

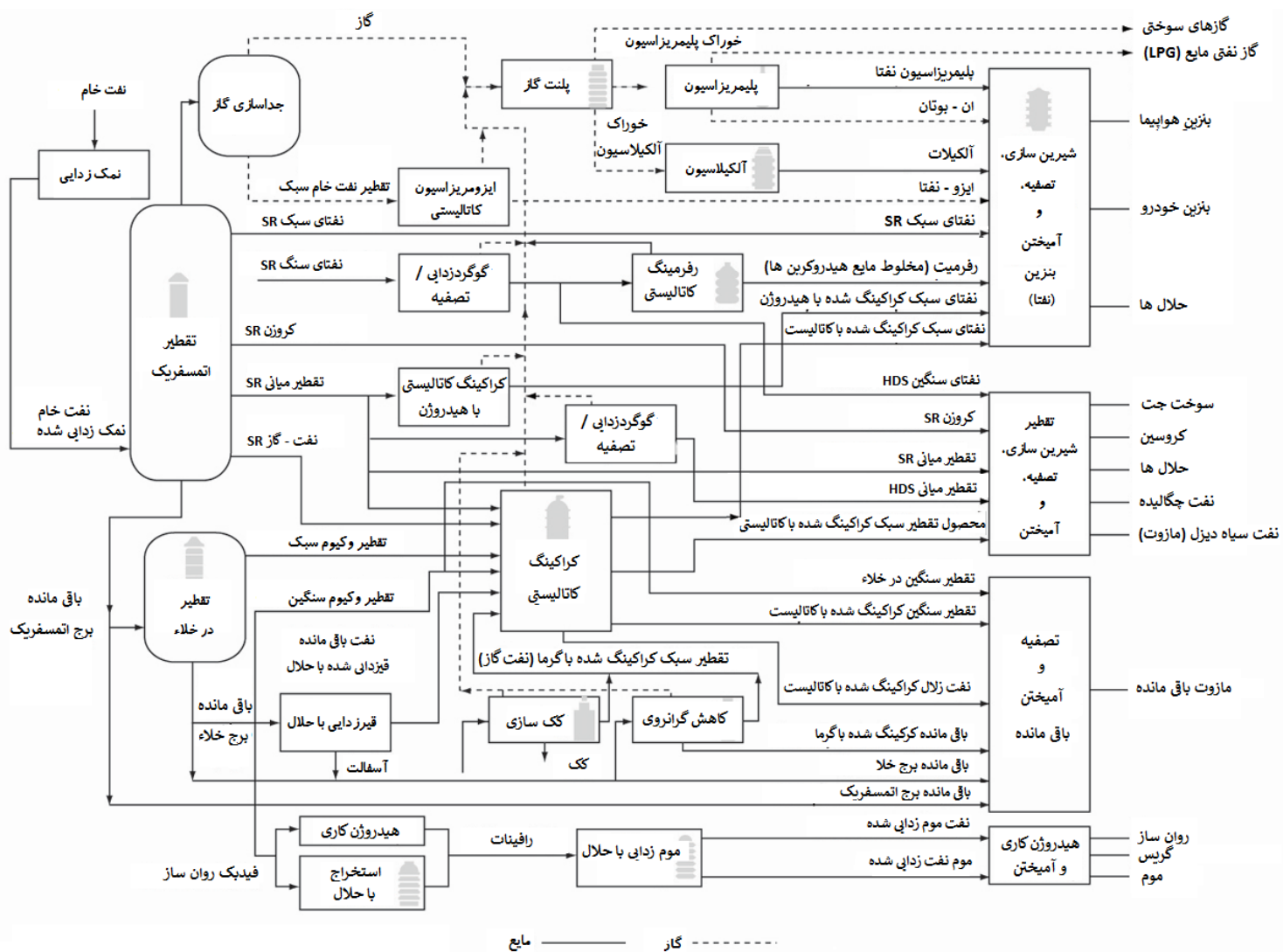
# پالایش نفت



اداره کل HSE و پدافند غیرعامل

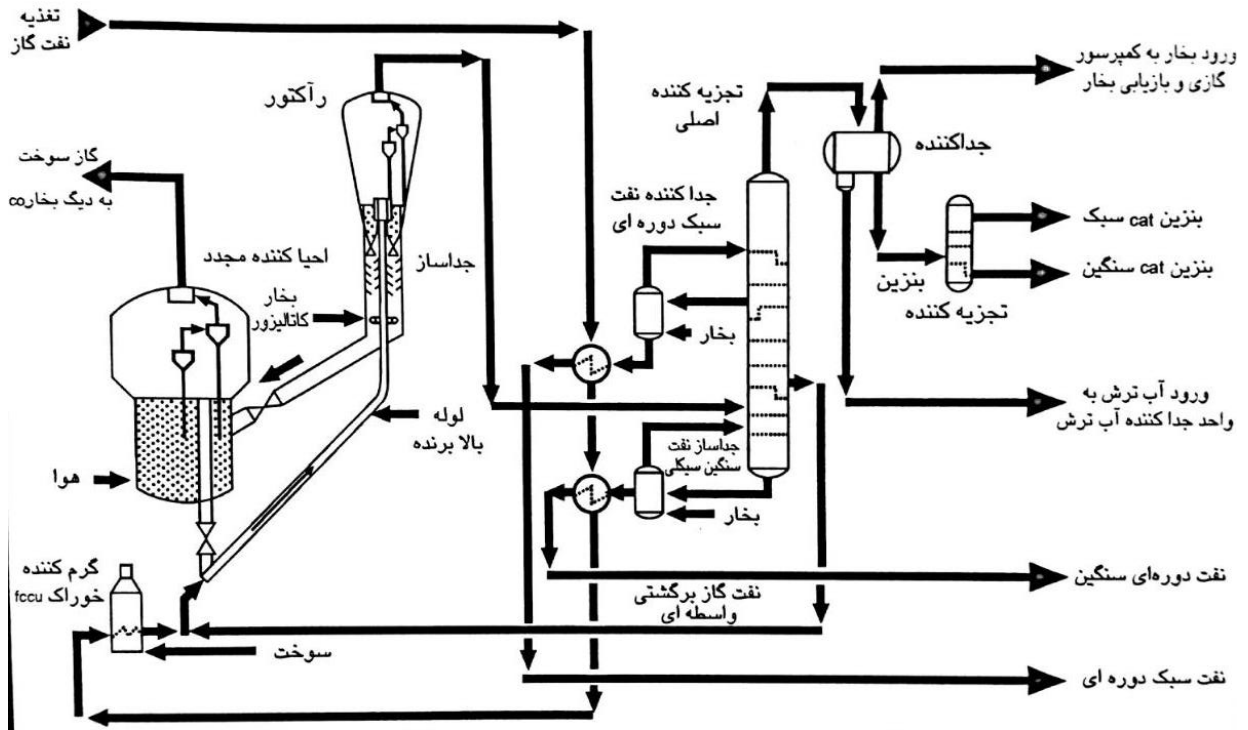
کارکنان پالایشگاه‌های نفت و همچنین کسانی که در حفاری، بارگیری و انتقال نفت فعالیت می‌کنند ممکن است تا حدی با نفت خام مواجهه داشته باشند. محصولات پالایش نفت شامل برخی مواد شیمیایی و نیز مخلوط از آنها است. هیدروکربن‌های نفت خام بطور عمده از سه گروه مواد شیمیایی تشکیل شده‌اند: ترکیبات آلیفاتیک/پارافین به‌همراه ساختارهای شیمیایی از هیدروکربنی اشباع، ترکیباتی از نوع نفتن به‌همراه ساختارهای شیمیایی حلقوی اشباع، و ترکیبات آروماتیک. همچنین نفت خام ممکن است بصورت آسفالتی، پارافینی، یا مخلوطی دسته‌بندی شود. نفت خام ممکن است شیرین یا ترش باشد. میزان دی‌سولفید هیدروژن ( $H_2S$ ) در نفت خام شیرین کمتر از 5 ppm است. نفت ترش میزان بسیار بیشتری  $H_2S$  دارد؛ در محل‌های حفاری غلظت  $H_2S$  در بالای سرچاه می‌تواند بین 50,000 ppm تا 180,000 ppm باشد.

فرآیندها در پالایش نفت شامل تقطیر، کرکینگ، فرآوری است (شکل ۱). تقطیر شامل جداسازی مخلوط‌های شیمیایی براساس نقطه جوش می‌باشد. کرکینگ شامل استفاده از گرما، کاتالیست، هیدروژن جهت شکستن (کرکینگ) مولکول‌ها به اجزاء شیمیایی کوچکتر یا بازترکیب مولکول‌ها و ایجاد ساختارهای شیمیایی مختلف یا بزرگتر می‌باشد. عملیات‌ها مربوط به فینیشینگ ممکن است شامل استخراج حلال‌ها، دی‌واکسینگ و هیدروژن کاری (hydro treating) باشد. پیش از تقطیر، ممکن است لازم باشد ناخالصی‌های متعددی از نفت خام جدا شوند؛ این ناخالصی‌ها ممکن است شامل شن، نمک، آب، و ترکیبات حاوی گوگرد باشد. گوگردزایی ممکن است از طریق احیاء هیدروژن و با استفاده از کاتالیست‌هایی نظیر نیکل، کبالت یا مولیبدن انجام گیرد. ساب‌سولفید نیکل، یک سرطانزا، ممکن است بطور بالقوه در این فرآیند وجود داشته باشد. جریان‌های گاز  $H_2S$  به واحد گوگرد انتقال می‌یابند تا گوگرد از آنها استخراج شود. به ندرت ممکن است در اثر کارکرد نامناسب شرایط عملیاتی، کربنیل فلزی خطرناک ایجاد شود. برخی از مثال‌های آن عبارتند از نیکل کربونیک و کبالت کربونیل که بطور بالقوه کشنده هستند.

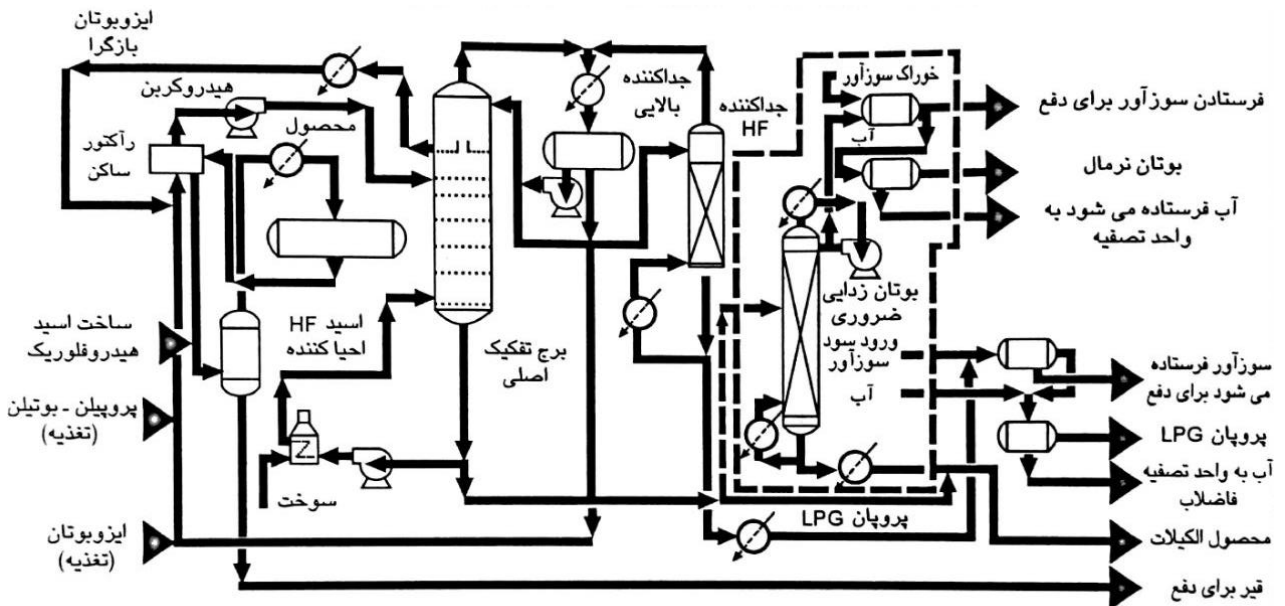


Source: OSHA 1996.

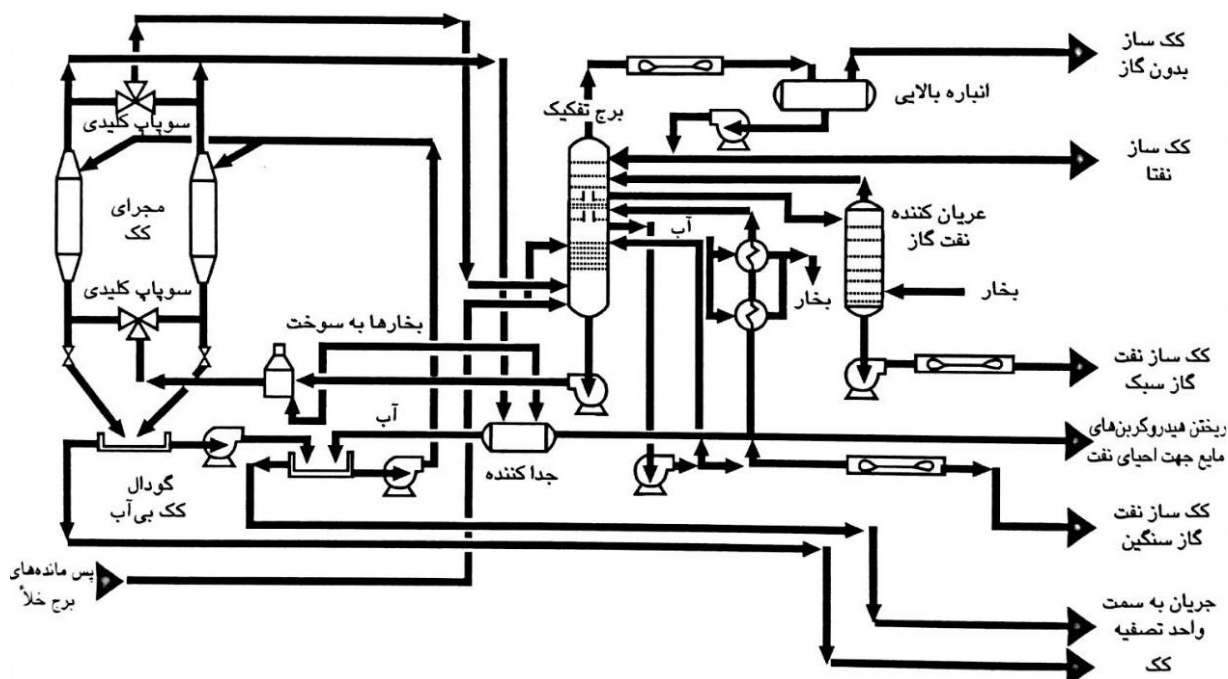
شکل ۱ نمودار ساده شده یک پالایشگاه



شکل ۲ واحد کراکینگ کاتالیزوری مایع



شکل ۳ واحد الکیل کردن اسید هیدروفلوئوریک



شکل ۴ واحد کک سازی دیررس

کارکنان پالایشگاه‌های نفت و همچنین کسانی که در حفاری، بارگیری و انتقال نفت فعالیت می‌کنند ممکن است تا حدی با نفت خام مواجهه داشته باشند. محصولات پالایش نفت شامل برخی مواد شیمیایی و نیز مخلوط از آنها است.

هیدروکربن‌های نفت خام بطور عمده از سه گروه مواد شیمیایی تشکیل شده‌اند: ترکیبات آلیفاتیک/پارافین بهمراه ساختارهای شیمیایی از هیدروکربنی اشباع، ترکیباتی از نوع نفتن بهمراه ساختارهای شیمیایی حلقوی اشباع، و ترکیبات آروماتیک. همچنین نفت خام ممکن است بصورت آسفالتی، پارافینی، یا مخلوطی دسته‌بندی شود. نفت خام ممکن است شیرین یا ترش باشد. میزان دی‌سولفید هیدروژن ( $H_2S$ ) در نفت خام شیرین کمتر از 5 ppm است. نفت ترش میزان بسیار بیشتری  $H_2S$  دارد؛ در محل‌های حفاری غلظت  $H_2S$  در بالای سرچاه می‌تواند بین 50,000 ppm تا 180,000 ppm باشد.

فرآیندها در پالایش نفت شامل تقطیر، کرکینگ، فرآوری است (شکل ۱). تقطیر شامل جداسازی مخلوط‌های شیمیایی براساس نقطه جوش می‌باشد. کرکینگ شامل استفاده از گرما، کاتالیست، هیدروژن جهت شکستن (کرکینگ) مولکول‌ها به اجزاء شیمیایی کوچکتر یا بازترکیب مولکول‌ها و ایجاد ساختارهای شیمیایی مختلف یا بزرگتر می‌باشد. عملیات‌ها مربوط به فینیشینگ ممکن است شامل استخراج حلال‌ها، دی‌واکسینگ و هیدروژن کاری (hydro treating) باشد. پیش از تقطیر، ممکن است لازم باشد ناخالصی‌های متعددی از نفت خام جدا شوند؛

این ناخالصی‌ها ممکن است شامل شن، نمک، آب، و ترکیبات حاوی گوگرد باشد. گوگردزدایی ممکن است از طریق احیاء هیدروژن و با استفاده از کاتالیست‌هایی نظیر نیکل، کبالت یا مولیبدن انجام گیرد. ساب‌سولفید نیکل، یک سرطانزا، ممکن است بطور بالقوه در این فرآیند وجود داشته باشد. جریان‌های گاز  $H_2S$  به واحد گوگرد انتقال می‌یابند تا گوگرد از آنها استخراج شود. به ندرت ممکن است در اثر کارکرد نامناسب شرایط عملیاتی، کربنیل فلزی خطرناک ایجاد شود. برخی از مثال‌های آن عبارتند از نیکل کربونیک و کبالت کربونیل که بطور بالقوه کشنده هستند.

نفت خام نوعاً در فشار اتمسفری تقطیر می‌شود تا در نقطه‌های جوش مختلف اجزاء مختلفی تولید شوند. مهمترین آنها عبارتند از گاز، نفتای سبک و سنگین، کروسین، نفت گاز سنگین، پارافین حاصل از تقطیر، پسمانده تقطیر. بنزن، تولوئن، و زایلین عمدتاً در جریان‌های نفتای سبک و سنگین وجود دارند. گرما و صدا رایج‌ترین عوامل زیان‌آوری هستند که کارکنان در این فرآیند با آن مواجهه دارند. به طور معمول، برای اجزایی از نفت خام که در فشار اتمسفری به نحو مطلوب تقطیر نمی‌شوند، به فرآیند تقطیر در خلاء (vacuum distillation) هدایت می‌گردند. اجزاء حاصل از تقطیر در خلاء شامل مواد اولیه ران‌ساز، مواد اولیه/ سوخت خوراک کراکینگ سنگین، و قیر ماقی مانده است.

در کراکینگ کاتالیستی، ممکن است از کاتالیست‌هایی نظیر سیلیکات آلومینیوم برای تولید بنزین از ترکیبات نفتی سنگین‌تر استفاده شود. مونواکسید کربن (CO) و سولفید هیدروژن ( $H_2S$ ) ممکن است محصولات بینابینی یا جانبی این فرآیند باشند. در این فرآیند ممکن است روغن‌های آروماتیک با نقطه جوش بالا ایجاد شوند که بعنوان تحریک‌کننده‌ها و سرطان‌زاهای پوست، کارکنان را در معرض خطرات بالقوه قرار می‌دهند. سطح تراز صدای ناشی از کوره‌ها، مبدل‌های حرارتی، شیرهای کنترل، دریچه‌های تخلیه (vents)، موتورهای الکتریکی، کمپرسورها، و توربین‌ها ممکن است از این نقطه به بعد در فرآیند پالایش، افزایش یابد.

پالایش بیشتر، نظیر استخراج با حلال، یا موم‌زدایی با حلال، منجر به تولید روغن‌های روان‌ساز، روغن معدنی سفید، موم نفت، و حلال استخراجی که ممکن است حاوی غلظت‌های بالایی از هیدروکربن‌ها آلیفاتیک چندحلقه-ای (PHAs) و سایر ترکیبات آروماتیک باشند (برخی از PHA ها، نه همه آنها، سرطان‌زاهای حیوانی یا انسانی هستند).

فرآیندهای هیدروژن کاری (Hydrogenation) محتوای آروماتیک محصولات پالایش را کاهش می‌دهند. برخی از جریان‌ها تقطیر ممکن است برای خوراک کراکینگ یا بعنوان حلال و سوخت مورد استفاده قرار گیرند. معمولاً نفت سنگین و باقی‌مانده‌های فرآیندهای کراکینگ مملو از ترکیبات آروماتیک هستند؛ ممکن است از آنها به تنهایی یا بصورت مخلوط با سایر مواد بعنوان سوخت صنعتی استفاده شود. باقی‌مانده و نفت‌های آروماتیک حاصل

از استخراج یا کراکینگ ممکن است بعنوان خوراک برای ایجاد قیر نفتی، کک نفتی، یا کربن بلک استفاده شوند؛ روغن‌های باقی‌مانده/آروماتیک ممکن است مستقیماً بعنوان روغن‌ها بسط‌دهنده لاستیک استفاده شوند. قیر (آسفالت) نفت ممکن است از تقطیر اتمسفریک نفت خام در دمای بالای  $500^{\circ}\text{C}$  تولید شوند. قیر نفت تأثیرات سرطانزایی بسیار کمی دارد. پس‌مانده یا مواد کف، چیزی است که پس از تقطیر ترکیبات با نقطه جوش پایین، باقی می‌مانند. این پس‌ماند به کک نفتی تبدیل می‌شود. تولید کک مستلزم حرارت‌دهی پس‌ماند تا دماهای بالا است که قیر را از روغن‌های سنگین (سوخت بونکری) جدا می‌کند. آنچه باقی می‌ماند کک نفتی است که دارای 99% کربن خالص در اندازه ذراتی با قطر کمتر از  $5\ \mu\text{m}$  است. ممکن است کک حاوی مقادیر کمی از ترکیبات PHA باشد. این کک بصورت مکانیکی به کامیون‌های جاده‌سازی یا سایر تاسیسات حمل و نقل، انتقال داده می‌شود. در صورتیکه کک بصورت دوغاب به مخازن ذخیره انتقال یابد، در مخازن، ممکن است اتمسفری با کمبود اکسیژن ایجاد شود زیرا کربن خیس بصورت فعال اکسیژن را جذب می‌کند.

پالایشگاه‌ها ممکن است مقادیر زیادی بخار تولید و مصرف نمایند. در برخی فرآیندهای تقطیر، بخار تزریق می‌شود تا جداسازی ترکیبات مختلف براساس نقطه جوش آنها، بهبود یابد. ترکیبات مختلف پالایش شده ممکن است برای تبدیل آب به بخار استفاده شود. خطرات بالقوه شامل مواجهه با مونواکسید کربن در بویلرها حین عملیات‌های بازرسی و نمونه‌برداری شامل می‌شود. استفاده از برج‌های خنک‌کننده با کاربرد مبدل حرارتی در پالایشگاه‌ها رایج هستند. مواجهات با مواد شیمیایی در این بخش شامل گاز کلر، مواد ضدخوردگی حاوی کروم، ضد باکتری، ضد جلبک، و سایر افزودنی‌ها می‌باشد. افزودنی‌ها بسیار مختلفی در سوخت‌های نفتی، روان‌سازها، و گریس‌های مخصوص ممکن است استفاده شوند. افرادی که مستقیماً با ساخت و تزریق فرمولاسیون‌های افزودنی‌ها در عملیات‌های مخلوط‌سازی سروکار دارند، ممکن است با این افزودنی‌ها مواجهه یابند.

### خطرات بالقوه

همانطور که از توضیحات کلی فوق در خصوص عملیات‌های استخراج و پالایش برمی‌آید، تعداد زیادی از مواجهات بالقوه ممکن است در صنعت نفت وجود داشته باشد. مواجهات فردی که کارگر با آن مواجهه است به شغل وی بستگی دارد. مسیرهای مواجهه عمدتاً تنفسی و پوستی است. بنابراین، حفاظت از کارکنان مستلزم اطلاع از شغل خاص و فرآیند، مواد شیمیایی خاص، و مسیر مواجهه است.

عمده‌ترین نگرانی در مورد مواد شیمیایی بالقوه سمی است که پتانسیل ایجاد سرطان دارند. البته، بطور کلی ریسک ابتلا به سرطان در صنعت نفت کم است. در سه یا چهار دهه گذشته به دلیل کنترل‌های مهندسی و اطلاع بهتر از مواد شیمیایی که ریسک بالقوه سرطان‌زایی دارند، ریسک ابتلا به سرطان پایین بوده است. پالایش از طریق استخراج با حلال بمنظور جداسازی ترکیبات آروماتیک و هیدروژن‌کاری آروماتیک‌ها بمنظور اشباع کردن ترکیبات،

## پالایش نفت

مواجهه با سرطان‌زاهای بالقوه را کاهش می‌دهد. در کارخانجات قدیمی تر نفت، برخی سازه‌ها دارای آزیست هستند؛ لذا این عامل بالقوه دیگری برای مواجهه است.

برخی از ترکیبات استخراج شده با حلال و محصولات تقطیر با کراکینگ در دمای بالا و باقی‌مانده‌ها در پوست موش سرطان‌زا هستند. جریان‌های فرآیند پالایش نفت احتمالاً به میزان 5% وزنی یا بیشتر حاوی هیدروکربن‌های آروماتیک چهار تا شش حلقه‌ای کاندنسیت هستند که یکی از نگرانی‌های بالقوه است. این باور وجود دارد که این گروه محدود از مواد PHAs حاوی تمامی ترکیبات پالایشی است که قابلیت بالقوه سرطان‌زایی دارند. روغن‌های با دمای جوش بالاتر از 370 °C در پوست موش سرطان‌زا شناخته شدند؛ اجزائی که نقطه جوش کمتر از این مقدار دارند، سرطان‌زا نبودند. ترکیبات PHAs ترکیبات آلی هستند که از سه حلقه آروماتیک یا بیشتر تشکیل شده‌اند و تنها دارای کربن و هیدروژن بوده و یک جفت اتم کربن را به اشتراک می‌گذارند. ممکن است این ترکیبات در نفت خام وجود داشته باشند. آنها ممکن است در اثر پیرولیز یا سوختن ناقص نفت، قیر، قطران، و کک ایجاد شوند. اغلب PHA های سرطان‌زا، در ساختار شیمیایی خود دارای پنج یا شش حلقه هستند. با وجود محصور و بسته بودن فرآیندهای پالایشی، مواجهه تنفسی با مخلوط‌های سنگین حاوی ترکیبات PHA نسبتاً پایین است.

بنزن یک سرطان‌زای شناخته شده انسانی است که در مقادیر کافی ریسک ابتلا لوکمی حاد (سرطان خون) را افزایش می‌دهد. بنزن در اجزاء تقطیر فرآیند تولید بنزین یافت می‌شود. سابقه حضور نیتروزآمین در سیالات فلزکاری نظیر روغن معدنی (آب صابون) وجود دارد. سیالات فلزکاری از اجزاء تقطیر سنگین تر و با فراریت کمتر نفت خام حاصل می‌آیند.

درماتیت و تحریک پوستی یک دیگر از خطرات شیمیایی برای کارکنان صنعت نفت است. ترکیبات آلکیل‌آریل پلی‌اتر، برخی از ترکیبات آلکیل‌آریل سولفونات، اتیلن دی‌آمین، آلکیل آمین و گلیکول استر تحریم کننده‌های پوست هستند.

### خلاصه

بطور کلی، صنعت نفت مشتمل بر عملیات‌ها، مشاغل و شرایط مواجهه بسیار متنوعی است. مشخصه‌های بهداشتی و اثرات بالقوه بر سلامت کارکنان برای تعداد بسیار زیادی از مواد شیمیایی هنوز بطور کامل بررسی و شناخته نشده است، هرچند بر اساس نتایج کلی حاصل از مطالعات موجود، شواهدی مبنی بر افزایش شدید ریسک ابتلا به سرطان در کارکنان پالایشگاه نفت وجود ندارد.

ریسک ابتلا به عوارض غیرسرطانی نظیر تحریک و حساسیت پوست و درماتیت وجود دارد. سایر ریسک‌های غیرسرطانی مستلزم مطالعات بیشتر است از جمله بیماری‌های ریوی، کلیوی و اثرات بر سیستم اعصاب مرکزی و دستگاه تولیدمثل.



فقدان ارزیابی مواجهه دقیق یکی از عوامل عمده در مسیر مطالعات با کیفیت اپیدمیولوژیک است. واضح است که تعهد به پایش دقیق، مداوم و بلندمدت مواجهات کارکنان با عوامل زیان‌آور در سالیان متمادی، به میزان قابل توجهی توانایی پاسخ به برخی عدم قطعیت‌های موجود در خصوص اثرات زیان‌آور بالقوه مواجهات با عوامل شیمیایی در صنعت نفت را فراهم می‌نماید.