



مقدمات پالایش نفت و گاز

دکتر احسانی

دانشگاه صنعتی اصفهان

فصل ۱

مقدمه ای بر

نفت خام

تاریخچه پیدایش نفت خام

در حدود ۴ هزار سال قبل، بر طبق نظریه Herodotus و تأیید شده بوسیله ی Diodorus Siculus، در بابل برای پوشش دادن به دیوارها و ساختمان ها از قیر استفاده می کردند .

کتیبه های ایران باستان نشان می دهد که در سطح بالایی از جامعه ی آن ها از نفت برای مصارف پزشکی و همچنین روشنایی استفاده می شده است.

رومی ها و یونانی ها نیز مواد قیری را برای غیرقابل نفوذ کردن بدنه ی کشتی ها به کار می بردند. همچنین برای روشنایی و گرم کردن نیز از آن بهره می جستند.

با توسعه و پیشرفت تکنولوژی حفاری در اواسط قرن نوزدهم و تکنولوژی تقطیر و پالایش نفت در اواخر قرن نوزدهم و استفاده از آن در موارد غیر سوختی، جهش حیرت آوری بوجود آمد. بطوری که امروزه صنایع پتروشیمی نقش اساسی و بنیادی در رفع نیاز عمومی جامعه به عهده دارد.

قیمت نفت خام

قیمت نفت خام قبل از سال ۱۹۷۴ در حدود ۲/۵۹ دلار بر بشکه بود که پس از پیروزی انقلاب اسلامی ایران، ظرف گذشت ۹ ماه از ۱۳ دلار به ۳۷ دلار افزایش پیدا کرد.

بعد از سال ۱۹۸۶ تا سال ۱۹۹۹ قیمت نفت خام بین ۱۸-۲۱ دلار در نوسان بود تا اینکه در سال ۲۰۰۸ به بالاترین میزان خود رسید و به حدود بشکه ای ۱۴۰ دلار نزدیک شد. این میزان افزایش قیمت به دلیل کاهش تولید در خلیج مکزیک به دلیل تأثیرات توفان، و تصمیم دولت عربستان برای کاهش تولید می باشد.

پس از آن در اواخر سال ۲۰۰۸ و اوایل سال ۲۰۰۹ به دلیل رکود اقتصاد جهانی قیمت نفت کاهش شدیدی تا مرز ۴۰ دلار در هر بشکه پیدا کرد.

New York Mercantile Exchange prices for West Texas Intermediate 1996 - 2009



شکل ۱.۱

اوپک (OPEC)

سازمان کشورهای صادر کننده نفت با نام اختصاری اوپک، یک کارتل نفتی است که متشکل از کشورهای الجزایر، ایران، عراق، کویت، لیبی، نیجریه، قطر، عربستان سعودی، امارات متحده عربی، اکوادور، آنگولا و ونزوئلا است. مقر بین المللی اوپک از سال ۱۳۴۴ در شهر وین در کشور اتریش بوده است.

هدف اصلی این سازمان، آنچنان که در اساسنامه بیان شده، به این شرح است: «هماهنگی و یکپارچه سازی سیاست‌های نفت کشورهای عضو و تعیین بهترین راه برای تامین منافع جمعی یا فردی آنها، طراحی شیوه‌هایی برای تضمین ثبات قیمت نفت در بازار نفت بین المللی به منظور از بین بردن نوسانات مضر و غیر ضروری؛ عنایت و توجه ویژه به کشورهای تولید کننده نفت و توجه خاص به ضرورت فراهم کردن درآمد ثابت برای

مقدمات پالایش نفت و گاز

کشورهای تولید کننده نفت؛ تامین نفت کشورهای مصرف کننده به صورت کارآمد، مقرون به صرفه و همیشگی؛ و بازده مناسب و منصفانه برای آنهایی که در صنعت نفت سرمایه گذاری می کنند..»

با وجود این، تأثیر اوپک بر اقتصاد نفت همیشه ثبات بخش نبوده است. در جریان بحران نفت ۱۹۷۳ این سازمان با استفاده از سلاح نفت دنیا را به وحشت انداخت و باعث ایجاد تورم شدید در تمام مصرف کنندگان نفت، اعم از کشورهای پیشرفته و درحال توسعه جهان شد. توسعه بیش از حد میادین نفتی خلیج مکزیک، دریای شمال که کاهش سهم اوپک در تولید جهانی را منجر شده و بی ثباتی روزافزون بازار موجب شده است توان اوپک در ارتباط با کنترل قیمت نفت در مقایسه با دوران طلایی آن کاهش زیادی داشته باشد. با این حال اوپک هنوز هم تأثیر فراوانی بر قیمت نفت دارد. از این سازمان معمولاً به عنوان نمونه‌ای از یک کارتل یاد می شود.

مصارف نفت خام

جدول ۱.۱ میزان مصارف نفت خام در کشورهای مختلف

Consuming Nation 2006	(1000 bbl/day)	(1000 m ³ /day)	population in millions	bbl/year per capita
United States	20,687.42	3,289.0	304	24.8
China	7,201.28	1,144.9	1369	1.9
Japan	5,197.70	826.4	128	14.8
Russia	2,810.76	446.9	142	7.2
Germany	2,691.81	428.0	82	12
India	2,571.90	408.9	1201	0.8
Canada	2,296.66	365.1	32	26.5
Brazil	2,216.84	352.4	187	4.3
Saudi Arabia	2,139.42	340.1	27	28.9

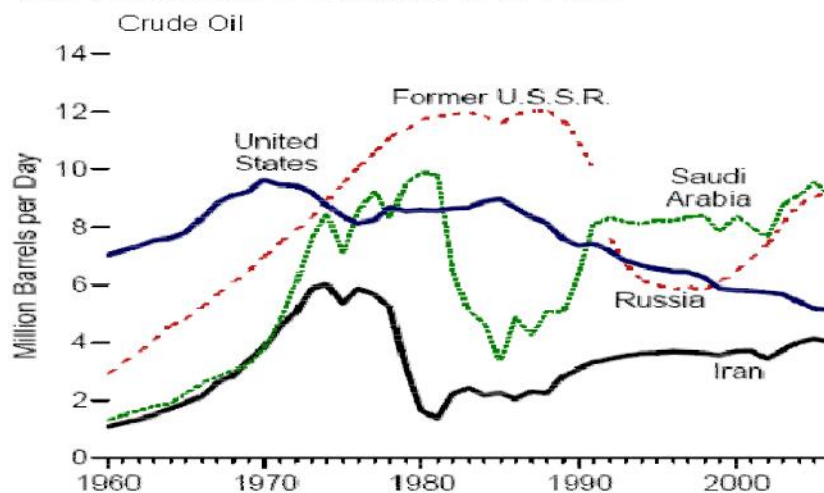
مقدمات پالایش نفت و گاز

Mexico	2,077.51	330.3	107	7.1
France	1,981.18	315.0	61	11.9
Iran	1,679.20	267.0	68	8.9

تولید نفت خام

میزان تولید در اینجا در واقع به استخراج ذخایر نفتی اطلاق می شود، نه میزان تولید محصولات نفتی

Top Producing Countries, 1960-2006



Source: US DOE, Energy Information Administration
Annual Energy Review 2006

شکل ۲.۱ میزان تولید نفت خام در ۵ کشور تولید کننده

میزان صادرات نفت خام

جدول ۲.۱ میزان صادرات کشورهای تولید کننده نفت خام

Exporting Nation (2006)	(10 ³ bbl/d)	(10 ³ m ³ /d)
Saudi Arabia	8,651	1,376
Russia	6,565	1,044
Norway	2,542	404
Iran	2,519	401
United Arab Emirates	2,515	400
Venezuela	2,203	350
Kuwait	2,150	342
Nigeria	2,146	341
Algeria	1,847	297
Mexico	1,676	266
Libya	1,525	242
Iraq	1,438	229
Angola	1,363	217
Kazakhstan	1,114	177
Canada	1,071	170

میزان واردات

جدول ۳.۱ میزان واردات کشورهای مختلف جهان

	(10 ³ bbl/day)	(10 ³ m ³ /day)
United States	12,220	1,943
Japan	5,097	810
China	3,438	547
Germany	2,483	395
South Korea	2,150	342
France	1,893	301
India	1,687	268
Italy	1,558	248
Spain	1,555	247
Republic of China (Taiwan)	942	150
Netherlands	936	149
Singapore	787	125
Thailand	606	96
Turkey	576	92
Belgium	546	87

فصل ۲

ترکیبات

موجود

در نفت خام

ترکیبات اصلی نفت خام

نفت خام از لحاظ خواص شیمیایی و فیزیکی بسیار متنوع است و مخلوطی از هیدروکربورهای گازی، مایع و جامد بوده، قسمت اعظم آن از کربن و هیدروژن تشکیل شده است. به رنگ های سیاه، رنگ روشن، قهوه ای، سبز قهوه ای و یا حتی سفید می باشد. وجود ترکیبات مختلف از منابع مختلف، انواع ایزوهای مختلف و وجود هیدروکربورهای غیراشباع، پیچیدگی قابل توجهی در ساختمان آن ایجاد می کند. هیدروکربورهایی با بیش از ۶۰ کربن، ترکیبات گوگردی و اکسیژنی و فلزی (نیکل آهن و انادیوم) و آب نمک در نفت یافت می شود.

جدول ۱.۲ درصد عناصر موجود در نفت خام

Element	Weight%
Carbon	84-87
Hydrogen	11-14
Sulfur	0.04-6
Oxygen	0.1-0.5
Nitrogen	0.1-1.5
Metals	0.005-0.015

ترکیبات نفت خام را می توان به دو دسته هیدروکربن ها و ناخالصی ها تقسیم بندی کرد.

هیدرو کربن ها شامل دو عنصر هیدروژن و کربن می باشد و ناخالصی ها شامل عناصری همچون سولفور، نیتروژن، اکسیژن و ترکیبات فلزی است.

انواع هیدروکربن ها

۱. هیدروکربن ها در حالت کلی

هیدروکربن ها را در حالت کلی می توان به دو دسته عمده تقسیم بندی کرد:

- أ) هیدروکربن های اشباع، به ترکیباتی گفته می شود که در ساختار مولکولی آنها بند دوگانه و یا بند سه گانه وجود نداشته باشد مثل پارافین ها و نفتنیک ها
- ب) هیدروکربن های غیر اشباع، در ساختار خود بندهای دوگانه و یا سه گانه و یا حلقه بنزنی دارند و شامل آروماتیک ها، اولفین ها و استیلنی ها می باشد.

۲. پارافین ها (C_nH_{2n+2})

این هیدروکربن ها تا C_4 به صورت گاز از C_5 تا C_{16} به صورت مایع و از C_{16} به بالا به صورت جامد می باشند.

- ✓ نرمال پارافین ها، هیدروکربن های هستند که ساختار مولکولی آنها از یک زنجیر خطی از کربن ها تشکیل شده است.
- ✓ ایزو پارافین ها، هیدروکربن های هستند که در زنجیر خود دارای شاخه کربنی می باشند.

خصوصیات نرمال پارافین ها

- ✓ این ترکیبات در واقع مشکل اصلی در خصوص کارکرد محصولات نفتی تحت شرایط سرد می باشد.
- ✓ وزن مخصوص آنها در حالت مایع و دمای $15^\circ C$ برای نرمال هایی با ۵ کربن برابر 0.631 و برای نرمال های با ۲۰ کربن 0.792 می باشد.
- ✓ برای نام گذاری نرمال پارافین ها به پایان هر پیشوند که نشان گر تعداد اتم کربن می باشد، پسوند -ane اضافه می شود.

خصوصیات ایزوپارافین ها

✓ ساختار شاخه ای در پارافین ها وقتی اتفاق می افتد که ۴ یا بیشتر از ۴ اتم کربن وجود داشته باشد.

✓ خواص ایزوپارافین ها و نرمال پارافین ها نسبتاً با هم یکسان می باشد به خصوص در مورد وزن مخصوص و دمای جوش

✓ ایزوپارافین ها در شرایط دمایی بسیار پایین به حالت مایع باقی می مانند و نسبت به نرمال پارافین ها عملکرد بهتری دارند.

۳. هیدروکربن های نفتنی یا نفتیکی ($C_n H_{2n}$)

نفتن ها بعد از پارافین ها بیشترین مقدار را در نفت خام دارند. این هیدروکربن ها در واقع حلقه های اشباع ۵ یا ۶ کربنه هستند.

خصوصیات نفتن ها

این هیدروکربن ها در مقایسه با پارافینها دارای خصوصیات زیر است:

✓ نقطه جوش نسبتاً بالاتر برای تعداد کربن یکسان

✓ وزن مخصوص بالاتر

✓ عملکرد بهتر تحت شرایط سرد

✓ مقدار هیدروژن کمتر

۴. آروماتیک ها

این ترکیبات شامل بنزن و مشتقات بنزنی می باشد. بنزن مولکولی است که از یک حلقه ۶ کربنه تشکیل شده است.

خصوصیات آروماتیک ها

✓ پایداری گرمایی بسیار بالا و مقاومت در برابر کراکینگ

✓ دارای نقطه جوش یکسان با نفتن ها

✓ وزن مخصوص بسیار بالا

مقدمات پالایش نفت و گاز

- ✓ ارزش بالایی برای موتورهای بنزین سوز دارد
- ✓ برای موتورهای دیزلی آثار مخربی به جا می‌گذارد.

۵. اولفین‌ها و دی‌اولفین‌ها

مقدار آن‌ها در نفت خام و گاز طبیعی بسیار کم می‌باشد ولی در محصولات نفتی حاصل از واحد تبدیل کاتالیستی فراوان می‌باشد. وجود بند دوگانه باعث می‌شود تمایل این هیدروکربن‌ها به اکسیداسیون زیاد گردد و در اثر پلیمریزاسیون در مجاورت هوا مواد صمغی یا Gum بوجود آید.

۶. استیلن‌ها $C_n H_{2n}$

به ندرت در نفت خام وجود دارند و دلیل آن میل به اکسیداسیون زیاد می‌باشد.

ترکیبات سولفوری

این ترکیبات اکثراً دارای بوی بد می‌باشند و خوردگی زیادی تولید می‌کنند.

۱. حالت اسیدی

(a) هیدروژن سولفاید (H_2S)

H_2S در محصولات نفتی وجود ندارد ولی به مقدار کمی در نفت خام و مقدار زیادی در گاز طبیعی وجود دارد. این ترکیب گاز بسیار مضر و خطرناکی می‌باشد. اغلب در دمای پایین خورنده است و در حضور آب به اسید سولفوریک تبدیل می‌گردد.

(b) مرکاپتان‌ها (R-S-H)

این ترکیبات سبب غیرفعال شدن کاتالیست‌های واحد آیزوماکس می‌گردد و دارای بوی زننده و مضر می‌باشد.

۲. سولفیدها و دی‌سولفیدها

برخلاف مرکاپتان‌ها از نظر اسیدی خنثی هستند و باعث خوردگی نمی‌شوند و فراریت کم آنها باعث کاهش بوی آنها می‌گردد.

۳. سولفورهای حلقوی

این ترکیبات خنثی و از لحاظ خوردگی ضعیف می باشند و پایداری حرارتی بالای دارند و در اثر سوختن SO_2 و H_2SO_4 تولید می کند که باعث آلودگی هوا و خوردگی می شود

ترکیبات اکسیژن دار

به فرم های مختلفی وجود دارد مثل اسیدهای چرب RCOOH ، اسیدهای نفتیکی و اسیدهای حلقوی غیر اشباع مثل فنل ها وجود ترکیبات نفتیک ایجاد خوردگی در مخازن و لوله ها کرده، سبب تیرگی محصول می شود. هر چه وزن ملکولی کمتری داشته باشند خوردگی زیادتری ایجاد می کنند، مثلاً در بنزین و گازوئیل و نفت سفید گرچه درصد وزنی آنها کم است لیکن شدت اسیدیته آنها زیاد ولی در نفت سیاه و محصولات سنگین نظیر روغن ها شدت اسیدیته کمتر و خوردگی کمتری دارد.

ترکیبات نیتروژن دار

مقدار آنها در نفت خام کمتر از 1% می باشد. محصولات سنگین، ترکیبات ازتی بیشتری دارند. در واحدهای کراکینگ و دمای بالا تولید آمونیاک و سیانور می کند که باعث غیرفعال شدن کاتالیست ها و تسریع در خوردگی می شود. اگر در محصولات پالایش از حد مجاز بیشتر شود در اثر سوختن، گاز بسیار سمی NO تولید می شود که علاوه بر آلودگی هوا سبب ترد شدن لوله ها می شود. برخی از این ترکیبات توسط اسیدسولفوریک از نفت خام جدا می شود.

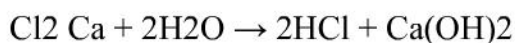
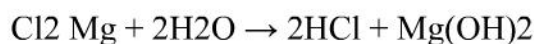
ترکیبات فلزی

مقدار فلزات مختلف در نفت ناچیز است و اکثراً به صورت استرها و ترکیبات معدنی هستند که در ته مانده برج تقطیر در خلاء می مانند. از اهم آنها نیکل، مس، سرب، وانادیم، آهن و آرسنیک است که در خوراک واحد Isomax نبایستی از 4ppm تجاوز کنند زیرا که باعث فاسد شدن و غیرفعال شدن کاتالیستها می گردد.

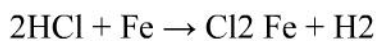
املاح معدنی

کلرورهای کلسیم، منیزیم و سدیم و کمی ترکیبات سولفات در نفت وجود دارد که در تانکهای ذخیره ته نشین می گردد لیکن مقداری از آنها هم به صورت امولسیون همراه نفت خام وارد سیستم پالایش می شود.

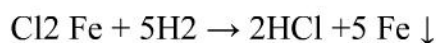
در برج نقطه آتمسفریک و مبدل های قبل از آن کلرور منیزیم و کلسیم هیدرولیز شده تولید اسید می کند.



این اسید همراه بخارات و گازها به سیستم over head برج رفته، در حضور آب ایجاد خوردگی می کند.

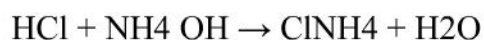
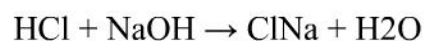


و $\text{Cl}_2 \text{ Fe}$ خود مجدداً تولید اسید می کنند.



مقدمات پالایش نفت و گاز

و لذا لازم است که کلورهای موجود در نفت قبل از شروع عملیات پالایش توسط Desalter جدا شده و نیز به قسمت overhead برج مواد ضد خوردگی inhibitor اضافه شود . تا به صورت لایه نازکی جدار داخل لوله ها و برج را پوشانده مانع تماس HCl با جداره شود .
برای اطمینان بیشتر به سیستم آمونیاک یا سود تزریق می گردد.



فصل ۳

حفاری

و

اکتشاف نفت

مخازن نفتی

سنگ های نفتی که مخازن نفتی را محصور نموده اند در دریا بوده و فضای خالی آنها از آب پر شده است. به علت وجود گازهای سبک در نفت و نیز اختلاف دانسیته آن با آب، نفت به سمت بالا حرکت کرده تا به یک لایه غیرقابل نفوذ به نام Cap rock رسیده، در آنجا متوقف شده و انباشته می گردد که آن را مخزن یا نفتگیر (Reservoir یا trap) می نامند. محیط اطراف مخازن توسط لایه های غیرقابل نفوذ پوشیده شده است.

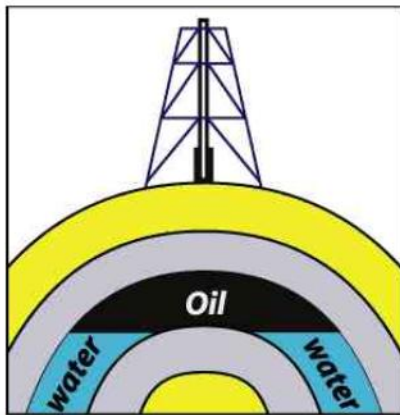
انواع مخازن (از لحاظ زمین شناسی)

۱. structural traps (مخازن ساختمانی)

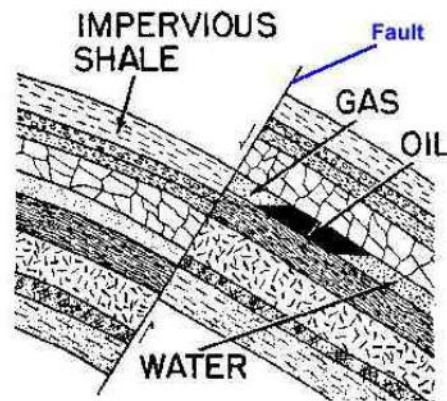
این مخازن در اثر تغییر شکل پوسته زمین بر اثر چین خوردگی به وجود می آیند و دارای دو نوع می باشد:

simple Anticline یا طاقدیزی ساده

Faulted Anticline یا طاقدیزی گسسته



Simple Anticline

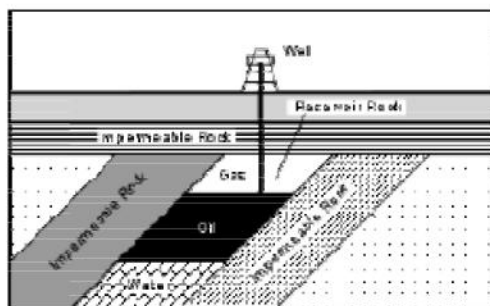


Faulted Anticline

شکل ۱.۳ انواع مخازن ساختمانی

۲. Stratigraphic traps (مخازن چینه ای)

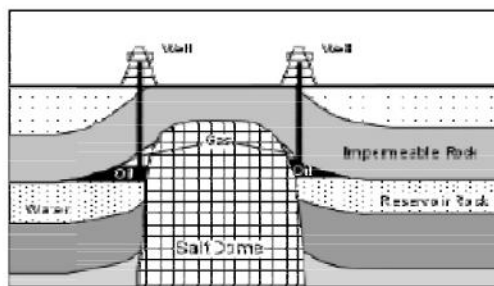
در مخازن چینه ای ، لایه گنبدی فرسایش شدیدی داشته و نوع و جنس لایه هادر قسمت های مختلف بسیار متغیر است.



شکل ۲.۳ مخازن چینه ای

۳. Combination traps (مخازن ترکیبی)

خصوصیات هر دو مورد فوق را دارا می باشد.



شکل ۳.۳ مخازن ترکیبی

روش های اکتشاف نفت

۱. روش های مستقیم Direct indications

نشانه های سطحی نظیر ظاهر شدن نفت یا گاز در سطح زمین. البته وجود گاز و یا نفت در سطح زمین دلیل قطعی جهت استخراج نفت نیست چرا که ممکن است مخزن کوچک بوده و یا اصلاً وجود نداشته باشد. در این روش ما می توانیم اطلاعات مفیدی از جهت و ضخامت حوزه ی تحت کاوش بدست آوریم.

۲. روش های زمین شناسی Geological Methods

این روش معمولاً با مطالعات زمین شناسی، عکس های هوایی، رنگ منطقه، و بررسی سنگ های سطحی شروع می شود و بعد نقشه هایی از زیر زمین تهیه می شود و لایه های مختلف ارزیابی می شوند و حتی محل مناسب برای حفاری اکتشافی تعیین می شود. در این بخش نوع مخزن مشخص و برخی اوقات حتی حفاری اکتشافی صورت می گیرد. خواص لایه ها، تخلخل، سختی، مقاومت الکتریکی، نوع کانی ها و نوع مایعات همه در روش های زمین شناسی مشخص می شوند.

۳. روش های ژئوفیزیکی Geophysical Methods

وضعیت لایه های زیرزمینی با آزمایشات مختلف تعیین می شود و این روش تکمیل کننده روش زمین شناسی می باشد (اندازه گیریهای فیزیکی برای شناسایی زمین و پدیده های مربوط به آن)

أ) روش ثقل سنجی Gravimetric Method

اندازه گیری تغییرات شتاب ثقل زمین در نواحی مختلف مورد نظر برای اکتشاف. با توجه به فاصله کمتر لایه ها و سنگ های موجود در بالای گنبد یا طاقدیس از سطح زمین و نیز فشردگی و جرم بیشتر آنها، نیروی کششی اندازه گیری شده در این نقطه نسبت به سایر نقاط بیشتر خواهد بود. در این روش نوع میدان نیز قابل پیش بینی است لکن وجود نفت هنوز نامشخص است.

ب) روش مغناطیسی Magnetic Method

مقدمات پالایش نفت و گاز

سنگ های ته نشینی معمولاً خاصیت مغناطیسی نداشته، لذا تغییر ناگهانی نیروی مغناطیسی زمین، بیانگر تغییر وضعیت و جنس لایه ها بوده و تغییر عمق سنگ های زیرزمینی مشخص می شود و لذا این تغییرات وجود گستگی ها و غیره را مشخص می سازد. همانند روش زمین شناسی از طریق هواپیما می تواند انجام شود.

ج) روش زلزله ای seismic method
مکمل روش های فوق بوده که در این روش، با استفاده از بخش و بازگشت امواج انفجاری مختلف، شکل گنبد بدست می آید و محل مناسب برای حفر چاه تعیین می گردد. در این روش از انفجار مواد منفجره در داخل زمین (کانال های حفر شده) و دریافت موج های انفجاری که در اثر برخورد با لایه های فسیلی منعکس می شوند استفاده می شود. و با در نظر گرفتن تفاوت سرعت صوت و مقدار آنها، دوری و نزدیکی لایه ها از سطح زمین مشخص می شود.

حفاری Drilling

کنندن چاه و رسیدن به هدف مورد نظر را حفاری می گویند حفاری یکی از کارهای پیچیده و گران و طاقت فرسا و تخصصی در صنعت نفت بشمار می رود. هر کاری که ما قبل از حفاری انجام داده باشیم در صورتی که عمل حفاری بدرستی انجام نگیرد بی فایده است.
بنابراین به حفاری خیلی اهمیت می دهند قبل از حفاری ما فقط با تخیل و فرضیات مختلف لایه ها و عمق ها را تعیین می کنیم ولی در حفاری واقعاً به اینها می رسیم زمین شناس، مهندس راه و ساختمان، حفار و ... همه دست به دست هم می دهند تا حفاری به طور مداوم انجام شود. چون هزینه دکل و لوازم حفاری خیلی گران است. بنابراین حفاری در سه نوبت و بطور ۲۴ ساعته انجام می گیرد.
تعیین محل حفاری نیز مهم است مثلاً فاصله آن از مناطق مسکونی، چاههای مجاور، مسکونی فشار قوی برق و ... که اینها همه تخصصی و مخصوص به خود را دارند بعد از تعیین محل مهندس راه و ساختمان اقدام به نصب کردن وسایل مورد نیاز، اتاق ها، جاده و ... می کند سپس دکل به منطقه آورده می شود و عمل بطور ۲۴ ساعته انجام می شود. عمل حفاری بوسیله دکل صورت میگیرد. این دکل ابتدا بصورت جدا از هم به محل آورده

مقدمات پالایش نفت و گاز

میشود. سپس آن را در محل سرهم کرده و آماده حفاری میکنند. دکل و وسایل حفاری بصورت کرایه ای و گران قیمت می باشد بنابراین عمل حفاری بصورت ۲۴ ساعته انجام میگردد.

مراحل آماده سازی حفاری

۱. زمین پاکسازی و مسطح می شود و جاده ای برای دسترسی بهمحل ساخته می شود.
۲. به خاطر استفاده از آب در حفاری، باید منابع آب در نزدیک محل حفاری وجود داشته باشد.
۳. یک گودال ذخیره سازی برای آماده سازی برشهای سنگی و گل حفاری در طول فرآیند حفاری، ایجاد می کنند.
۴. چندین چاه باید حفر شود تا راهی برای سوار کردن تجهیزات و چاه اصلی بدست آید.
۵. یک چاه مستطیلی که Cellar نامیده می شود باید در اطراف محل چاه اصلی کنده شود.
۶. نصب تجهیزات حفاری

سیستم تجهیزات حفاری

این سیستم شامل موارد زیر می باشد:

سیستم تأمین انرژی Power System

- ✓ یک موتور دیزلی بزرگ که با سوزاندن سوخت دیزل منبع اصلی انرژی را تأمین می کند.
- ✓ ژنراتورهای الکتریکی که با آزاد کردن انرژی توسط موتورهای دیزلی، تولید انرژی الکتریکی می کنند.

سیستم مکانیکی Mechanical system

- ✓ جرثقیل (hoisting system) که برای ایجاد بار از آن استفاده می شود که شامل یک جرثقیل کوچک مکانیکی با یک قرقره فلزی برای حرکت کابل، یک قرقره با گلاویز و قالب، یک منبع چرخشی دریافت کننده کابل
- ✓ صفحه گردان (turntable) که قسمتی از دستگاه حفاری است.

تجهیزات چرخشی Rotating equipment

- ✓ Swivel یا ته مته ، هندل بزرگی است که وزن رشته حفاری را نگه می دارد و اجازه می دهد رشته بچرخد و فشار ممانعت کننده ای را روی چاه ایجاد می کند.
- ✓ Kelly : یک لوله با مقطع شش ضلعی یا ۴ ضلعی که حرکت چرخشی به صفحه گردان و رشته حفاری منتقل می کند.
- ✓ Rotary table یا صفحه گردان : جلو برنده حرکت چرخشی بوسیله نیروی ایجاد شده از موتورهای الکتریکی
- ✓ Drill string یا رشته حفاری: شامل لوله های حفاری و طوق مته می باشد.
- ✓ Drill bit(s) یا مته حفاری: در انتهای دستگاه حفاری قرار دارد.

Casing

لوله های بتنی با قطر زیاد که جداره چاه حفاری را می پوشانند و از ریزش و فروپاشی چاه جلوگیری می کند و اجازه می دهد گل حفاری به گردش درآید.

سیستم گردش Circulation system

- گل حفاری که شامل مخلوطی از آب ، خاک رس ، مواد سنگین و شیمیایی است و برای بالابردن برشهای سنگی از عمق چاه به سطح چاه استفاده می شود ، تحت فشار در بین Kelly ، صفحه گردان و لوله های حفاری و طوق مته پمپاژ می شود که شامل قسمت های زیر می باشد:
- ✓ پمپ: مکیدن گل حفاری از گودال حفاری و پمپاژ آن به دستگاه حفاری
 - ✓ لوله ها: که پمپ را به دستگاه حفاری متصل می کند.
 - ✓ خطوط برگشتی گل حفاری : گل حفاری را از چاه برگشت می دهد.
 - ✓ Shale shaker : غربالی که برشهای سنگی را از گل حفاری جدا می کند.
 - ✓ Shale slide: انتقال دهنده برشه به چاه های ذخیره
 - ✓ چاه های ذخیره: جمع آوری برشهای جدا شده از گل حفاری

مقدمات پالایش نفت و گاز

- ✓ چاه های حفاری: جای که گل حفاری مخلوط و بازیابی می شود.
- ✓ قیف مخلوط کننده گل حفاری: جای که گل حفاری جدید مخلوط می شود و سپس به چاه های گل حفاری فرستاده می شود.

دکل حفاری Derrick

یک ساختمان فولادی است که لوله های مختلف در کنار آن قرار دارند (ارتفاع ۲۴ تا ۵۸ متر).

طغیان شکن Blowout preventer

دستگاه جلوگیری کننده از فوران چاه می باشد و دارای مکانیزم پیچیده ای می باشد.

فرآیند حفاری چاه نفت

۱. قراردادن مته ، طوق مته و لوله مته در چاه
 ۲. متصل کردن Kelly و صفحه گردان و شروع حفاری
 ۳. پیشرفت کار حفاری ، گردش گل حفاری در بین لوله ها و خارج کردن از مته و شناور کردن برش های سنگی به بیرون چاه
 ۴. اتصال یک قسمت جدید از لوله های مته به عنوان عمق دهنده به چاه گرفته شده
 ۵. خارج کردن لوله مته ، طوق مته و مته وقتی که به عمق از قبل تعیین شده رسیدند.
- سپس باید Casing متصل شود و شروع به کار نماید.

برداشت نفت

پس از حفر کامل چاه نفت ممکن است به صورت طبیعی در اثر فشارهای داخلی و گازهای موجود در آن به سطح زمین بیاید، در غیر این صورت بایستی از پمپ استفاده شود، البته پس از مدتی، نفت انرژی لازمه

مقدمات پالایش نفت و گاز

جهت رسیدن به سطح زمین را از دست داده و نیاز به پمپ می باشد. برداشت نفت در خوزستان به طور طبیعی در حدود 20% است و بعضی حدود فقط 5% می باشد. یکی از بزرگترین مخازن جنوب دارای برداشت 40 تا 50% به طور طبیعی می باشد. دو روش جهت برداشت معمول است:

۱. تزریق گاز

گاز به مقدار زیاد به داخل چاه فرستاده می شود تا با نفت موجود در مخزن مخلوط شده موجب کاهش چگالی گردد و لذا فشار آن افزایش یافته بالا خواهد آمد. گاهی نیز از بخار آب جهت افزایش فشار و روان شدن آن استفاده می شود.

۲. پمپاژ نفت توسط پمپ های قوی

پس از رسیدن نفت به سطح زمین، بایستی آب از آن جدا شود. اگر مقدار فشار گاز موجود در نفت زیاد نباشد از یک flash drum به صورت یک مرحله ای single stage separation استفاده می شود و در صورت بالا بودن فشار گاز از Multistage gas separation استفاده می شود. آب همراه نفت نیز توسط Desalter جدا می شود که گاه با ایجاد بار الکتریکی به ذرات آب آنها را جدا می سازند.

فصل ۴

فرآورده های

پالایشگاه

فرآورده های پالایشگاه

بیش از هزاران ماده نفتی سالانه در دنیا تولید می شوند. در مورد فرآورده های پالایشگاهی، این محصولات به سه دسته عمده تقسیم بندی می شوند:

۱. فرآورده های تمام شده که قابل مصرف در بازار هستند مثل بنزین و گازوئیل
۲. فرآورده های نیمه تمام که برای به مصرف رسیدن نیاز به عملیاتی دارند مثل برشهای پایه ای روغنی
۳. فرآورده های جانبی یا واسطه ای مثل مواد اولیه پتروشیمی ها

محصولات پالایشگاه به ترتیب افزایش جرم مولکولی عبارتند از:

• Fuel Gas Cut ($C_1 - C_2$)

هیدروکربن های سبک که به عنوان سوخت داخلی در پالایشگاه ها مصرف می شود.

• LPG ($C_3 - C_4$)

گاز مایع که شامل پروپان و بوتان می باشد.

• Gasoline and Naphtha (C_5 to $C_{10} - C_{11}$)

شامل بنزین سبک و سنگین می باشد که نوع سبک آن یا به مصرف پتروشیمی ها می رسد یا از طریق فرآیند ایزومریزاسیون عدد اوکتان آن افزایش یافته و به عنوان سوخت موتورهای بنزینی مصرف می شود. نوع سنگین آن نیز با افزایش عدد اوکتان توسط فرآیند کاتالیتیک ریفرمینگ به بازار عرضه می شود.

• Kerosene cut ($C_9 - C_{10}$ to $C_{13} - C_{14}$)

پایه تولید سوخت جت و سوخت های دیزلی و سوخت های گرمایشی منازل می باشد.

• **Gas oil (C₁₃ –C₁₄ to C₂₀ –C₂₅)**

برای استفاده به عنوان سوخت دیزل و سوختهای خانگی استفاده می شود. البته قبل از استفاده در بازار باید میزان سولفور آن به حد مجاز برسد و این کار توسط فرآیند سولفورزدایی (Hydrodesulfurization) انجام می گیرد.

• **Vacuum Gas oil (C₂₀ –C₂₅ to about C₅₀)**

این ترکیب توسط فرآیند F.C.C به محصولات مختلفی تبدیل می شود که مهمترین آنها بنزین می باشد و محصولات جانبی دیگری مثل LPG نیز تولید می کند.

همچنین توسط Hydrocracking به بنزین، کروسین و گازوئیل تبدیل می شود و به بازار عرضه می گردند.

همچنین پایه تولید روغن ها و واکس ها می باشند.

• **Vacuum Residue**

از طریق فرآیند های مختلف در پالایشگاه به محصولات هم چون کک ، Cracked cuts ، Waxes ، Fuel Gas ، Lube base oil ، قیرها و سوخت داخلی پالایشگاه تبدیل می گردد.

فصل ۵

استانداردهای کنترل کیفیت محصولات نفتی

خلاصه ای از کیفیت محصولات نفتی

بررسی خواص سوخت ها توسط یک سری تست های استاندارد که شامل روش های اندازه گیری و روش های عملیاتی می باشد، توسط سازمان های زیر انجام می گیرد:

A.S.T.M American Society for Testing and Materials ✓

I.P Institute of Petroleum ✓

آزمایشات کنترل کیفیت محصولات نفتی به صورت زیر تقسیم بندی می شود:

✓ آزمایشات مربوط به فراریت

✓ آزمایشات مربوط به اشتعال و احتراق

✓ آزمایشات مربوط به حرکت سیال ، روغن کاری و ذخیره سازی

✓ آزمایشات مربوط به کارکردن محصولات تحت شرایط سرد

✓ آزمایشات مربوط به خوردگی و آلودگی

✓ آزمایشات مربوط به ماهیت شیمیایی و پایداری

✓ آزمایشات مربوط به قیر

آزمایش های مربوط به فراریت

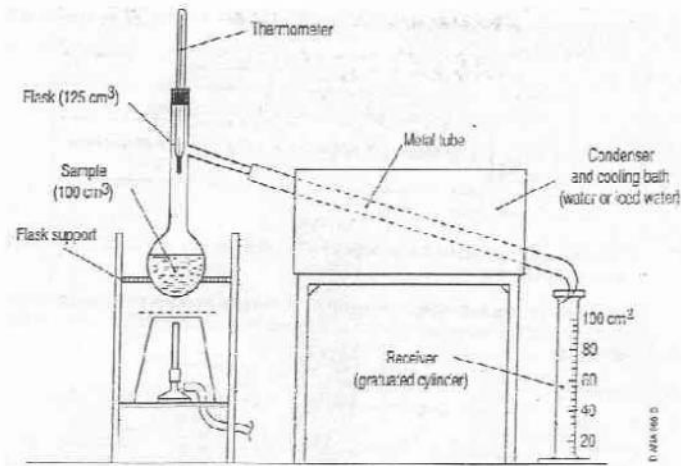
ASTM Distillation Test (ASTM D86) (a)

این آزمایش برای تمام محصولات مهم نفتی به جزء گاز مایع و قیر انجام می گیرد.

این تست با ۱۰۰ ml از محصول در تحت شرایط استاندارد انجام می گیرد و دما با میزان درصد حجمی

بخارات کندامس شده مرتبط می باشد.

مقدمات پالایش نفت و گاز



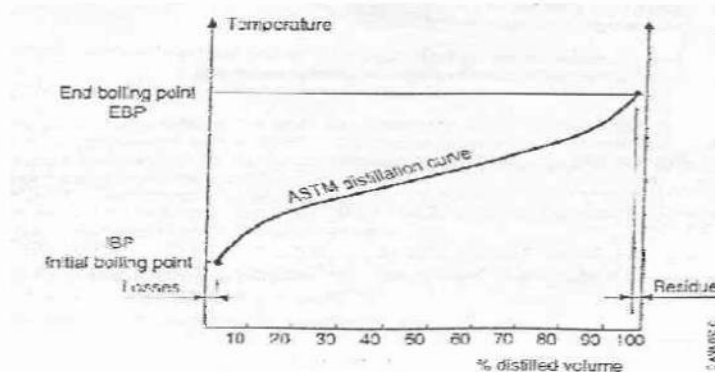
شکل ۱.۵ دستگاه مورد استفاده در آزمایش
ASTM Distillation Test (ASTM D86)

دو دمای مهم که در این آزمایش گزارش می شود عبارتند از:

(۱) IBP یا دمای جوش اولیه ، هنگامی ثبت می شود که اولین قطره به داخل استوانه مدرج شکل ۱.۵ سقوط کند.

(۲) FBP یا دمای جوش پایانی ، ماکزیمم دمای است که در طول آزمایش مشاهده می شود.

هرچه ترکیبات سبک در محصول بیشتر باشد IBP کاهش می یابد و هرچه ترکیبات سنگین در محصول بیشتر باشد FBP افزایش می یابد.



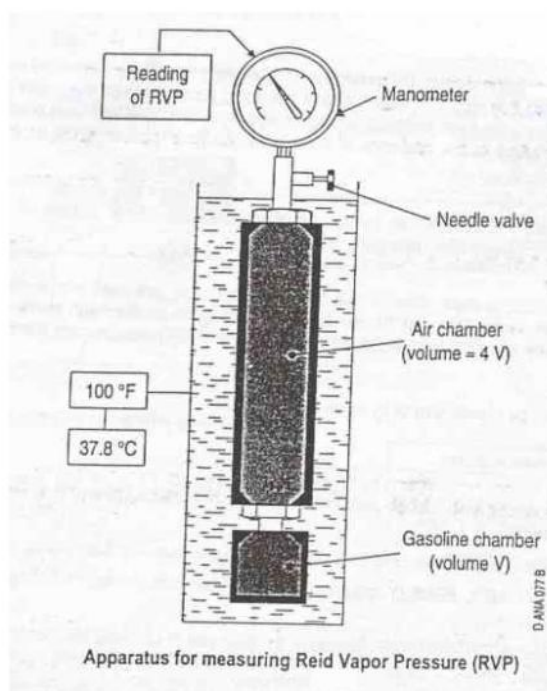
شکل ۲.۵ منحنی ASTM distillation

Reid vapor pressure (ASM D 323) (b)

در سطح هر فرآورده نفتی مقادیری بخار وجود دارد که فشاری روی سطح مایع ایجاد می کند که به آن RVP می گویند.

RVP به مقدار ترکیبات فرار موجود در محصول که بالاترین فشار بخار را دارند بستگی دارد.

در بنزین RVP به مقدار بوتان بستگی دارد و همواره از TVP (true vapor pressure) بزرگتر است.



شکل ۳.۵ دستگاه مورد استفاده در آزمایش

Reid vapor pressure (ASM D 323)

Flash point and Fire point test (c)

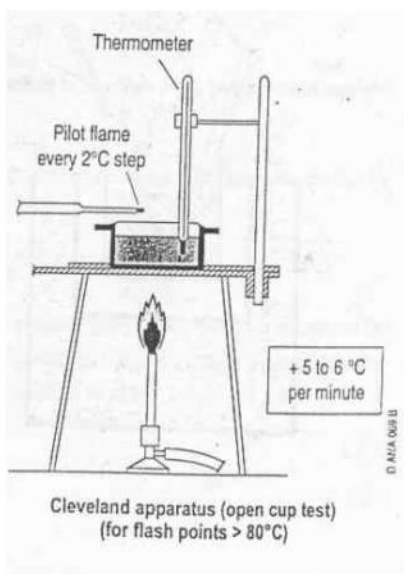
نقطه اشتعال یا فلش حداقل درجه حرارتی است که فرآورده با هوای مجاور خود تولید یک مخلوط قابل اشتعال می کند که با مجاورت شعله ، احتراق صورت می گیرد.

نقطه آتش دمای است که در آن دما بخارات بالای ماده نفتی بدون شعله آتش گرفته و به طور مداوم می سوزد.

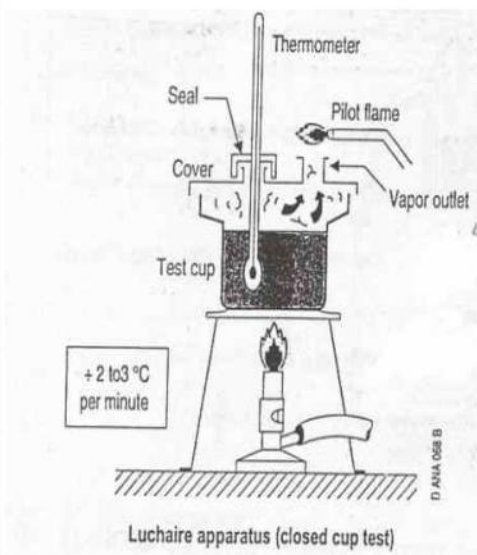
نقطه اشتعال کارا کتر مهمی در نگهداری و ذخیره سازی محصولات نفتی می باشد و باید ترکیبات کروسین و سنگین تر از آن را در زیر نقطه اشتعال نگهداری کرد.

البته برای ذخیره سازی بنزین و ترکیبات سبکتر از کروسین از مخازن با سقف های شناور که بر روی آن گاز بی اثر وجود دارد، استفاده می شود.

این آزمایش در دو نوع ظرف مخصوص انجام می گیرد:



شکل ۵.۵ open cup test



شکل ۴.۵ closed cup test

آزمایشهای مربوط به اشتعال و احتراق

(a) عدد اوکتان

عدد اوکتان توانایی سوخت در احتراق صحیح در داخل موتورهای بنزینی را نشان می دهد.

پدیده Knock و پیامدها

این پدیده در واقع احتراق خود به خود مخلوط هوا و سوخت می باشد که روبه روی جرقه ای که ایجاد می شود صورت می گیرد.

پدیده Knock به عوامل مختلفی بستگی دارد:

(۱) شرایط آب و هوای منطقه مثل فشار و دما

(۲) شکل محفظه احتراق

(۳) تنظیم نسبت سوخت به هوا

(۴) دور موتور

(۵) تنظیم پیشروی شمع

(۶) compression ratio:

$$\text{compression ratio} = \frac{\text{volume of chamber at L.D.C}}{\text{volume of chamber at U.D.C}}$$

حرکت پیستون از (L.D.C) lower dead center به (U.D.C) upper dead center

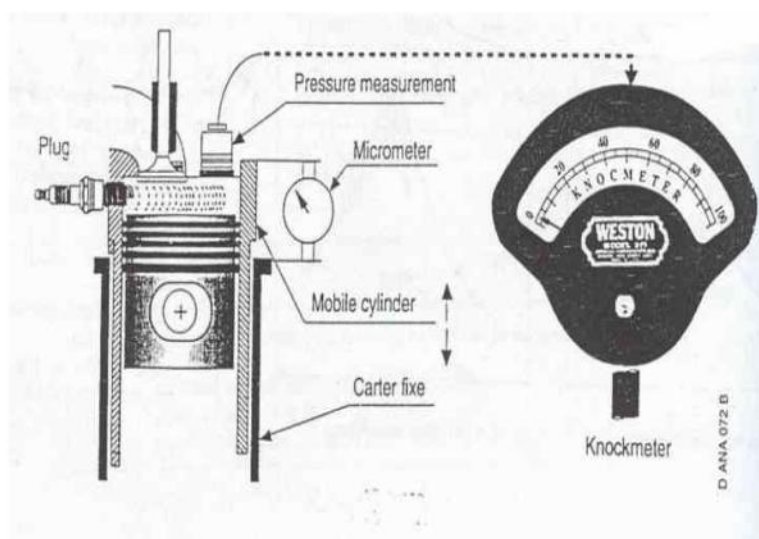
موتورهای CFR و اندازه گیری عدد اوکتان

برای مطالعه خواص ضد Knock بنزین از این موتورها استفاده می شود. سوخت های استاندارد که

برای این موتورها استفاده می شود عبارتند از

۰.۱. نرمال هپتان با عدد اوکتان صفر

۰.۲. ایزو اوکتان با عدد اوکتان ۱۰۰



شکل ۶.۵ شمای از موتور CFR

روش های استاندارد

دو روش استاندارد برای موتورهای بنزینی استفاده می شود

Research Octane Number (RON) ✓

دور موتور ۶۰۰ r.p.m و زمان جرقه زدن ثابت است.

Motor Octane Number (MON) ✓

مقدمات پالایش نفت و گاز

دور موتور ۹۰۰ r.p.m و زمان جرقه زدن متغیر است.

عدد اوکتان هیدروکربن ها

طبق جدول زیر عدد اوکتان ایزوپارافین ها و آروماتیک ها مطلوب است.

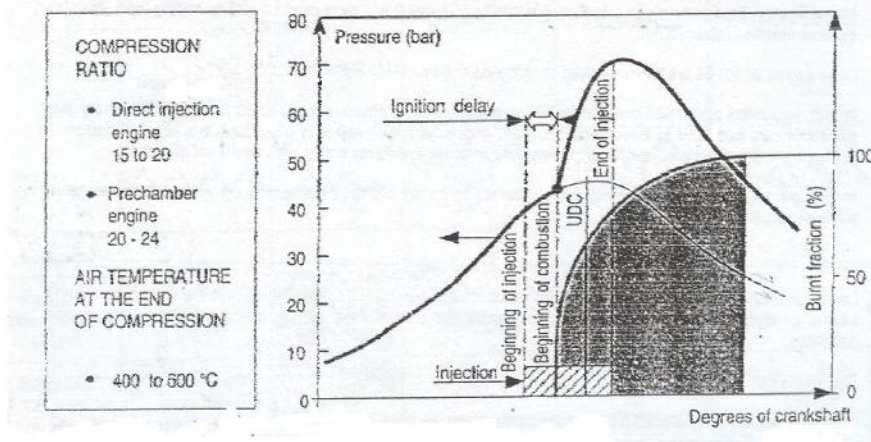
جدول ۱.۵ عدد اوکتان هیدروکربن ها

	Hydrocarbons initial crude oils				Hydrocarbons From Conversion
	Normal paraffins	Isoparaffins	Naphthenes	Aromatics	Olefins
Liquid density	Low	Low	Medium	High	Low
Research octane number (RON)	Very low	High	Medium	Very high	High

- ✓ بنزین های سنگین خطی دارای نرمال پارافین زیاد و آروماتیک کم هستند پس عدد اوکتان پایینی دارند
- ✓ بنزین های reformate از واحد کاتالیتیک ریفورمینگ دارای آروماتیک زیاد می باشند، پس عدد اوکتان بسیار بالای دارند.
- ✓ بنزین های حاصل از کاتالیتیک کراکینگ شامل آروماتیک ها، اولفین ها و هیدروکربن های اشباع می باشد، پس عدد اوکتان نسبتاً خوبی دارند.

(b) عدد ستان سوخت دیزل

در موتورهای دیزلی احتراق به صورت آنی صورت نمی گیرد بلکه یک اختلاف زمانی بین شروع تزریق سوخت و شروع احتراق وجود دارد که به تأخیر زمانی احتراق (ignition delay) معروف است.



شکل ۷.۵

برای اندازه گیری عدد ستان از دو سوخت استاندارد استفاده می شود:

۰.۱. نرمال ستان که تأخیر زمانی احتراق کوچکی دارد و عدد ستان آن ۱۰۰ می باشد.

۰.۲. ۱-متیل نفتالن که زمان تأخیر زیادی دارد و عدد ستان آن صفر است.

در بین هیدروکربن ها نرمال پارافین ها از عدد ستان بالای برخوردار هستند و برای موتورهای دیزلی مناسب می باشند.

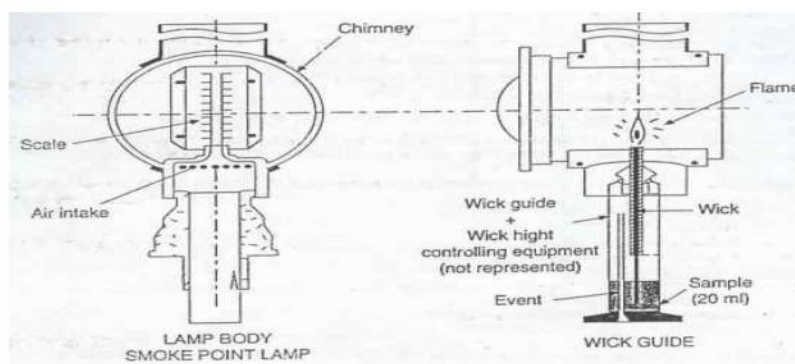
مقدمات پالایش نفت و گاز

جدول ۲.۵ عدد اوکتان هیدروکربن ها

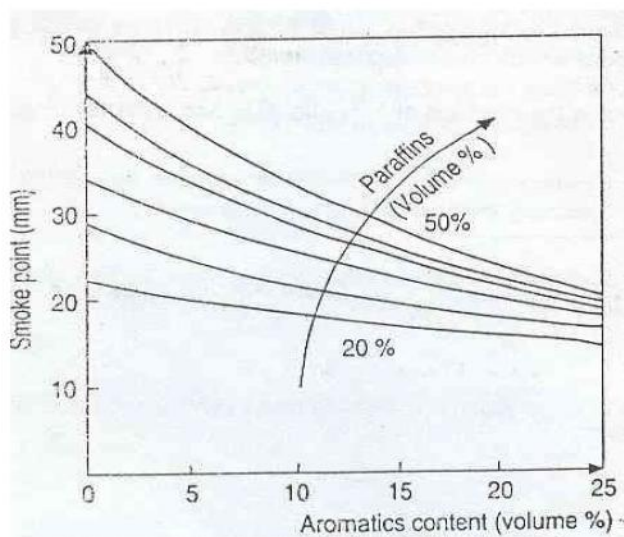
	Hydrocarbons initial crude oils				Hydrocarbons From Conversion
	Normal paraffins	Isoparaffins	Napthenes	Aromatics	Olefins
Liquid density	Low	Low	Medium	High	Low
Cetane number	Very High	Low	Medium	Low	Low

(c) نقطه دود کنندگی Smoke point

به ماکزیمم ارتفاع شعله که بدون دود باشد گفته می شود و به ترکیبات آروماتیکی بستگی دارد . در واقع هرچه این ترکیبات در سوخت جت بیشتر باشد نقطه دود کنندگی کاهش می یابد.



شکل ۸.۵ شمای از دستگاه مربوط به آزمایش Smoke point



شکل ۹.۵

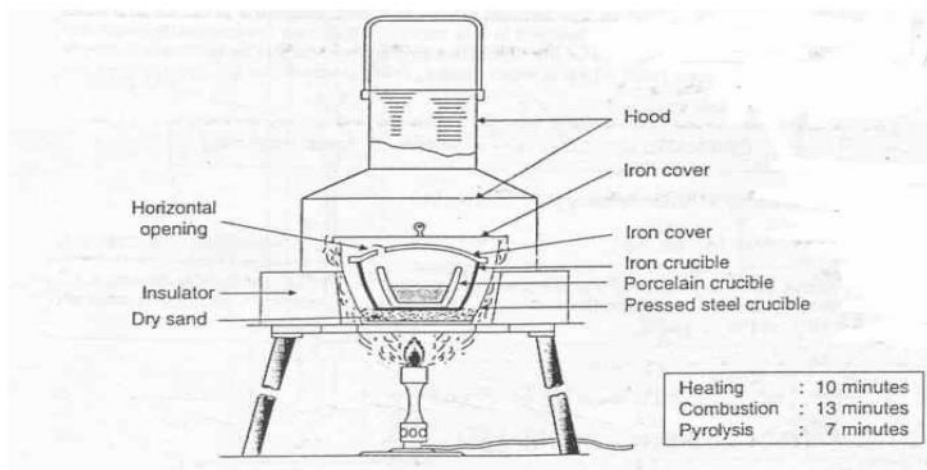
(d) ارزش حرارتی (ASTM D 240) The calorific value

به ازای یک مقدار مشخص سوخت چه مقدار انرژی آزاد می شود و واحد آن مگا ژول بر کیلوگرم است.

(e) مقدار کربن باقی مانده The conradson carbon residue test

اندازه گیری مقدار جرم باقی مانده کربن حاصل از گرم شدن، احتراق و پیرولیز ماده نفتی است. در این آزمایش مدت حرارت اولیه ۱۰ دقیقه، مدت احتراق ۱۳ دقیقه و مدت پیرولیز ۷ دقیقه است.

مقدمات پالایش نفت و گاز



شکل ۱۰.۵ دستگاه Conradson carbon residue

آزمایش های مربوط به حرکت سیال و ذخیره سازی

ویسکوزیته مهمترین خاصیت مربوط به حرکت سیال و پمپاژ آن می باشد که دارای دو نوع است:

(۱) ویسکوزیته دینامیک که در واقع اصطکاک داخلی بین ذرات سیال را نشان می دهد و واحد آن $\text{mPa}\cdot\text{s}$ یا centipoises (cP) است.

(۲) ویسکوزیته سینماتیک که هم مقدار μ و هم مقدار ρ را دربر می گیرد و واحد آن mm^2/s یا centistokes (cSt) است.

ویسکوزیته مایعات شدیداً به دما بستگی دارد و محصولات نفتی معمولاً در دمای ۴۰، ۵۰ و ۱۰۰ درجه سلسیوس اندازه گیری می شوند

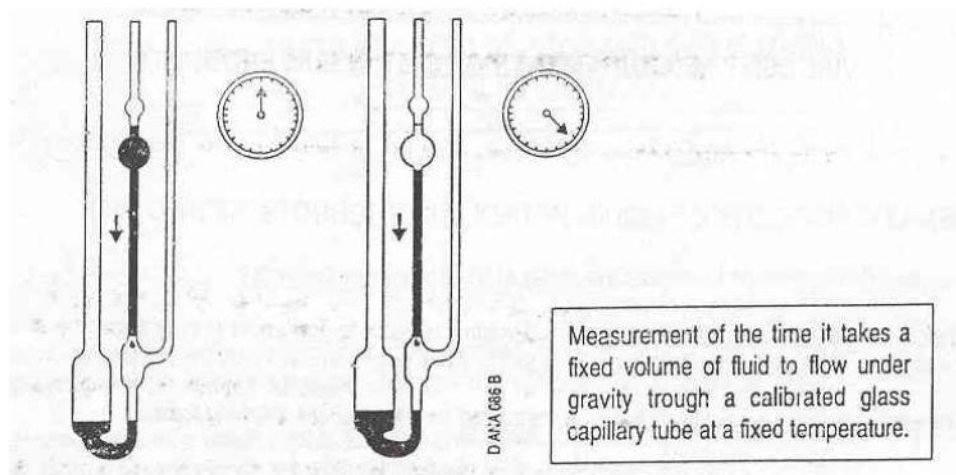
اندازه گیری ویسکوزیته سینماتیک

این روش شامل اندازه گیری زمان در حجم ثابتی از مایع که توسط جاذبه زمین جریان می یابد (در شرایط استاندارد و دمای ثابت) می باشد.

$$\text{Kinematic viscosity (in cSt)} = C.t$$

C: ثابت کالیبراسیون که به اندازه لوله موئین بستگی دارد.

t: زمان حرکت سیال



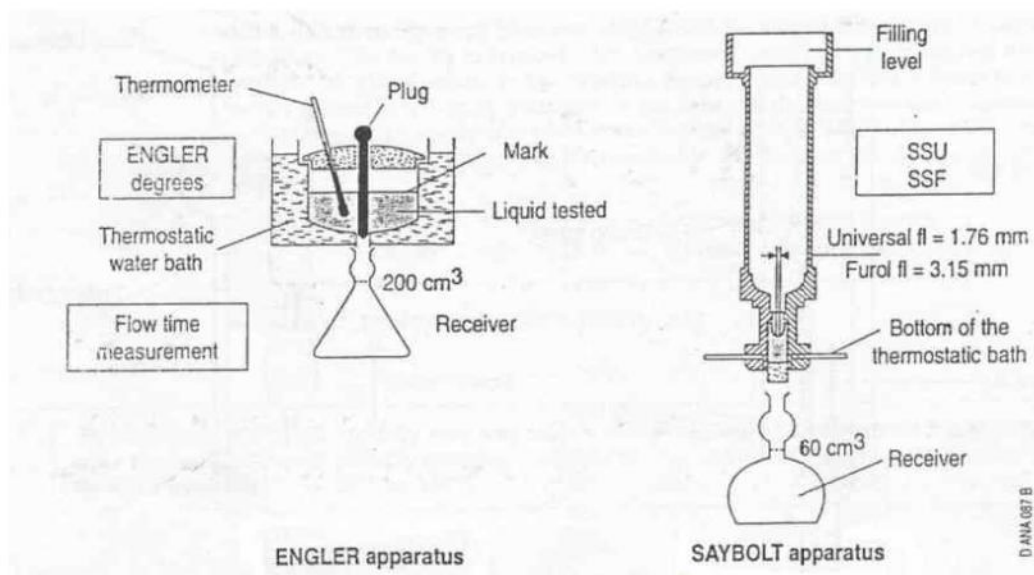
شکل ۱۱.۵ ویسکومتر

ویسکومترهای قراردادی

شامل دو نوع می باشد:

SAYBOLT ✓

ENGLER ✓



شکل ۱۲.۵ انواع ویسکومترهای قراردادی

وزن مخصوص Specific gravity

توسط فرمول زیر محاسبه می گردد.

$$Sp. Gr = \frac{141.5}{^{\circ}API + 131.5}$$

API gravity

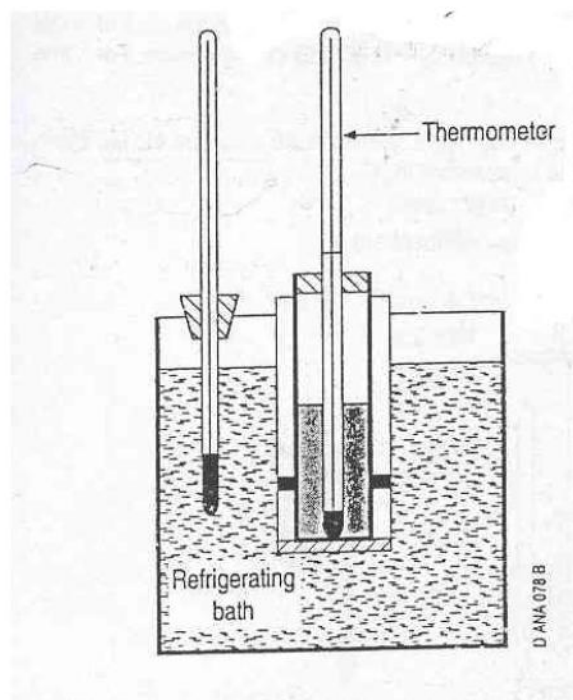
به صورت تابعی از وزن مخصوص در $\frac{60^{\circ}F}{60^{\circ}F}$ تعریف می شود.

$$^{\circ}API = \frac{141.5}{Sp. Gr} - 131.5$$

آزمایش های مربوط به شرایط سرد

(a) نقطه ابری شدن Cloud point

درجه حرارتی از مضر ب 1°C است که در آن درجه حرارت ، در ته لوله آزمایش که نمونه در آن قرار دارد تحت شرایط کنترل شده کریستال های تشکیل شود.

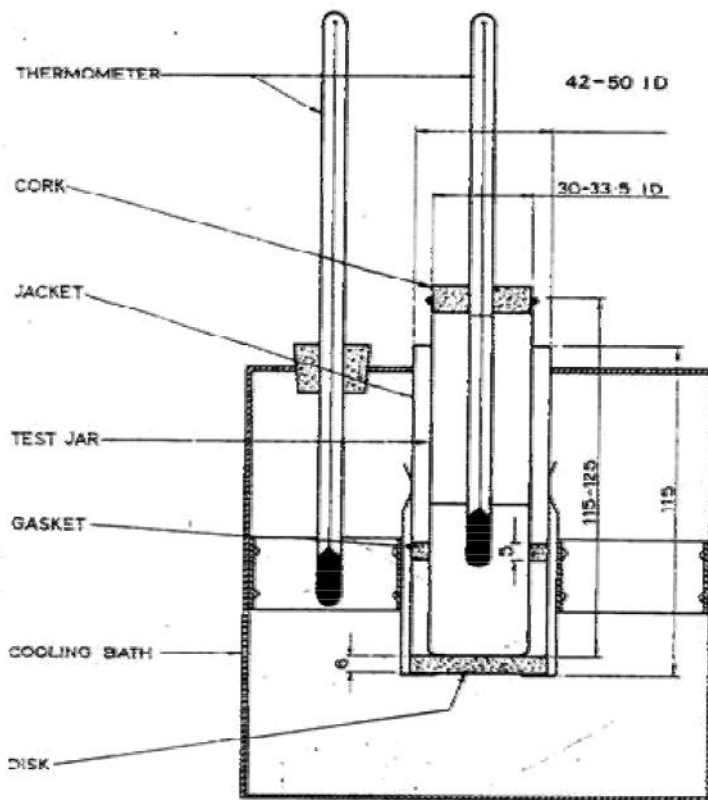


شکل ۱۳.۵ دستگاه اندازه گیری نقطه ابری شدن

در این آزمایش نمونه را ابتدا به دمای 15°C بالاتر از نقطه ابری شدن می برند.

(b) نقطه ریزش Pour point

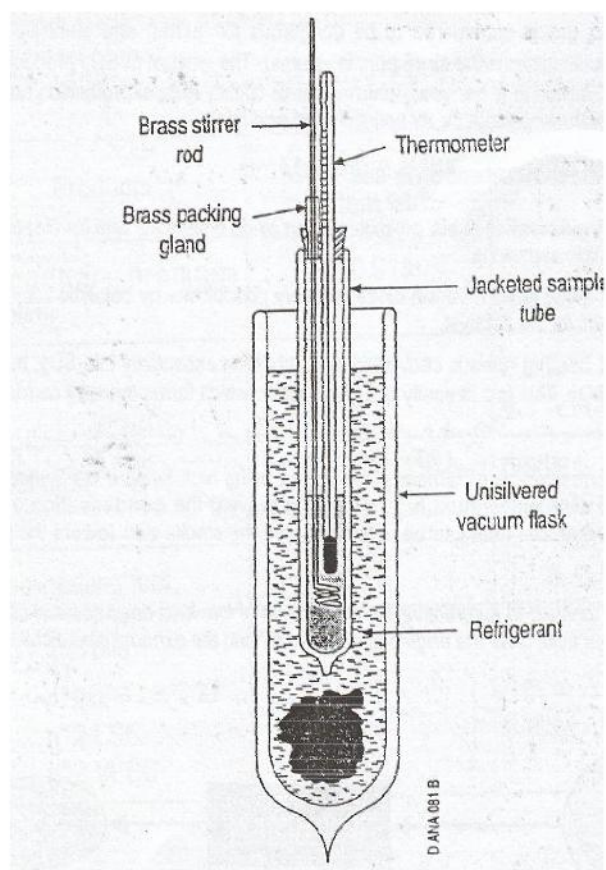
پایین ترین دمای از مضر 3°C که در آن دما نمونه شکل سیال خود را حفظ کند.



شکل ۱۴.۵ دستگاه اندازه گیری نقطه ریزش

(c) نقطه انجماد Freezing point

دمای که در آن اولین ذرات کریستال ظاهر شود دمای کریستالیزه گفته می شود و دمای که در آن ذرات کریستال ناپدید شود دمای انجماد یا **Freezing point** گفته می شود. نتایج زمانی قابل قبول است که اختلاف بین این دو دما کمتر از 3°C باشد.

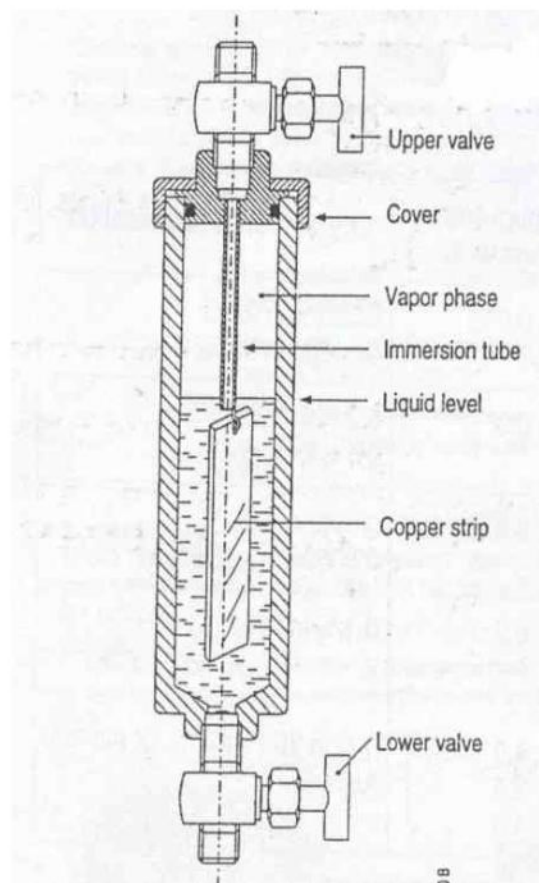


شکل ۱۵.۵ دستگاه مربوط به اندازه گیری نقطه انجماد

آزمایش های مربوط به خوردگی و آلودگی هوا

خوردگی نوار مسی

این آزمایش خوردگی مس از طریق LPG و محصولات نفتی در حضور عوامل خوردنده مثل H_2S بررسی می کند.



شکل ۱۶.۵

آزمایش های مربوط به پایداری

Gum یا صمغ

در سوخت های بنزینی ناشی از کراکینگ ترکیبات اولفینی وجود دارد که می تواند در مجاورت اکسیژن هوا و یا نور ایجاد پلیمرهای بکنند به این پلیمر ایجاد شده Gum می گویند

تشکیل Gum به عوامل مختلفی بستگی دارد:

- ✓ تنها در حضور اکسیژن ایجاد می شود.
- ✓ به دلیل پلیمریزاسیون اولفین ها ایجاد می گردد.
- ✓ در ابتدا سرعت تشکیل کم است ولی به تدریج افزایش می یابد.
- ✓ فعالیت تشکیل زمانی افزایش می یابد که اکسیژن بیشتری حل شود.
- ✓ نور و گرما به عنوان کاتالیزور ، فعالیت تشکیل را افزایش می دهد.
- ✓ افزودنی های خاص مانع از تشکیل پلیمرها می شود.

آب و نمک موجود در نفت خام

این روش در واقع اندازه گیری آب و نمک موجود در نفت خام را بوسیله سانتریفیوژ پوشش می دهد. در این روش نفت خام را سانتریفیوژ می کنند و آب را از آن جدا می کنند و میزان آب را اندازه گیری و گزارش می کنند و در قالب B.S.W گزارش می کنند.

پایداری رنگ

این روش طیف وسیعی از محصولات نفتی از قبیل :

روغن ها ، سوخت های خانگی ، سوخت دیزل و واکس ها را پوشش می دهد.
رنگ از طریق Colorimeter تعیین می شود و با یک نوار رنگی استاندارد مقایسه می شود .

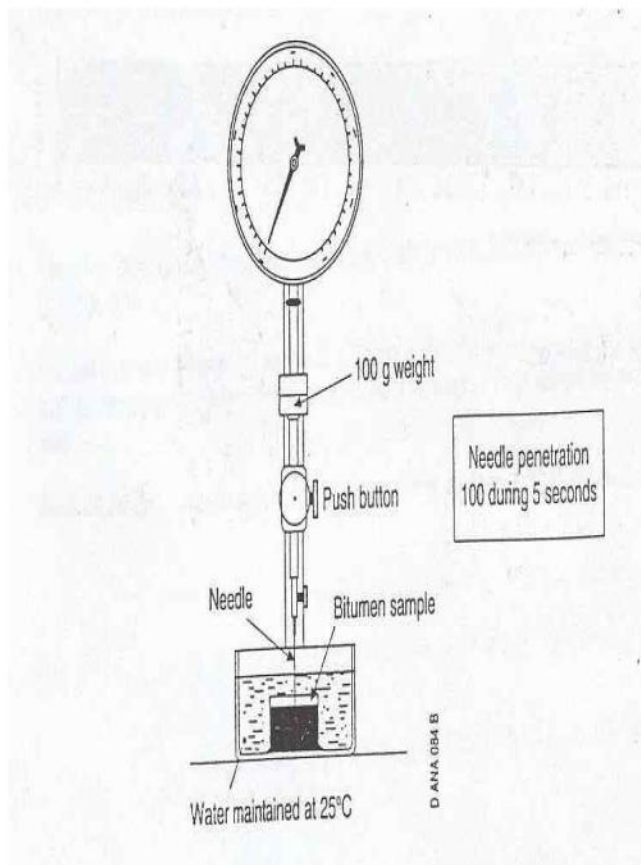
مقدمات پالایش نفت و گاز

مثلاً در مورد گازوئیل، تغییر رنگ در طول نگهداری نشانه‌ی پدید آمدن Gum در آن می‌باشد.

آزمایش‌های مربوط به قیر

نفوذپذیری قیرها

نفوذپذیری عبارت است از مقدار مسافت بر حسب دهم میلی‌متر که یک سوزن استاندارد همراه با وزنه مشخص در تحت شرایط معینی از دما و زمان به طور عمودی در یک ماده فرو می‌رود. نفوذپذیری در قیرها می‌تواند مشخص‌کننده عکس‌العمل قیر در مقابل ضربه‌های آنی (Shock) و همچنین مقاومت قیر در مقابل بار (Load) اعمال شده روی آن باشد.



شکل ۱۷.۵ دستگاه اندازه‌گیری نفوذپذیری قیر

فصل ۶

فرآیندهای

جداسازی

عملیات تفکیک Separation processes

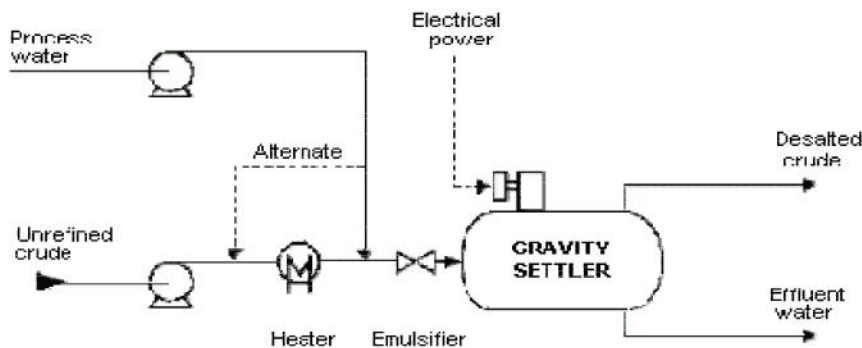
معمولاً جداسازی براساس خواص فیزیکی صورت می گیرد. مهمترین این عملیات تقطیر Distillation و استخراج Solvent Extraction می باشد.

نفت خام در ابتدا وارد واحد تقطیر می شود و در این واحد قبل از اینکه به برشهای مختلف تقسیم شود، وارد نمک گیر یا Desalter می گردد.

نمک گیر Desalter

در نمک گیر عملیات زیر اتفاق می افتد:

- ۱) شسته شدن نفت خام با آب بدون نمک و استخراج نمکهای معدنی نفت
- ۲) بزرگ شدن و بسط دادن قطرات آب بوسیله الکتروکوالسنس (electro coalescence) در داخل یک Desalter
- ۳) جداسازی آب و نفت بوسیله دکانته کردن. نفت بدون نمک چون چگالی کمتر نسبت به آب دارد در بالای آب قرار می گیرد و جدا می شود.

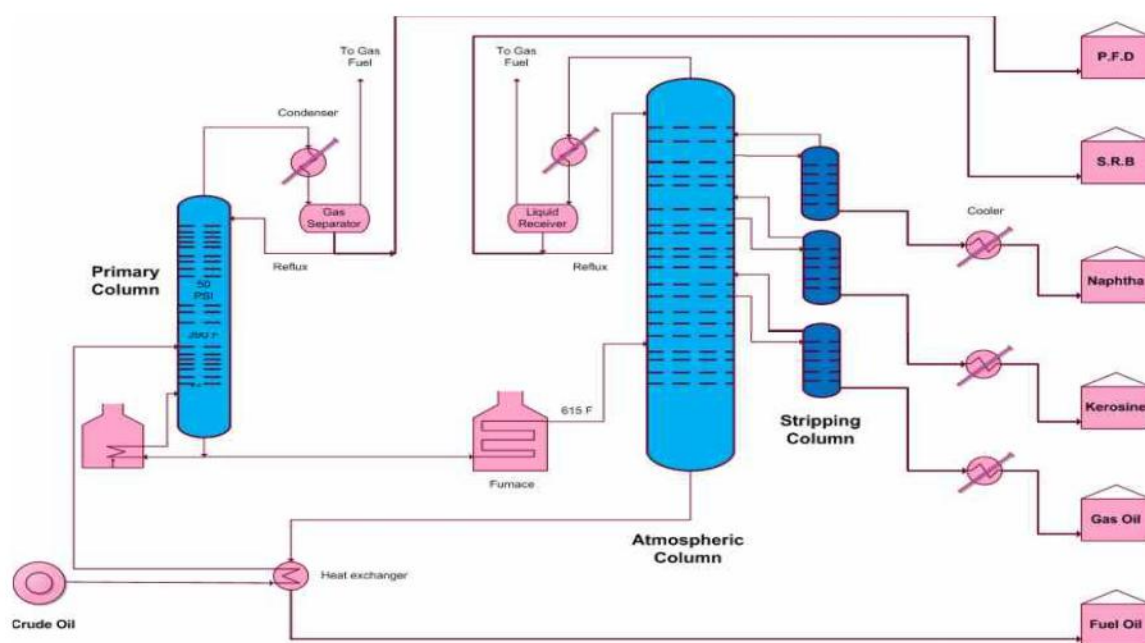


شکل ۱.۶ سیستم نمک گیر

تقطیر Distillation

دستگاه های تقطیر در پالایشگاه ها دو مرحله ای هستند :

- (۱) Primary flash distillation (PFD)
- (۲) Atmospheric distillation and vacuum distillation



شکل ۲.۶ واحد تقطیر

مزایای استفاده از برج Primary flash distillation قبل از برج اتمسفریک

این برج جهت جداسازی ترکیبات سبک به کار می رود چون:

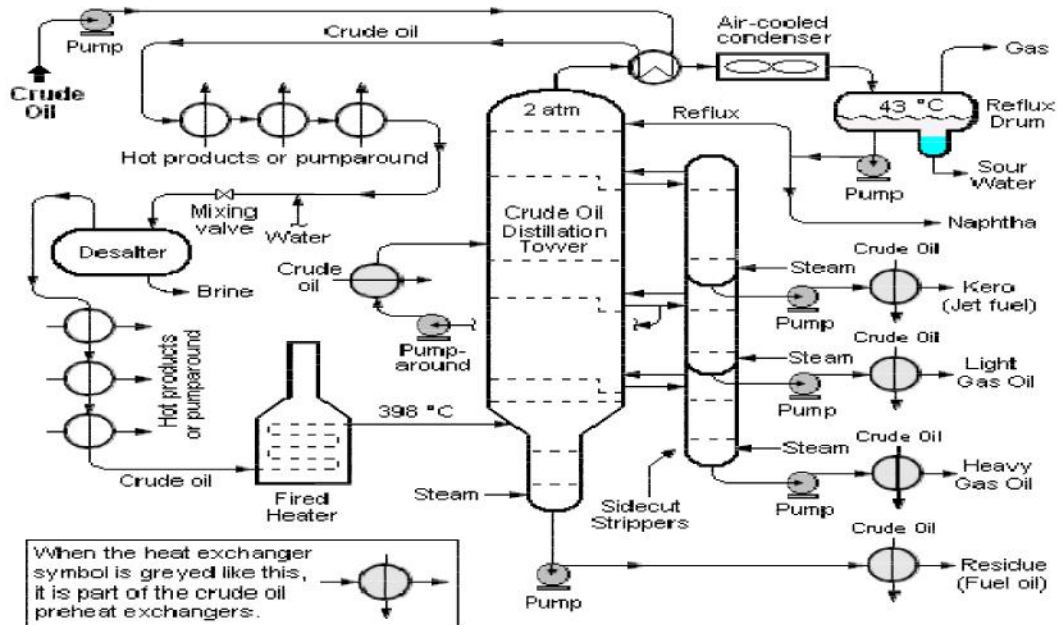
- (۱) پمپ کردن بخار و مایع مشکل است.
- (۲) گازهای سبک وارد کوره نشوند چون باعث کاهش راندمان کوره می گردد.
- (۳) افت فشار در داخل لوله های کوره زیاد می شود اگر سیال دو فازی وارد آن شود ، ایجاد پدیده ی Hammering یا ضربه چکشی می گردد (جمع شدن گاز ها در زانوئی ها و شیرها و زدن یک مقدار مایع به زانوئی)
- (۴) در صورتیکه در کار پمپی که مایع را به برج اول می فرستد خللی ایجاد شود، جریان مایع به کوره تا مدت ۲۰ الی ۳۰ دقیقه قطع نمی گردد. (به دلیل وجود سطح مایع در برج اول primary) در نتیجه کوره نمی سوزد.
- (۵) جلوگیری از ایجاد نوسانات دما و ورود مخلوط بخار -مایع به داخل کوره ، چون گاز سبک بصورت محلول گاز در مایع نمی باشد. و نیز جلوگیری از عمل cavitation که باعث نوسانات در مقدار جریان ورودی به کوره می شود .این نوسانات باعث نوسانات زیاد در کوره شده و لذا عمر کوره کوتاه می شود.

برج تقطیر اتمسفریک

فشار عملیاتی این برج در حدود ۱/۵ تا ۳ بار می باشد و دمای خوراک ورودی به آن بین ۳۴۰ تا ۳۸۸ درجه سلسیوس می باشد.

محصولات این برج شامل نفتا، کروسین، گازوئیل سبک و سنگین و ته مانده برج می باشد.

مقدمات پالایش نفت و گاز



شکل ۳.۶ برج تقطیر اتمسفریک

برج تقطیر خلاء

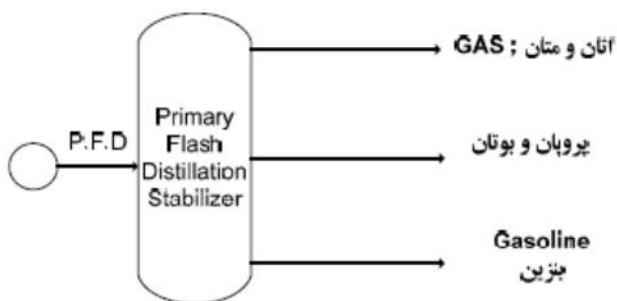
فشار عملیاتی این برج در حدود ۶۰ میلی بار است و دمای خوراک ورودی بین ۳۹۰ تا ۴۳۰ درجه سلسیوس می باشد و خوراک آن ته مانده برج اتمسفریک است.

دلیل استفاده از برج خلاء این است که در برج اتمسفریک افزایش دما محدود است و این به خاطر احتمال شکست مولکولی هیدروکربن هاست، پس به همین خاطر در برج خلاء فشار را پایین آورده تا نقطه جوش هیدروکربن هارا کاهش دهد و از شکست مولکول ها جلوگیری شود.

محصولات برج خلاء شامل گازوئیل سنگین ، Iso Feed ، پایه روغن ها ، slops vacuum و ته مانده برج خلاء می باشد.

واحد تثبیت کننده stabilizer

جهت خارج سازی ترکیبات فرار از PFD، برجی با حدود ۲۵ سینی تحت فشار بکار می رود و در نتیجه بنزین با ثبات (stable gasoline) حاصل می گردد. میزان مایع برگشتی بیش از برج اتمسفریک می باشد. اگر بنزین در حالت عادی تبخیر نشود، گویند که تثبیت شده است.



شکل ۴.۶ واحد تثبیت کننده

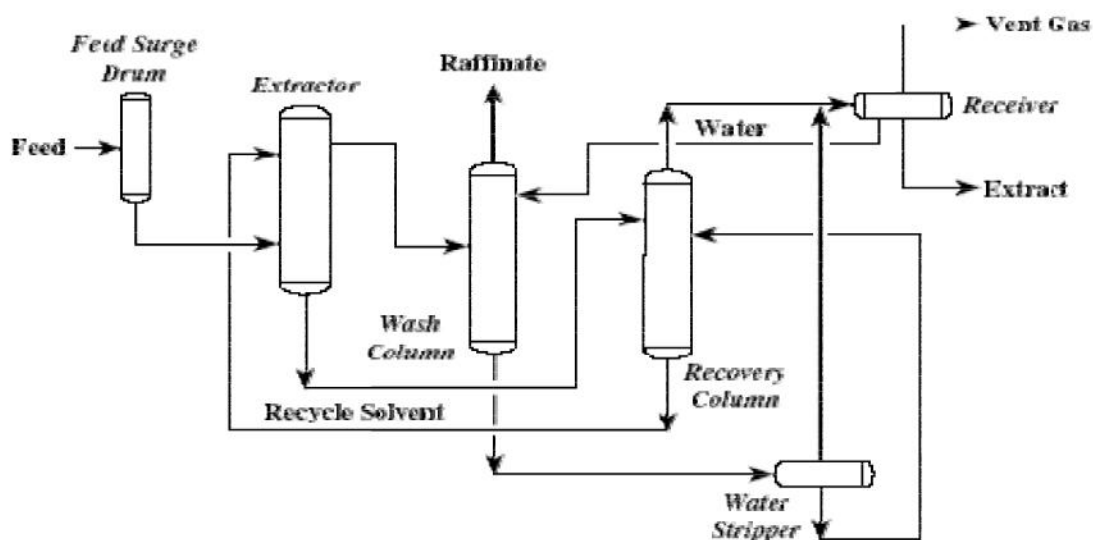
واحد super fractionation تفکیک با درجه بالا

دارای ۷۰-۱۰۰ سینی می باشند و عملیاتی مشابه به بالا بر روی بنزین انجام م ی شود و جهت تفکیک ایزوپارافینها بکار می رود.

کسری از PFD,SRB این مسیر را می پیماید و بقیه در مصارف دیگر بکار می رود. ایزومرهای تولیدی دارای درجه اکتان بالا بوده و در تولید بنزین سوپر بکار می روند. نرمال ها مورد استفاده ندارند و Discard می شود.

استخراج

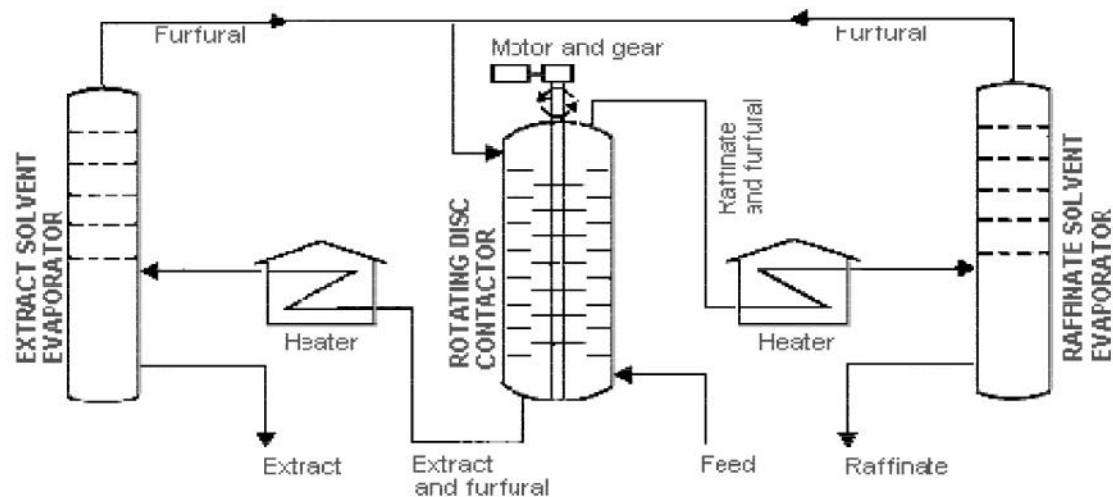
یکی از موارد استفاده استخراج در صنعت نفت، استفاده از SO_2 مایع جهت جداسازی مواد آروماتیک همرا نفت سفید است. برش نفت سفید گرفته شده از برج تقطیر آروماتیک زیادی دارد و مرغوب نیست. آروماتیک ها در SO_2 مایع حل می شود و فاز extract را تشکیل می دهد و نفت فاز raffinate خواهد بود. برای بازیابی SO_2 از تبخیر استفاده می کنند.



شکل ۵.۶ استخراج آروماتیک ها با SO_2 مایع

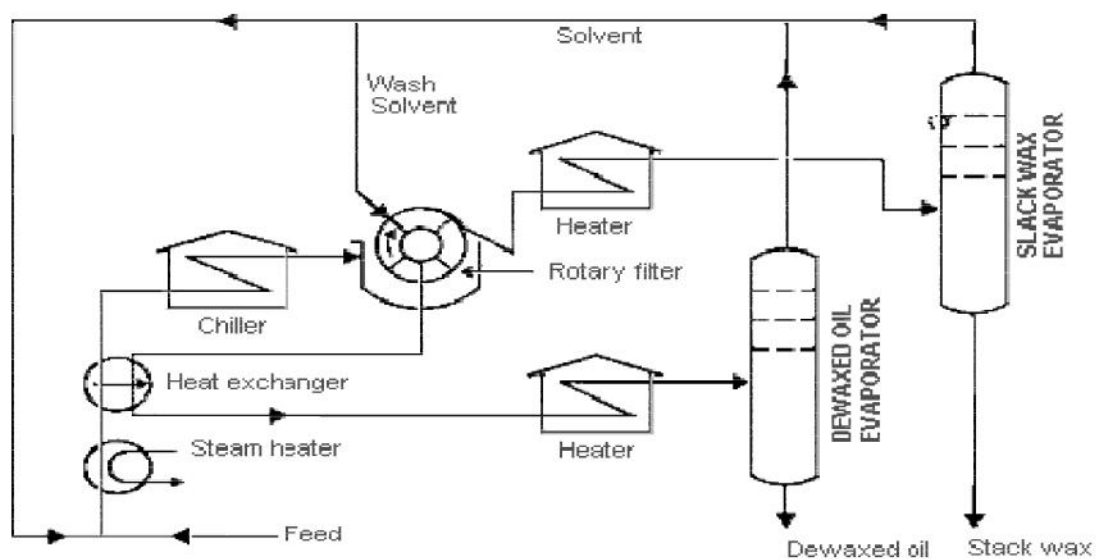
از دیگر استفاده های استخراج، جداسازی آروماتیک ها از روغن موتور است برای این کار از فورفوران استفاده می شود.

مقدمات پالایش نفت و گاز



شکل ۶.۶ استخراج آروماتیک ها از روغن موتور

از دیگر موارد استفاده می توان به جداسازی Wax از روغن موتور اشاره کرد.



شکل ۷.۶ استخراج واکس از روغن موتور

فصل ۲

اصلاح عدد اوکتان

بنزین های خطی

Catalytic Reforming

&

Isomerization

مشکلات اصلی بنزین های خطی SRG

بنزین حاصل از واحد تقطیر دارای عدد اوکتان پایینی می باشد. که این عدد برای بنزین های سبک ۶۰ تا ۸۰ می باشد و برای بنزین های سنگین بین ۳۰ تا ۵۰ است.

برای رفع این مشکل از دو روش استفاده می شود:

(۱) کاتالیتیک ریفورمینگ، که در بنزین های سنگین نرمال پارافین ها و نفتتیک ها به آروماتیک ها تبدیل می شود.

(۲) ایزومریزاسیون، که در آن نرمال پارافین ها در بنزین های سبک به ایزو پارافین ها تبدیل می شود.

اساس فرآیند کاتالیتیک ریفورمینگ

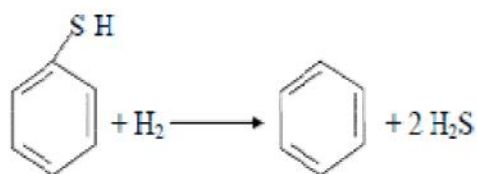
این فرآیند شامل ۲ بخش می باشد:

(۱) Unifier :

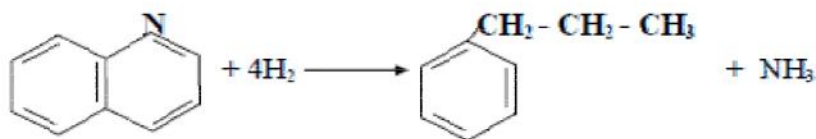
در این بخش واکنش های انجام می شود که براساس آن تمام مولکول های را که برای کاتالیزور مضر هستند جدا می کنند.

این واکنش ها عبارتند از:

✓ خارج کردن گوگرد و تبدیل آن به H_2S

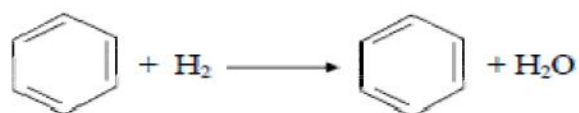


✓ جدا کردن ازت و تبدیل به NH_3



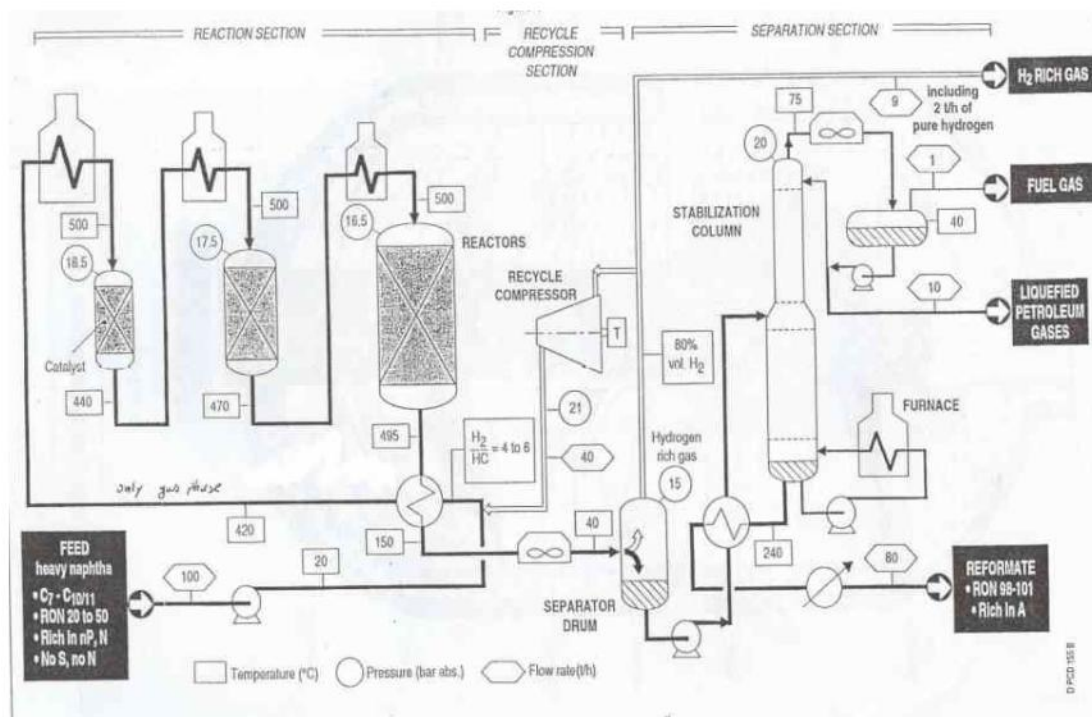
مقدمات پالایش نفت و گاز

✓ جدا کردن اکسیژن و تبدیل آن به آب



۲) Plat former :

در این بخش واکنشهای اصلاحی صورت می گیرد و کاتالیست پلاتین می باشد. در این روش دما در حدود ۵۰۰ درجه سلسیوس می باشد و فشار بین ۱۰ تا ۲۵ بار است. واکنش های که در این بخش صورت می گیرد به سه دسته تقسیم می شود: آروماتیزاسیون، هیدروکراکینگ، تشکیل کک
واکنش تشکیل کک برای کاتالیست مضر می باشد و برای رفع کک از رقیق کننده که معمولاً هیدروژن است استفاده می گردد.



شکل ۱.۷ واحد Catalytic reforming

مقدمات پالایش نفت و گاز

جدول زیر محصولات حاصل از کاتالیتیک ریفرمینگ را نشان می دهد

جدول ۱.۷

products	Yields (Weight %)	Characteristics
Hydrogen rich gas	7-10 Including 1.5 to 3 of pure hydrogen	Hydrogen content between 60 and 80 volume%
Fuel gas	1-3	
Propane	3-5	
Butane	5-8	About 50 % isobutane
Reformate	65 for paraffin 85 for naphthenic	RON :97-101 MON: 68-88 Specific gravity: 0.760-0.790

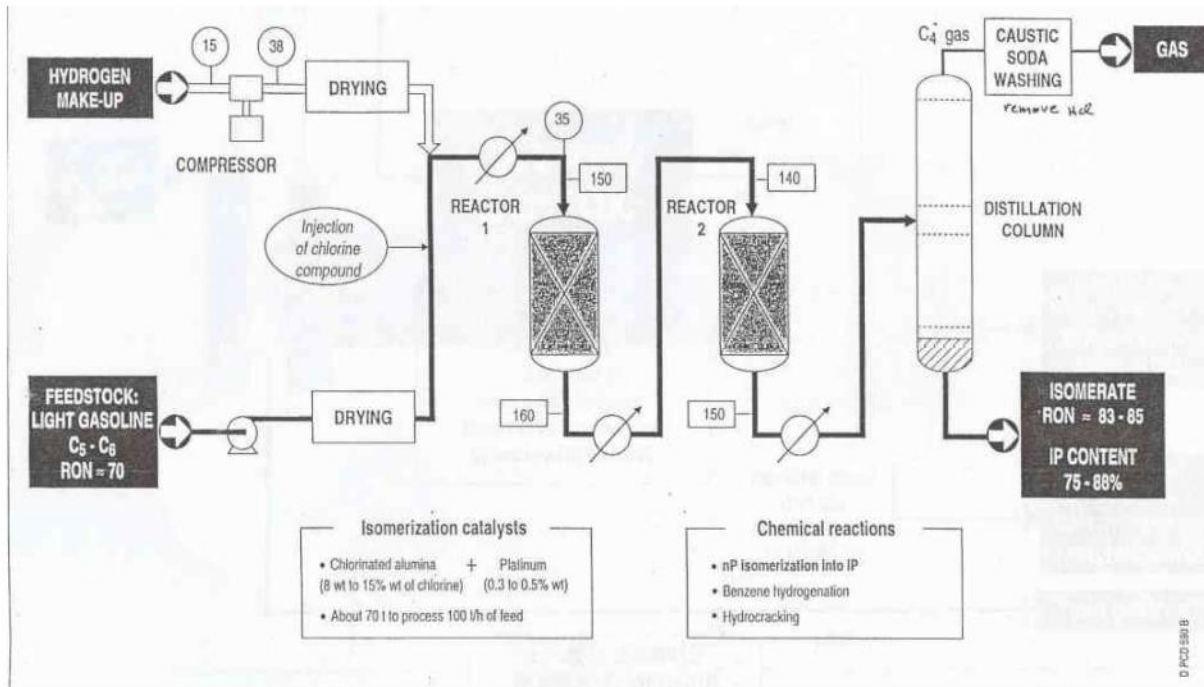
فرآیند ایزومریزاسیون

خوراک هیدروکربن های ۵ و ۶ کربنه می باشد که طی این پروسه شاخه دار می شوند در نتیجه عدد اکتان آن ها بالا می رود.

دمای عملیاتی در این فرآیند بین ۱۳۰ تا ۱۶۰ درجه سلسیوس می باشد.

کاتالیست مورد استفاده نیز پلاتین بر پایه آلومینا است که با کلراین اسیدی شده است.

مقدمات پالایش نفت و گاز



شکل ۲.۷ واحد ایزومریزاسیون

در واکنش‌های ایزومریزاسیون اگر ایزو هگزان با دو شاخه جانبی (DMB) بر روی دو کربن متفاوت تشکیل شود، RON بالای خواهد داشت.

همچنین ایزو پنتان دارای MON بسیار عالی می باشد.

فصل ۸

فرآیندهای

شستشو

Hydro refining

Or

Treatment processes

مقدمات پالایش نفت و گاز

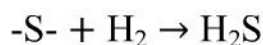
عملیات شستشو یا هیدروریفاینینگ در واقع شامل فرآیندهای می شود که برای از بین بردن ترکیبات نامطلوب در برش های نفتی بوسیله عملیات کاتالیستی در حضور هیدروژن مورد استفاده قرار می گیرند.

مشکلات ناشی از ناخالصی ها و اصول حذف آنها

(۱) ترکیبات سولفوری

این ترکیبات علاوه بر ایجاد آلودگی هوا و خوردگی، برای بسیاری از کاتالیست ها به خصوص کاتالیست های واحد ریفرمینگ و ایزومریزاسیون سم به حساب می آیند و فعالیت کاتالیست ها را کاهش می دهند.

برای حذف این ترکیبات از واکنش Hydrodesulfurization استفاده می شود.

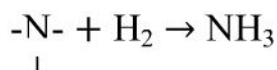


محصول واکنش H_2S است که به راحتی جداسازی می شود.

این واکنش مقدار قابل توجه ای هیدروژن مصرف می کند و تولید محصولات سبک متناسب با زنجیر کربن باقیمانده بعد از حذف سولفور می نماید. همچنین واکنش گرما زاست.

(۲) ترکیبات نیتروژن دار

این ترکیبات ۱۰ تا ۱۰۰ برابر کمتر از ترکیبات سولفوری در نفت یافت می شوند. برخی ترکیبات نیتروژن دار خروجی در برش های سنگین دارای یک طبیعت آلكالین هستند و برای کاتالیست های با خاصیت اسیدی سم به حساب می آیند. همچنین این ترکیبات برای پایداری رنگ برش های کراک شده مشکل ساز می باشند. برای رفع حذف این ترکیبات از واکنش زیر استفاده می شود:



این واکنش نیز همانند واکنش قبلی گرمازا است.

۳) ترکیبات اکسیژن دار

همانند دو روش قبل جداسازی می شود:



۴) ترکیبات فلزی

فلزات مانع اصلی در پیش روی تبدیل کاتالیستی ته مانده های برج می باشند. در واقع آن ها به عنوان سم بر روی کاتالیست این واحد ها نشسته و فعالیت آن ها را کاهش می دهد. واکنش های Hydrodemetallization شامل تخریب مولکول های فلزی آلی و به دام انداختن فلزات بر روی سطح کاتالیست می باشد.

۵) ترکیبات غیر اشباع

از مشکلات این نوع ترکیبات می توان به موارد فوق اشاره کرد:

- ✓ دی الفین ها ترکیبات ناپایداری هستند که باعث تولید Gum در بنزین اتومبیل می گردند.
- ✓ الفین ها بر روی پایداری گازوئیل تأثیر می گذارند و باعث کاهش عدد ستان آن می گردد.
- ✓ آروماتیک های که برای بنزین مطلوب هستند، برای سوخت جت و دیزل نامطلوبند

شرایط واکنش های هیدروکربن Hydrorefining

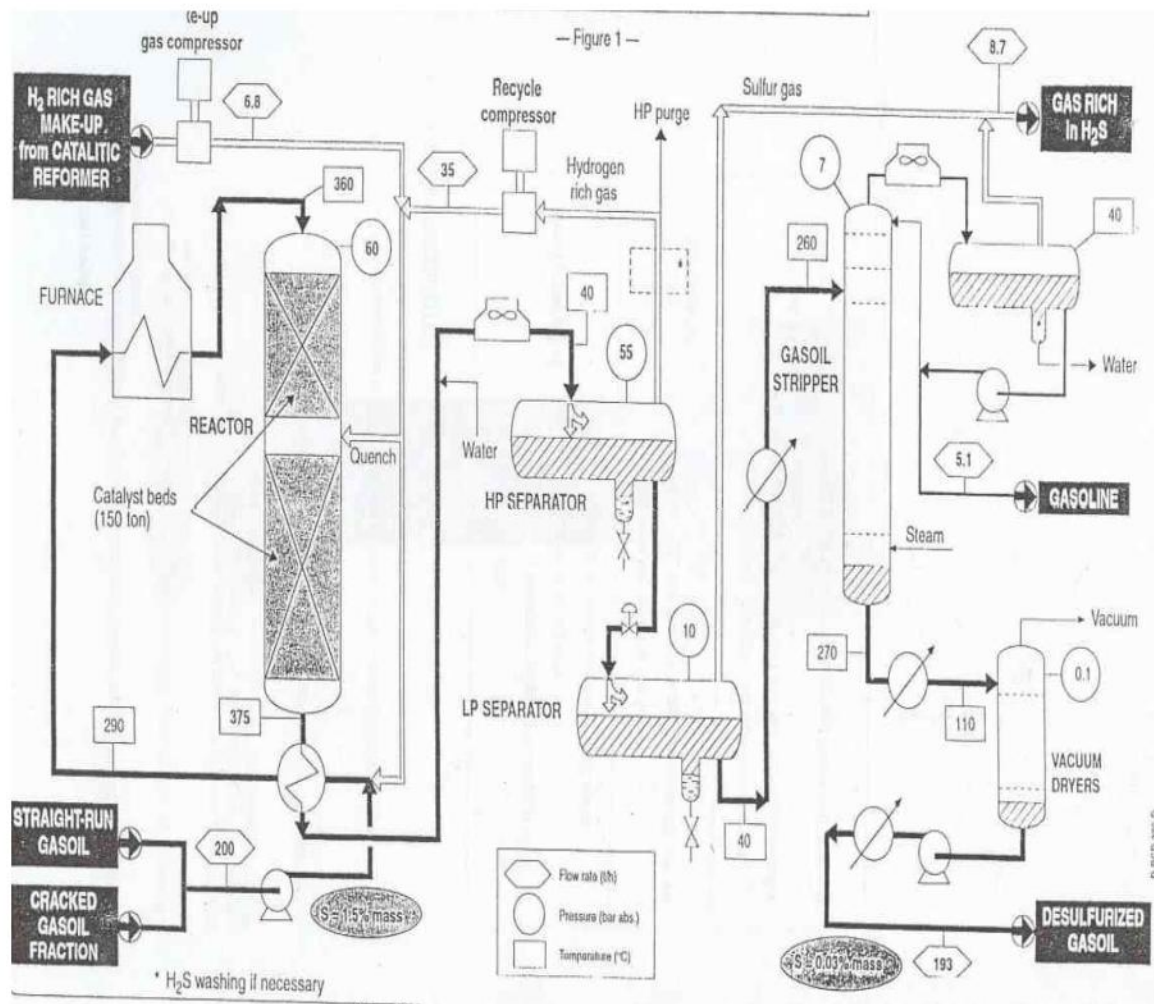
- بسیار گرمازا هستند به خصوص در واکنش های هیدروژناسیون که ممکن است نیاز به یک سیستم خنک کننده باشد.
- مصرف هیدروژن بالای دارند، بنابراین نیاز به یک واحد تولید هیدروژن دارند.

مقدمات پالایش نفت و گاز

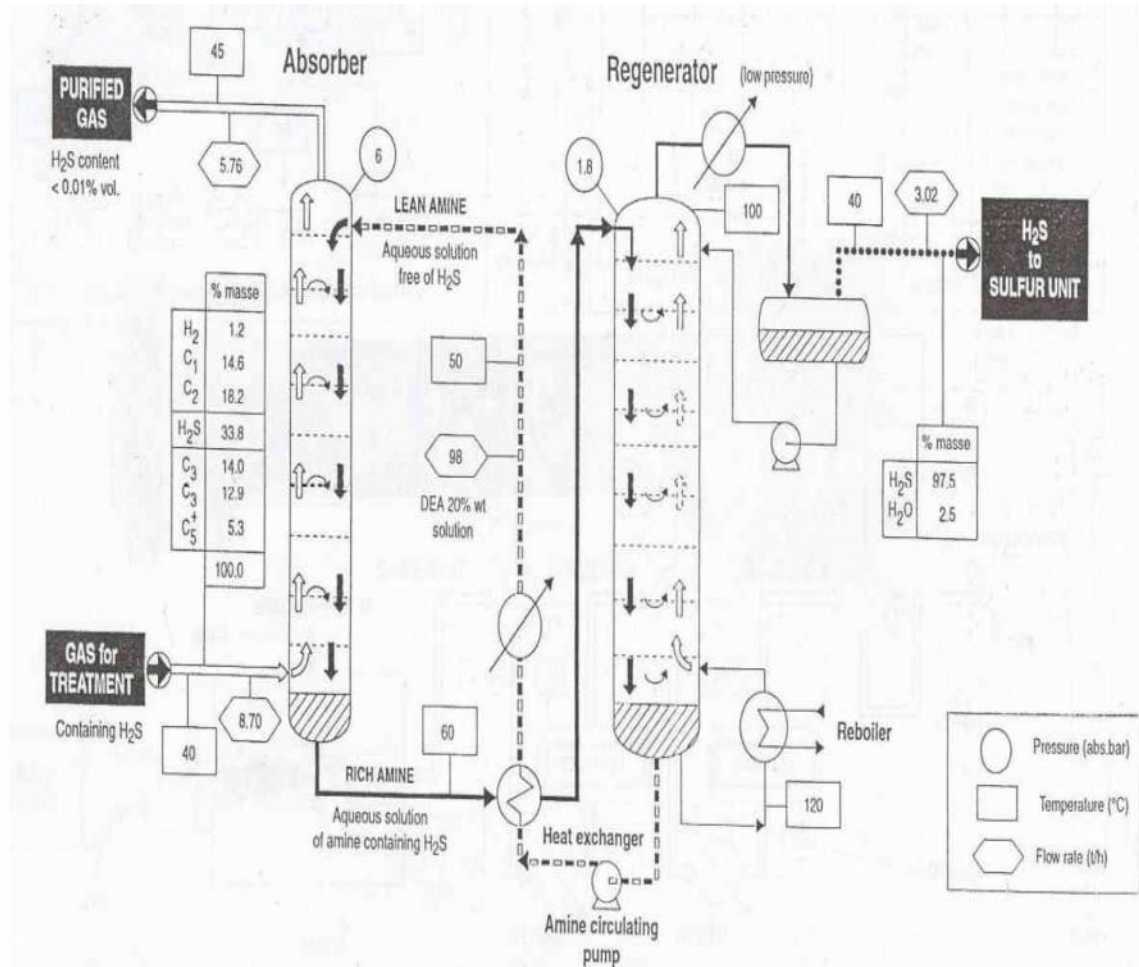
- برای خوراک هی سنگین، انجام این واکنش ها مشکل است.
- این واکنش ها همراه با ایجاد کک بر روی کاتالیست می باشد که نیاز به رقیق سازی خوراک بوسیله هیدروژن است.
- به دو روش واکنشها ارتقا داده می شوند:
 - (۱) افزایش دما تا نقطه ای خاص به دلیل تشکیل کک
 - (۲) افزایش فشار هیدروژن
- دمای این فرآیند ها بین ۳۲۰ تا ۳۹۰ درجه سانتیگراد است و فشار هیدروژن برای برش های سبک ۲۰ بار و برای ته مانده های برج ۲۰۰ بار است.
- کاتالیست این واحد ها مرکب از آلومینای متخلخل که با اکسیدهای فلزی پوشیده شده اند، می باشد. که در یک واحد دیگر به سرعت به سولفیدهای فلزی تبدیل می شوند. این فلزات عبارتند از
 - ✓ کبالت و مولیبدیم برای سولفورزدایی
 - ✓ نیکل و مولیبدیم برای نیتروژن زدایی و هیدرو ژناسیون

موارد استفاده این فرآیندها در پالایشگاه

- برای شستشوی برشهای سبک که به طور کلی مربوط به برش های بالای برج اتمسفریک است.
- شستشوی کروسین که هدف آن برطرف کردن مرکاپتان ها از سوخت جت است.
- سولفورزدایی کروسین و گازوئیل
- شستشوی برش های سنگین
- سولفورزدایی گازوئیل برج خلاء
- برطرف کردن سولفور روغن ها
- شستشوی شدید پارافین ها ، واکس ها و نفت سفید برای مصارف پزشکی و غذایی



شکل ۱.۸ فرآیند سولفورزدایی از بنزین



شکل ۲.۸ فرآیند شستشوی گاز ترش بوسیله آمین

فصل ۹

فرآیندهای تبدیل

برای

برش های سنگین

کراکینگ Cracking

کراکینگ در واقع شکستن پیوند کربن - کربن در زنجیر هیدروکربن ها می باشد که مولکول هایی با زنجیر کوتاه تر و نقطه جوش کمتری تولید می کند

مبداء و مشخصات خوراک واحد های تبدیل

این خوراک ها شامل انواع مختلفی می باشند:

✓ پس ماند برج تقطیر اتمسفریک که شامل برش هایی با دمای جوش حدود ۳۸۰ درجه سانتیگراد می باشد.

✓ گازوئیل برج خلاء یا VGO که برش های قابل تقطیر پس ماند برج تقطیر اتمسفریک می باشند و دمای بین ۳۸۰ تا ۵۶۰ درجه سانتیگراد دارند.

✓ پس ماند برج خلاء

✓ DAO یا DeAsphalted Oil

فرآیندهای تبدیل برش های سنگین

این فرآیندها به سه دسته تقسیم بندی می شوند:

(۱) Thermal Cracking

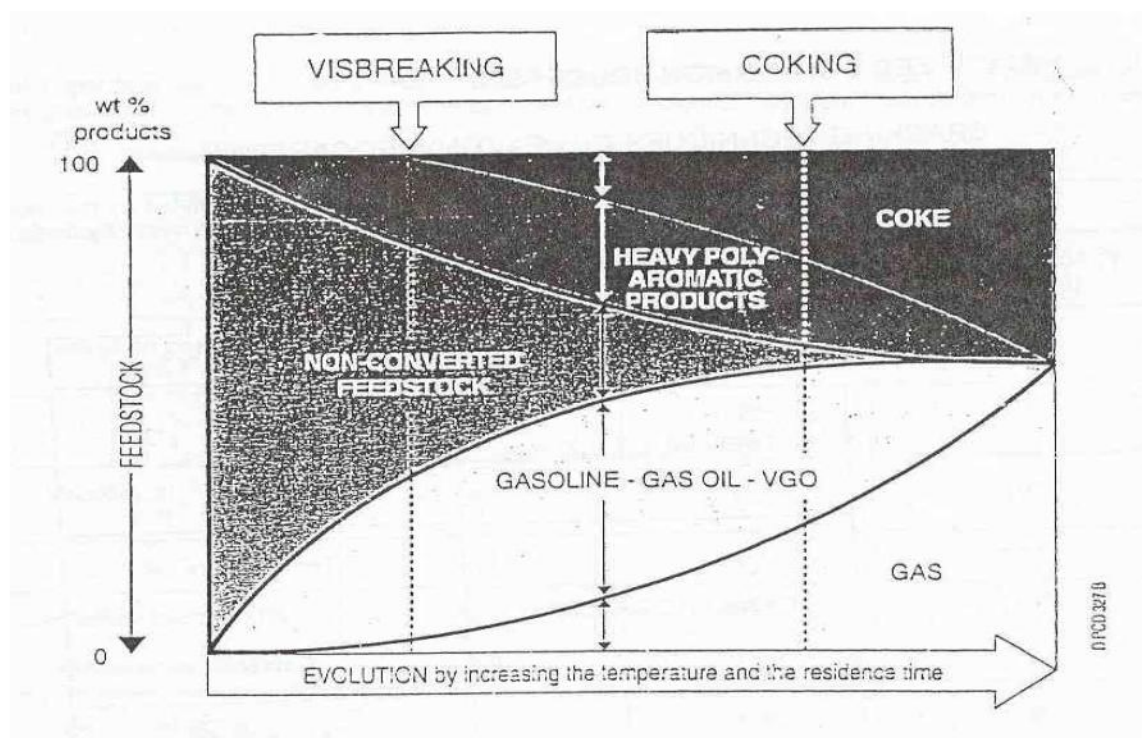
(۲) Catalytic Cracking

(۳) Catalytic Hydrocracking

تأثیر پارامترهای مختلف

(a) دما

شکست مولکولی در دمای بالا و زمان ماند کم، و یا در دمای پایین و زمان ماند بالا بدست می آید.



شکل ۱.۹

نمودار بالا شرایط عملیاتی را برای دو فرآیند شکست حرارتی نشان میدهد:

- ✓ غلظت شکن (Visbreaking): یک فرآیند شکست حرارتی با شدت کم
- ✓ تشکیل کک (Coking): یک فرآیند شکست حرارتی با شدت زیاد

(b) کاتالیست

کاتالیست باعث می شود سطح دما کاهش یابد و محصول بهتری بدست آید. به عبارت دیگر حصول گاز و کک کمتر و بنزین بیشتر.

(c) هیدروژن

هیدروژن از تشکیل کک بر روی کاتالیست جلوگیری می کند و انتخاب پذیری کاتالیست را افزایش می دهد.

شکست حرارتی Thermal Cracking

این نوع فرآیند انتخاب پذیری کمی دارد و گاز و کک زیادی تولید می کند و کیفیت محصول در این نوع فرآیند پایین و غنی از اولفین ها و دی اولفین ها می باشد.
در این روش از کاتالیست استفاده نمی شود و برای خوراک های فوق سنگین و با مقدار فلز بالا مناسب است.
این فرآیند به سه دسته تقسیم بندی می شود:

➤ Visbreaking شکن غلظت شکن

هدف اصلی این قسمت کاهش ویسکوزیته پس ماند برج خلاء، برای به حداقل رساندن میزان تولید سوخت های سنگین ، می باشد.

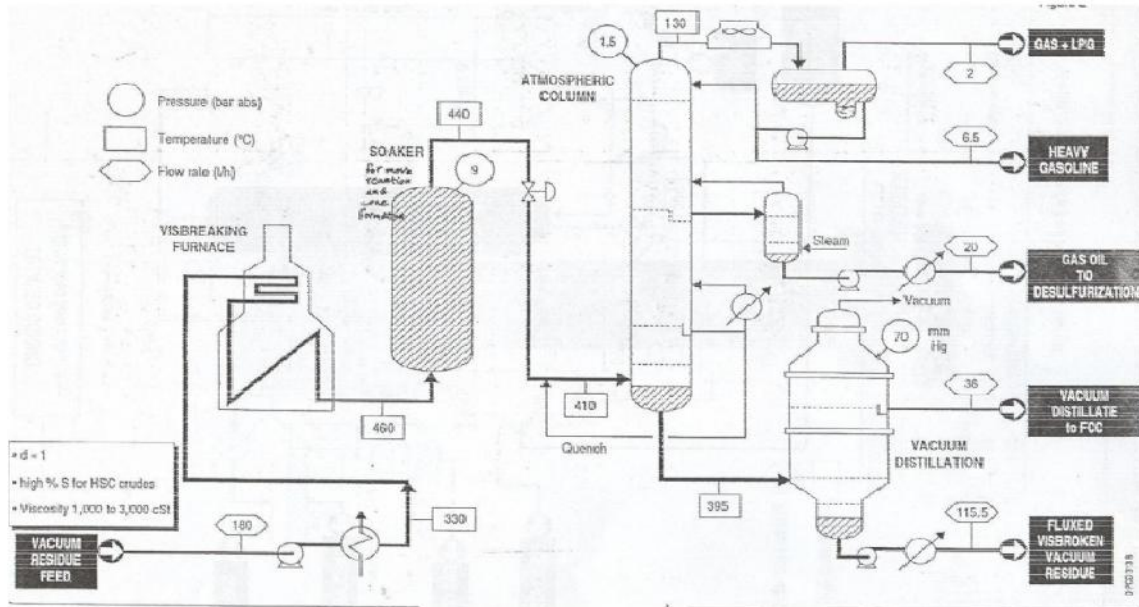
➤ Delayed coking

اصولاً بر روی پس ماند برج خلاء انجام می گیرد ، اما اغلب نیز بر روی پس ماند برج اتمسفریک نیز انجام می گیرد.

➤ Fluidized coking – Gasification or Flexi coking

در این روش گرمای مورد نیاز برای فرآیند، توسط تبدیل کردن کک تولید شده به گاز تأمین می شود.

مقدمات پالایش نفت و گاز



شکل ۲.۹ واحد غلظت شکن پالایشگاه

فرآیند Catalytic cracking

به وسیله انجام واکنش cracking در حضور کاتالیست، بازده محصولات با کیفیت بهبود یافته می تواند افزایش یابد تحت شرایط عملیاتی به مراتب ساده تر از آنچه در Thermal cracking لازم است. به تدریج کربن بر روی کاتالیست های موجود در راکتور، نشسته و از موثر بودن آنها در انجام واکنش می کاهد که بنابراین کاتالیست ها بایستی احیا گردند.

پروسس به سه صورت می تواند انجام شود:

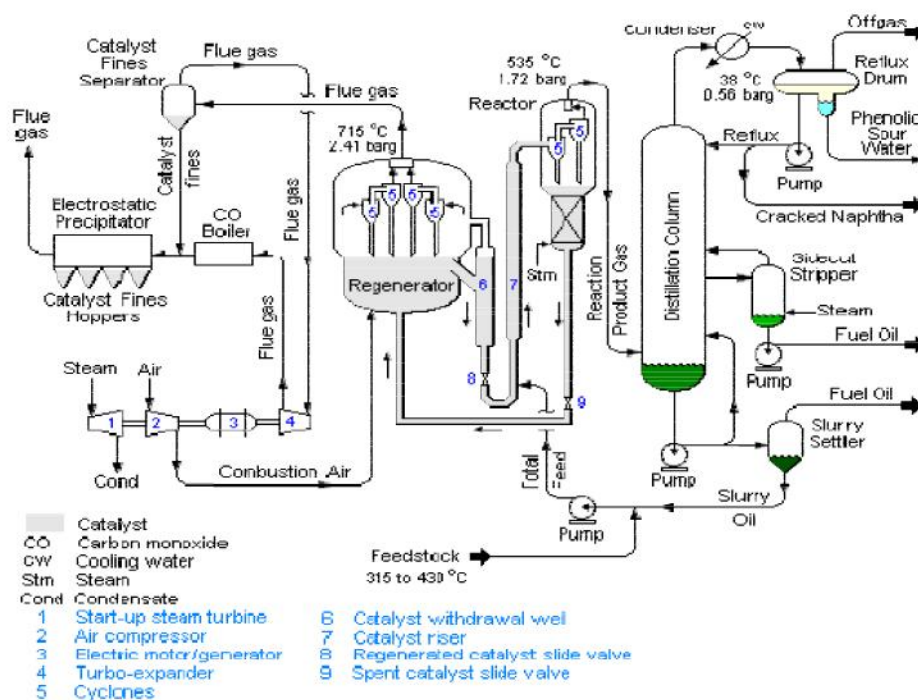
- (۱) بستر ثابت کاتالیست Fix bed catalyst
- (۲) بستر متحرک Moving bed catalyst
- (۳) بستر سیال fluid catalyst

مقدمات پالایش نفت و گاز

در fluid catalyst، کاتالیست ها به صورت پودر بوده در زمانی که همراه با بخارهای روغنی باشد مانند سیال fluid عمل می کند.

کاتالیست داغ در دمای حدود 1000°F ، از Regenerator به طرف لوله Stand Pipe پائین آمده و جریان تازه بخارات روغنی که توسط کوره بخار شده، را ملاقات می کند و مخلوط بخارات روغنی به کاتالیست نیرو وارد کرده تا در خط لوله خوراک بالا رود و مخلوط داغ وارد راکتور شده که دارای سطح مقطع بزرگ بوده باعث کاهش سرعت گشته تا کاتالیست settle آرام در داخل بستر شود و عمق این بستر کاتالیست می تواند افزایش یافته تا زمان واکنش تنظیم شود. این بستر کاتالیست در شرایط توربولنت توسط ورود بخارات روغنی که به طرف بالا حرکت می کند قرار می گیرد و لذا تماس زیاد حاصل شده و دمای یکنواخت $900-950$ در هنگام خروج تثبیت می شود.

FCC



شکل ۳.۹

مقدمات پالایش نفت و گاز

چون کک بر روی کاتالیست ها می نشیند و باعث کاهش activity آن می شود کاتالیست ها در قسمت پائین ریخته که روغن های جذب شده و entrained از آن دفع می شود. توسط یک شیر کنترل اتوماتیک از پایین stripper، کاتالیست های مصرف شده خارج می شود و وارد لوله بالا رونده شده تا وارد Regenerator گردد. در این قسمت یک هوای مداوم تزریق شده و آنرا به صورت سیال در می آورد. اکسیژن موجود در هوا با کک می سوزد. برای اینکه به کاتالیست ها صدمه زده نشود، نبایستی دمای آن بیش از ۱۱۰۰ درجه فارنهایت شود و لذا مقداری از کاتالیست ها با عبور از خنک کن برگردانده می شود. چرخش کاتالیست ها با تزریق هوای مجدد حفظ می شود. کاتالیست های احیا شده از Stand pipe و با عبور از یک Slide valve دیگر به طرف پائین حرکت کرده تا سیکل دیگر را ببیند.

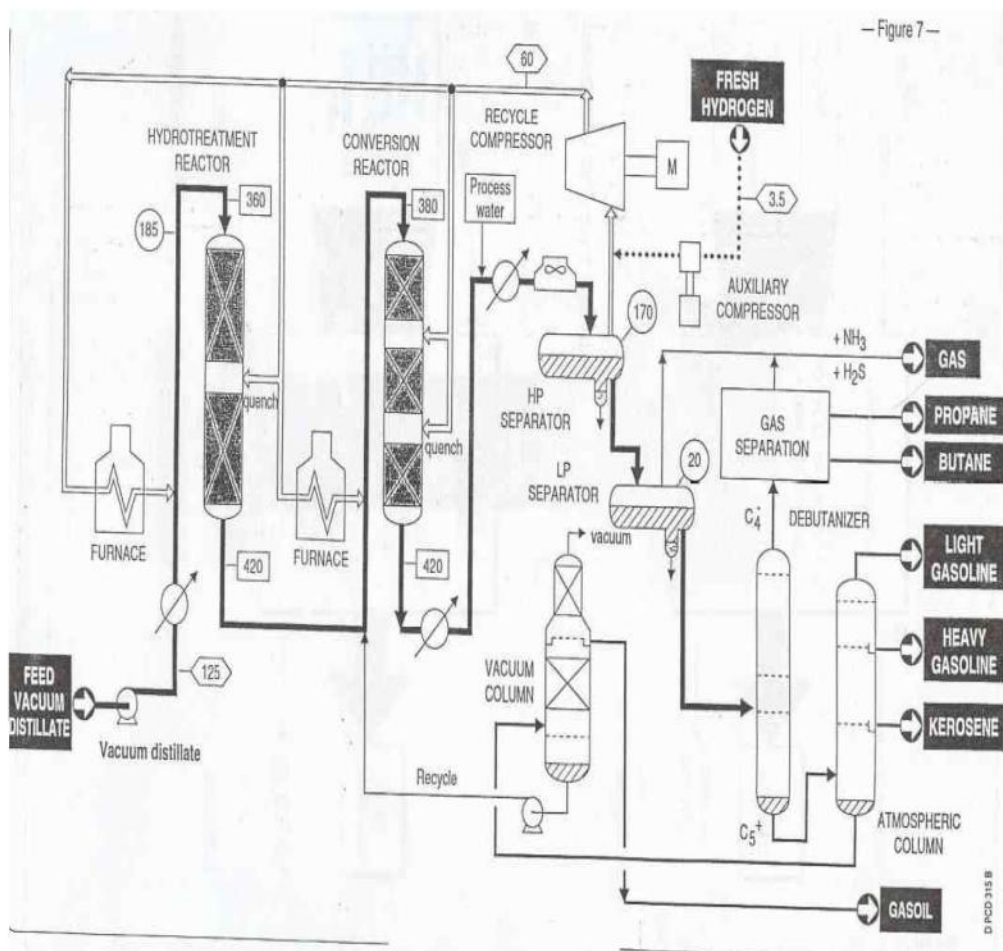
گازهای احتراقی در Regenerator، مقداری کاتالیست را با خود حمل می کنند که برای جلوگیری از خروج ذرات کاتالیست گازهای را از یک سیکلون جدا کننده در بالای ظرف عبور می دهند و لذا با عمل سانتر فیوژ و برخورد با دیواره های جدا کننده، کاتالیست ها به Regenerator برگشت داده می شوند. گازها از یک cooler عبور کرده و به یک ته نشین کننده الکتریکی Electrical Precipitator وارد شده تا ذرات کوچک کاتالیست نیز از آنها گرفته شود.

در راکتور بخار از یک جدا کننده، سیکلون مشابه عبور کرده تا کاتالیست ها از آن جدا شود. بخارات crack شده وارد یک fractionation شده در قسمت scrubbing، هر مقدار کوچک کاتالیست های ریز با روغن ها سنگین شسته می شوند.

بخارات ورودی به برج به طرف بالا از میان سینی های Bubble Cap عبور کرده و معمولاً به گاز مرطوب، بنزین تثبیت شده، گازوئیل سبک و سنگین تبدیل می شوند.

فرآیند Hydrocracking

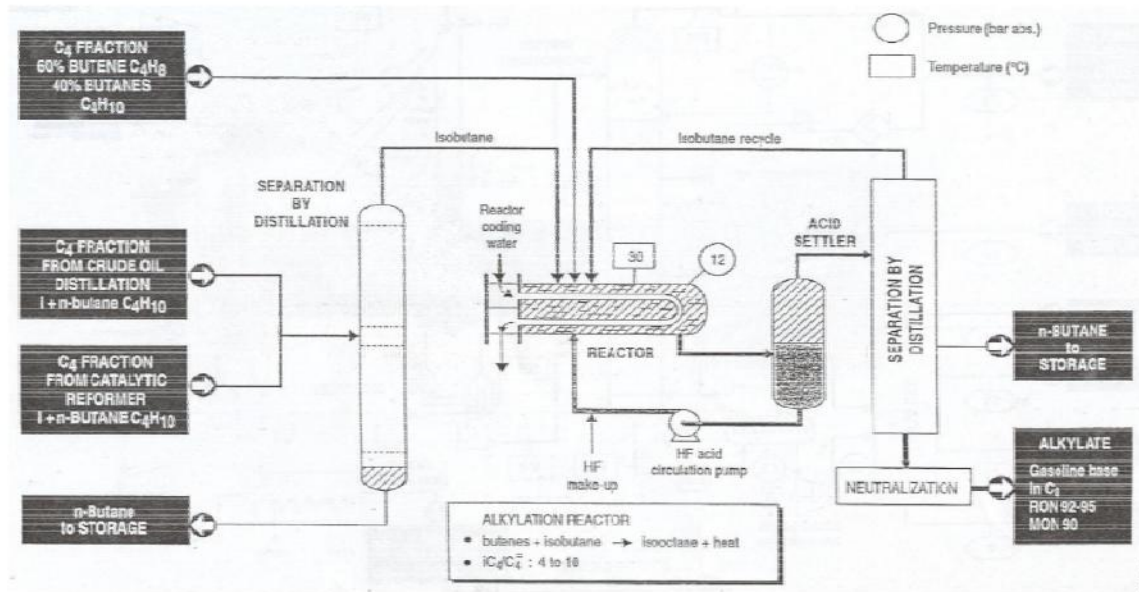
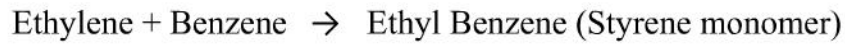
این فرآیند دارای انتخاب پذیری بالا می باشد و تبدیل در آن به صورت کامل انجام می گیرد. در این فرآیند کک به دلیل وجود هیدروژن تولید نمی شود.



شکل ۴.۹ فرآیند Hydrocracking

فرآیند آلکیلاسیون

این فرآیند شامل اضافه کردن ایزوبوتان بر روی بوتن است و محصول تولید شده بنزین غنی از ایزو پارافین C_8 با عدد اکتان بالاست.



شکل ۵.۹ فرآیند آلکیلاسیون

فرآیند تولید MTBE یا ETBE

این ماده از دو ترکیب بدست می آید:

(۱) یک الکل: متانول که از گازها، برش های نفتی و یا زغال سنگ تولید می شود و یا اتانول حاصل از

تخمیر

(۲) ایزوبوتن حاصل از:

✓ برش های C₄ واحد F.C.C

✓ برش C₄ حاصل از Steam cracker پس از استخراج بوتادی ان

✓ هیدروژن زدایی ایزوبوتان

✓ آب زدایی از tertio butyl alcohol (TBA)

1. *Abolhamd .G " Petroleum Refinery "*
2. *Nelson "Refinery Process "*
3. *<http://www.mech.nitech.ac.jp/~thermal3/formaldehyde.html>*
4. *Wikipedia , the online encyclopedia*
5. *www.majordrilling.com*