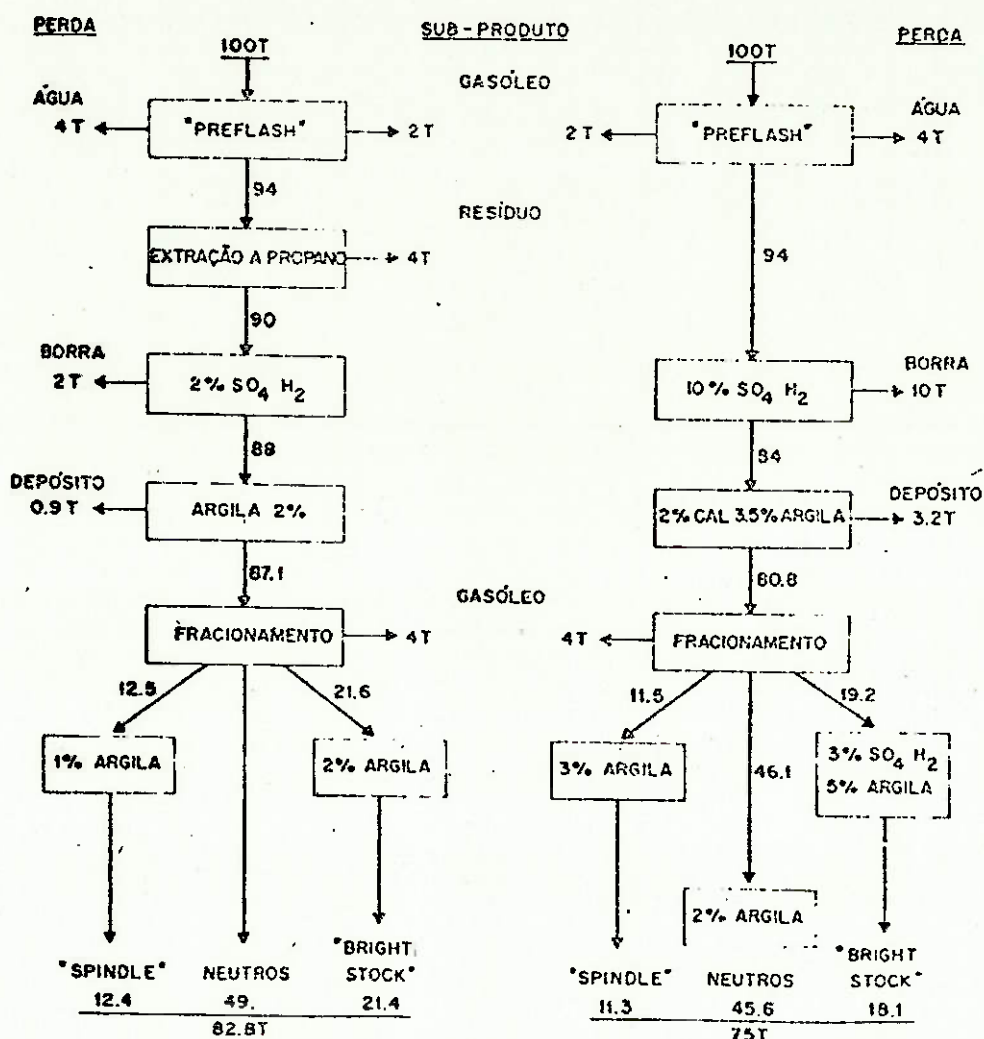


REGENERAÇÃO DE ÓLEOS USADOS PRODUÇÃO COMPARATIVA

EXTRAÇÃO SELETIVA A PROPANO

COM TRATAMENTO ACÍDO - I.F.P.

ESQUEMA CONVENCIONAL



2º Processo: Extração seletiva a propano com hidroacabamento

O processo IFP é particularmente ajustado para diferentes óleos usados de motores que contêm grande quantidade de verniz, gomas e outros componentes asfálticos, gerados pelo calor e pela fricção ocorridas durante o tempo de uso do óleo lubrificante. Normalmente, o rerrefino de óleos usados tem exigido grandes quantidades de ácidos e argila, o que resulta em problemas de depósitos ácidos. Entretanto, com a adição de uma unidade de extração por propano e hidroacabamento no processo, elimina-se completamente o uso de ácido sulfúrico, suprimindo, consequentemente, a produção de resíduos ácidos inaceitáveis ao meio ambiente.

Na unidade de clarificação de propano, as parafinas são solubilizadas e decantadas para outro processamento enquanto a maior parte dos componentes asfálticos altamente condensados e muito dos metais e enxofre é retido no resíduo insolúvel. O resíduo pode ser processado para recuperar o chumbo e outros metais.

Os asfaltos remanescentes são saturados na unidade de hidroacabamento e os elementos de traços são reduzidos a concentrações muito pequenas.

Deve-se notar que onde os regulamentos de controle de poluição são rígidos, deve-se empregar o hidroacabamento em lugar do tratamento ácido após a clarificação com propano. Este processo proposto pelo IFP é um aperfeiçoamento do anterior, e resulta na eliminação completa do emprego de ácido sulfúrico, da necessidade de neutralização com cal virgem e a aplicação de argila também é reduzida sensivelmente. As sequências das operações podem incluir:

- a) pré-tratamento térmico e pré-flash e extração dos contaminantes com propano

- b) hidrogenação catalítica: tratamento com hidrogênio para eliminar os produtos de oxidação (hidroacabamento).

Quando a capacidade da usina e o fornecimento de hidrogênio o permitirem, a hidrogenação catalítica aparece como um tratamento flexível e não poluente para assegurar a etapa de refino. Quando queremos tratar todo o óleo por esse meio, o problema essencial consiste em fornecer ao reator catalítico um óleo suficientemente purificado para evitar uma desativação muito rápida do catalisador.

- c) destilação fracionada e acabamento das frações

O resíduo de extração é da ordem de 5% do óleo usado e poderá ser queimado em forno após mistura com óleo combustível.

Este processo, além de eliminar problemas de poluição, traz vantagens de incluir técnicas modernas que permitem uma completa automatização. Está, portanto, bem adaptado a plantas de grandes tamanho que são o futuro da indústria do rerrefino do óleo usado.

Obs: Um procedimento proposto por alguns concorrentes consiste em tratar cataliticamente os destilados a vácuo, somente, sendo o resíduo valorizado, então, ao preço do combustível pesado. Neste caso, a coluna de destilação a vácuo é instalada imediatamente após a desidratação ou uma primeira etapa de pré-refino.

Se preferirmos tratar o óleo como um todo (esquema IFP), a purificação necessária pode ser conseguida assim:

- seja por clarificação com propano precedida de um pré-tratamento térmico;
- seja por ultrafiltração associada a um pré-tratamento apropriado (veremos mais adiante o que é a ultrafiltração e o tratamento térmico).

O efluente proveniente da unidade de tratamento com hidrogênio é em seguida separado em uma destilação a vácuo em frações de viscosidades diferentes. O residuo a vácuo é tratado com pequena porcentagem de argila para melhorar sua cor e torná-lo limpo. Este procedimento é necessário no resíduo oleoso pois, ao nível das reações catalíticas, partículas são deixadas no meio e devem ser, portanto, separadas do óleo.

Uma variante pouco poluente do esquema precedente que valoriza igualmente em óleo o resíduo viscoso utiliza o esquema misto seguinte:

- a destilação a vácuo se segue à clarificação com propano
- os destilados são tratados por hidrogenação catalítica
- o resíduo a vácuo é tratado com ácido; apesar da viscosidade do produto, o ataque ácido e a decantação das borras se processam normalmente; isto é a consequência da eliminação dos detergentes dispersantes na etapa de clarificação com propano.

Outra variante do esquema IFP encontrada na literatura, cita o utilizado por uma planta de tratamento de 20.000 t/ano de óleo usado em Belgrade (Yugoslavia), que partiu em 1976:

- pré-tratamento, pré-flash, extração por propano, destilação fracionada
- tratamento com argila do resíduo de fundo
- hidroacabamento dos diferentes óleos básicos.

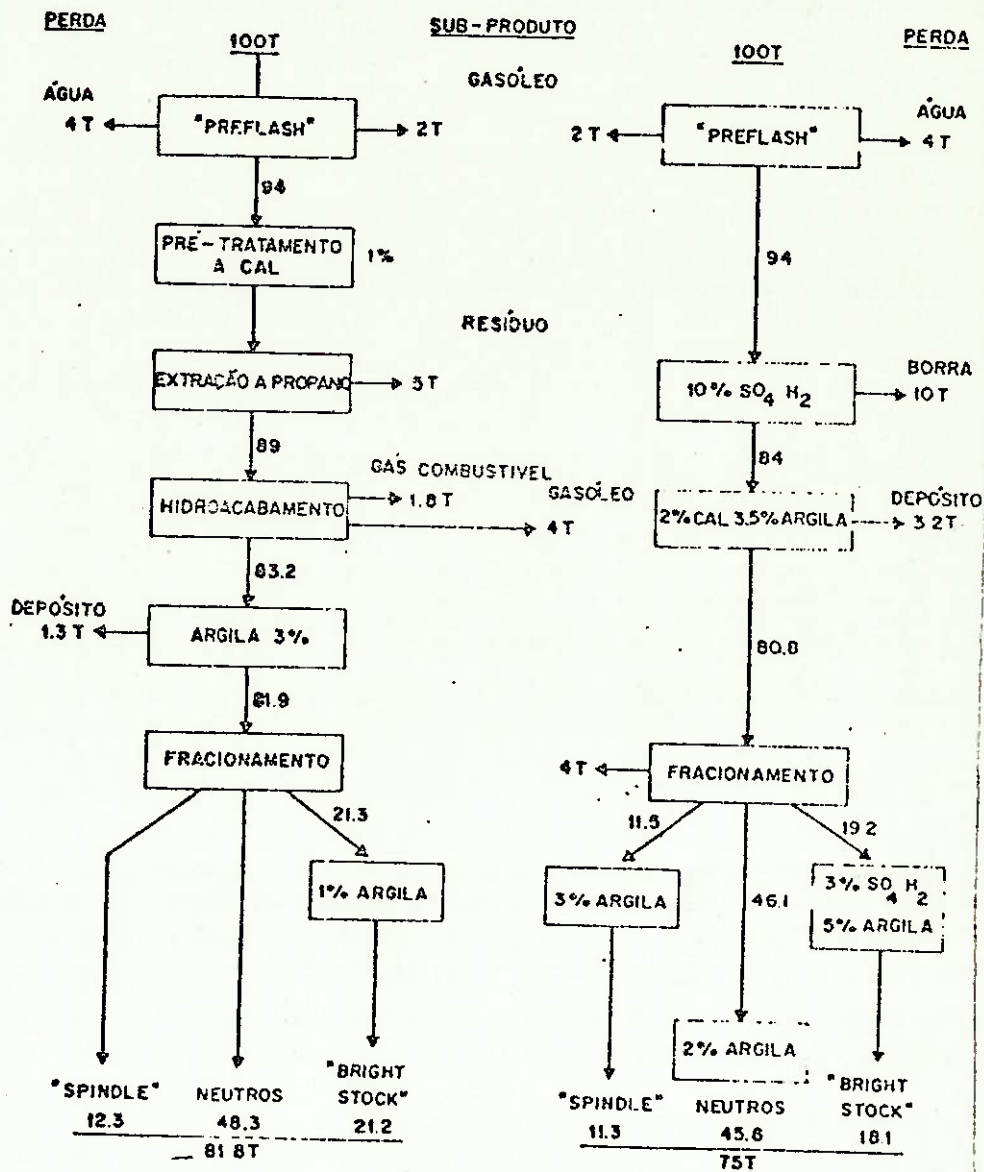
Observamos que destas duas últimas variantes, apenas o tratamento do resíduo difere. Devemos considerar o fato de o destino final dado a esse resíduo pode variar, bem como a composição dos óleos usados pode variar de planta para planta. Assim, esses fatores, entre outros, determinarão qual a melhor sequência de operações e o tipo específico de tratamento a ser adotado.

REGENERAÇÃO DE ÓLEOS USADOS PRODUÇÃO COMPARATIVA

EXTRAÇÃO SELETIVA A PROPANO

+ HIDROACABAMENTO - I.F.P.

CONVENCIONAL



ANÁLISE DO ÓLEO RERREFINADO

	CLARIFICAÇÃO COM PROPANO	PRODUTO DE CLARIFICAÇÃO USANDO PROCESSO DE HIDROACABAMENTO
Densidade (g/cm ³)	0,884	0,884
Água (ppm)	100,000	—
Acidez	2,1	0,6
Residuo de Carbono CONRADSON	2,4	0,38
Cinza (massa/massa)	1,3	0,09
Metais (ppm)	3.400	—
Ba (ppm)	—	25,0
Cálcio (ppm)	—	90,0
Fósforo (ppm)	—	75,0
Chumbo (ppm)	—	25,0
Zinco (ppm)	—	35,0
Cloro (ppm)	—	500,0
Enxofre (%)	—	1,0

No entanto, a filosofia do esquema IFP está esboçada. A sequencia dos diferentes tratamentos foi estudada e testada a fim de permitir um "stream factor" satisfatório da planta. Para esse propósito, o tratamento de extração por propano "selectopropane" antes do fracionamento dos óleos lubrificantes é estritamente necessário. Com efeito, ele permite a eliminação de polímeros provenientes de diferentes aditivos. Esses produtos, na temperatura requerida pelo fracionamento, estariam concentrados e policondensados, produzindo, assim, um "entupimento" bastante acelerado da coluna, bem como do forno.

Hidroacabamento de óleos usados traz diversos problemas que não são encontrados no hidroacabamento convencional de óleos lubrificantes novos.

Esses problemas são devidos, essencialmente, à presença, em óleos usados, de organometálicos e compostos halogenados por um lado e compostos contendo oxigênio por outro. A conversão desses compostos no catalizador do hidroacabamento afeta tanto a vida deste catalizador quanto a metalurgia dos reatores e de alguns equipamentos de transferência de calor (fornos, condensadores, por exemplo). A difícil solução desses problemas tem requerido um longo trabalho de pesquisa em laboratório e testes em escala piloto.

Pré-tratamento térmico

Uma das principais dificuldades encontradas nos tratamentos convencionais de regeneração de óleo usado deve-se aos aditivos, pela sua presença substancial em certos óleos, como nos de multiviscosidade, e pela sua natureza, particularmente a ação dispersante.

O IFP pesquisou e desenvolveu um método de pré-tratamento térmico aplicável diretamente ao óleo usado, pelo qual ele é submetido a alta temperatura ao passar por um forno tubular. Tanto a temperatura como o tempo de permanência, bastante curto, são rigorosamente fixados. Consegue-se assim a degradação dos aditivos existentes no óleo (desestabilização dos aditivos detergentes e dispersantes), e facilidade na eliminação dos metais.

A inclusão deste pré-tratamento no processo convencional ácido/argila, por exemplo, apresenta vantagens indiscutíveis:

- redução de 50% no consumo de ácido sulfúrico
- redução de 0,5 a 1,0% no consumo de argila ativa da
- redução de 40% na quantidade de resíduo ácido formado
- aumento de 4% no rendimento do processo.

O IFP propõe dois procedimentos para pré-tratar termicamente o óleo:

- seja a temperatura relativamente moderada com um tempo de residência de meia hora aproximadamente;
- seja ao redor de 400°C com um tempo de permanência muito curto (as reações desejadas ocorrendo nos tubos do forno).

Ultra filtração

Neste novo processo (1978), a purificação física é garantida fazendo-se circular o óleo desidratado diluído através de uma membrana orgânica semipermeável em alta velocidade. A ação mecânica devida à velocidade de circulação mantém a membrana limpa e a protege contra a sua obstrução por partículas que estão em suspensão no óleo. A ação de auto-limpeza é reforçada pela presença dos aditivos detergentes e dispersantes no óleo usado de motor. É a razão

HUILE CLARIFIÉE AU PROPANE EN UNITÉ INDUSTRIELLE.
Propane clarified oil in an industrial unit
 (Données 1976) (1976 data).

	CHARGE A L'UNITÉ PROPANE	HUILE CLARIFIÉE	ACIDE 4 % poids TERRE 4 % poids CHAUX 0,5 % poids
Densité à 20 °C.....	898,5	882,5	879,5
Viscosité (cSt) { 37,8 °C..... 50 °C..... 98,9 °C.....	106,7	68,35	79,15
	60,3	39,75	45
	12,44	8,68	9,48
Indice de viscosité.....	119	108,5	106
Point éclair (°C vase ouvert).....	224	200	238
Point de trouble (°C).....	—	—	— 4
Point d'écoulement (°C).....	— 30	— 12	— 6
Carbone Conradson (% poids).....	2,23	0,34 ↘ 85 %	0,15
Cendres (% poids).....	1,18	0,11 ↘ 91 %	0,019
Indice d'acide (mg KOH/g).....	3,30	0,85	0,025
Couleur ASTM.....	—	—	2-

(Données 1976 avec prétraitement).
 (1976 data with preprocessing).

	HUILE BRUTE DÉSHYDRATÉE	PRÉTRAITE- MENT THERMIQUE + PROPANE	HUILE RERAFFINÉE 2 % ACIDE + 3 % TERRE + 1 % CHAUX
Densité à 20 °C.....	897,5	884	882
Viscosité (cSt) { 37,8 °C..... 98,9 °C.....	92,10	77,8	83,90
	11,59	9,47	9,53
Indice de viscosité.....	125	108	99
Point écoulement (°C).....	— 36	— 12	— 12
Point éclair (°C vase ouvert).....	216	248	252
Carbone Conradson (% poids).....	1,80	0,20 ↘ 89 %	0,09
Cendres (% poids).....	1,10	0,02 ↘ 93 %	0,01
Indice d'acide (mg KOH/g).....	3,40	0,4	< 0,05
Couleur ASTM.....	—	—	3

HUILE ULTRAFILTRÉE SUR UNITÉ PILOTE DE 150 LITRES PAR JOUR.
 (Données 1977)

Ultrafiltered oil in a 150 liter/day pilot plant (1977 data).

	HUILE DÉSHYDRATÉE	HUILE ULTRAFILTRÉE	3 % POIDS ACIDE + 3 % POIDS TERRE
Densité à 20 °C.....	897,5	886,5	882
Viscosité (cSt) { 37,8 °C..... 98,9 °C.....	96,90	72,34	77,40
	11,83	8,76	9,12
Indice de viscosité.....	122	102	103
Point d'écoulement (°C).....	— 39	— 9	— 9
Point éclair (°C vase ouvert).....	176	214	240
Carbone Conradson (% poids).....	1,80	0,35	0,12
Cendres (% poids).....	1,07	0,24	0,016
Indice d'acide (mg KOH/g).....	3,4	0,5	0,05
Couleur ASTM.....	—	—	2-5

pela qual o processo é mais especificamente adaptado aos óleos usados "de motor". O rendimento e as qualidades do óleo são comparáveis àqueles obtidos pela clarificação com propano.

Na ultrafiltração usa-se membranas assimétricas a base de poliácridonitrila muito resistentes aos hidrocarbonetos. O óleo a ser filtrado é diluído por um solvente, a fim de se abaixar a sua viscosidade. Após a ultrafiltração, o óleo apresenta-se purificado, desprovido de quase todos os contaminantes, a exceção dos produtos de oxidação que são constituintes solúveis não retidos pelas membranas.

Para obter-se um rendimento elevado, a operação é efetuada em dois estágios. O rendimento alcançado é da ordem de 95%.

A exemplo dos tratamentos de clarificação a propano ou a ácido sulfúrico, o pré-tratamento térmico melhora a qualidade do óleo ultrafiltrado. (Ver no item Novidades)

Adsorção

É um processo de acabamento alternativo ao da hidrogenação, que está em desenvolvimento no IFP. Este processo consiste em adsorver as impurezas residuais do óleo diluído sobre resinas poliméricas (trata-se de uma percolação por um leite de adsorvente polimérico regenerável). A operação é contínua e cíclica, podendo seu rendimento atingir 97%.

Esse tratamento parece particularmente bem adaptado à ultrafiltração, já que o mesmo solvente de diluição pode ser utilizado para essas duas etapas.

RESUMO DOS PROCESSOS IFP DE RERREFINO

Primeira etapa: desidratação e eliminação dos voláteis (pode ser precedida de pré-tratamento térmico)

Segunda etapa: purificação física profunda

- . clarificação a propano (extração por solvente)
ou
- . ultrafiltração com diluente

Terceira etapa: refino

- . emprego de ácido sulfúrico
ou
- . hidrogenação catalítica (hidroacabamento)
ou
- . adsorção

Etapa final: acabamento (após destilação fracionada a vácuo)

- . emprego de argila, filtração

Nos quadros a seguir, mostramos:

- ações específicas das sequencias IFP sobre as qualidades dos produtos
- comparação económica dos processos básicos IFP (extração por solvente + ácido/argila e extração por solvente + hidroacabamento)

AÇÕES ESPECÍFICAS DAS SEQUENCIAS IFP
SOBRE AS QUALIDADES DOS PRODUTOS

Pré-tratamento térmico	Desestabilização dos aditivos detergentes e dispersantes. Redução leve da viscosidade segundo a severidade e o tipo de pré-tratamento aplicado.
Pré flash (desidratação)	Eliminação da água, da gasolina e de voláteis poluentes. Ajustamento do ponto de fulgor
Tratamento ácido ou hidrogenação catalítica (etapa refino)	Eliminação de compostos solúveis polares. Ação sobre: <ul style="list-style-type: none"> - as moléculas responsáveis pelo enegrecimento do óleo - o carbono Conradson - o índice de acidez - a cor e a estabilidade do óleo

Argila após ação ácida	Neutralização e primeiro ajuste às especificações desejadas
Destilação a vácuo	Separação em frações e ajustamento das viscosidades
Tratamento leve com argila nos destilados finais	Desodorização Diminuição do índice de acidez
Argila no óleo de fundo de coluna	Melhoramento da cor Diminuição do carbono Conradson e do índice de acidez

DADOS DE OPERAÇÃO E INVESTIMENTO

Planta de 40.000 t/ano (tamanho médio esperado das futuras plantas modernas)

	Selectopropano + acido/argila	Selectopropano + hidroacabamento
<u>Utilidades</u>		
Eletricidade (kwh/h)	260	270
Calor absorvido (10^6 kcal/h)	3,4	3,5
Vapor (MP) (t/h)	2,4	2,4
Água de resfriamento (m^3/h) (T = 12°C)	170	200
<u>Químicos</u>		
Propano (kg/h)	30	30
Acido sulfurico(kg/h)	90	
Argila (kg/h)	113	55
Óleo combustível p/mistura com resíduo(kg/h)	215	215
Hidrogênio (Nm^3/h)		200
Catalizador(MMLira/ano)		15
<u>Investimento(MMLira)</u>		
Base: Europa Ocidental 1973	2.200	2.170
Com esta capacidade o custo de fabricação (*) do óleo usado rerrefinado é de (It.Lira/kg)	126	123

Comparados com os preços de venda dos novos óleos básicos (130 a 140 It.Lira/kg), a importância do sistema de taxaço (impostos) aplicados aos óleos lubrificantes rerrefinados aparece claramente.

(*) Obs.: O custo de fabricação foi calculado usando-se base italiana. Inclue o custo operacional = = 0,25 (investimento + 35% off sites) + utilidades + catalizadores e produtos químicos + mão-de-obra e os preços da matéria prima e produtos secundários (gasolina, diesel).

As seguintes suposições foram feitas para os custos de utilidades e produtos químicos e para os preços da matéria prima e dos produtos secundários:

Eletricidade	15	It. L/kwh
Gasolina	52	It. L/kg
Vapor	4,5	It. L/kg
Água resfriamento	6	It. L/m ³
Propano	75	It. L/kg
Ácido sulfúrico	42,5	It. L/kg
Argila	162	It. L/kg
Óleo combustível(fluxant)	58	It. L/kg
Hidrogênio	430	It. L/kg
Óleo usado	70	It. L/kg
Diesel produzido	57	It. L/kg
Óleo combustível	50	It. L/kg

Outros dados Economicos (1973)

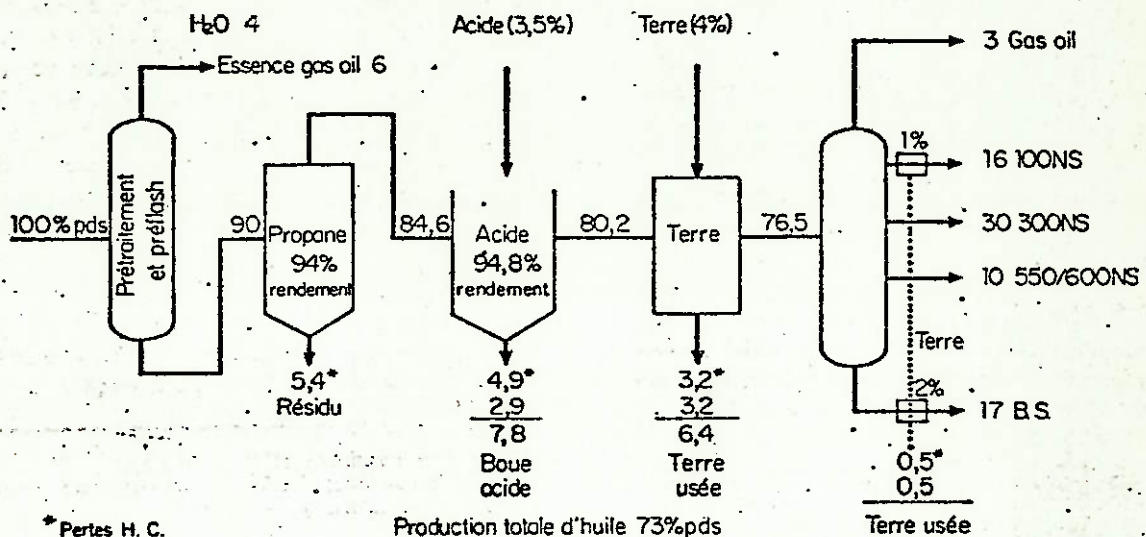
O processo IFP é particularmente interessante quando se trata de capacidades superiores a 20.000 t/ano.

O investimento necessário para uma unidade de 30.000 t/ano é de \$ 1.600.000. Esse número compreende os seguintes postos:

- o equipamento completo para a unidade e as utilidades
- a estocagem das cargas e produtos
- a sala de controle
- o prédio de filtração
- as estações de carga e descarga
- a engenharia civil
- a montagem

Balço Material

Esquema clássico propano/ácido (unidades industriais e pilotos). O óleo usado provem de uma coleta efetuada em uma zona industrial de um país europeu.



— Bilan matière résultant d'unités industrielles et pilote.
Material balance resulting from industrial and pilot plants.

QUALITÉS DES PRODUITS CORRESPONDANT AU SCHEMA GÉNÉRAL
Product qualities corresponding to the general flowsheet

	HUILE USAGÉE DÉSHYDRATÉE	100 NS	300 NS	550/600 NS	BRIGHT STOCK	
Densité à 20 °C.....		0,8645	0,8765	0,8845	0,8995	
Viscosité (cSt) {	37,8 °C.....	98,35	23,6	67,55	127,55	457,9
	50 °C.....		15,05	38,95	69,0	221,2
	98,9 °C.....	11,77	4,35	8,40	12,53	28,7
Indice de viscosité.....	119	101	103	97,5	96	
Point écoulement (°C).....	— 30	— 18	— 15	— 9	— 9	
Point éclair (°C).....	216	192	252	260	302	
Carbone Conradson % poids.....	2,1	0,02	0,02	0,11	0,75	
Indice d'acide.....	2,26	0,05	0,04	0,05	0,08	
Cendres (% poids).....	1,0	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	
Couleur ASTM.....	> 8	< 1	1,5	< 2	< 6	

12.3- Processos desenvolvidos nos E.U.A.

Considerando-se a tecnologia dos processos, o já bem conhecido processo de rerrefino de óleos lubrificantes usados chamado "convencional" (tratamento com ácido sulfúrico e argila) é o predominante em todo o mundo. No entanto, nos E.U.A., com as atuais restrições governamentais à disposição de resíduos perigosos, os resíduos tóxicos da borra ácida resultante desse processo tornaram-se uma responsabilidade econômica intolerável. Conseqüentemente, a tecnologia americana de rerrefino está passando por uma mudança significativa.

Além do mais, devemos destacar alguns notáveis atos do governo americano que deveriam encorajar o desenvolvimento do rerrefino: o "Used Oil Recycling Act of 1980" (Lei Pública dos EUA 96-463), remoção da exigência da Federal Trade Commission da colocação da etiqueta "contém óleo previamente usado", numerosos relatórios positivos sobre o desempenho em serviço dos óleos lubrificantes rerrefinados, redução de imposto quando componentes rerrefinados estão incluídos, reaceitação de rerrefinados nas especificações militares de óleos para motores, obtenção de dados consistentes sobre a produção de óleo rerrefinados, através do NBS (National Bureau of Standards) e ASTM (American Society for Testing and Materials) além da existência do "API Used Oil Management Subcommittee".

Diversas organizações introduziram novos processos de rerrefino, mas poucas plantas comerciais americanas foram construídas e operam atualmente. No Estado da Carolina do Norte uma nova rerrefinaria opera usando o processo projetado pela Phillips Petroleum Co. baseado nas etapas desmetalização/ contato em argila/tratamento com hidrogênio. O resíduo desta planta é mínimo e não tóxico e sua deposição

ção é feita economicamente. Outras plantas irão utilizar o processo PROP (Phillips Re-refining Oil Process), como em St.Louis, bem como em Vancouver e Toronto no Canadá.

O RTI (Resource Technology Institute) Kansas City, anunciou, recentemente, que uma carta de intenção foi assinada para a construção de uma rerrefinaria de 10 milhões de galões por ano em Los Angeles. O processo RTI usa as etapas ambas de destilações atmosférica e a vácuo seguidas de acabamento com argila. Nenhum produto químico ou solvente é utilizado.

O processo da KTI (Kinetic Technology International) é outro exemplo de nova tecnologia de rerrefino. Os itens principais são destilação de filme fino (thin film distillation) e acabamento com hidrogênio. Não há planta americana relatada, mas uma instalação de 6 milhões de galões por ano está sendo construída na Grécia.

Uma nova tecnologia de processo de rerrefino, bem documentada, foi desenvolvida pelo Departamento de Energia (DOE) dos EUA. É conhecido como processo BERC (Bartlesville Energy Research Center) e utiliza uma etapa de extração por solvente, seguida por destilação e acabamento com hidrogênio. Uma planta piloto operou com sucesso mas, até hoje, não houve comercialização.

Todos esses processos foram projetados para fornecer grande rendimento na produção de óleo e pequenas quantidades de resíduos não tóxicos - duas características críticas para aplicações com sucesso nos EUA.

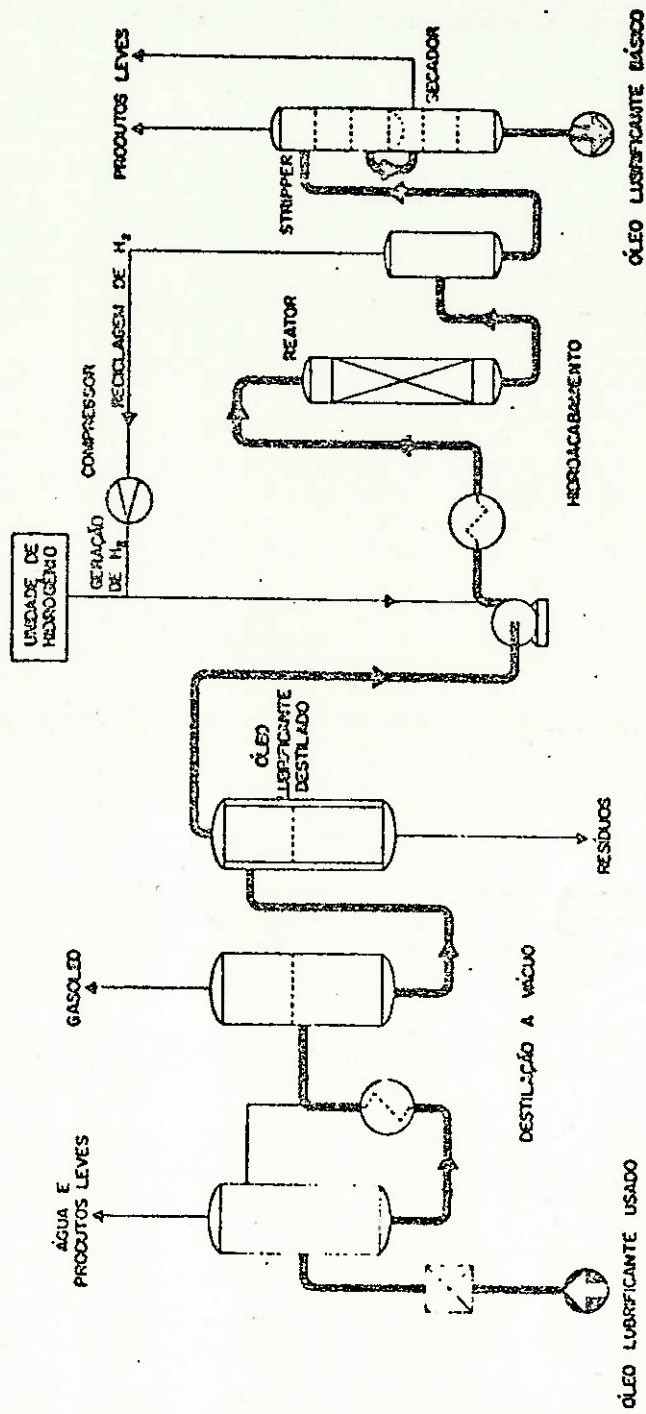
Apresentaremos, a seguir, uma pequena descrição do processo KTI e uma descrição mais detalhada do processo BERC (este processo já foi publicado enormemente, como o do IFP francês).

12.3.1- Processo de Destilação - Hidrogenação KTI

Foi desenvolvido por técnicos holandeses e americanos e consta das seguintes etapas:

- a) pré-tratamento: compreende a desidratação e a remoção de produtos leves sob condições controladas.
- b) destilação fracionada a vácuo: por esta etapa são obtidos os gasóleos e destilados próprios para a formação posterior de óleos básicos. Os resíduos podem ser destinados à produção de asfalto.
- c) tratamento com hidrogênio: a finalidade desta etapa é a estabilização do óleo, com melhoria da cor e do odor. O óleo destilado é misturado com um gás rico em hidrogênio, aquecido e em seguida escoado através de um catalizador contido em um reator. A atividade do catalizador e as condições de operação são tais que ocorre pouco ou nenhum "cracking". Os produtos do reator são separados e a maior parte do gás rico em hidrogênio é reciclado por um compressor. O hidrogênio necessário a esse tratamento é adquirido ou produzido numa unidade anexa por um processo baseado em vapor d'água reformado e purificação molecular.
- d) tratamento final: o óleo hidroacabado sofre uma remoção final de componentes mais voláteis ("stripping") com vapor, para obter-se um produto com as especificações requeridas. É depois secado numa coluna a vácuo obtendo-se os óleos básicos prontos que são bombeados para a estocagem.

No processo KTI não há formação de borras ácidas ou argilosas, o que constitui sua principal vantagem.



- Processo KTI para Re-Refinação de Óleos Usados

12.3.2- Processo BERC (Bartlesville Energy Research Center, Department of Energy - DOE - of the USA, Okla.), ou BETC (atualmente o centro se chama Bartlesville Energy Technology Center).

Este processo, amplamente documentado em revistas como Hydrocarbon Processing, Chemical Engineering e outras, foi patenteado em fevereiro de 1978.

O estudo de uma nova tecnologia, com o apoio do governo americano, teve seu início em 1971, mas os primeiros trabalhos começaram a ser publicados em 1974. O longo caminho percorrido por estes pesquisadores pode ser resumido da seguinte forma (pontos mais importantes):

- estudo sobre óleos usados;
- investigação de diversos métodos de rerrefino;
- avaliação comparativa entre óleos novos, usados e rerrefinados (testes em motores);
- análise de 30 amostras de óleos usados de motor, a fim de obter-se uma composição típica;
- desenvolvimento de um processo alternativo não convencional de rerrefino;
- avaliação econômica do processo, estimando-se os custos de uma planta (foi adotado um layout, uma capacidade de produção e estimados os custos fixos e variáveis, inclusive o capital inicial necessário e o retorno do investimento). (publ. Dez/78);
- rerrefino de óleo usado em escala piloto, usando o processo BERC (patenteado)(publ.jan/80);
- avaliação do óleo rerrefinado.

Os passos principais do processo BERC incluem: 1) desidratação, 2) tratamento com solvente para precipitação dos contaminantes e material resinoso, 3) recuperação do solvente, 4) destilação fracionada a vácuo, 5) descolorização e desodori

zação, 6) mistura dos diversos óleos básicos obtidos e aditivação.

O orçamento estimado para o projeto e construção de uma planta de rerrefino de óleo usado usando o processo BERC, baseado nas condições econômicas de 1978, para uma capacidade de 10 milhões de galões por ano de óleo usado indicou:

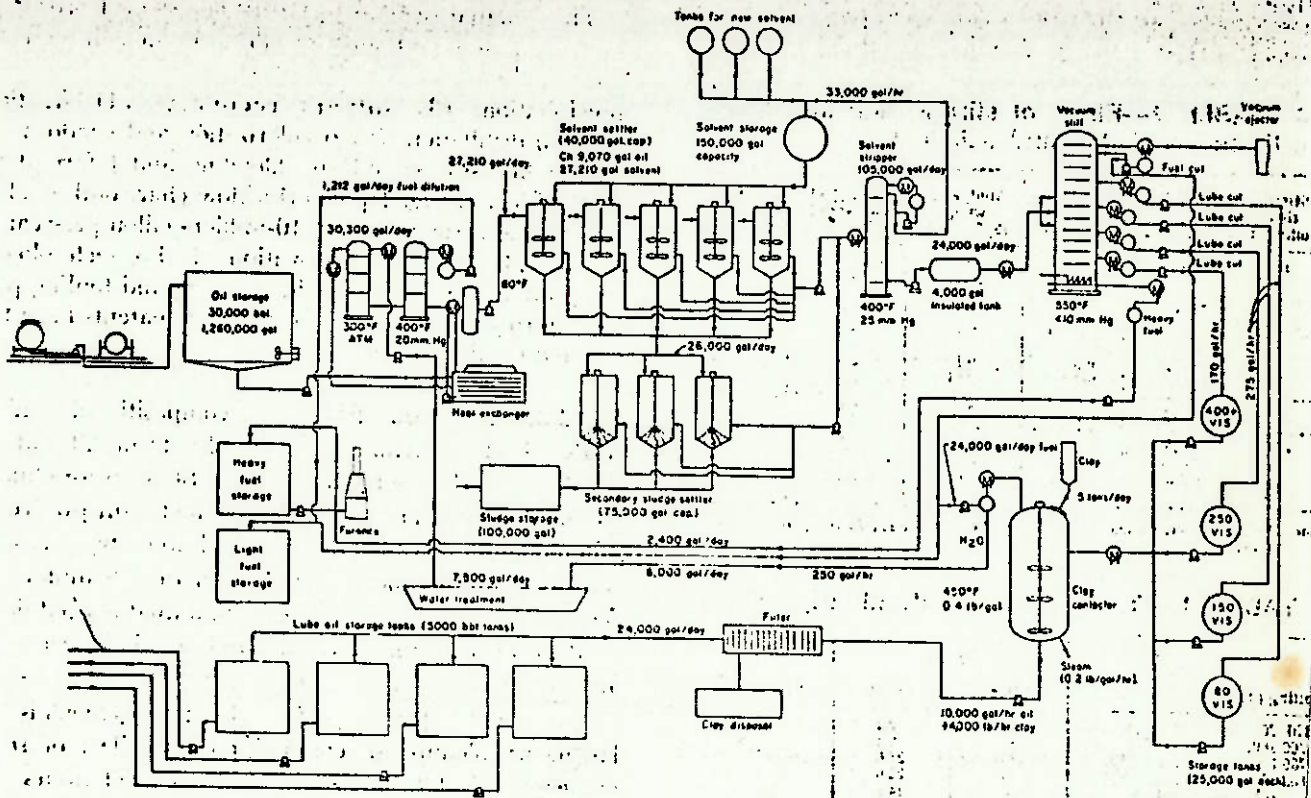
- o capital total necessário seria aproximadamente 3 milhões de dolares;
- o custo total de fabricação seria de 0,42 dolares por galão.

Descrição do Processo: (ver figura) Descrição mais detalhada pode ser encontrada no relatório BETC/RI-79/1 e 79/14)

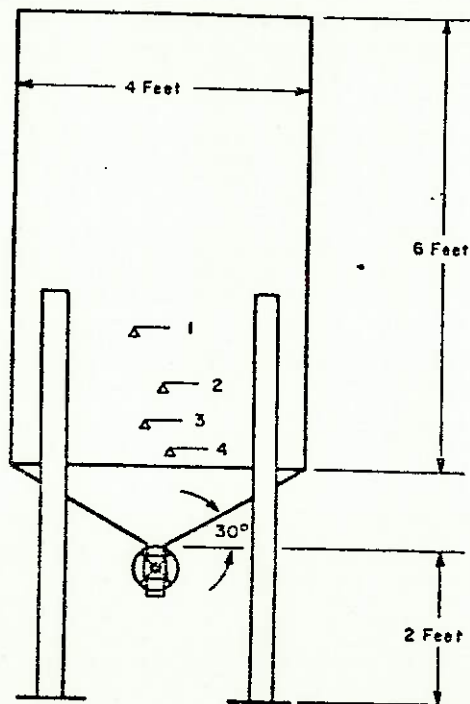
- Recepção: o óleo usado é descarregado em um dos dois tanques de armazenamento. Ele é mantido em estado homogêneo através de uma bomba de circulação/transferência. Uma vez descarregado, uma amostra do óleo é analisada para verificação da composição da mistura e processabilidade. O óleo aceito é transferido para outro tanque. O óleo considerado inaceitável para processamento é transferido para o tanque para óleo fora de especificação ou para o tanque de estocagem de óleo diesel.
- Desidratação: a fim de preservar a integridade do solvente na etapa de precipitação, para que ele seja reciclado e reusado, é necessário remover a água e os hidrocarbonetos leves do óleo usado. O conteúdo de água geralmente se situa em torno de 5%, apesar de que foram obtidas amostras com níveis maiores e menores. O óleo lubrificante usado também contém, tipicamente, 5% de hidrocarbonetos leves, incluindo gasolina, que ferve abaixo do ponto inicial de ebulição do óleo do motor (700°F). Usando as duas torres de flash, a água é removida

primeiro, seguindo-se os leves. Durante este passo inicial de desidratação, é importante remover esses materiais sem exceder a temperatura de coqueificação da matéria-prima, o que significa que as temperaturas devem ficar abaixo dos 400°F; portanto, é necessária uma destilação a vácuo ou com vapor. Em escala de laboratório, usou-se a temperatura de 300°F e pressão 10 mmHg; os parâmetros em escala piloto foram 400°F e 20 mmHg.

- Tratamento com solvente: é a principal inovação da tecnologia BERC, a fim de precipitar o material asfáltico. Isto reduzirá as tendências de "coking" e "fouling". Um grande número de solventes e produtos químicos foi testado, separadamente e misturados. Cada sistema de tratamento foi avaliado com base na redução de cinzas, recuperação do óleo, energia necessária para separar o óleo dos componentes do tratamento e custo do tratamento, com alguma consideração sobre a disponibilidade do produto químico em grandes quantidades, que seria necessário em uma planta de grande escala. Foram estudados também vários "tempos de repouso". Foi adotada a mistura 2:1:1 de 1-butanol, 2-propanol e metil ethil ketona (MEK), com a razão solvente / óleo igual a 3:1.
- Recuperação do solvente: a mistura óleo/solvente foi submetida a uma destilação atmosférica e outra a vácuo para eliminação do solvente. (Dados numéricos podem ser encontrados nos "papers" BETC/RI-79/1 e 79/14).



Preliminary design of 10 million gal/yr re-refining plant. Settling tanks and clay treatment optional. (BERC)

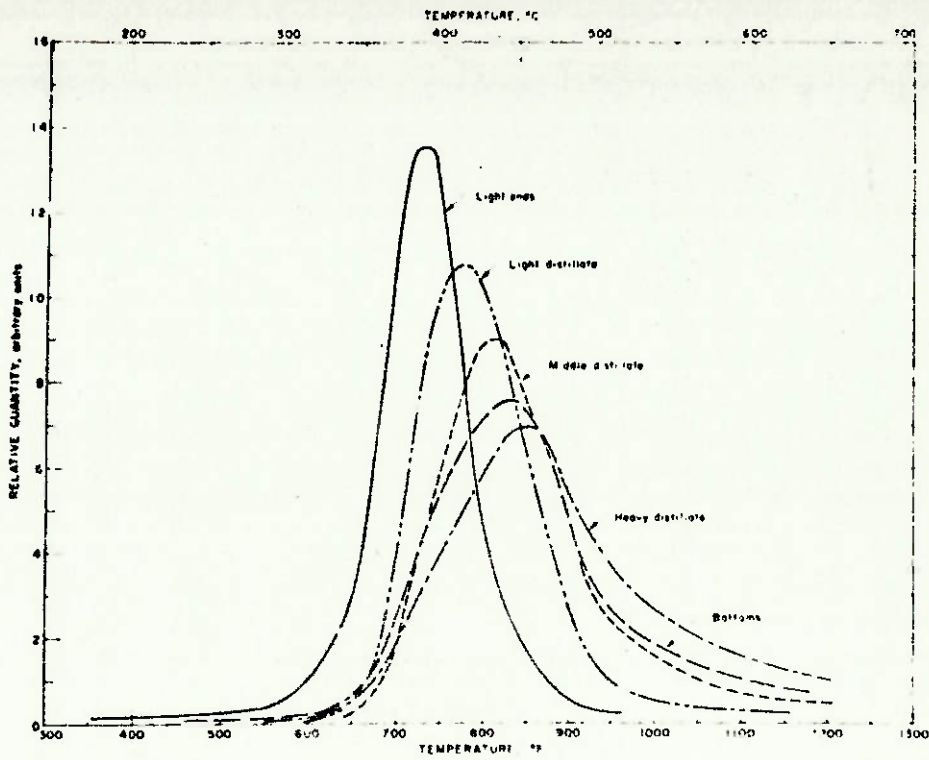


Solvent treatment vessel.

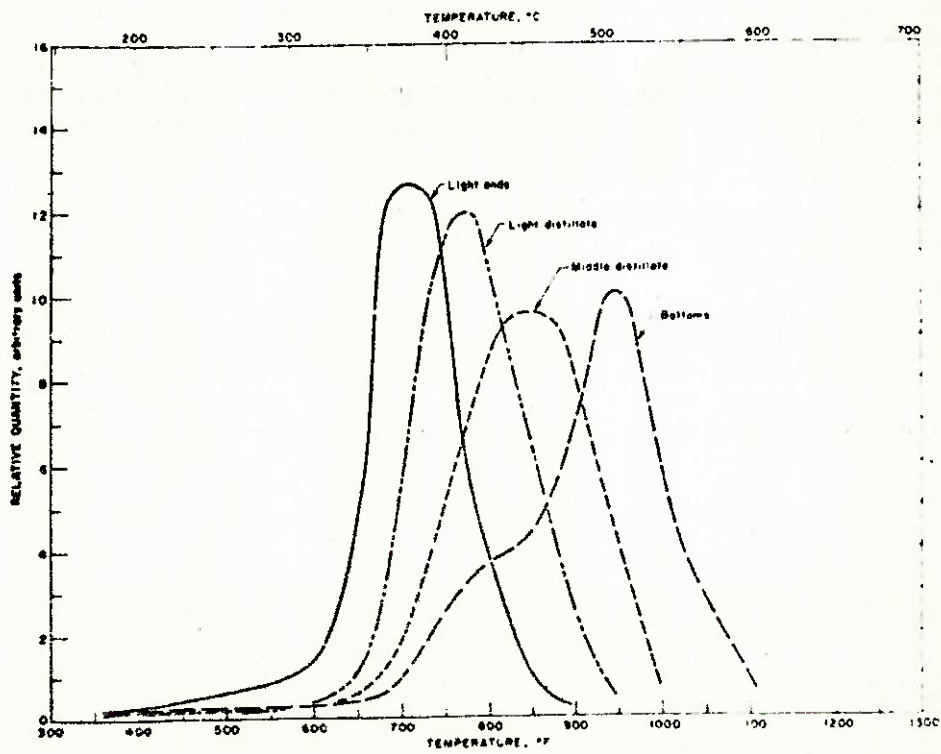
- Destilação fracionada a vácuo: foi executada após remoção do solvente, em sistemas de laboratório e escala piloto. Foram usados os sistemas de torre de destilação (tradicional) e "thin-film evaporator" (evaporador de filme) (ver adiante). (Uma comparação entre os dois processos é feita no paper 79/14).
- Acabamento : da mesma forma que os processos discutidos anteriormente (ex.: IFP), utiliza-se o acabamento com argila ou a hidrogenação.

Comentários: O princípio básico desse processo é bastante parecido (senão igual) ao do processo IFP, discutido anteriormente, que utiliza o propano como solvente. No entanto, diferem quanto à aparelhagem e condições de pressão e temperatura utilizadas, além de cada um deles possuir particularidades próprias. O processo BERC pode ser melhor estudado através das suas publicações (ver referências bibliográficas), onde são discutidos os aspectos de engenharia, e econômicos, entre outros, fornecendo dados experimentais muito importantes para o desenvolvimento de uma pesquisa nesta área (sobre torres de destilação: temperaturas e pressões utilizadas; hidrogenação; tratamento com solvente, etc, sugerindo, ainda, um lay-out de uma planta e estimando os custos de implantação e fabricação, entre outros).

Conclusão: O processo BERC efetivamente remove os contaminantes de óleos usados de motores automotivos e devolve ao óleo uma qualidade essencialmente equivalente aos óleos de primeira refinação. Misturando e aditivando os óleos básicos obtidos (de uma forma adequada), fornece um óleo acabado com propriedades físicas e químicas equivalentes aos produzidos a partir do petróleo e os testes de performance em motores indicam que o óleo rerrefinado atende às exigências de serviço do SE.



Simulated distillation curves for the tower distillation



Simulated distillation curves for the thin-film distillation

Physical and chemical properties of the distillation products

	Feedstock	Tower Column Distillation					Low Thin-Film Distillation		
		Light ends	Light Distillate	Middle Distillate	Heavy Distillate	Bottoms	Light Distillate	Middle Distillate	Bottoms
Specific gravity, 60/60° F.	0.887	0.867	0.871	0.879	0.887	0.906	0.872	0.881	0.888
Yield, percent (gal)		21 (106)	33 (160)	25 (122)	0.2 (1)	71 (103)	46 (95)	22 (81)	12 (22)
Viscosity									
100° F., SUS	274	79.1	133.1	267	456	949	161.9	289	1000
100° F., cSt	58.99	15.42	28.12	53.00	98.41	204.9	30.07	62.22	623
210° F., SUS	52.8	37.1	42.3	49.2	82.8	NA ^{1/}	62.3	51.9	NA
210° F., cSt	6.13	3.29	4.87	7.02	16.22	NA	6.89	7.85	NA
Viscosity index	112	86	105	97	188	NA	91	100	NA
Acid no.	2.10	.89	.16	.24	.82	4.04	.66	1.03	11.89
Base no.	1.85	.03	.05	.04	.07	.27	.11	.09	1.91
Saponification no.	7.64	6.63	1.87	1.87	5.61	11.01	2.83	3.99	47.16
Insolubles									
Paraffin, percent	.75	0	0	.04	.30	.14	.17	.08	.35
Benzene, percent	.21	0	0	0	.12	.08	.00	.00	.03
Aniline point	NA	196.8	212.0	219.0	223.0	NA	210.4	219.5	NA
Sulfur, percent	.41	.29	.17	.22	.33	.63	.17	.26	1.06
Nitrogen, percent	.084	.018	.012	.028	.047	.102	.015	.020	.196
Chlorine, percent	.040	.016	.003	.004	.009	.030	<.10	<.10	<.16
Carbon residues, percent	1.33	.21	.14	.16	.78	2.92	.57	.66	6.22
Ash, percent	.55	0.0	0.0	.02	.141	1.27	.03	.01	2.40
Flash point, °F	425	325	400	280	445	450	NA	NA	NA
Color	DB 8	Lt 5	5.5	DB 8	DB 8	DB 8	5.5	8	black
Copper Corrosion	1b	2b	1a	1a	2c	1a	NA	NA	NA
Phosphorus, ppm	11.0	520	90	100	330	3000	270	24	5200
Metals, ppm									
Aluminum	1	0	0	0	0	5	0	0	9
Boron	6	NA	2	NA	NA	16	1	1	26
Cobalt	0	NA	NA	NA	NA	0	0	0	7
Calcium	1000	17	14	29	125	2800	0	0	340
Chromium	1	0	0	0	0	0	0	0	7
Copper	4	0	0	1	0	5	0	0	13
Iron	45	0	0	1	0	120	0	0	240
Lead	300	1	1	4	25	460	27	1	730
Magnesium	130	NA	0	0	28	660	0	5	520
Manganese	5	NA	NA	NA	NA	12	0	0	15
Nickel	2	NA	NA	NA	NA	1	0	0	3
Silicon	4	3	3	3	4	6	2	1	1
Sodium	25	6	9	5	23	53	11	10	0
Tin	3	NA	2	NA	0	0	0	0	6
Zinc	1000	3	1	15	150	2500	15	0	4700
Simulated distillation									
IBP (°F.)	449	405	635	642	603	492	479	411	342
10 percent	694	654	712	739	740	721	699	727	737
20 percent	726	683	736	767	781	757	722	750	866
30 percent	754	701	754	790	812	785	746	796	974
40 percent	772	717	771	812	840	812	761	819	894
50 percent	795	730	781	831	868	836	780	839	919
60 percent	818	743	808	850	897	859	794	859	940
70 percent	845	758	827	874	939	892	814	879	961
80 percent	881	776	850	916	991	943	834	906	987
90 percent	963	808	892	964	1077	1029	884	930	1019
FBP	1207	963	1153	1210	1220	1219	976	1029	1127

^{1/} NA means not analyzed.

12.4- Novidades

- Ultrafiltração: O mais avançado sistema de ultrafiltração do mundo está sendo lançado no mercado brasileiro pela Rhône-Poulenc do Brasil, empresa do conjunto Rhodia. Produzido em módulos que atendem às mais diferentes exigências e necessidades, o equipamento é usado em processos industriais altamente sofisticados. Desenvolvido pela Rhône-Poulenc (França), após longa pesquisa tecnológica, o sistema se presta a inúmeras aplicações: nas indústrias automobilísticas e de eletrodomésticos, em processos de pinturas eletroforéticas (cataforéticas e anaforéticas), no setor farmacêutico, na produção biológica (soros e vacinas) e plasma sanguíneo, no ramo mecânico e metalúrgico, na reparação de óleos, Recuperação de Óleos Lubrificantes (tecnologia dominada pelo Instituto Frances do Petróleo - IFP), fabricação de óleos de corte, etc., e no setor alimentício, na ultrafiltração do leite (produção de iogurte, separação de proteínas), etc.

No exigente mercado europeu, as unidades de ultrafiltração estão presentes na Volkswagen, Renault, Fiat, Ford (RFA), Gervais-Danone (Iogurtes), Edelweiss, Coberco, Pharmacomin, Liot, etc.

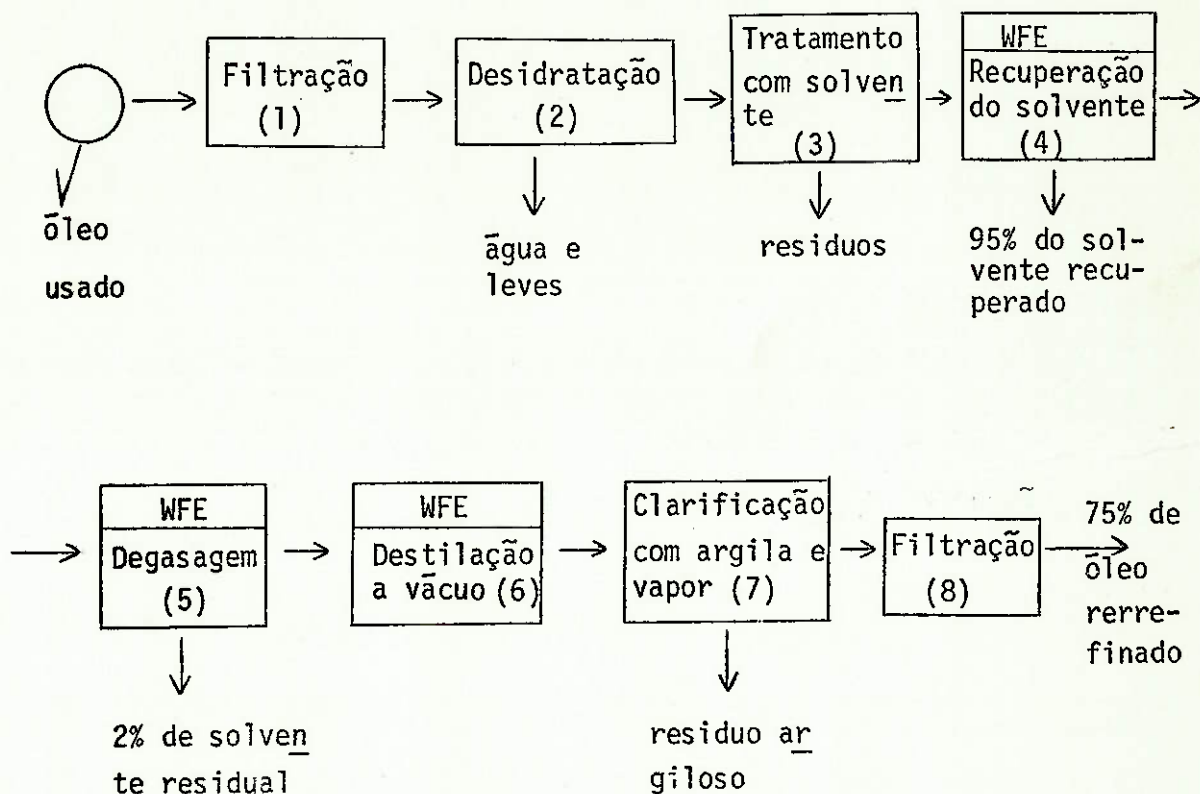
A ultrafiltração é um processo industrial que consiste na separação de moléculas em solução, sólidos em suspensão, colóides e materiais de alto peso molecular, por meio de membranas seletivas microporosos ou semipermeáveis. Retendo as moléculas ou partículas coloidais nas membranas, o sistema permite a passagem de água, sais, solventes ou até mesmo partículas menores de outra natureza.

(ver catálogo anexo)

- Wiped Film Evaporator (WFE) - Pfaudler

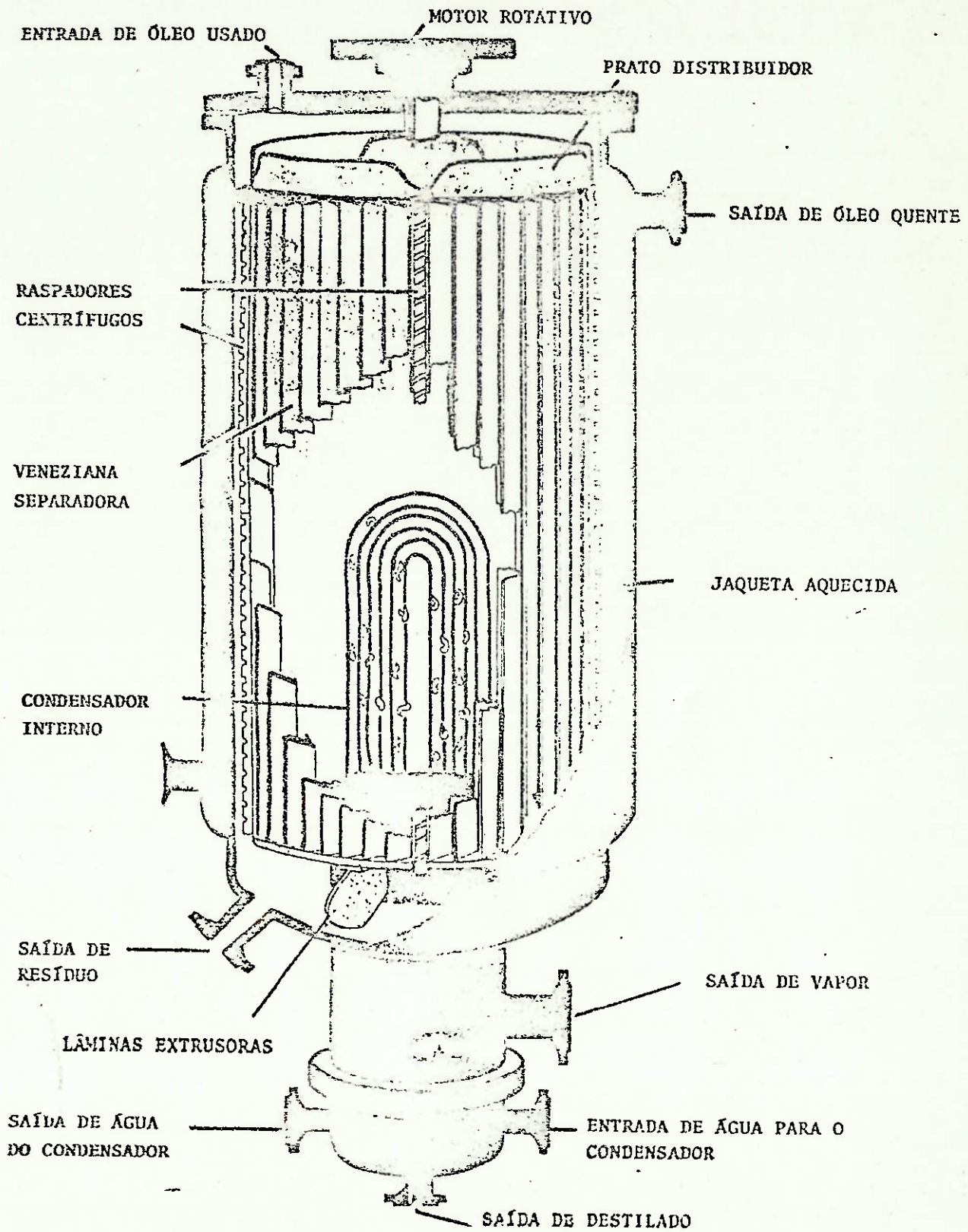
Conforme pudemos verificar, as etapas de evaporação ou destilação estão presentes em praticamente todos os processos de rerrefino.

O artigo "Evaporators: use un re-refining" (ver referências bibliográficas) faz uma revisão dos evaporadores utilizados no rerrefino e mostra a utilização do WFE fabricado pela Pfaudler Div. (Sybron Corp., Rochester, N.Y.) no processo BERG (ou BETC), testado no Pfaudler Pilot Plant Test Center. Apresentamos, a seguir, o diagrama do processo:



(ver catálogo anexo)

WIPED FILM EVAPORATOR



13. O RERREFINO NO BRASIL

(extraído da revista CNP- Atualidades nº 78 - dez.81)

13.1- Introdução

Atualmente, encontram-se registradas no CNP, 32 (trinta e duas) empresas rerrefinadoras operando com uma capacidade ociosa média (ano de 1980) de 58%. A grande concentração de tais empresas está no eixo Rio-São Paulo, função da maior disponibilidade de matéria-prima e proximidade de consumo.

Os quadros abaixo demonstram a participação do óleo lubrificante rerrefinado no mercado nacional:

Ano	Produção Refinarias Nacionais (t)	Importação (t)	TOTAL
1978	319.400.000	337.267.000	656.667.000
1979	513.378.000	287.689.000	801.067.000
1980	406.425.000	149.747.000	556.172.000

Ano	Processamento de Óleo Usado (t)	Produção Rerrefinado	Capacidade Ociosa %	Rend. %	Relação Rerrefinado/Básico 1.ª refinação — %
1978	69.355.910	43.234.583	62	65	6,6
1979	84.904.382	54.388.476	60	66	6,8
1980	91.288.350	58.202.421	58	63	10,5

MERCADO DE ÓLEO LUBRIFICANTE — 1980

	Volume (m ³)	%
CONSUMO DE ÓLEO LUBRIFICANTE	854.354	100
Produção Nacional (Petrobrás)	646.604(1)	75,7
Produção Nacional (Rerrefino)	58.203(2)	6,8
Importação	149.747(3)	17,5

Verifica-se que o reaproveitamento do óleo usado para o rerrefino (que continua sendo queimado ou mesmo descartado provocando poluição e danos ao equilíbrio ecológico) amenizaria a insuficiência de nossa produção de lubrificantes.

13.2- Legislação

Com o propósito de fortalecer e regulamentar a atividade de rerrefino, o CNP lançou mão de medidas concentradas nas seguintes resoluções (vigentes), entre outras:

- Resolução CNP nº 16/77: dispõe sobre o recolhimento, armazenagem e alienação de óleos lubrificantes usados ou contaminados.
- Resolução CNP nº 17/77: cria e regulamenta a atividade de Coletor-Revendedor de óleo lubrificante usado ou contaminado.
- Resolução CNP nº 18/77: regulamenta o exercício da atividade industrial de rerrefino de óleos lubrificantes usados ou contaminados.

(Estas resoluções estão regulamentadas, respectivamente, pelas portarias CNP nºs. 117/78, 152/78 e 167/78).

- Resolução CNP nº 20/78: fixa especificações para óleos lubrificantes básicos rerrefinados.

Embora sejam controvertidas as opiniões dos entendidos, um ponto parece pacífico ou, pelo menos, accolhido pela maioria: o rerrefino no Brasil ainda não está bem estruturado.

Muitas das unidades de rerrefino não correspondem ao que se deseja sobre o desenvolvimento de uma boa técnica e ao cumprimento de prescrições legais.

Mais ainda, sob o aspecto tecnológico, o rerrefino no Brasil deixa muito a desejar, pois enquanto outros países já detêm novas tecnologias e já estão superando o processo convencional, poucas são as empresas que se preocupam em melhorar os seus processos (ver adiante) e pouco ou nada tem sido feito a nível de pesquisa de novas tecnologias.

13.3- Empresas Brasileiras - Novidades

- A empresa PETROIL LUBRIFICANTES IGO.LTDA. (São Paulo), adaptou em suas unidade industrial de rerrefino (convencional), um sistema de PERCOLAÇÃO, com o qual procura melhorar a característica cor de seus produtos.

- A empresa PETROIL, em visita aos E.U.A., trouxe ao Brasil informações técnicas referentes a um novo processo de rerrefino que utiliza o WFE (já discutido) e elimina a necessidade de utilização de ácido sulfúrico. Segundo relatório de viagem apresentado pela Petroil, o método desenvolvido e patenteado pela Pfaudler & Co. Ltd. de Rochester, foi na realidade adaptado ao rerrefino, uma vez que era utilizado no reaproveitamento de produtos químicos e recuperação de solventes nos E.U.A.

- O interesse despertado pela nova técnica, nos rerrefinadores brasileiros foi logo sentido, visto que as empresas PETROIL e LUBRINASA (Lubrificantes Nacionais Ltda) desenvolveram juntas testes, no Brasil, com o equipamento alugado ao exterior. Algumas dos testes já são conhecidos e mesmo que não seja viável a importação de técnica e equipamentos, a experiência adquirida com os testes, certamente concorrerá para o aprimoramento ou desenvolvimento de técnicas que atendam às necessidades e adaptem-se às condições brasileiras.

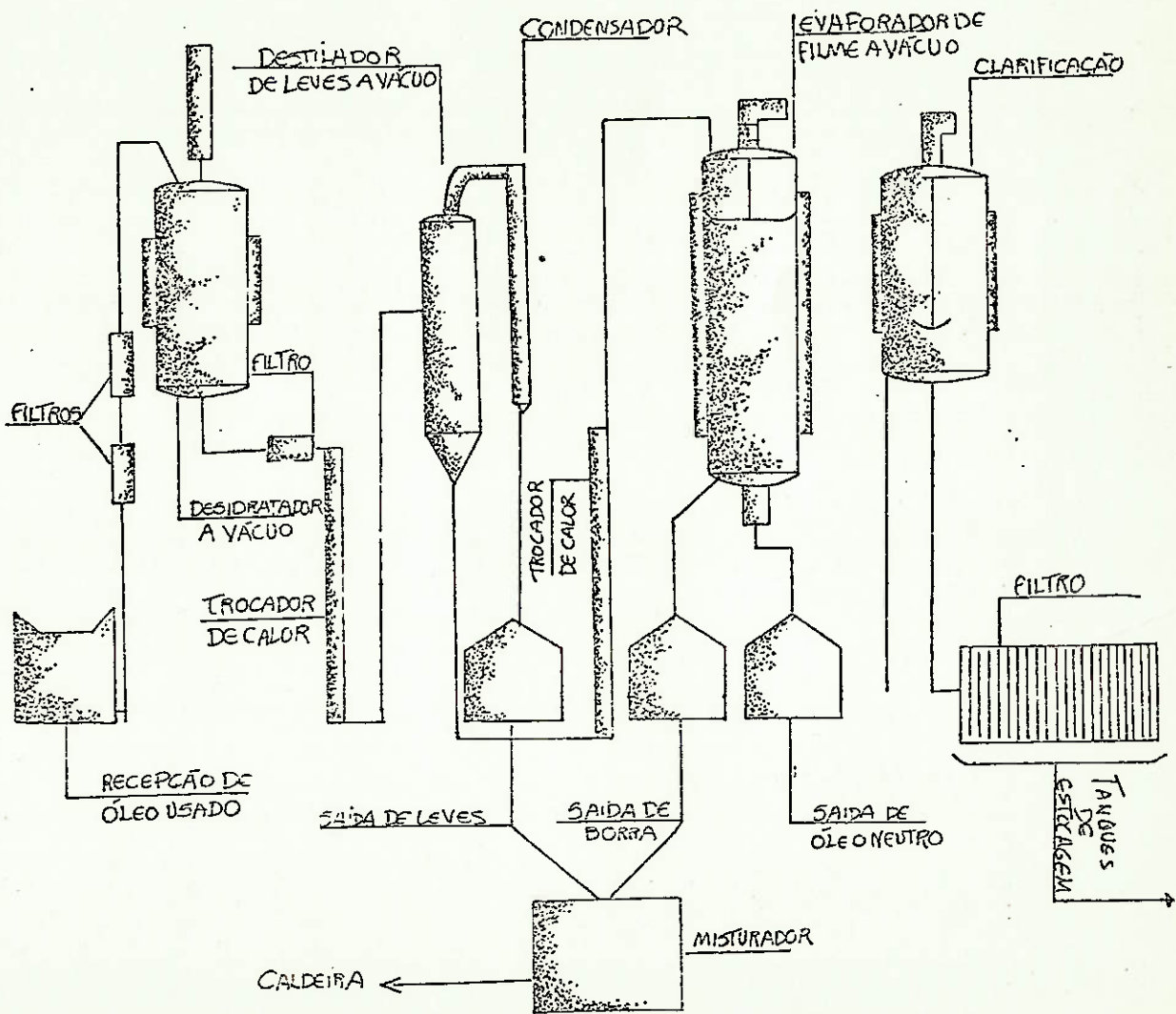
- A Empresa Rerrefinadora LWART LUBRIFICANTES Ltda. (São Paulo), a exemplo de Petroil, procurou trazer dos EUA, informações que servissem de subsídio a pesquisa e desenvolvimento de novo processo de rerrefino que permitisse o aproveitamento do subproduto borra (não ácida) e maior rendimento de óleos básicos a partir de óleos usados. Visitou fabricante do WFE e por tratar-se de um processo de rerrefino sem emprego de ácido sulfúrico, com obtenção de rações leves, borra neutra e óleo lubrificante rerrefinado, elimi-

RESULTADO DA ANÁLISE DA MOBIL OIL, EM OLEO DE PRODUÇÃO DA PETROIL NA WIPED FILM EVAPORATOR

Ponto de Fulgor	230°C
Ponto de Fluidez	-4
Cor	3,5
Viscosidade 40° Cst.	50,8
Viscosidade a 100° F Cst.	7,17
Índice de Viscosidade	99
H ₂ O	isento
T.A.N.	0,04
S.A.N.	0,00
Aparência	Clara
Emulsão	40-40-0
Cinzas	0,00
Res. Carb. Conradson	0,019%
Densidade 20°C	0,879.5

em 28 de janeiro de 1981

ESQUEMA PROPOSTO PELA LWART



nando os inconvenientes do resíduo ácido e aumentando o rendimento do processo, iniciou estudos visando implantar processo similar no Brasil. O novo processo compreenderia as seguintes etapas:

- super filtração de óleo usado
- desidratação a vácuo
- extração de leves a vácuo
- evaporação por filme a alta temperatura e baixa pressão
- clarificação com argila
- filtração

(ver figura)

A empresa concluiu a fase final de testes com sucesso obtendo óleos lubrificantes rerrefinados com características similares às obtidas no processo convencional. Os produtos leves são queimados pela empresa, em suas caldeiras, e a borra neutra, após alguns estudos, deverá ter sua finalidade e aplicação conhecidos, embora já se saiba de suas qualidades como combustível.

- A rerrefinadora LUBRINOR (Cia de Lubrificantes do Nordeste) adaptou à sua unidade convencional, um sistema destinado à quebra da cadeia molecular dos aditivos (o Therm Cracking ou pré-tratamento térmico, já discutido no processo IFP), que vem sendo adotado na Espanha e Irã com sucesso. O quadro a seguir evidencia as vantagens:

TABELA COMPARATIVA	Sem tratamento térmico	Com tratamento térmico
Ácido sulfúrico (967)	10%-15% (em peso)	4% a 6% (em peso)
Argila ativada (tonsil L 80)	6%- 7% (em peso)	2,5 a 3% (em peso)
Amoníaco (23%)	12 kg/ton	6,5 kg/ton
Rendimento (relação a óleo seco)	82%	88%
Borra ácida	240 kg/ton	160 kg/ton
Argila usada	87 kg/ton	45 kg/ton
Tempo de sedimentação	24 a 80 horas	menos de 8 horas
Índice de acidez dos refinados	10-20 mg KOH/g	5 mg KOH/g
Teor de acidez da borra	28-35% em peso	menos de 18% em peso

- Procurando acompanhar as inovações de tecnologia no setor de rerrefino, os industriais brasileiros, representados pela LUBRINASA, participaram, em 1980, do 2º Congresso Europeu sobre rerrefino, realizado em Paris, e em 1981, da 4a. Conferência Internacional de Rerrefino, em Las Vegas.

14. OS NÚMEROS DO RERREFINO - BRASIL

(Extraído da revista CNP - Atualidades - nº 78-dez/81)

TABELA I
PREÇOS:
LUBRIFICANTES E ÓLEO COMBUSTÍVEL

PRODUTO	Cr\$/l
Óleo Lubrificante Básico Spindle (1)	61,60
Óleo Lubrificante Básico N. Leve (2)	61,60
Óleo Lubrificante Básico N. Médio (3)	63,10
Óleo Lubrificante Básico N. Pesado (4)	63,10
Óleo Lubrificante Usado (5)	15,00
Óleo Combustível A/BPF (6)	23,00/kg

Preços de dez/81

Equipe da Coordenadoria de Petroquímica
COLIPE/DIPLAN CNP

CONSUMO DE LUBRIFICANTES x ANO

ANO	CONSUMO ÓLEO LUBRIFICANTE BÁSICO (m³)	PRODUÇÃO NACIONAL LUBRIFICANTE BÁSICO (m³)	IMPORTAÇÃO LUBRIFICANTE BÁSICO (m³)	PRODUÇÃO LUBRIFICANTE RERREFINADO (m³)
1974	679.300	140.431	541.932	—
1975	684.699	277.304	326.694	80.701
1976	731.176	267.935	331.202	132.000
1977	706.850	394.251	269.138	43.461
1978	777.763	304.395	337.267	43.235
1979	838.497	496.419	287.689	54.389
1980	854.554	646.604	149.747	58.203
1981	812.500 +	595.200 +	152.832 +	58.423 +

Fonte: CNP

Anos 1974/75/76/77 são estimados a partir dos dados de Consumo, Produção e Importação pois até essa data pouco ou nenhum controle sobre os dados de produção de Óleo Rerrefinado era feito pelo CNP. Após 1978/79/80, dados enviados mensalmente ao CNP/DIPLAN.

TABELA II
MERCADO DE ÓLEO
LUBRIFICANTE — 1980

PETRÓLEO PROCESSADO	VOLUME (m ³)	%
		63.156.235
Consumo de Óleo Lubrificante	854.554	1,40
Produção Nacional (Petrobrás)	646.604	1,02
Produção Nacional (Rerrefino)	58.203	0,09
Importação	149.747	0,24

Fonte: CNP

CONSUMO DE ÓLEO LUBRIFICANTE	VOLUME (m ³)	%
		854.554	100
Produção Nacional (Petrobrás)	646.604	75,7
Produção Nacional (Rerrefino)	58.203	6,8
Importação	149.747	17,5

Fonte: CNP

MERCADO DE ÓLEO LUBRIFICANTE — 1981
(Janeiro a Maio)

TABELA III

PETRÓLEO PROCESSADO	VOLUME (m ³)	%
		25.216.000
Consumo de Óleo Lubrificante	336.023	1,33
Produção Nacional (Petrobrás)	248.000	1,00
Produção Nacional (Rerrefino)	24.343	0,10
Importação	63.680	0,25

Fonte: CNP

CONSUMO DE ÓLEO LUBRIFICANTE	VOLUME	%
		336.023	100
Produção Nacional (Petrobrás)	248.000	74,0
Produção Nacional (Rerrefino)	24.343	7,24
Importação	63.680	19,0

Fonte: CNP

1. Em 1980:

- a) operaram 26 indústrias; apenas 5 (cinco) delas apresentaram capacidade ociosa abaixo de 50%;
- b) o rendimento médio ficou em 58,35%;
- c) a capacidade ociosa média em 53,35%.

2. Em 1981:

- a) trabalharam 25 unidades; das quais 7 (sete) empresas apresentaram índice de produtividade acima de 50%;
- b) o rendimento médio neste ano subiu para 63,17%, enquanto a capacidade ociosa média caiu para 56,28%.

TABELA IV
DISPONIBILIDADE/PRODUÇÃO
ÓLEO LUBRIFICANTE USADO — 1980

ESTADO	DISPONIBILIDADE ÓLEO LUBRIFICANTE USADO (1) (m ³)	PRODUÇÃO ÓLEO LU- BRIFICANTE BÁSI- CO RERREFINADO (2) (m ³)	PRODUÇÃO/DISPO- NIBILIDADE — %
Rondônia	1.365	—	—
Acre	471	—	—
Amazonas	2.980	—	—
Roraima	258	—	—
Pará	9.346	—	—
Amapá	508	—	—
Maranhão	2.893	—	—
Piauí	1.239	—	—
Ceará	5.492	—	—
Rio Grande do Norte	2.126	—	—
Paraíba	2.096	—	—
Pernambuco	9.353	2.408	25,77
Alagoas	3.252	—	—
Fernando de Noronha	—	—	—
Sergipe	2.093	—	—
Bahia	15.963	4.401	27,6
Minas Gerais	42.089	2.817	6,7
Espirito Santo	6.220	—	—
Rio de Janeiro	47.854	8.361	17,5
São Paulo	163.292	29.759	18,2
Paraná	27.886	7.387	26,5
Santa Catarina	11.661	—	—
Rio Grande do Sul	27.013	3.070	11,4
Mato Grosso	3.604	—	—
Mato Grosso do Sul	5.458	—	—
Goiás	9.249	—	—
Distrito Federal	2.254	—	—
TOTAL	406.015	58.203	14,3%

(1) Fonte: COESTA — Consideramos a disponibilidade de óleo lubrificante usado como 50% do consumo de óleo lubrificante.

(2) Fonte: COTEPE.

15. ASPECTOS ECONÔMICOS DO RERREFINO

Qualquer análise econômica envolvida na viabilidade de instalação de uma unidade de rerrefino de óleos usados, deverá abordar:

- a evolução do consumo de lubrificantes;
- a armazenagem do óleo usado;
- a coleta do óleo usado;
- o processo (tecnologia) usado;
- a legislação;
- o controle da atividade;
- a distribuição do produto final.

A estimativa da evolução do consumo de óleos lubrificantes deverá ser estudada levando-se em consideração fatores como:

- a crise internacional do petróleo e seu reflexo sobre o preço dos derivados;
- a falta de controle nos preços de venda a público;
- os intervalos de troca cada vez maiores;
- a melhor qualidade dos aditivos;
- a campanha de esclarecimento sobre a economia de lubrificantes e combustíveis.

É também de suma importância conhecer a distribuição geográfica deste consumo.

Quanto ao aspecto da coleta, há necessidade de se equacionar os seguintes pontos:

- quanto à amplitude:
 - . nacional
 - . regional
 - . poli-regional
- quanto à empresa:
 - . particular
 - . colegiada
 - . estatal

Uma política racional de coleta conduz a que se consiga captar cerca de 60% do óleo usado gerado, conforme quadro abaixo:

COLETA E REGENERAÇÃO NA EUROPA (1 000 m³ - 1971)

DISCRIMINAÇÃO	ALEMANHA	FRANÇA	ITÁLIA	BRASIL
Consumo Interno	1.013	803	530	468
Geração	(521)	(467)	(253)	*(160)
Coleta	303	129	150	* 32
*Coleta/Geração	60%	30%	60%	* 20%
Coleta/Consumo	30%	16%	29%	* 7%
Regeneração	177	78	110	21
Regeneração/Coleta	58%	60%	73%	* 65%
Regeneração/Consumo	17%	10%	20%	4,5%

* Dados estimados

Em nosso país, (1976) cerca de 20% do óleo gerado era coletado, sendo o restante queimado como combustível ou descartado nos rios, esgotos, mar e terra, e utilizado em aplicações diversas como: óleo para desmoldagem de formas de concreto, matéria-prima para fabricação de tintas, óleos para guias de trilhos ferroviários, óleo para guia de elevadores, pulverização de chassi, impregnação de mourões e madeiras para fins diversos, etc.

Desta forma, o grande problema na indústria do rerrefino ainda é a dificuldade na obtenção da matéria-prima, ocasionado pelo desvio e desperdício do óleo usado, resultante da falta de conscientização do consumidor. Esse fato tem provocado um grande prejuízo para a Nação e para

os rerrefinadores, uma vez que estes têm trabalhado suas indústrias a uma capacidade ociosa da ordem de 50%.

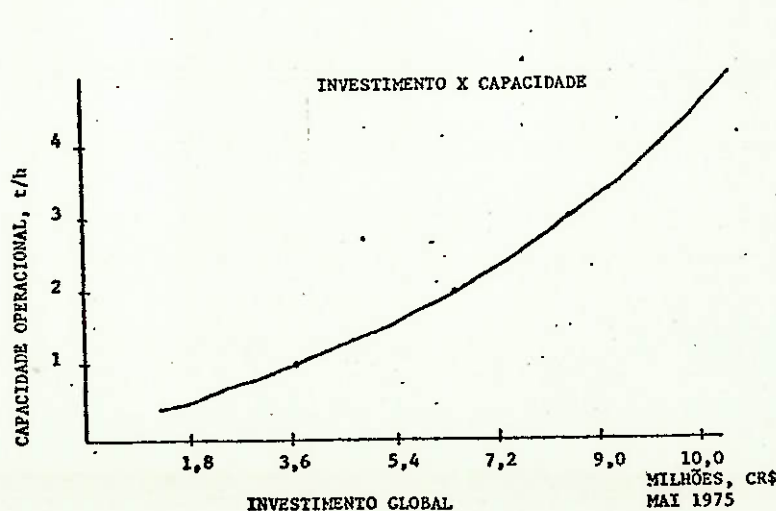
A coleta dos óleos usados ocorre nos pontos onde esta matéria-prima é drenada das máquinas em que foi empregada. Além dos postos de lubrificação de veículos automotivos, de uma forma geral, pode-se apontar como principais pontos de coletas, os seguintes:

- instalações portuárias de reabastecimento de lubrificantes a embarcações;
- indústrias de grande porte, utilizadoras de lubrificantes;
- oficinas de manutenção de aviação;
- oficinas de manutenção de estradas de ferro ou outros locais onde sejam efetuadas a lubrificação de locomotivas diesel-elétricas;
- outros.

Como existe um compromisso entre a capacidade operacional e o custo, estudos feitos em 1975/6 demonstraram que $3 \text{ m}^3/\text{hora}$ é a capacidade onde se obtém melhor rentabilidade.

Considerando-se 300 dias anuais e 10 horas diárias de produção, obteríamos cerca de 9.000 m^3 anuais, o que indica dizer que em nosso país não havia (em 1975) matéria-prima para mais de 14 (quatorze) unidades de regeneração.

O investimento global em uma unidade de rerrefino pode ser obtido do gráfico abaixo (dados de maio/1975).



Como se pode observar, os investimentos não são pequenos. Para se minimizar o risco é necessário um efetivo controle das atividades visando:

- eliminar clandestinos;
- melhor controle na distribuição de títulos de re-refinadores;
- estudar a melhor localização da unidade;
- estudar uma política de estímulo ao armazenamento do óleo;
- avaliar as unidades ora em regeneração; recomendar adaptações, modernizações, fusões com outras e ampliações, dentro de um programa previamente elaborado;
- complementar a legislação vigente;
- introduzir uma política de fiscalização;
- estudar e patrocinar a pesquisa de novos processos (tecnologia).

Não se deve pensar no rerrefino como uma última saída. Este processo é tão valioso que em países desenvolvidos ou em países onde há abundância de petróleo, seu uso está se generalizando.

No entanto, a indústria do rerrefino precisa de proteção e incentivos (ver adiante), pois o seu desaparecimento se traduzirá na sua substituição por produtos importados.

16. O INCENTIVO AO RERREFINO (Brasil e Europa)

Na Alemanha, em 1978, uma lei criou um fundo destinado a dar assistência financeira à coleta do óleo, e ao processamento do óleo usado. Os possuidores do óleo podem exigir que seu material seja coletado, desde que mantenham um registro das quantidades acumuladas para coleta. O Ministério da Economia e Finanças registra algumas firmas que ficam obrigadas a recolher o óleo usado, cada uma com sua área de atividade definida.

Na França, de um modo generalizado, é proibido o descarte do óleo no meio ambiente. Lá existe uma organização que recolher cerca de 90% de todo o óleo usado no

país; é a Sociētē pour le Ramassage et la Rēgēnēration des Huiles Usagēes, da qual as Empresas Rerrefinadoras participam com um certo percentual do seu capital. Para incentivar a regeneração do óleo usado para fins lubrificantes e desestimular o seu uso como fonte de energia, o governo francês isentou de imposto a regeneração do óleo usado, tornando assim mais atraente a sua prática.

Na Itália, também devido a incentivos do governo em conceder isenções de imposto para a indústria do rerrefino, esta tem crescido sensivelmente. A coleta de óleo usado é efetuada, em sua maior parte, por grandes empresas possuidoras de instalações centrais de armazenamento e capazes de cobrir uma extensa área de transporte.

No Brasil, até bem pouco tempo, não havia legislação que amparasse a coleta e a regeneração do óleo usado. Cada empresa rerrefinadora organizava o seu modo de coleta de matéria-prima, com meios próprios ou de terceiros, geralmente de forma empírica. A partir de 1977, o Conselho Nacional de Petróleo - CNP - através de resoluções e portarias, regulamentou grande parte das atividades relacionadas com o rerrefino (já visto no item Rerrefino no Brasil - Legislação).

CAPITULO III - PROPOSTA DE PROCESSO NÃO CONVENCIONAL DE RER-REFINO E CONCLUSÃO

Uma nova tecnologia de rerrefino de óleos lubrificantes deveria, numa primeira etapa, considerar como fundamentais os seguintes requisitos:

- o processo é viável tecnicamente;
- o processo é viável economicamente;
- o processo deve ter um resíduo poluente mínimo (senão nulo), visando respeitar as condições ecológicas e ambientais;
- o processo deve ter um alto rendimento

Com base no que foi apresentado nos capítulos anteriores e tendo em vista os requisitos acima apresentados, sugerimos o estudo de um processo que somente utiliza processos puramente físicos (na medida do possível). Processos similares já foram referidos nesta obra, porém são muito pouco documentados (veja-se os processos KTI, RTI e Luwa, descritos qualitativamente e sumariamente). Evitar-se-ão processos que utilizam produtos químicos.

O processo poderia ser estudado e desenvolvido como tese de mestrado e doutoramento, ou por empresas nacionais (privadas ou governamentais), com as etapas citadas a seguir:

- . decantação acelerada (remoção de sólidos e parte de resinas)
- . destilação atmosférica (remoção da água)
- . destilação a vácuo (remoção de leves)
- . destilação a vácuo com vapor (os óleos saíam pelo topo da coluna e as resinas e compostos asfálticos pelo fundo)
- . tratamento com argila (ou percolação) (a fim de melhorar a cor e a estabilidade)
- . filtração

Pode-se proceder a um pré-tratamento térmico após a etapa de decantação, visando facilitar e melhorar as etapas subsequentes.

Para a continuação da fase de estudo de projeto, que seria a determinação de parâmetros como:

- pressão, temperaturas e quantidade de vapor das torres de destilação ;
- balanço térmico e mássico;
- condições de decantação, tipo de filtração;
- cálculo das torres de destilação;
- tipo de argila, tempo de contato;
- otimização das etapas e processo em geral;
- levantamento de custos em função de uma capacidade e um lay-out;
- outros.

deveríamos possuir um suporte de pesquisa que compreenderia basicamente torres experimentais de destilação ou aparelhos de laboratório mais simplificados para a análise dos parâmetros das etapas-chave do processo proposta que são as destilações (at mosférica, a vácuo e a vácuo com vapor).

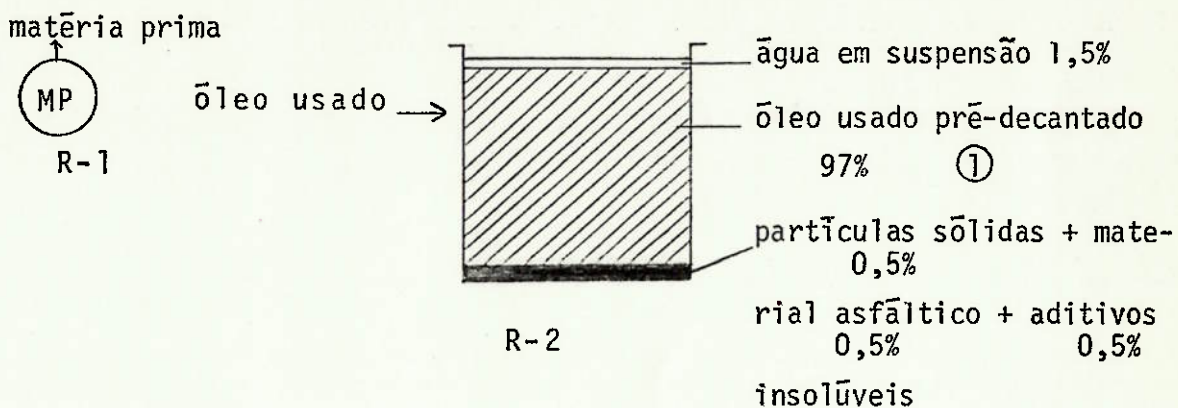
O nosso processo de destilação pertence ao tópico "Destilação de Petróleo", que é um caso muito particular e especial do estudo da destilação. No caso de destilação multi-componente envolvendo substâncias com pontos de ebulição bem definidos e substâncias conhecidas, o trabalho se torna mais fácil. No entanto, no caso de destilação de óleo usado, temos destilação multi-componente, mas de frações de substâncias com faixas de pontos de ebulição (estude-se curvas ASTM e curvas TBP-true boiling point).

O procedimento correto seria estudar a destilação de petróleo e derivados e acompanhar os cálculos analíticos com ensaios em laboratório, pois os valores das constantes de equilíbrio, por exemplo, nunca serão absolutos, pois a composição e a origem do óleo usado são flexíveis e de difícil determinação (além do fato daqueles valores estarem tabelados em função de características desconhecidas ou de difícil determinação).

PROCESSO DE RERREFINO NÃO CONVENCIONAL-PROPOSTA

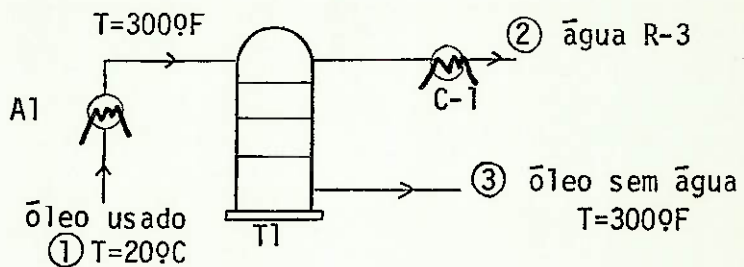
$\bar{\text{O}}\text{leo usado} = \overset{5\%}{\bar{\text{a}}\text{gua}} + \overset{3\%}{\text{gasolina}} + \overset{4\%}{\text{diesel}} + \overset{78\%}{\bar{\text{o}}\text{leo lubrificante}} +$
 $+ \overset{5\%}{\text{material asfáltico}} + \overset{1\%}{\text{partículas sólidas}} + \text{mate}$
 $\overset{1\%}{\text{rial oxidado}} + \overset{1\%}{\text{aditivos degradados insolúveis}} +$
 $+ \overset{1\%}{\text{aditivos solúveis}} + \overset{1\%}{\text{outros}}$

1ª etapa: decantação acelerada (50/60°C) (e/ou filtração)

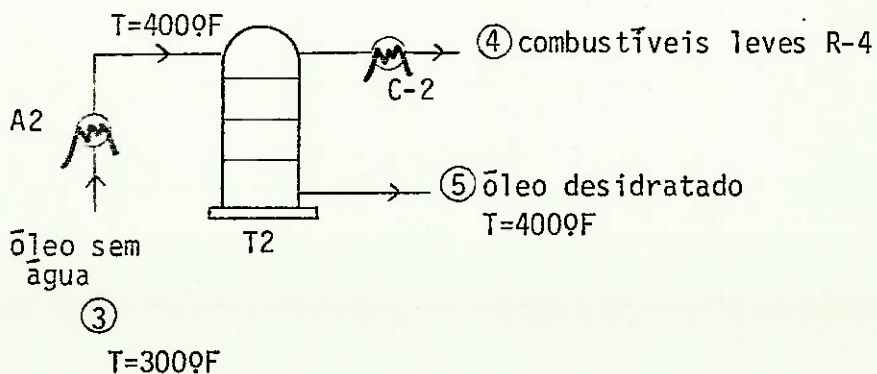


2ª etapa: destilação atmosférica : $P = 1\text{atm}$ $T = 300^{\circ}\text{F} \cong 150^{\circ}\text{C}$

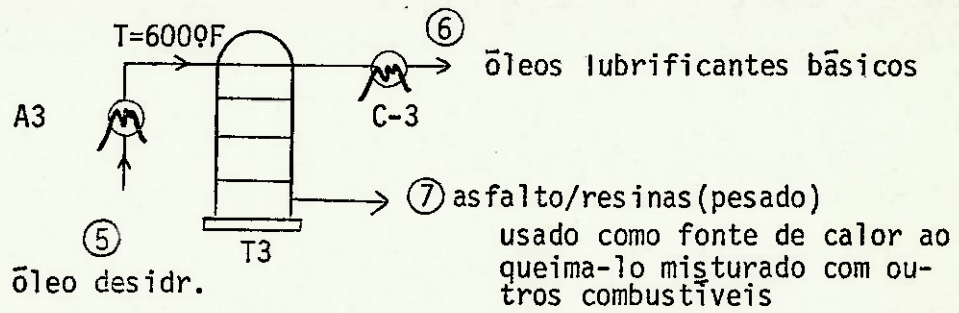
A= aquecedor
 C= condensador
 T= torre
 R= reservatório



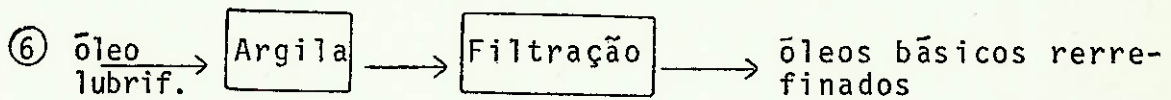
3ª etapa: destilação a vácuo: $P = 20\text{ mm Hg}$ $T = 400^{\circ}\text{F} \cong 200^{\circ}\text{C}$



4ª etapa: destilação a vácuo com vapor : $P = 10 \text{ mm Hg}$
 $T = 600^\circ\text{F} \cong 315^\circ\text{C}$; vapor: ?



5ª etapa : tratamento com argila (ou percolação) e filtração



CONCLUSÃO

Creemos ter esclarecido diversos pontos em relação ao rerrefino dos óleos lubrificantes de motores de combustão interna, fornecendo subsídios à indústria e a instituições de pesquisa nacionais, para que seja desenvolvido um processo com tecnologia "mais limpa" que o atual processo convencional utilizado no Brasil.

Foi dado um primeiro, mas importante passo para alcançar o objetivo comum - utilização racional do óleo usado a fim de economizar divisas - ou seja, o de reunir grande parte da bibliografia disponível de maneira a dar uma visão atualizada da tecnologia do rerrefino.

Como última preocupação propomos as seguintes questões:

- qual será o comportamento do óleo usado dos motores a álcool?
- as tecnologias existentes e a tecnologia proposta seriam adequadas ao refino deste tipo de óleo?

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

I - LIVROS E APOSTILAS

- 1) Curso de Informação Sobre Lubrificantes e Lubrificação
Apostila 1976 - IBP - Instituto Brasileiro de Petróleo
- 2) Atualidades - Conselho Nacional do Petróleo- nº 78 -
nov/dez-81
- 3) Notas de aula do curso "Destilação" da FDTE
- 4) Princípios de Lubrificação - apostila - Shell Brasil
S.A. (Petróleo)
- 5) Standard Handbook of Lubricating Engineering
O'Connor & Boyd - Mc Graw-Hill
- 6) Les Huiles pour Moteurs et Le Graissage des Moteurs
A.Schilling - IFP
- 7) Petroleum Refinery Engineering - 4th. Ed.
W.L. Nelson
- 8) Petroleum Products Handbook - 1st.Ed.
Guthrie, Virgil B.
- 9) Data Book on Hydrocarbons
J.B. Maxwell
- 10) Chemicals Engineer's Handbook - 4th Ed.
John H. Perry
- 11) Chemical Technology of Petroleum
Gruse & Stevens
- 12) Performance of Lubricating Oils
Zuidema
- 13) The Scientific Principles of Petroleum Industry
Gurwitsch & Moore

II- ARTIGOS E CATÁLOGOS

- 1) Used oil management up date, L.O.Bowman, Hydrocarbon
Processing, February 1982 p. 86/89.

- 2) The regeneration of the spent oils, M.M.Audibert & others, La Chimica e L'Industria, v.58, n.5, maio 1976
- 3) Evaporators: Use in re-refining, Jim Bishop and Dean Arlidge, Pfaudler Div., N.Y. , Hydrocarbon Processing July 1979 p. 131/136
- 4) Re-refining makes quality oils, M.L.Whisman, J.W.Reynolds, & others, BERC, Okla., Hydrocarbon Processing, Oct/78, p. 141/145
- 5) Re-refined lubes pass engine test, J.W. Reynolds & others, BERC, Okla, Hydrocarbon Processing, sep/77, p. 128/130
- 6) Analysis of 30 used motor oils, J.W.Reynolds and others, BERC, Okla, Hydrocarbon Processing, sep/77,p. 131/140
- 7) The BERC Re-Refining Process - an engineering evaluation - Final report - BETC/RI-79/1 Unites States Department of Energy (DOE) Technical Information Center
- 8) Pilot- Scale Used oil re-refining using a solvent treatment/distillation process BETC/RI-79/14 (idem acima)
- 9) Catálogo do Wiped Film Evaporator da Pfaudler Co.Ltd. (anexo)
- 10) Catálogo de Ultrafiltração da Rhône-Poulenc (anexo)

ANEXOS

Catálogo : Wiped Film Evaporator - Pfaudler

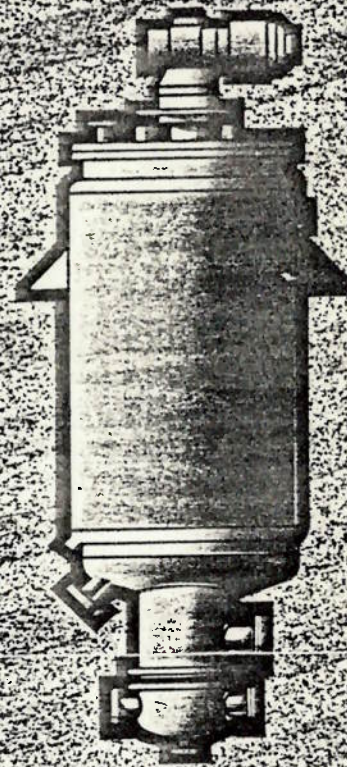
Catálogo : Ultrafiltração - Rhône-Poulenc

Catálogo : Óleos Lubrificantes - Shell

Aparelhagem de Laboratório (Ref.Bibl.:Nelson)

Bulletin #109

Pfäudler Wiped Film Evaporator



The True Thin-Film Evaporator

Many materials, such as heavy petroleum residues, chemicals, pharmaceuticals and foods, are often heat-sensitive, viscous, and/or have high boiling points. To separate these materials from their other components with minimal product degradation, it is advantageous to distill these materials under vacuum. The boiling point of each component is thereby lowered and thermal decomposition or polymerization is either minimized or eliminated.

Thermal degradation of a material is a function of temperature and time. If a material is exposed to its evaporation temperature for too long a time, the material quality may degrade. Short residence times at evaporation temperatures, therefore, are required.

In addition, two surface phenomena in distillation are the keys to high efficiency and economy, and influence modern evaporator design:

1. The greater the product surface area exposed to the heated surface, the more effective the vaporization and separation of materials.

2. The thinner and more fully agitated the layer of material in contact with the heated wall, the greater the heat transfer rate.

With the Wiped Film Evaporator, Pfaudler has achieved the state-of-the-art, combining all the advantages of an ultra thin-film layer and greater exposed surface with high capacity and short residence time. A unique and patented, mechanically wiped evaporation surface makes this possible.

Mechanically Agitated Thin-Film Evaporation

There are two basic internal rotor designs to produce an agitated, thin film: fixed clearance between the rotor blades and heated surface, and zero clearance (or wiped) where the blades or wipers are in direct contact with the product on the heated surface.

The Pfaudler evaporator is an agitated, thin-film evaporator which utilizes rotating slotted wiper blades that travel on a thin residue film to maintain a uniform thickness. The slots in the wipers provide a pumping action to move the film down the heated wall with constant agitation. As the concentrating residue travels downward, it is in continuous contact with the evaporating surface from which vapor is continuously separated. Vapor travels through a rotating entrainment separator to the surface of an internal condenser where it is condensed and flows by gravity to the distillate outlet. The vapor can also be removed through the vapor outlet to an external condenser or to a fractionating column. The rapid and positive action of the wiper blades in moving the residue down and off the heated wall eliminates burn-on or thermal degradation by controlling the residence time at distillation temperature.



Slotted wiper blades available in both carbon and Teflon (PTFE).

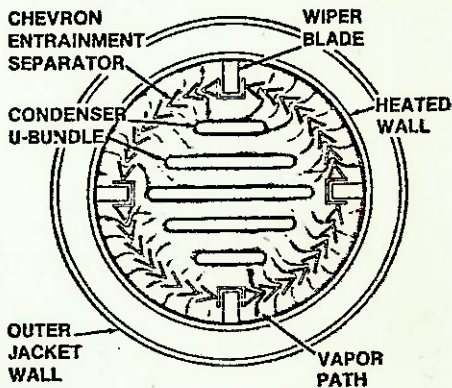
Wiper Design Advantages

1. Product film thickness on the heated surface, one of the most important parameters controlling overall heat transfer coefficient, is easily controlled with the continuous contact wiper design.

2. The slots in the wipers impart a continuous downward impulse to the product to ensure its continuous movement down and off the heated surface. By this means, residence time is minimized and thermal degradation eliminated. The design does not depend upon the force of gravity to move the product down the wall. Residence time can be controlled by changing rotor speed.

3. No bottom steady bearing is required. The elimination of a bottom steady bearing provides space in the center of the rotor wiper assembly for the addition of an internal condenser, making the Pfaudler evaporator more than an evaporator, but also a "still". The shortened vapor path to the condensing surface permits commercial operation at pressures as low as 10 microns Hg. abs. The internal condenser also provides savings in floor space and results in lower installation costs.

4. Floating wiper design eliminates the hazard of rotor "freeze up" because clearance between rotor wiper and shell is not critical.



Rotor Design Advantages

1. Low wiper speeds result in significantly reduced horsepower requirements with accompanying energy savings. The 50 sq. ft. unit, for example, requires only a 3 horsepower motor.
2. Lower rotor speed permits larger shell diameters for a given evaporator surface area, effectively reducing overall height requirements.
3. High rpm requirements are not necessary to achieve optimum performance. The 231 sq. ft., 60-inch diameter unit needs just 77 rpm; the 36-inch units, 97 rpm; and the 12-inch units, 280 rpm.
4. Extruder blades located and mounted on the bottom flange of the rotor entrainment separator mechanically aid in removing the bottom liquid or residue from the unit.
5. Louvered, chevron, or channel entrainment separators are interchangeable and can be selected for optimum entrainment separation.

High Vacuum Evaporation

Until recently, a whole category of materials could be distilled only on a small volume basis. These materials, with very high boiling points or poor thermal stability, were considered non-volatile or could not be processed by conventional distillation methods. But high vacuum evaporation, at pressure well below 1 Torr, can distill these substances.

The Pfaudler High Vacuum Wiped Film Evaporator operates at pressures down to .01 Torr (10 microns). It offers a low pressure drop capability by incorporating the internal condenser feature with a special chevron design entrainment separator. The Pfaudler high-vacuum unit allows, for the first time, the commercial distillation of difficult materials in large volumes.

Wiped Film Evaporator Performance

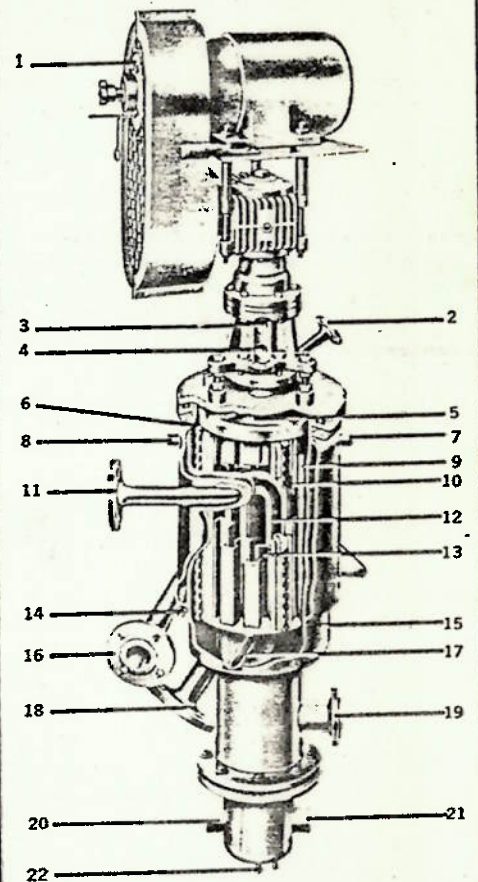
1. Single unit design capable of normal operation up to 650°F.
2. Can be operated at pressures as low as 10 microns Hg. abs.
3. Can handle residue viscosities up to 200,000 centipoises.
4. Short lag and response time of unit is ideal for complete automatic control.

Dependable DTW and RW Drives

Pfaudler has been designing and building drives for over 50 years. Two of these drives, the DTW and RW, are used in conjunction with evaporator units. Both drives have two outstanding features in common: (1) dry well construction for positive retention of gear lubricant, and (2) double enveloping worm gearing for secondary reduction. Additionally, the RW Drive which is used on the 75, 100, and 231 sq. ft. units has the added advantage of a pedestal assembly that allows the drive-shaft seal to be changed in a matter of hours without any major disassembly procedure. The DTW and RW drives both provide increased load capacity, ease in absorbing shock load, regenerative gearing, and smooth gear action for less noise, less wear, and longer life.

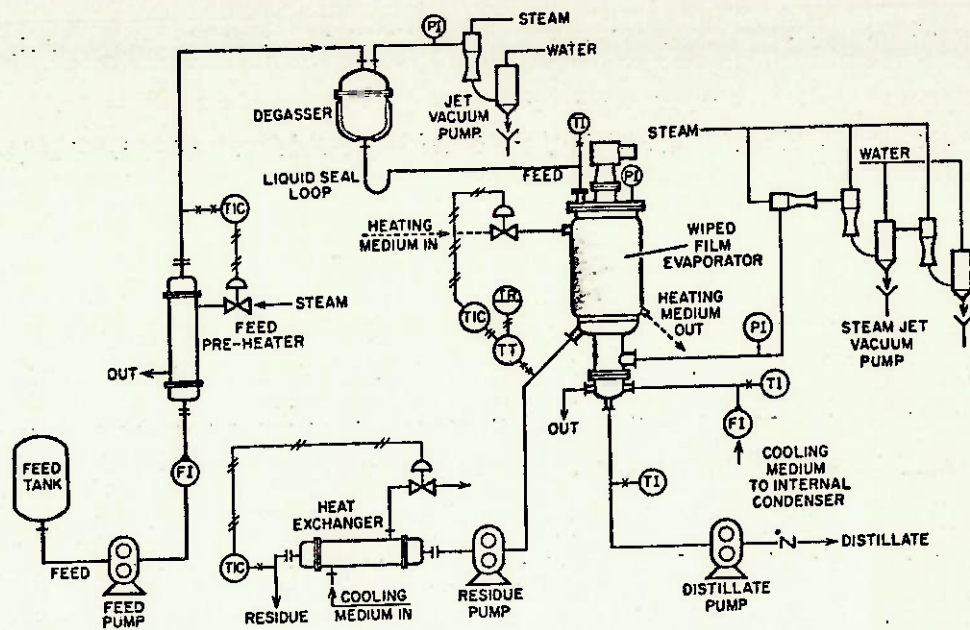
How it operates

Feed material enters through inlet (2), passes onto the distributor plate (5), then through four evenly spaced weirs (6) onto the internal heated wall (9). Rotating slotted wipers (10) spread the feed material into a uniform thin film and continuously move even highly viscous materials down the heated wall. Vaporized material passes through the entrainment separator (13) and condenses on the internal U-bundle condenser (12). Distillate flows out the distillate outlet (22) and non-condensables flow out through the outlet (19). The bottoms, or residue, continues down the heated wall into the residue collector (15) and flows out the residue outlet (18). Droplets of liquid caught by the entrainment separator flow down and off the separator into the residue collector. Extruder blades (17), mounted on the bottom of the rotor assembly, mechanically push the residue to the residue outlet (18).

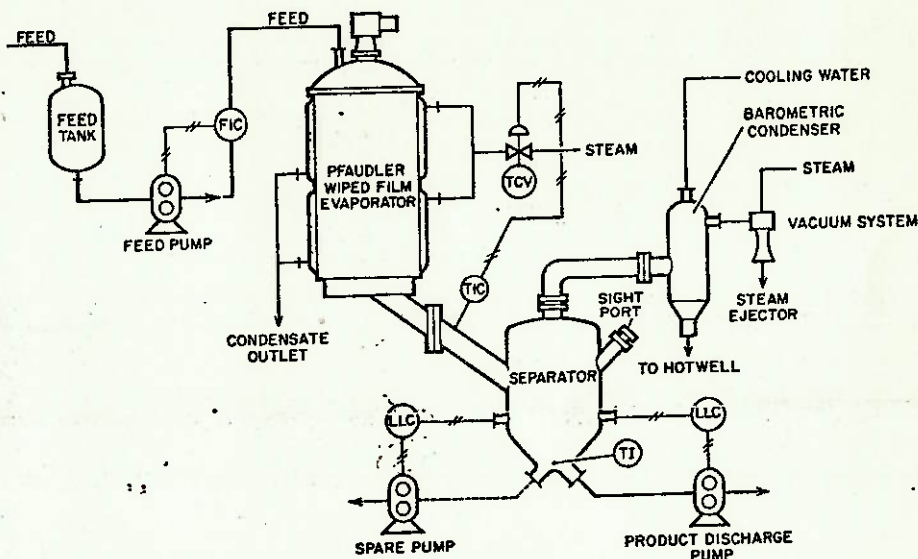


- | | |
|----------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Variable Speed XP Drive | 12. Internal Condenser |
| 2. Feed Inlet | 13. Entrainment Separator (Channel) |
| 3. Lubricant Outlet | 14. Condensate Outlet |
| 4. Lubricant Inlet | 15. Residue Collector |
| 5. Distributor Plate | 16. Liquid Heating Medium Inlet |
| 6. Feed Weir | 17. Extruder Blades |
| 7. Vapor Heating Medium Inlet | 18. Residue Outlet |
| 8. Vent | 19. Vacuum Outlet |
| 9. Heated Wall | 20. Cooling Medium Inlet |
| 10. Wipers | 21. Cooling Medium Outlet |
| 11. Liquid Heating Medium Outlet | 22. Distillate Outlet |

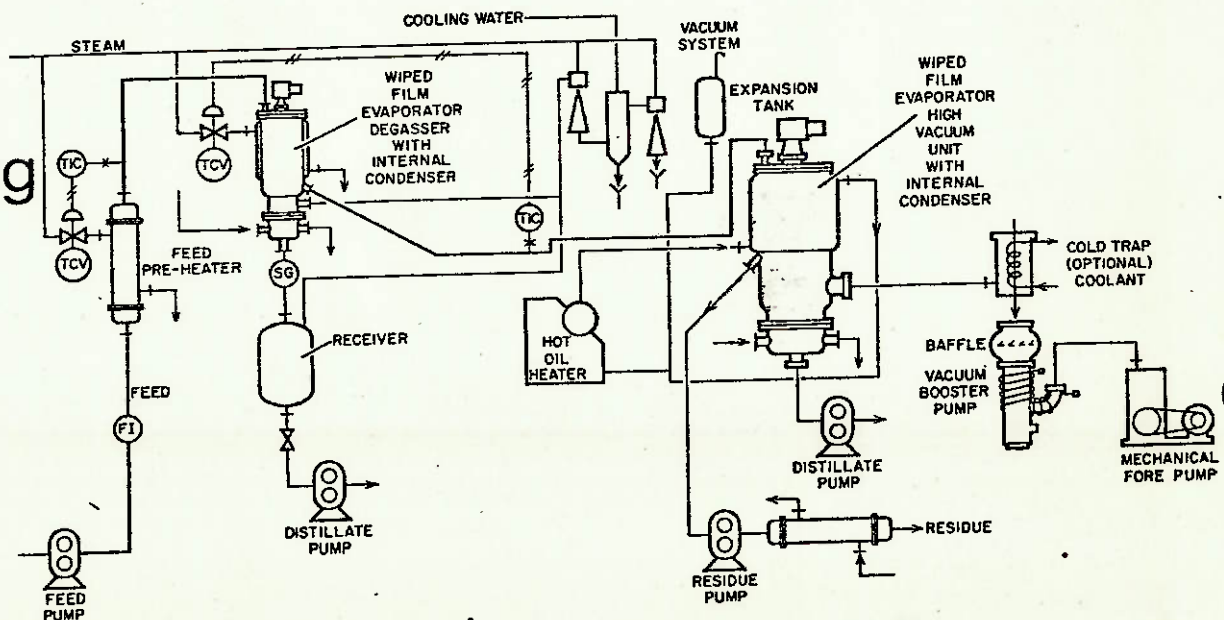
Chemical Processing System



Food Design System

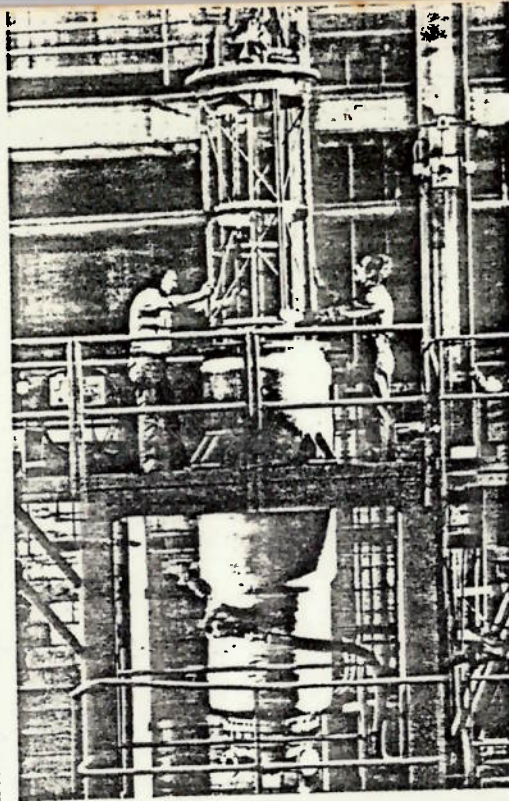


High-Vacuum Processing System



Major Applications

The Pfaudler Wiped Film Evaporator relates to any continuous process for food or chemical applications which utilize fluid flow, heat transfer, and mass transfer of feed material as unit operations. Four broad categories best describe applications of the Pfaudler evaporator—distillation, purification, stripping, and concentration of products which are heat sensitive or viscous. A brief summary of specific applications related to food, chemical and pharmaceutical areas is described in the chart below.

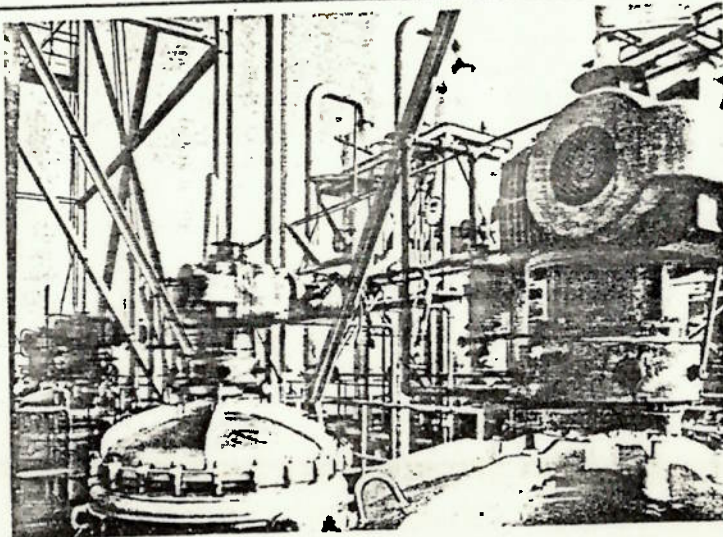


Rotor assembly easily removes from the top flange of this 50 sq. ft. high vacuum Wiped Film Evaporator. The open rotor design has centrifugal wipers and is for operation at pressures as low as 10 microns

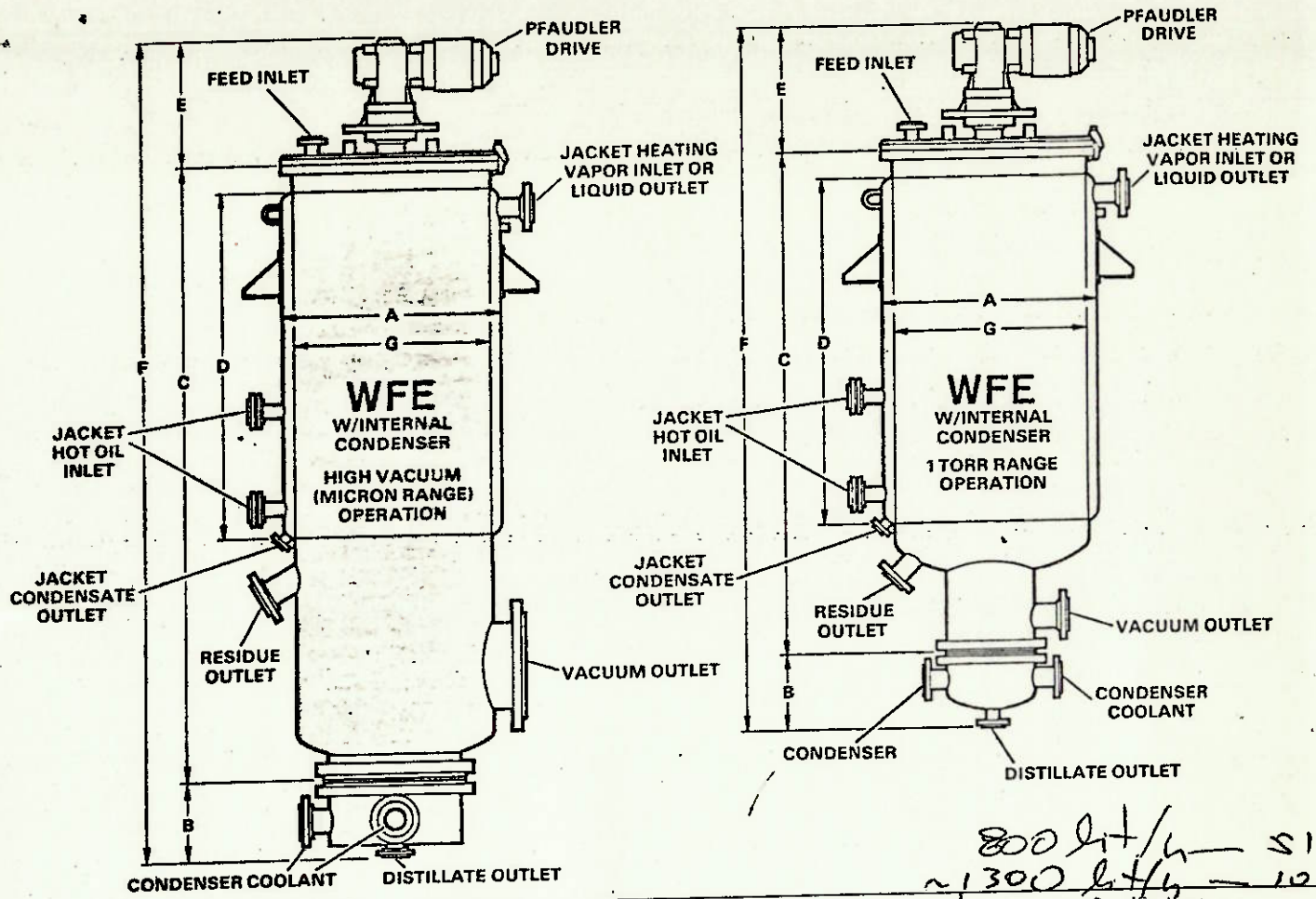
Areas of Application	Distillation		Concentration/Dehydration	Stripping	Deodorization
	1 Torr & Above	Below 1 Torr (High Vacuum)*			
Organics, General	X	X	X	X	X
Pesticides & Herbicides	X	X			
Pharmaceuticals, General	X	X			
Vitamins		X			
Food, General	X		X	X	X
Tomato Paste	X		X To 50% Total Solids		
Fats & Oil, General	X	X	X	X	X
Fatty Acids	X	X		X	X
Plastics & Resins	X	X	X	X	X
Radioactive Waste Concentration	X		X		
Rerefining Used Oils	X	X		X	
Solvent Recovery	X	X		X	

*Partial list of Wiped Film Evaporator applications carried out at operating pressures below 1 Torr (as low as 10 microns): Vitamins A, E, etc.; dimer, trimer fatty acids; petroleum waxes; and silicone oils.

1. Wiped Film Evaporator chemical processing system involving a production-sized evaporator and associated equipment. Pressure range: 1 Torr and above.
2. Wiped Film Evaporator (flat bottom food design) piped to separator for final stage concentration of heat sensitive food products. Multiple effect evaporator is used as a pre-concentrator.
3. High vacuum (below 1 Torr) chemical process evaporator including degasser unit for pre-treatment of feed to provide for micro range evaporation.



Ragu Foods, Inc. Packaged Foods Division, Chesebrough-Pond's, Inc., at Merced, California, uses four 231 sq. ft. Pfaudler Wiped Film Evaporators for tomato paste production.



800 lit/hr - 51,2
 ~ 1300 lit/hr - 103,4

Vap. Surface Area (sq. ft.)	Model No.	Internal Condenser Area (sq. ft.)	Jacket Volume (Gallons)	Dimensions (Inches)						Nominal Dia. G	Specifications		
				A	B	C	D	E	F		Drive HP/RPM	Pressure Ratings (psig) @ 650°F	Jacket	Inner Shell
1.2	1.2-6V-1.6	1.6	.7	8.62	5.25	19.88	9.00	9.44	34.56	6	Variable Belt .75/560	470/455	FV Int.
4.2	4.2-12L-7	7	2.0	14.75	9.312	35.00	15.25	34.375	79.00	12	2.5 DTW 1/280	165/150	FV Int.
4.2	4.2-12V-19	19	2.0	14.75	8.50	40.125	15.25	34.375	83.00	12	2.5 DTW 1/280	140/125	FV Int.
8.8	8.8-12L-12	12	4.4	14.75	9.312	52.00	32.25	34.375	96.00	12	2.5 DTW 1/280	140/125	FV Int.
8.8	8.8-12V-27	27	4.4	14.75	8.50	57.125	32.25	34.375	100.00	12	2.5 DTW 1/280	140/125	FV Int.
13.4	13.4-12L-18	18	6.6	14.75	9.312	69.00	49.25	40.75	119.00	12	3 DTW 3/280	125/110	FV Int.
13.4	13.4-12V-35	35	6.6	14.75	8.50	74.125	49.25	40.75	124.00	12	3 DTW 3/280	125/110	FV Int.
25	25-36L-37.5	37.5	26	40.00	13.875	57.00	32.50	28.75	100.00	36	3 DTW 3/97	160/145	FV Int.
25	25-36V-121	121	26	40.00	13.00	81.50	32.50	28.75	124.00	36	3 DTW 3/97	160/145	FV Int.
51.2	51.2-36L-75	75	53	40.00	13.875	91.00	66.50	28.75	134.00	36	3 DTW 3/97	135/120	FV Int.
51.2	51.2-36V-172	172	53	40.00	13.00	115.50	66.50	28.75	158.00	36	3 DTW 3/97	135/120	FV Int.
77.3	77.3-36L-113	113	79	40.00	13.875	125.00	100.50	52.312	192.00	36	5 RW 5/97	145/130	FV Int.
77.3	77.3-36V-223	223	79	40.00	13.00	149.50	100.50	52.312	215.00	36	5 RW 5/97	145/130	FV Int.
103.4	103.4-36L-150	150	106	40.00	13.875	159.00	134.50	65.562	239.00	36	6 RW 7.5/97	135/120	FV Int.
103.4	103.4-36V-274	274	106	40.00	13.00	183.50	134.50	65.562	262.00	36	6 RW 7.5/97	135/120	FV Int.
231	231-60L-350	358	298	66.38	23.25	214.38	178.75	86.12	323.75	60	8 RW 25/77	120/105	FV Int.

Materials of Construction:
 All product wetted surfaces are 316 S/S in the 5" dia. unit; 316 L S/S solid in the 12" dia units; 316 L S/S clad on carbon steel in the 36" dia. units; and 316 S/S clad or solid carbon steel in the 60" dia. unit.
Nippers:
 Centrifugal PTFE wiper blades are standard on all units.

High Vacuum design

Entrainment Separator:
 Two entrainment separators are standard: chevron on the high vacuum model and louver on the medium vacuum unit.
Drives:
 Variable speed belt drive used on the 6" dia. and 12" dia. units; fixed gear on 36" dia. and 60" dia. units. All are explosion proof designs.
Note:
 1. Dimensions subject to change. Refer to detail print for installation dimensions.
 2. Dimensions available in metric conversion. Contact Rochester office.

51,2 p² ~ 97,000 ~ 6 U.S. (FOB)
 103,4 p² ~ 121,000 U.S.

Maintenance and Inspection

The Pfaudler Wiped Film Evaporator tends to be self-cleaning, primarily because of the wiping effect of the slotted wiper blades on the heat transfer surface and the low volume of product passing through the unit at any given time. Depending upon product characteristics, frequently units can be cleaned in place without disassembly. Simply substitute a suitable solvent or cleaning solution for the product feed material and run it through the unit with reduced jacket temperature.

There are other pluses to the cleaning and maintenance cycle of the Pfaudler Wiped Film Evaporator.

1. Units can be quickly maintained and serviced by one man.
2. Rotor and drive assembly easily removed as a single unit for cleaning.
3. Wipers act as guides to prevent scoring of heat transfer surface when rotor assembly is removed as a single unit.

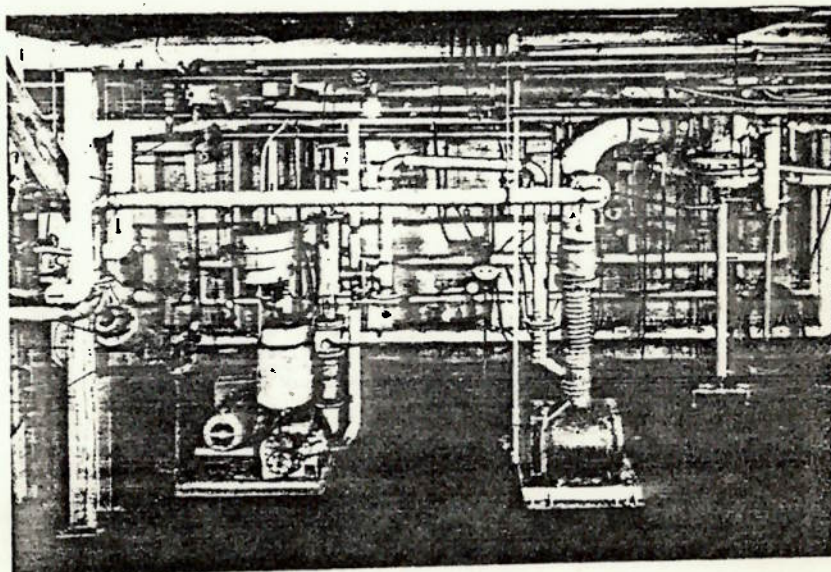
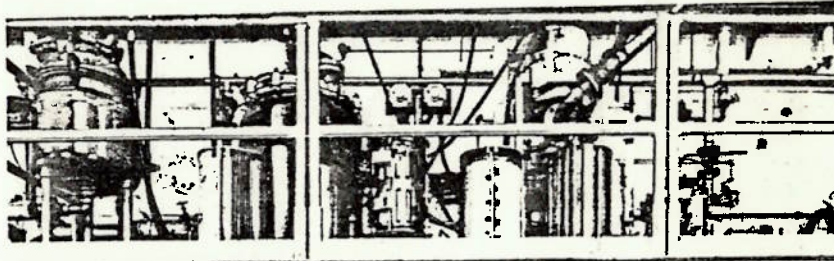
Materials of Construction

Pfaudler fabricates from a variety of standard materials such as 316 L clad and solid 316 stainless steel. The Specifications Chart identifies which material of construction is standard for each unit. Wiped Film Evaporators can also be built on a custom basis using other types of stainless steel, Hastelloy, nickel, carbon steel and Glasteel®. All units are manufactured in the Pfaudler Rochester plant which has been fabricating alloy equipment for approximately 100 years.

Testing Facilities

Pfaudler uses a complete range of thin-film evaporation tests to determine the operating parameters for processing of your product in a Pfaudler Wiped Film Evaporator. The simplest test is run in a bench-size unit. A one-quart sample of product is sufficient to conduct a Feasibility Test in this unit to determine if pilot plant testing is required.

The Pfaudler Technical Center has pilot plant test facilities which include three complete Wiped Film Evaporator Systems: a 1.2 sq. ft. pilot plant unit for small quantities of product; a 4.2 sq. ft. high vacuum unit operating at 10 microns Hg. abs.; and a medium vacuum 4.2 sq. ft. unit. All these units can operate at temperatures up to 650°F for pilot plant tests. These systems are used to optimize operating parameters and to scale-up equipment. Frequently, test information stored in our data bank allows us to scale-up without pilot plant testing. When this is not possible, a pilot plant test is recommended. Clients are invited to observe and participate in these tests and a comprehensive test report is supplied upon conclusion of each pilot plant test.



The Pfaudler pilot plant test facility incorporates a 4.2 sq. ft. 1mm, medium vacuum unit and a 4.2 sq. ft. high vacuum system to use in scaling-up to customer requirements.

90 004 24
1 1-2

System 120

System 120 is a pilot plant system which includes a completely engineered and packaged 1.2 sq. ft. Pfaudler Wiped Film Evaporator, pre-tested, and platform mounted. The System 120 will handle laboratory or small production quantities and consists of four modules.

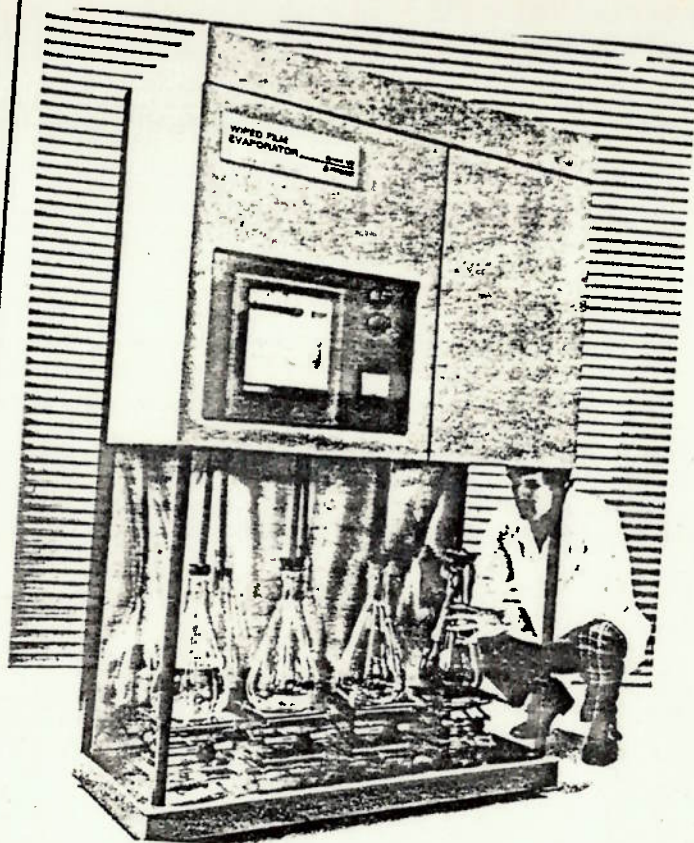
Module I Basic system with feed pump, distillate and residue receivers, instrumentation, piping, and flow meter.

Module II Hot oil system

Module III Medium vacuum pumping system

Module IV High vacuum (micron range) system

For further information, write for the Data Sheet on Pfaudler Wiped Film Evaporator System 120.



The Pfaudler Wiped Film Evaporator/System 120 is a stylized, modular package which is pretested and pre-assembled prior to delivery.

Project Engineering Services

Pfaudler engineers have many years of experience in distillation system design and process applications, and can help you integrate a Pfaudler Wiped Film Evaporator into an existing process. Or, they assume responsibility for the design, layout, and supply of a fully engineered new system or complete processing plant. They select auxiliary equipment, supply detailed equipment and piping layouts, and assist in erection and start up. For further information, write for the bulletin on Pfaudler Project Engineering.

Heat Exchangers

Pfaudler manufactures shell and tube heat exchangers constructed of a variety of materials designed for condensing, heating, evaporating, transfer, and cooling applications. For more information, write for bulletin on Pfaudler Heat Exchangers.

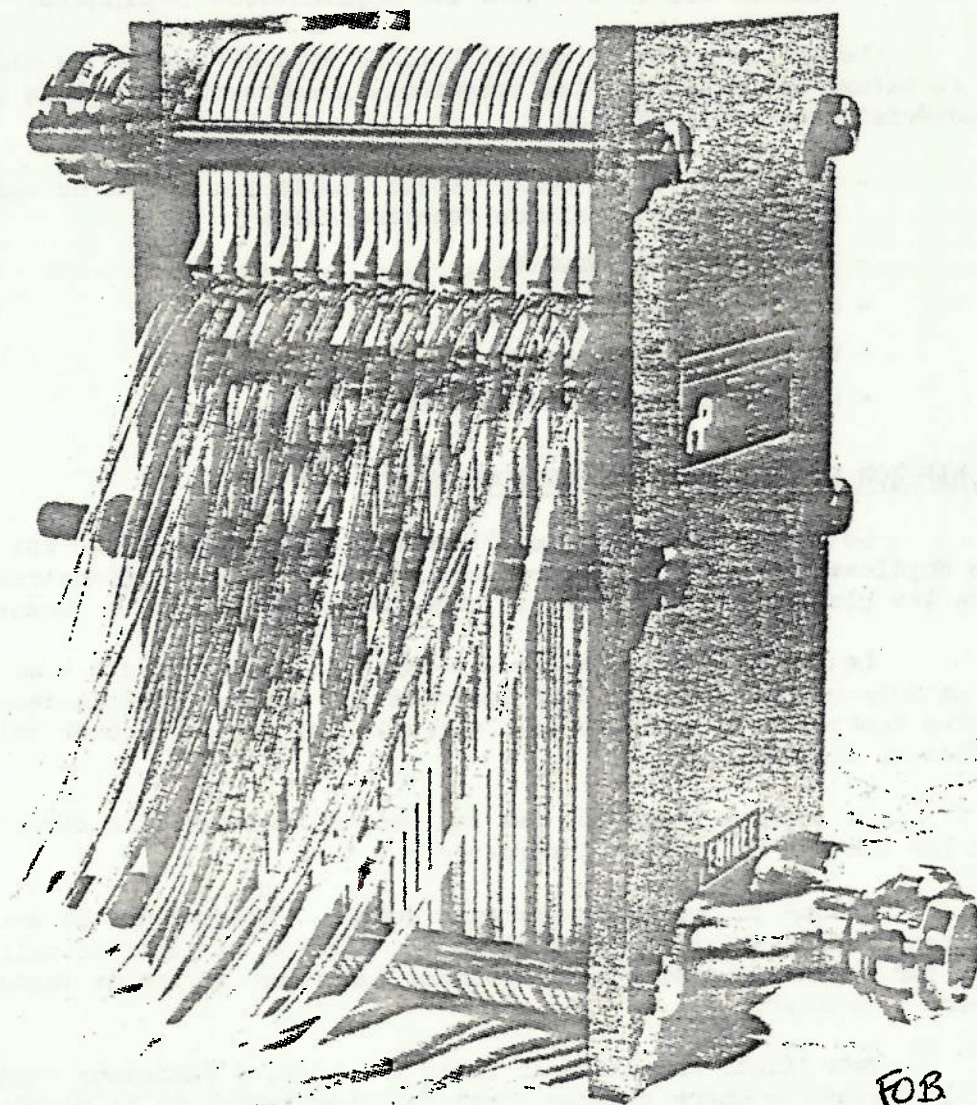
Call any of our branches:

Albany, New York (518) 785-4466
Baltimore, Maryland (301) 539-4345
Baton Rouge, Louisiana (504) 925-5391
Boston, Massachusetts (617) 327-0418
Charlotte, N. Carolina (704) 535-0815
Chattanooga, Tennessee (615) 875-3614
Chicago, Illinois (312) 671-0474
Cincinnati, Ohio (513) 871-1273
Clifton, New Jersey (201) 471-6090
Denver, Colorado (303) 758-1585
Detroit, Michigan (313) 646-3776
Houston, Texas (713) 780-3187
Los Angeles, California (213) 245-5607
Philadelphia, Pennsylvania (215) 649-5190
Pittsburgh, Pennsylvania (412) 364-5666
Rochester, New York (716) 235-1000
St. Louis, Missouri (314) 625-1666
San Francisco, California (415) 574-2644
Toronto, Canada (416) 751-7644

SYBRON | Pfaudler

Write:
The Pfaudler Co.
Division of Sybron Corp.
Rochester, New York 14603

ULTRAFILTRATION
MODULE PLEIADE type UFP 10



FOB
area 7m²
US\$ 11.400

(IFP)

Les rainures ménagées sur les 2 faces des plaques ont le double rôle de drainer l'ultrafiltrat vers un canal de collecte permettant son évacuation à l'extérieur par 2 tubulures de part et d'autre de chaque plaque et d'augmenter la turbulence du fluide traité par déformation de la membrane sous l'effet de la pression de fonctionnement.

Une plaque porte-membrane ainsi équipée de ses 2 membranes, de ses 4 anneaux d'étanchéité et de son joint cadre constitue un ensemble homogène interchangeable (voir figure 1).

Les plaques séparatrices ne comportent qu'une seule paire d'ouvertures circulaires pour le passage du liquide.

L'empilement de plusieurs plaques porte-membrane entre 2 plaques séparatrices constitue un sous-ensemble dans lequel le liquide circule en parallèle, les plaques séparatrices assurant la liaison, en série, entre 2 sous-ensembles consécutifs, le flux liquide étant ainsi inversé en passant d'un sous-ensemble au suivant.

Le nombre de plaques porte-membrane dans chaque sous-ensemble et le nombre de sous-ensembles dans un module sont déterminés en fonction de la nature des produits à traiter et de la surface totale désirée.

La configuration des modules PLEIADE type UFP 10 est ainsi représentée par l'expression : x S / y P, dans laquelle :

- x = le nombre de sous-ensembles en série dans le module ;
- y = le nombre de lames liquides en parallèle dans chaque sous-ensemble (qui est égal au nombre de plaques porte-membrane dans chaque sous-ensemble + 1).

Ainsi, un module PLEIADE UFP 10 - 4 S / 7 P - comprendra 4 sous-ensembles ayant chacun 6 plaques porte-membrane (7 - 1).

MATERIAUX CONSTITUTIFS

Le tableau ci-après indique la nature des matériaux utilisés dans la réalisation des différentes versions du module PLEIADE UFP 10.

	UFP 10 A	UFP 10 T
Contention	Acier inox.	Acier inox ou acier nickelé.
Plaques porte-membrane	Polypropylène chargé talc.	Polypropylène chargé talc.
Anneaux d'étanchéité	Polysulfone.	Rilsan chargé.
Joints cadre	Caoutchouc nitrile	Caoutchouc nitrile
Plaques séparatrices	Acier inox.	Acier inox.

CARACTERISTIQUES

Les modules FLEIADE type UFP 10 sont disponibles entre 0,65 et 7 m² dans un très grand nombre de configurations. Le tableau ci-après donne les caractéristiques des principales d'entre elles.

Configuration	Surface totale m ²	Nombre de plaques porte-membrane	Nombre de plaques séparatrices	Volume mort litres (environ)	Poids kg (environ)
2 S / 4 P	0,65	6	1	1,5	52
2 S / 5 P	0,9	8	1	1,7	54
2 S / 6 P	1,1	10	1	1,9	56
2 S / 7 P	1,3	12	1	2,1	57
3 S / 4 P	1,0	9	2	1,9	57
3 S / 5 P	1,3	12	2	2,2	59
3 S / 6 P	1,65	15	2	2,6	62
3 S / 7 P	2,0	18	2	2,9	64
3 S / 8 P	2,3	21	2	3,2	66
4 S / 4 P	1,3	12	3	2,3	62
4 S / 5 P	1,75	16	3	2,8	65
4 S / 6 P	2,2	20	3	3,2	68
4 S / 7 P	2,65	24	3	3,6	71
4 S / 8 P	3,1	28	3	4,1	74
4 S / 9 P	3,5	32	3	4,5	77
5 S / 4 P	1,65	15	4	2,8	67
5 S / 5 P	2,2	20	4	3,3	70
5 S / 6 P	2,75	25	4	3,9	74
5 S / 7 P	3,3	30	4	4,4	78
5 S / 8 P	3,85	35	4	5,0	82
5 S / 9 P	4,4	40	4	5,5	96
5 S / 10 P	4,95	45	4	6,1	100
6 S / 4 P	2,0	18	5	3,2	71
6 S / 5 P	2,65	24	5	3,9	76
6 S / 6 P	3,3	30	5	4,5	81
6 S / 7 P	3,95	36	5	5,2	86
6 S / 8 P	4,6	42	5	5,9	99
6 S / 9 P	5,3	48	5	6,5	103
6 S / 10 P	5,95	54	5	7,2	108
6 S / 11 P	6,6	60	5	7,8	113
7 S / 4 P	2,5	21	6	3,7	76
7 S / 5 P	3,1	28	6	4,4	82
7 S / 6 P	3,85	35	6	5,2	88

Exemples :

Un module PLEIADE UFP 10 de 5,3 m², agencé en 6 S / 9 P, nécessitera un débit de circulation de 13,5 à 20 m³/h. (1,5 x 9 à 2,2 x 9) ou de 10,5 à 15 m³/h. (1,5 x 7 à 2,2 x 7) si sa configuration est en 8 S / 7 P.

Pour un débit de 2 m³/h. par lame liquide, la perte de charge totale avec un liquide de viscosité inférieure à 5 centipoises sera de 0,42 x 6 = 2,5 bars pour un module en 6 S / 9 P et de 0,42 x 8 = 3,4 bars pour un module en 8 S / 7 P.

MONTAGE ET ENCOMBREMENT

Les cotes principales des modules PLEIADE UFP 10 sont données dans les figures 3, 4, 5 et 6.

Remarque importante

Il faut noter que ces croquis représentent des modules ayant un nombre pair de sous-ensembles dans lesquels les tubulures d'entrée et de sortie se trouvent en face l'une de l'autre.

Dans les modules où le nombre de sous-ensembles est impair, l'entrée et la sortie se trouvent décalées de 180°.

La longueur de l'empilement entre les plateaux de la contention variera en fonction du nombre de plaques porte-membrane et de plaques séparatrices, donc de la configuration du module.

Pour un module de configuration x S / y P, la longueur L de cet empilement exprimé en millimètres sera donné par la formule suivante :

$$L = \left[5,6 (y - 1) + 1,66 y \right] x + 3 (x - 1)$$

La distance L' entre l'entrée et la sortie, c'est-à-dire entre les points de raccordement du module sera de :

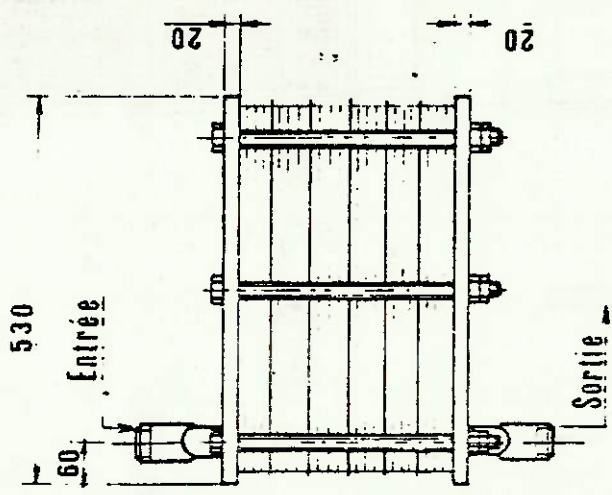
- pour un module de surface inférieure à 4 m² : L' = L + 252
- pour un module de surface supérieure à 4 m² : L' = L + 276

Exemples :

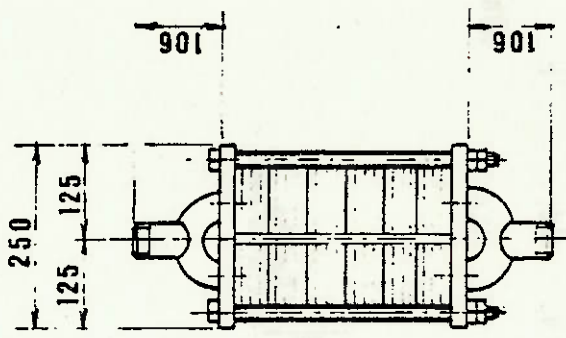
Pour un module PLEIADE UFP 10 - 4 S / 9 P - de 3,5 m² :

$$L = \left[(5,6 \times 8) + (1,66 \times 9) \right] 4 + (3 \times 3) = 248 \text{ mm}$$

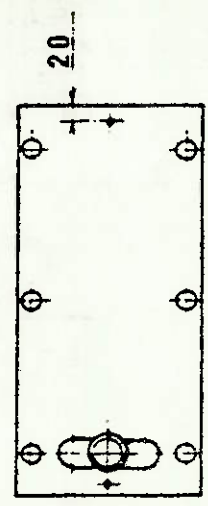
$$L' = 248 + 252 = 500 \text{ mm.}$$



Vue de face



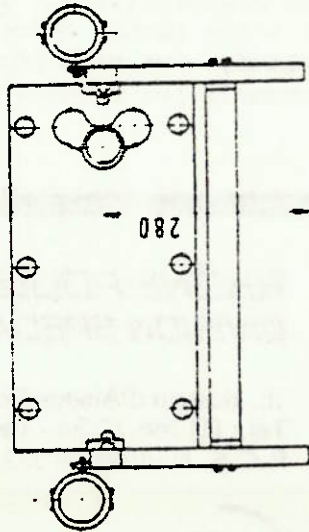
Vue de gauche



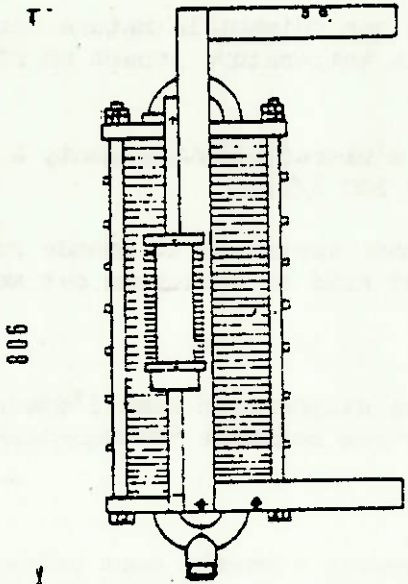
Vue de dessus

Figure 4

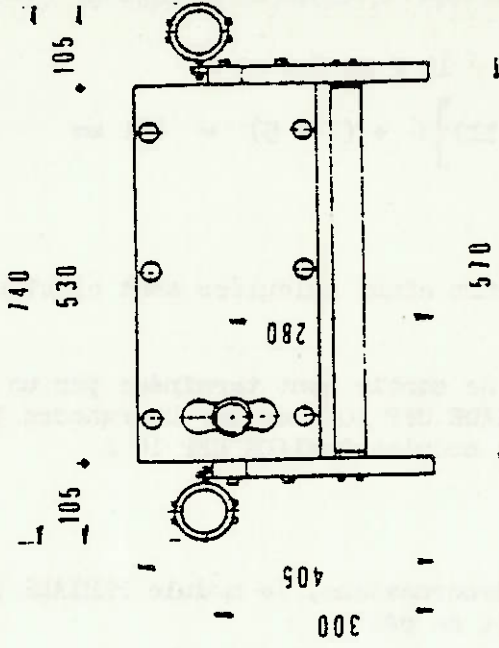
Vue de droite



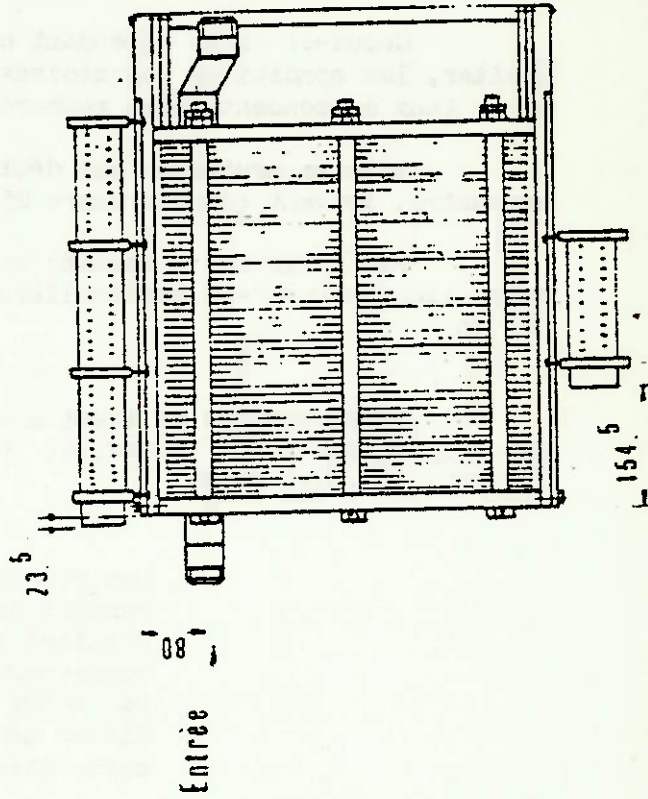
Vue de face



Vue de gauche



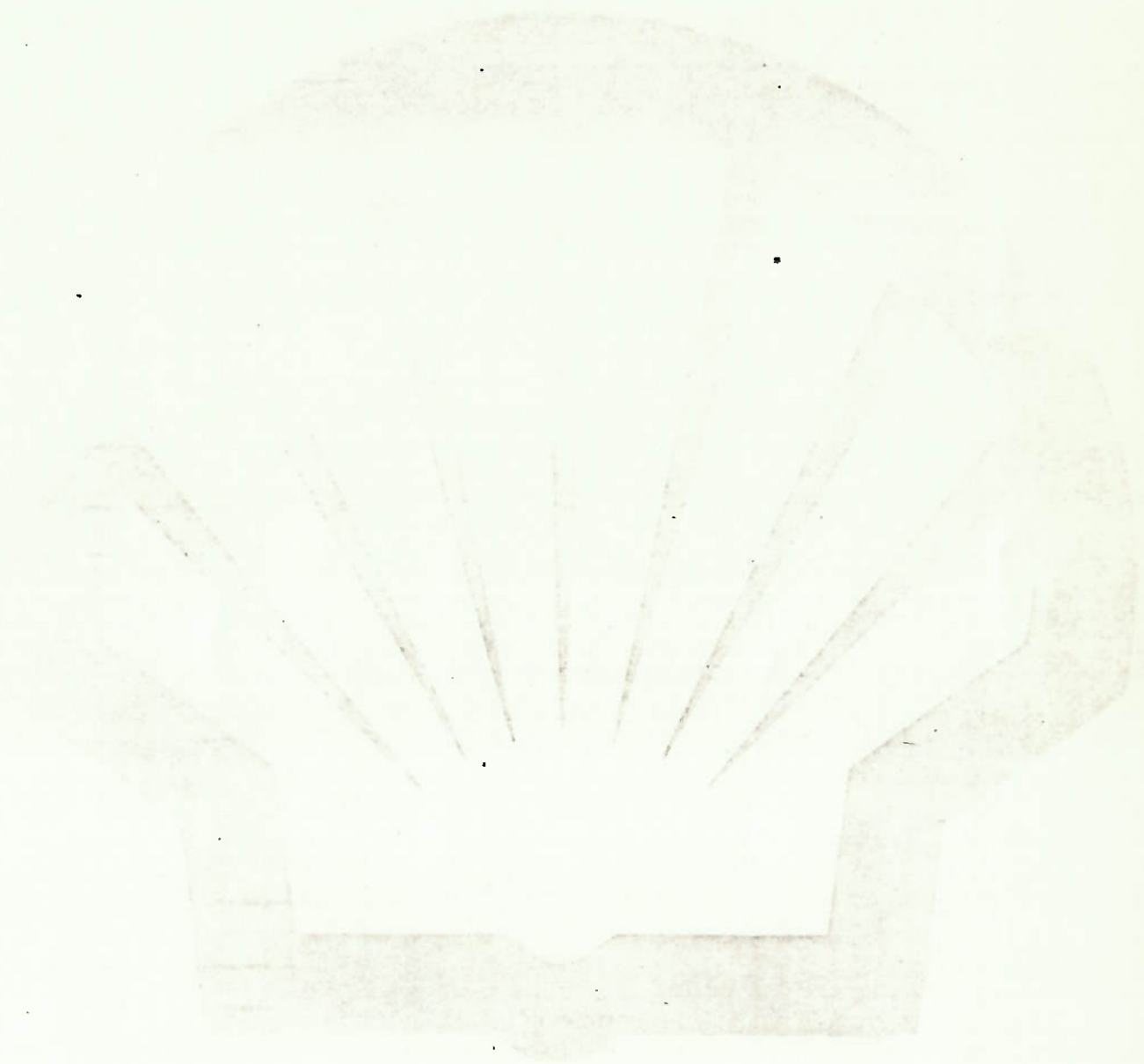
Vue de dessus



Entrée

Sortie

figure 6



SHELL

Extraído da "Cartilha das
Graxas e Óleos Lubrificantes"

Lubrificantes

Shell Argina

Os Shell Argina são lubrificantes para cilindros e carter, especialmente adequados às exigências de motores diesel marítimos convencionais, de alto rendimento e média rotação, operando com combustível mais pesado que o óleo diesel e recomendado para uso em motores Caterpillar.

CARACTERÍSTICAS TÍPICAS

	SAE 30	SAE 40
Densidade a 20/4°C	0,893	0,898
Cor ASTM	L 7,5	L 7,0
Pto. Fulgor V.A. °C	234	249
Pto. Fluidez, °C	-20	-20
Visc. Cinemática (cSt) 37,8°C	115,8	153,4
Visc. Cinemática (cSt) 40,0°C	108,4	132,3
Visc. Cinemática (cSt) 98,9°C	12,8	14,6
Visc. Cinemática (cSt) 100,0°C	12,2	13,9
Visc. Cinemática (cSt) 50,0°C	68,0	89,0
Índice de Viscosidade	103	102
TBN (E) mgKOH/g	27,6	27,6

Shell Chassis 2

A Shell Chassis 2 é uma graxa à base de cálcio, com características anticorrosivas, recomendada para a lubrificação geral de chassis automotivos.

APLICAÇÃO

A maioria das aplicações automotivas exigem que uma graxa possua estabilidade mecânica adequada, excelente capacidade de resistência à ação da água e/ou umidade e características de proteção anticorrosiva.

CARACTERÍSTICAS TÍPICAS

	SABÃO	PONTO DE GOTA (°C)	PENETRAÇÃO TRABALHADA A 25°C	CONSISTÊNCIA N.L.G.I.	COR	VISC. DO ÓLEO BÁSICO cSt (210 °F)
CHASSIS 2	cálcio	104	276	2	escura	16,5

Shell Dentax

Os Shell Dentax são óleos minerais puros, altamente parafínicos, recomendados para transmissões automotivas onde não se exige lubrificantes extrema-pressão.

APLICAÇÃO

Os Shell Dentax devem ser utilizados em diferenciais, caixas de câmbio e caixas de direção automotivas, onde ocorrer a ausência de condições severas de trabalho nos dentes das engrenagens ou a presença de componentes metálicos não ferrosos facilmente susceptíveis ao ataque corrosivo por aditivos extrema-pressão. O tipo de atrito gerado entre os dentes das engrenagens, independente da existência de pressões extremas, exige do lubrificante uma alta resistência de película, capaz de mantê-lo entre as superfícies durante os engrenamentos. Os óleos Shell Dentax são também recomendados em transmissões industriais que requeiram óleos com as suas características.

O Shell Donax TD é recomendado em toda a parte traseira dos equipamentos Massey-Ferguson, em substituição aos lubrificantes convencionais, o que significa redução de estoque e menor possibilidade de falha por utilização errônea de mais de um tipo de óleo. Nos modelos providos de freio úmido "wet brake"), o Shell Donax TD apresenta excepcional nível de desempenho e atende à especificação Massey-Ferguson MF-1135.

Também nos equipamentos John Deere, o Shell Donax TD é recomendado para toda a transmissão e sistema hidráulico de seus modelos, com ou sem freio úmido, e atende às especificações J14B e J20A.

CARACTERÍSTICAS TÍPICAS

	DENSIDADE A 20/4°C	COR ASTM	PONTO DE FULGOR V.A. (°C)	VISCOSIDADE					I. V.
				CINEMÁTICA (cSt) (°C)				ENGLER 50°C	
				37.8	40	98.9	100		
DONAX TD	0.886	L 5.5	220	82.0	75	10.8	10,5	6,3	121

Shell Donax TM Shell Automatic Transmission Fluid

Os óleos Shell Donax TM e Shell Automatic Transmission Fluid são lubrificantes de primeira linha para transmissões automáticas de veículos, e outros sistemas ou transmissões hidráulicas que requeiram um produto com as suas características.

APLICAÇÃO

As condições de trabalho impostas a um lubrificante utilizado em transmissões automáticas e transmissões hidráulicas em geral, seja de automóveis, caminhões e equipamentos de terraplenagem ou agrícola, exigem que esse óleo possua características bastante específicas, somente obtidas através de criteriosos tratamentos em óleos básicos especiais e uma aditivação cuidadosamente balanceada e totalmente compatível com os componentes do sistema com os quais o óleo entrará em contato. Os óleos Shell Donax TM e Shell Automatic Transmission Fluid enquadram-se dentro das mais rígidas especificações existentes para produtos dessa natureza.

- Sua coloração vermelha permite a rápida identificação de vazamentos e evita que sejam confundidos com lubrificantes para outras aplicações.
- O Shell Donax TM atende à especificação type A - suffix A da General Motors e o Shell Automatic Transmission Fluid atende à especificação MBB-F-6623 da Mercedes Benz.

CARACTERÍSTICAS TÍPICAS

	DENSIDADE A 20/4°C	COR	PONTO DE FULGOR V.A. -°C	PONTO DE FLUIDEZ °C	VISCOSIDADE CINEMÁTICA (cSt) (°C)				°ENGLER 50°C	I. V.
					37.8	40.0	98.9	100		
DONAX TM	0.889	verm.	200	-43	42.9	40.1	7.54	7.46	3.62	152
AUTOMATIC TRANSMISSION FLUID	0.890	verm.	200	-45	43.4	42.2	7.71	7.66	3.95	153

CARACTERÍSTICAS TÍPICAS

Grau de Viscosidade SAE	20W/40
Densidade a 20/4°C	0,8913
Cor ASTM	L 5,0
Ponto de Fulgor, VA, °C	223
Visc. Cinem. a 40°C, cSt	132,93
Visc. Cinem. a 100°C, cSt	15,53
Índice de Viscosidade	121
Ponto de Fluidéz, °C	-21
Cinza Sulfatada, % peso	0,96
TBN, mgKOH/g	6,86

Shell Motor Oil

O Shell Motor Oil é um óleo mineral puro, altamente parafínico, recomendado para lubrificação de motores a gasolina, quando se utiliza um lubrificante tipo SA, da classificação API/SAE/ASTM.

APLICAÇÃO

O Shell Motor Oil é disponível, nos graus SAE 20, 30 40 e 50, para utilização em qualquer tipo de motor a gasolina, onde não se exija um lubrificante de qualidade premium.

Devido às suas propriedades como óleo mineral puro, poderá ser utilizado, alternativamente, em aplicações industriais tais como lubrificação de mancais planos ou de rolamentos, em banho de óleo ou sistemas circulatórios, desde que se requeira um óleo com as suas características.

DESEMPENHO

- Devido aos básicos e processos utilizados em sua fabricação, o Shell Motor Oil possui excelente resistência à oxidação.
- Sua origem, de base parafínica, confere ao Shell Motor Oil um elevado índice de viscosidade, tornando-o bastante resistente às variações de viscosidade em função da temperatura.
- Possui elevada resistência de película, o que garante um mínimo desgaste das partes lubrificadas.
- Atende à classificação SA da classificação API/SAE/ASTM.

CARACTERÍSTICAS TÍPICAS

	DENSI- DADE A 20/4°C	COR ASTM	PONTO DE FULGOR V. A. (°C)	VISC. CINEMÁTICA (cSt) (°C)				ENGLER 50°C	I. V.
				37,8	40,0	98,9	100,0		
MOTOR OIL 20	0,876	2,0	220	80,3	70,4	9,4	9,0	5,9	102
MOTOR OIL 30	0,882	4,5	245	112,0	98,8	11,5	11,1	8,0	98
MOTOR OIL 40	0,887	4,0	250	152,2	146,8	15,2	14,8	11,0	101
MOTOR OIL 50	0,893	6,0	260	261,5	224,3	20,4	19,5	16,0	99

Shell Rimula CT

DESCRIÇÃO

Os Shell Rimula CT são óleos altamente aditivados e de baixa cinza, recomendados para motores diesel de alta rotação e adequados para motores a gasolina.

ESPECIFICAÇÕES/NÍVEL DE DESEMPENHO

Os óleos Shell Rimula CT atendem ou excedem um grande número de critérios adotados para avaliação de desempenho, tais como:

MIL-L-2104 C
Caterpillar Series 3
MIL-L-2104 B
DEF 2101D
API/ASTM/SAE CD, CC, SC
Allison C3 para Hidraulic Transmission Fluid (SAE 10W)

Em adição, eles foram formulados de maneira a apresentarem excepcionais resultados nos testes desenvolvidos pela Shell para avaliação da durabilidade do óleo sob as mais severas condições de operação.

APLICAÇÕES PRINCIPAIS

Os óleos Shell Rimula CT são recomendados para motores diesel de alta velocidade, turbo alimentados ou de aspiração normal, operando em condições extremamente severas e para motores a gasolina operando em condições moderadamente severas. Eles são o lubrificante ideal para frotas mistas e para equipamentos de construção e terraplenagem.

APLICAÇÕES SECUNDÁRIAS

Motores auxiliares a diesel ou gasolina, certas caixas de engrenagens e transmissões. Eles são também adequados para sistemas hidráulicos, compressores de ar, lubrificadores automáticos de chassis, etc.

CARACTERÍSTICAS TÍPICAS

RIMULA CT	10W	20/20W	30	40	50
Densidade a 20/4°C	0.878	0.886	0.891	0.894	0.898
Cor ASTM D 1500	4.0	5.0	L 6.0	6.0	7.0
Ponto de Fulgor VA, °C	216	226	238	240	238
Viscosidade Cinemática (cSt)					
a 37,8°C	43.5	75.0	120	160	280
a 40,0°C	41.5	69.9	105	148	250
a 98,9°C	6.5	9.2	12.6	15.0	21.5
a 100,0°C	6.1	9.0	11.7	14.8	20.5
Viscosidade Engler a 50°C	3.7	5.6	9.0	11.0	18.0
Índice de Viscosidade	110	107	96	101	100
Cinza Sulfatada, % peso	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
TBN(E), mgKOH/g	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0

Os óleos Shell Spirax HD atendem às exigências da especificação MIL-L-2105B e da classificação de serviços API GL-5.

CARACTERÍSTICAS TÍPICAS

PRODUTO	DENSIDADE A 20/4°C	PONTO DE FULGOR V.A. °C	VISCOSIDADE					ÍNDICE DE VISCOSI- DADE
			CINEMÁTICA (cSt) (°C)				ENGLER 50°C	
			37.8	40	98.9	100		
SPIRAX EP 80W	0.888	213	117	103.0	11.8	11.48	8.4	97
SPIRAX EP 90	0.896	215	226	198.8	17.5	16.97	15	90
SPIRAX EP 140	0.903	220	667	573.6	35.1	33.87	40	91
SPIRAX HD 90	0.900	215	225	198.8	17.5	16.97	15	90
SPIRAX HD 140	0.906	220	607	530.3	33.5	32.32	37	93

Shell Super Motor Oil

O Shell Super Motor Oil é o mais moderno e avançado óleo destinado à lubrificação dos motores a gasolina. Sua formulação, baseada em aditivos multifuncionais, exclusivos Shell, lhe confere um nível de desempenho que excede, por larga margem, as mais severas exigências do tráfego atual e também as especificações dos fabricantes de automóvel.

O Shell Super Motor Oil apresenta excepcionais propriedades dispersante/detergente, antioxidante, antidesgaste e de proteção. Além disto, suas características de viscosidade são tais, que o tornam adequado para uso onde óleos SAE 10W, 20, 30 e 40 são recomendados. O Shell Super Motor Oil atende e excede as exigências de serviço CC e SE da classificação API/SAE/ASTM e a especificação militar americana MIL-L-46152.

CARACTERÍSTICAS TÍPICAS

Densidade a 20/4°C	0.886
Cor ASTM D.1500	4.0
Ponto de Fulgor COC, °C	210
Viscosidade Cinemática a 37.8°C (cSt)	180
Viscosidade Cinemática a 40°C (cSt)	162
Viscosidade Cinemática a 98.9°C (cSt)	21
Viscosidade Cinemática a 100°C (cSt)	20.4
Índice de Viscosidade	150
Cinza Sulfatada, % peso	0.75

Shell Super 2T

O Shell Super 2T é o mais recente e avançado produto desenvolvido para a lubrificação de motores de dois tempos, a gasolina.

DESEMPENHO

A rápida evolução, ocorrida nos últimos anos, na tecnologia e projeto de motores de dois tempos, vem permitindo a produção de motocicletas e motores de popa de crescente performance e potências elevadas.

Shell Tellus

Os óleos Shell Tellus são fabricados com básicos parafínicos, altamente refinados e contêm aditivos antioxidantes, antiferrugem, antidesgaste e antiespuma.

Os óleos Shell Tellus, além de especificamente recomendados para sistemas hidráulicos, são também utilizados, com vantagens, em outras aplicações como, por exemplo, sistemas de lubrificação centralizados com circulação forçada, banhos de óleo e todas aquelas aplicações onde as condições de operação requerem um lubrificante de alto nível de desempenho.

A qualidade dos Shell Tellus tem sido comprovada, através dos anos, na lubrificação de máquinas ferramenta, equipamentos de usinas siderúrgicas, sistemas hidráulicos e em muitos outros campos da lubrificação industrial.

Os Shell Tellus são disponíveis em ampla faixa de viscosidade, sendo que os de números 32, 46, 68 e 100 são os mais largamente usados em sistemas hidrostáticos industriais.

A criteriosa seleção dos óleos básicos utilizados na fabricação dos Shell Tellus e a incorporação de aditivos especiais, adequadamente balanceados, conferem a esses lubrificantes uma série de propriedades dentre as quais destacamos: demulsibilidade, propriedades antidesgaste, proteção contra ferrugem, estabilidade à oxidação e propriedades antiespuma.

CARACTERÍSTICAS TÍPICAS

	DENSIDADE A 20/4°C	COR ASTM	PONTO DE FULGOR V.A. (°C)	VISCOSIDADE					ÍNDICE DE VISCOSIDADE	TAN mgKOH/g
				CINEMÁTICA (cSt) (°C)				ENGLER 50°C		
				37.8	40	98.9	100			
TELLUS C-5	0.835	L 1.0	74	5.7	5.3	—	—	1.3	—	0.05
TELLUS C-10	0.868	L 0.5	152	11.1	10.3	2.6	2.55	1.6	65	0.05
TELLUS C-22	0.866	L 0.5	182	21.2	20.0	4.0	3.9	2.2	95	0.05
TELLUS 32	0.870	L 2.0	220	37.0	33.0	6.1	6.0	3.5	100	0.65
TELLUS 46	0.870	L 2.0	232	49.4	44.4	6.8	6.6	3.9	100	0.65
TELLUS 68	0.873	L 2.0	232	71.6	66.5	9.0	8.8	5.4	101	0.65
TELLUS 100	0.878	L 3.0	252	104	92.5	11.0	10.7	7.4	99	0.65
TELLUS C-150	0.884	L 3.5	258	167	147	15.0	14.6	11.5	98	0.05
TELLUS C-220	0.885	L 4.5	268	227	199	19.2	18.5	14.0	96	0.05

Shell X-100 multigrade

O Shell X-100 multigrade é um lubrificante de alta qualidade, desenvolvido para atender às especificações e condições de trabalho de todos os motores à gasolina existentes no mercado.

— O Shell X-100 multigrade abrange faixas de viscosidade SAE adequadas ao uso em todos os motores e climas encontrados no país, podendo ser utilizado onde se recomenda um óleo SAE 20W, 20, 30, 40 ou 50.

— O Shell X-100 multigrade atende às especificações API/SAE/ASTM: SE e CC, e à especificação militar americana MIL-L-2104 B.

APARELHAGEM DE LABORATÓRIO (Ref.Bibl.: Nelson)

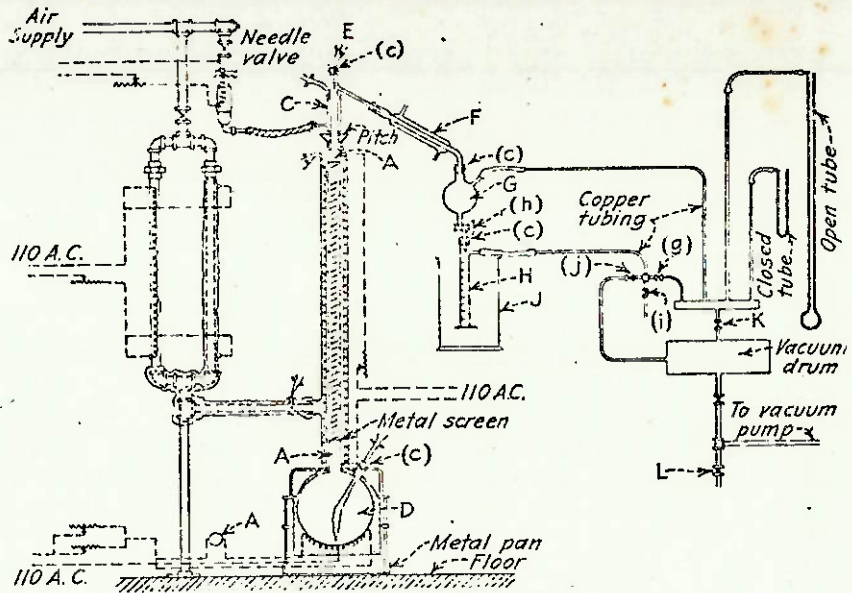
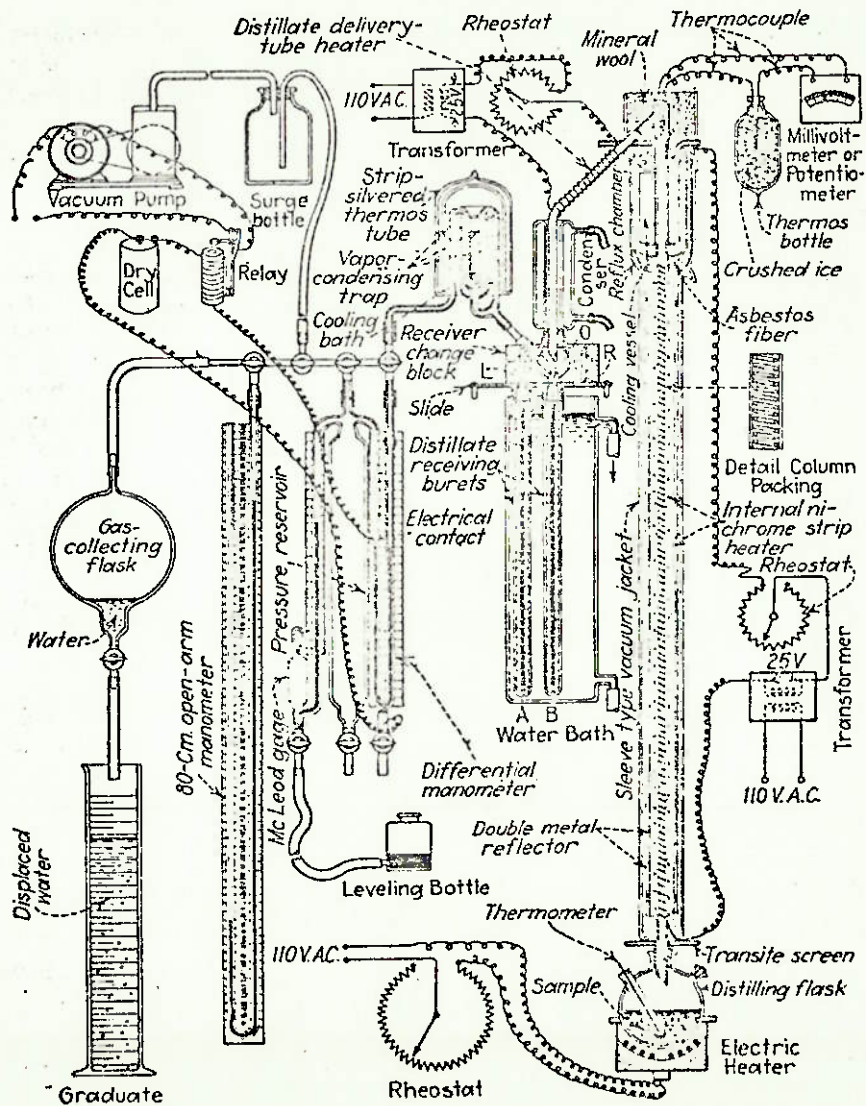
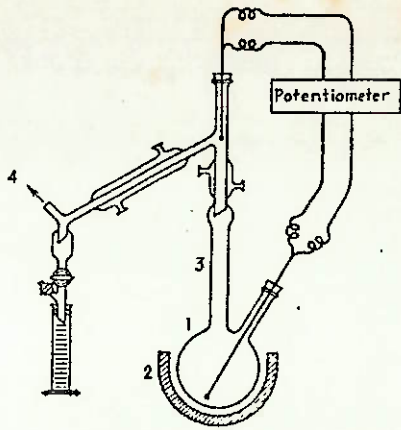


Diagram of a true-boiling-point apparatus.



Podbielniak high-temperature precision fractional-distillation apparatus.



Compact equipment for high-temperature, high-vacuum distillation: (1) flask, (2) electric heater, (3) short packed column, and (4) main vacuum connection. (Oil Gas J.)

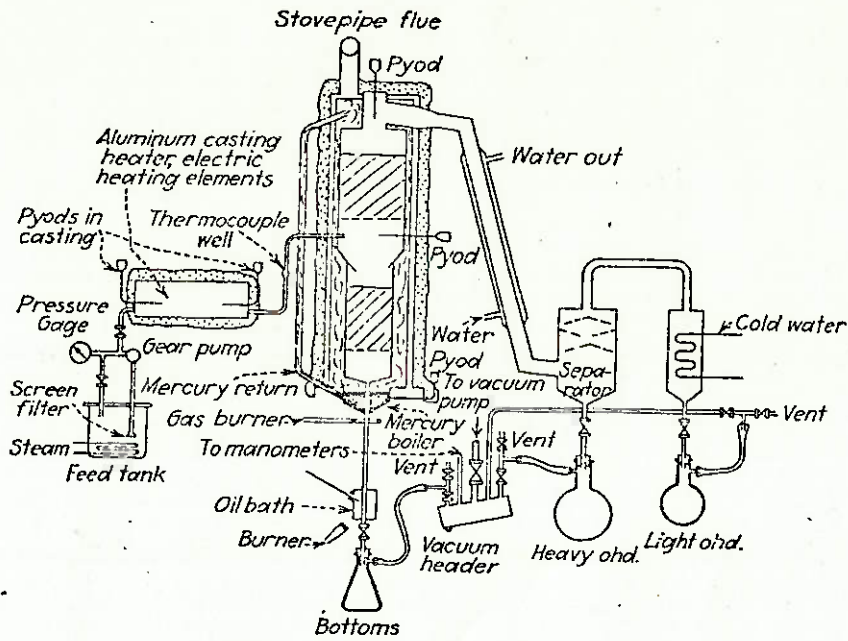
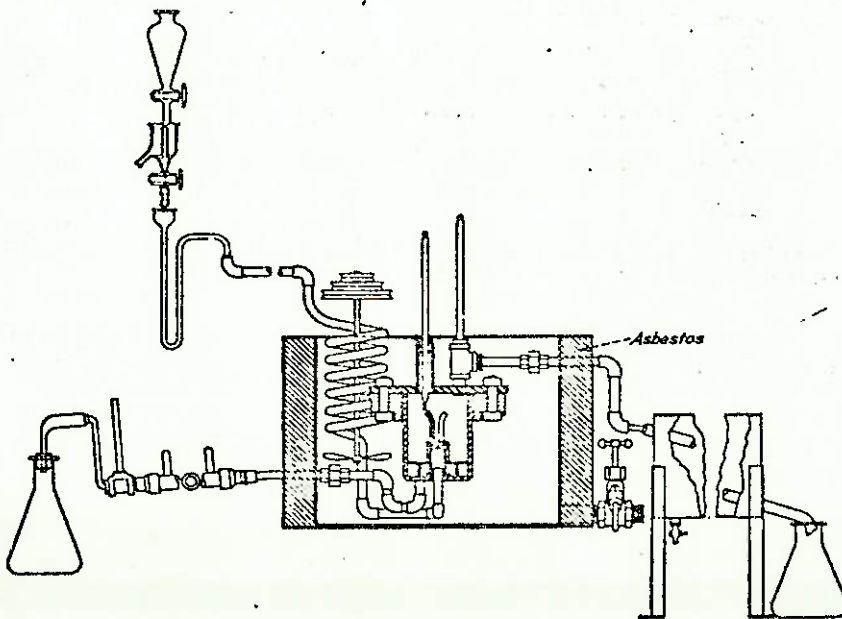


Diagram of a continuous vacuum-flash equipment.



Equilibrium-flash vaporizer. (E. H. Leslie.)