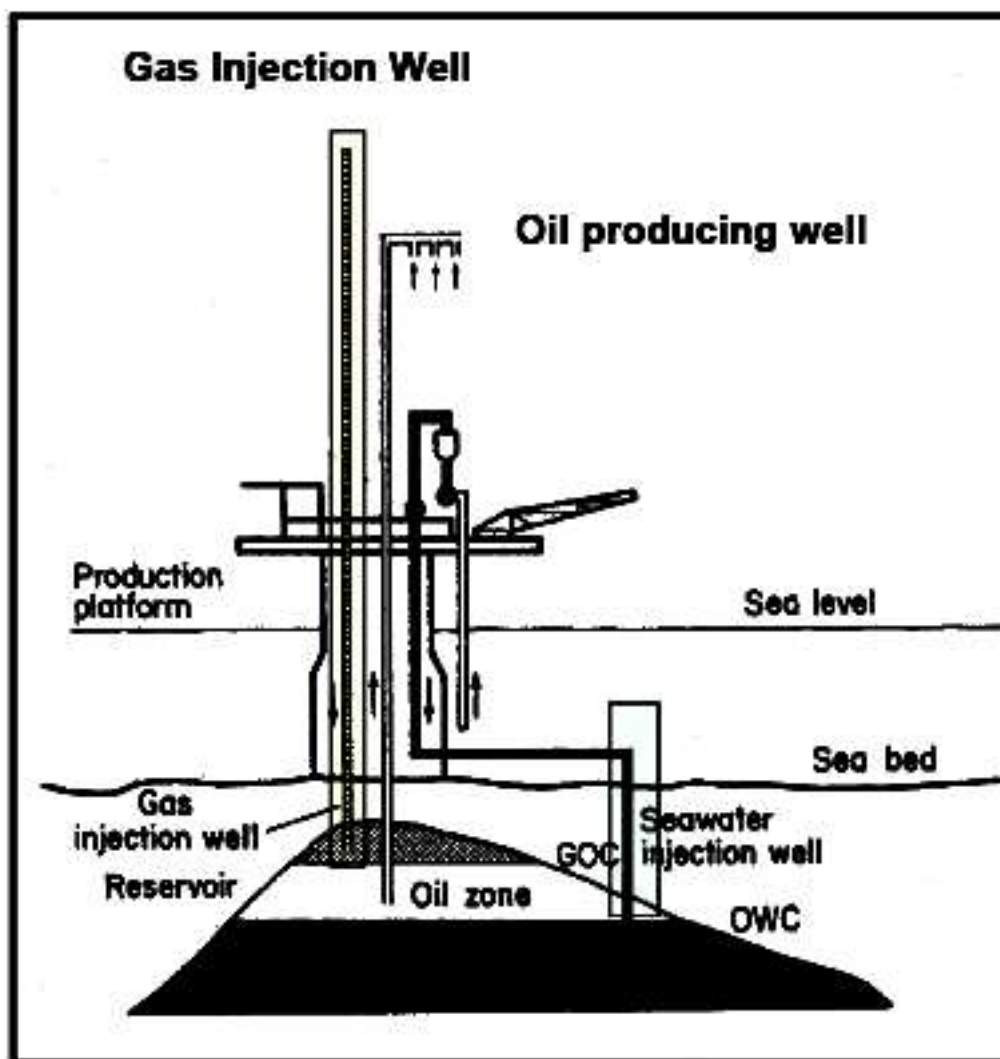


تزریق گاز : (Gas Ingection)

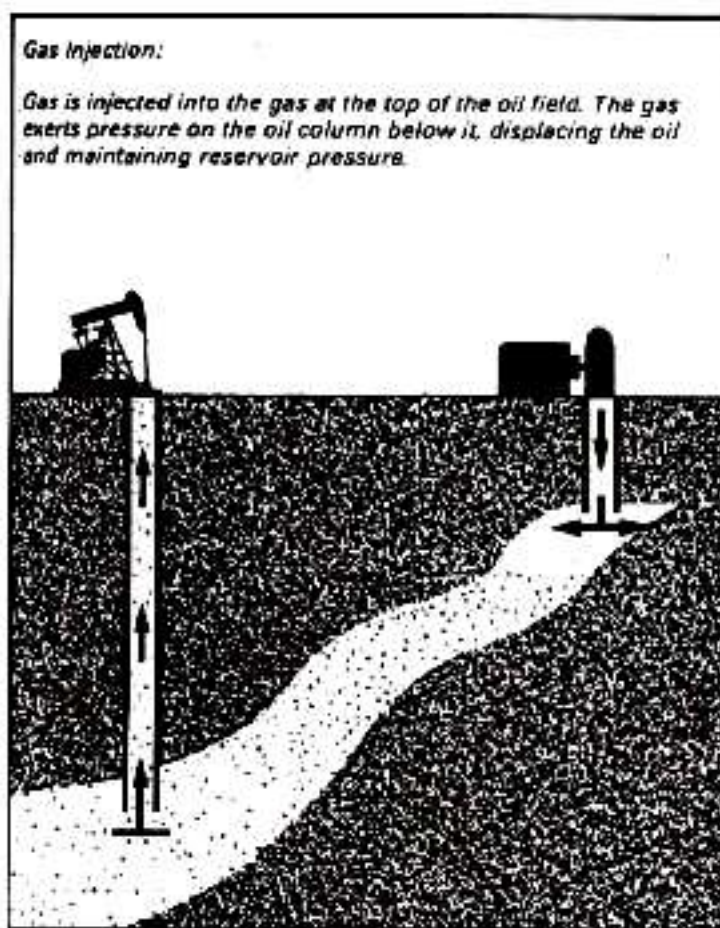
روش تزریق گاز به دو صورت امتزاجی و غیر امتزاجی صورت می گیرد . در روش امتزاجی ، گاز طبیعی با افزودن ترکیبات هیدروکربنی میانی C_2-C_4 غنی می شود ؛ به طوری که بخش غنی شده گاز تزریقی که در ابتدای کار تزریق می گردد ، با نفت مخزن امتزاج یافته و آن را از درون خلل و فرج سنگ مخزن به طرف چاه های تولیدی هدایت می کند . راندمان افزایش بازیافت در این روش ، بیشترین درصد را به خود اختصاص می دهد و اگر سنگ مخزن دارای خواص همگن و یک دست و تراوایی آن نیز مناسب باشد ، به ۶۵ - ۷۵ درصد حجم نفت باقی مانده ، می توان دست یافت .



تزریق گاز در مخازن نفتی

در روش غیر امتزاجی ، گاز به مخازن نفتی تزریق می گردد که این تزریق نسبتاً ارزان است و در تعدادی از مخازن نفت خیز خشکی و دریایی ایران اعمال می گردد . در این روش ، گاز تزریقی در قسمت بالای مخزن متراکم می شود و فشار مخزن را افزایش می دهد و حرکت نفت را سهولت می بخشد .

باید توجه داشت که لزومی ندارد گاز تزریقی حتماً از نوع ترکیبات هیدروکربنی باشد . در کشور های صنعتی ، از گاز های خروجی از تاسیسات بزرگ صنعتی که بخش اعظم آن را دی اکسید کربن تشکیل می دهد ، برای تزریق استفاده می شود . در این روش ، حتی راندمان بالاتر از تزریق گاز های هیدروکربنی است و فواید زیست محیطی نیز در پی دارد .



فرایند های جابجایی امتزاجی

تزریق امتزاجی گاز در فرایند های جابجایی امتزاجی :

این فرایند از طریق یک حلال مانند الکل ، هیدروکربن های تصفیه شده گازهای هیدروکربنی مایع شده و دی اکسید کربن که بتواند در نفت مخزن حل شود ، انجام می شود.

تزریق گاز در مخازن نفتی

تزریق حلال سبب کاهش نیروهای موئینه که باعث اقامت نفت در منافذ سنگ های مخزن هستند می شود. برای شکستن مخلوط نفت - حلال پس از تزریق حلال ، تزریق مایع یا گاز انجام می شود .

عملیات جابجایی امتزاجی به چهار گروه تقسیم می شود:

الف) فرایند توده امتزاج پذیر (Miscible Slug Process)

ب) فرایند غنی از گاز (The Enriched.gas Process)

ج) فرایند گاز رقیق با فشار بالا (The High Pressure / Lean gas)

د- فرایند دی اکسیدکربن و حلال (The Mutual Solvent And Carbon Dioxide Process)

الف) فرایند توده امتزاج پذیر :

تزریق توده ای از هیدروکربن های مایع که حجم آن برابر نصف حجم منافذ مخزن است ، انجام می گیرد . پس از تزریق این توده ، گاز یا مایع به مخزن تزریق می شود .

ب) فرایند غنی از گاز :

در این فرایند تزریق توده غنی از گاز طبیعی (به اندازه ۲۰-۱۰ درصد حجم منافذ مخزن) انجام می گیرد و به دنبال تزریق توده ، تزریق کمی گاز و آب به مخزن انجام می پذیرد . این فرایند در محدوده فشار ۱۷۰۰-۳۰۰۰ Psia کاربرد دارد .

ج) فرایند گاز رقیق :

در این فرایند تزریق گاز رقیق نسبت به C_2-C_6 با فشار بالا انجام می گیرد ، که معمولاً سبب کاهش تبخیر نفت خام و تشکیل یک فاز امتزاجی بین مخزن نفت و گاز می شود. این گاز شامل ترکیبات C_2-C_6 از نفت به گاز منتقل می شود .

د - فرایند دی اکسید کربن و حلال :

این فرایند شامل تزریق حلالها از جمله الکل می شود. این حلال باید قابلیت امتزاج در نفت مخزن و آب را داشته باشد . این حلالها در مخزن نفت تشکیل یک فاز می دهند و برای ابقاء این فاز غلظت حلال باید زیاد باشد .

تزریق گاز در مخازن نفتی

در فرایند دی اکسید کربن ، مکانیزم دی اکسید کربن قابل امتزاج در نفت ، مانند مکانیزم فرایند گاز رقیق با فشار بالا می باشد . تحت شرایطی از فشار، دما و ترکیب نفت مخزن ، دی اکسید کربن یک جبهه امتزاج پذیر بوجود می آورد که مایع امتزاج پذیر را به حرکت در آورده و برای جابجایی نفت و رانش آن به طرف چاه های تولید مؤثر می باشد . دی اکسید کربن می تواند در دمای نرمال مخزن و در فشار کمتر از ۱۵۰۰ PSI امتزاج پذیر باشد . وجود ناخالصی در دی اکسید کربن ، مانند نیتروژن و متان ، فشار امتزاج پذیری را افزایش می دهد در حالی که وجود ناخالصی ها مانند پروپان و سولفات هیدروژن این فشار را برای رسیدن به امتزاج پذیری کاهش می دهد. استفاده از میکروارگانیزم های انتخاب شده و مواد حاصل از متابولیسم نیز برای تحرک و تولید نفت ، مسئله بسیار جالبی است که اخیراً در جهان مطرح شده است . در این روش از طریق میکروارگانیزم به درون مخزن و جابجایی نفت توسط مواد حاصل از متابولیسم این موجودات استفاده می گردد. این عمل بعد از جابجایی ثانویه انجام می گیرد و برای این است که نفت باقیمانده را کاهش دهند . این روش ازدیاد برداشت تحت عنوان (Microbial Enhance) recovery (M.E.O.R) (۰,۲) نامگذاری شده و به روش های معمول E.O.R شباهتی ندارد که در پایان مفصل مورد بحث قرار می گیرد . متأسفانه پروسه های E.O.R برای کاربرد نیاز به سرمایه گذاری اولیه و مدیریتی با دقت دارند ، در حالی که سرعت افزایش بازیابی نفت کم و از نظر زمانی طولانی است . بنابراین فرایند های E.O.R نیاز به یک دگرگونی از نظر اقتصادی و پیش بینی به دلیل سرعت کم در بازگشت سرمایه دارند . یک مخزن ابتدا به وسیله ارزیابی از نفت اشباع ، وضع و ساختمان طبقات زمین (Stratigraphy) و هیدرولژی (آب شناسی) شناخته و مشخص می شود و بر اساس نحوه سهولت انجام پروژه های E.O.R بر روی مخزن بررسی می گردد. اگر چه همه مسائل و مشکلات در رابطه با فرایند های E.O.R سبب تردید در استفاده از آنها می شود.

اما دو دسته از روش های E.O.R تا کنون موفق بوده اند که عبارتند از :

- سیلاب زنی دی اکسید کربن

- بازیابی با روش های حرارتی .

تزریق گاز در مخازن نفتی

عامل بالقوه برای افزایش بازیابی نفت به وسیله روش های دیگر E. O. R نیز وجود دارد و به هر حال برای اینکه ازدیاد برداشت نفت اقتصادی باشد بایستی آزمایشها و ارزیابی به طور مداوم انجام گیرد .

عوامل مؤثر در افزایش بهره وری :

طی زمان تولید از مخزن نباید اجازه داد که انرژی مخزن به هدر رود و نفت به تله بیفتد و در مخزن باقی بماند . این کوششی است که در روش های بهره وری ثانویه به وسیله تزریق آب و یا گاز صورت می گیرد و نتیجه آن تثبیت فشار و فشار افزایشی مخزن خواهد بود، لیکن علیرغم همین عملیات ، اگر نفت در خلل و فرج مخزن باقی بماند ، باید به طریقی آن را به حرکت درآورد . شیوه های مختلف بهره وری یا بهره افزایشی (Enhanced Recovery) بر اساس از بین بردن یکی از عوامل فیزیکی که عمدتاً باعث نگهداری نفت در خلل و فرج می شوند ، ابداع گردیده است . در این میان کشش سطحی (I.F.T) مهمترین عاملی است که باعث باقیماندن نفت در خلل و فرج مخزن می شود . کاهش کشش سطحی با افزایش فشاریاتیبیت صورت می گیرد و همچنین اضافه نمودن مواد شیمیایی قابل امتزاج با نفت برای تغییر کشش سطحی و یا چسبندگی آنها (Interfacial -Tension) و (Wettability) و کم نمودن ویسکوزیته (گرانیروی) سیالات انجام می گیرد. ضمن اینکه راندمان جارو کردن (Sweeping) و یا گرانیوتر نمودن (Viscous) سیال جابجا کننده نسبت به جابجا شونده با اضافه نمودن پلیمرها امکان دارد.

انواع روشهای بهره وری جدید :

شیوه های بهره وری را می توان به دو دسته عمومی تقسیم نمود:

- روشهای بهره وری نفت سبک

- فرایندهای حرارتی برای نفت های سبک و گرانیرو .

البته موارد استثنا نیز وجود دارد، مثلاً رانش با سوزاندن در جا (Insitu Combustion) برای مخازن نفت سبک هم بکار رفته است . روشهای بهره وری سبک شامل روشهای رانش با گاز قابل امتزاج (Gas Drive Process) می باشد که رانش با گاز متان ، گاز غنی، گاز مایع و بلاخره تزریق CO₂ را در بر می گیرد که همگی در جهت کاهش و یا از بین بردن کشش میانروییه ای است.

تزریق گاز در مخازن نفتی

فرآیند رانش با گاز قابل امتزاج (MISCIBLE PROCESS)

تئوری امتزاج :

اختلاط یکدست دو سیال با هر نسبت دلخواه بطوری که هیچ گونه سطح جدایی بین دو سیال مشاهده نشود را امتزاج دو سیال می گویند. چنانچه دو سیال در تمام نسبت ها قابل اختلاط نباشد ، آنها را غیر قابل امتزاج می گویند . این امر به فشار و دما و همچنین به درصد مواد مختلف مورد اختلاط بستگی دارد. متان ، پروپان و... خاصیت اختلاط با نفت را دارا می باشند و اساس تزریق امتزاجی را تشکیل می دهند. طرز عمل چنین است که با استفاده از حداقل مقدار حلال بعنوان پیشرو در صف مقدم، تماس حلال با نفت صورت گرفته و به دنبال آن گاز با فشار بالا برای حرکت دادن نفت به طرف چاه های تولید استفاده می شود. حلال پیشرو که در صف مقدم تماس است باید دارای چنان خواصی باشد که از یک طرف قابلیت امتزاج با نفت را داشته باشد تا بتواند آنرا در خود حل نماید و به طرف جلو براند و از طرف دیگر قابلیت امتزاج در گاز خشک پشت جبهه را داشته باشد که بتواند آنرا بدنبال خود بکشد. این جبهه گاز قابل امتزاج (Miscible Bank) قادر به جابجا نمودن قسمت اعظم نفت مقابل خود می باشد و این حالت بر خلاف رانش عادی گاز غیر قابل امتزاج است و گاز همزمان حرکت می نمایند و درصدی از نفت پشت جبهه گازی باقی می ماند . در تزریق امتزاجی فقط یک فاز در یک نقطه معین جریان می یابد بطوری که فقط نفت جلوی جبهه و تنها گاز در پشت جبهه جریان دارد .

خاصیت چسبندگی و اندازه خلل و فرج ، در جابجایی نفت بوسیله گاز نقش مؤثری خواهد داشت . در عمل جابجایی نفت توسط گاز به علت آنکه گاز اصولاً تمایل چندانی به چسبیدن به جدار سنگ را ندارد ، بیشتر سعی می کند از مرکز فضای پر شده از نفت عبور کند، نتیجه آنست که گاز که قابلیت تحرک بیشتری از نفت را دارد از وسط نفت عبور کرده و عمل جابجایی را بطور کامل انجام نمی دهد و نفت را پشت سر خود باقی می گذارد . از طرف دیگر آب برعکس گاز به علت آنکه تمایل زیادتری به چسبیدن به جدارهای سنگ را دارد ، در عمل قدرت جابجایی بیشتری دارد .

تزریق گاز در مخازن نفتی

عمل تزریق امتزاجی، فشار موئین (Capillary Pressure) را به طور کلی از بین می برد و در نتیجه با از بین رفتن کشش سطحی بین نفت و سیال جابجا کننده، تمامی یا حداکثر نفت محبوس شده در منافذ سنگ مخزن استخراج خواهد شد. لازم به توضیح است که در تزریق امتزاجی بر عکس عمل جابجایی بوسیله آب، امکان دستیابی به منافذ کوچک و بن بست، محدود بوده و در بعضی موارد غیر ممکن است. به همین دلیل معمولاً در اوایل عمر یک مخزن که درجه اشباع نفت زیاد است با بهره گیری از عمل جابجایی آب، حداکثر نفت قابل دستیابی را استخراج می کنند و پس از آن با عمل تزریق امتزاجی باقیمانده آن را بیرون می آورند. در مواردی هم که عمل جابجایی با گاز انجام می شود، در خاتمه عمل می توان نفت باقیمانده را به کمک حلالها استخراج نمود. معمولاً پروپان یا مخلوطی از پروپان و اتان یا بوتان به صورت گاز مایع شده نفت (L.P.G) برای این منظور بکار می رود.

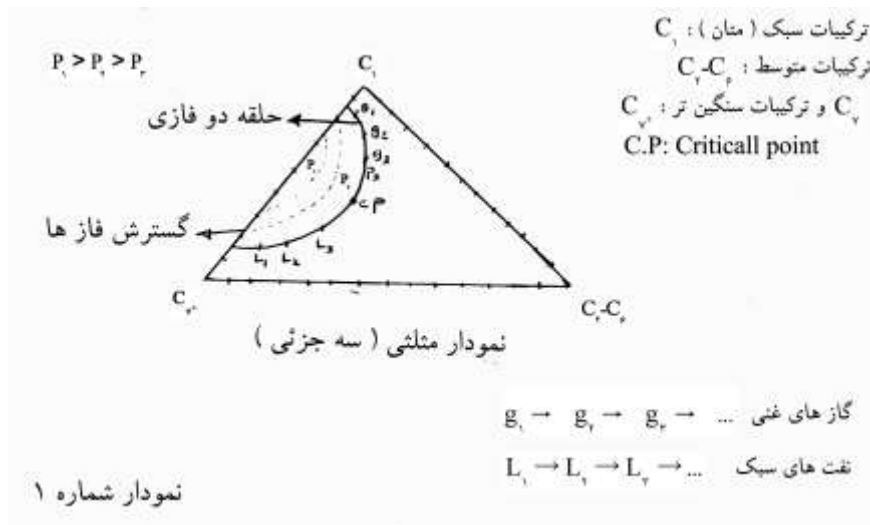
شرایط امتزاج :

همانطور که گفته شد، اختلاط یکدست سیال وقتی صورت می گیرد که کشش سطحی صفر شود. این اختلاط بستگی به دما، فشار و ترکیب سیال دارد. برای روشن شدن این مطلب از نمودار سه جزیی یا نمودار مثلثی که تقریبی از ترکیب هیدروکربورهای سبک و متوسط و سنگین می باشد، می توان استفاده نمود.

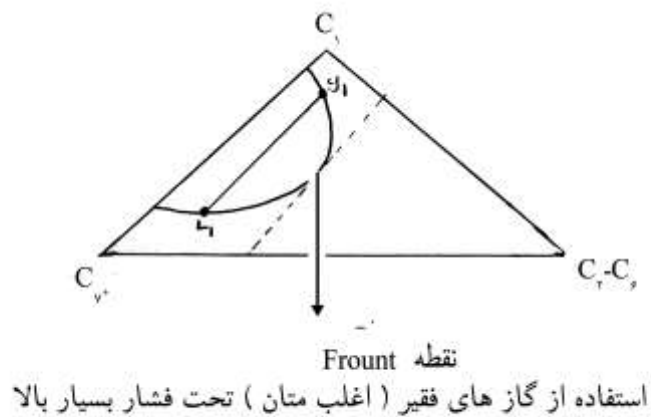
انتقال مواد در نمودار سه جزیی :

اگر گاز با ترکیب C_1 (گاز سبک) به نفت مخزنی با ترکیبات (C_2-C_7) تزریق گردد به محض تماس نفت با گاز ترکیب میانی در نفت به وسیله گاز در مسیر خط اشباع بخار (P_1, P_2, P_3) تبخیر خواهد شد تا زمانی که به نقطه بحرانی برسد. منطقه بینابین گاز غنی شده ای که بدین صورت بوجود می آید، قابل امتزاج با نفتی که دارای ترکیبات (متوسط) می باشد، خواهد بود. در عمل قسمت کوچکی از حجم نفت در نواحی نزدیک چاه های تزریق با سیلاب زنی امتزاجی قابل برداشت خواهد بود چرا که اجزای میانی خود را از دست خواهد داد و ترکیبی خواهد شد که در طول خط اشباع نفت (L_1, L_2, L_3) حرکت خواهد کرد. (نمودار ۱)

تزریق گاز در مخازن نفتی

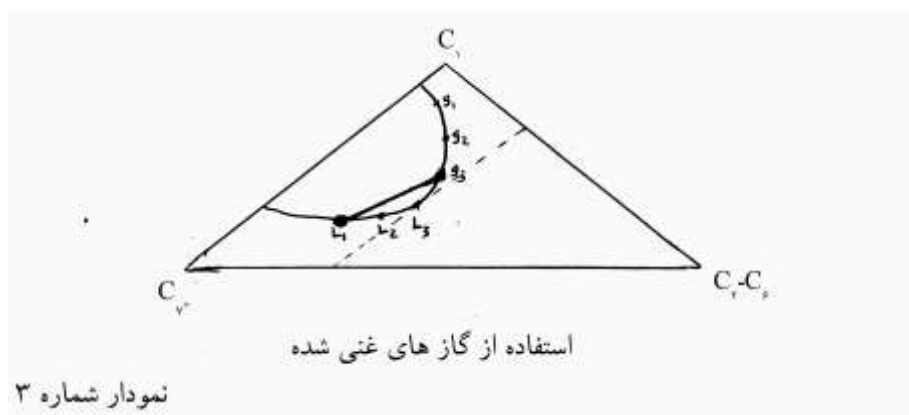


حال اگر گاز با ترکیب (C_1) را در مخزنی با ترکیب (C_{v+}) تزریق نمائیم در این مورد انتقال مواد اجزای مختلف در نفت و گاز صورت خواهد گرفت تا تماس گاز و نفت با ترکیب (L_1, L_2) نتیجه خواهد شد خط متصل کننده با نسبتهای تعادل دو سیال مربوطه، ترکیب، درجه حرارت و فشار آنها تعریف خواهد شد. چنین جابجایی غیر قابل امتزاج خواهد بود و درصدی از نفت به علت فشار موئین و کشش سطحی در پشت جبهه جابجا کننده باقی خواهد ماند. قابلیت امتزاج را در این حالت می توان با استفاده از گازهای غنی یا با افزایش فشار همزن که باعث می شود حلقه فازها کوچکتر شود بوجود آورد. (شکلهای ۱ و ۲ و ۳)



نمودار شماره ۲

تزریق گاز در مخازن نفتی



حال اگر گاز غنی شده ای در نظر بگیریم که با نفت منطقه (C_{v+}) تماس حاصل نماید در اثر تماس و تبادل جرم ، ترکیبات گازی که وزن متوسط دارند جذب نفت می شود و در نتیجه نسبت ترکیبات گاز و نفت تغییر می کند . پس از چندین تماس متوالی گاز غنی شده با نفت ترکیب سنگین با جذب مواد متوسط الوزنی که پس از مدتی به نفتی در شرایط بحرانی تبدیل می شود ، یعنی هر دو فاز گاز و نفت یکی شده و امتزاج صورت می گیرد . باید توجه داشت در حالی که در صف مقدم جبهه ، گاز تزریق شده با نفت مخزن قابل امتزاجند هر چه که از این محل دور شویم گاز و نفت ترکیباتی نزدیکتر به ترکیب اولیه خود داشته و غیر قابل امتزاجند . حلقه دو فازی در نمودار سه جزئی ، تابع فشار و درجه حرارت است . چنان که در شکل های ۱ و ۲ و ۳ دیده می شود ، در شرایط فشار کمتر ، حلقه دو فازی بزرگتر است و این بدان معنی است که گاز غنی تری برای ایجاد شرایط امتزاجی مورد نیاز است . به همین دلیل بالا بودن فشار مخزن در جایی که گاز غنی موجود نیست به موفقیت عمل کمک می کند.

انواع تزریق امتزاجی :

با توجه به نمودار سه جزئی شرایط مخزن و ترکیب درجه حرارت و فشار آن و ترکیب گاز تزریقی ، تعاریف مختلف برای انواع تزریق گاز وجود دارد .

تزریق در فشار بالا :

تزریق گاز در مخازن نفتی

در این حالت امتزاج به وسیله گاز رقیق (Lean) با افزایش فشار مخزن حاصل می‌گردد. مکانیزم تزریق گاز طبیعی در فشار بالا در مخازنی که نفت فرار دارند می‌تواند منجر به جابجایی امتزاجی نفت مخزن گردد. هیدروکربورهای میانی (اتان تا هگزان) از نفت اطراف چاه‌های تزریقی تبخیر شده و به سوی فاز گاز تزریق می‌رود تا زمانی که گاز به اندازه ای غنی شود که بتواند با نفت دست نخورده ممزوج گردد. به عنوان جزئی از فاز قابل امتزاج جدید، تمام نفت از سنگها جدا گشته و عملاً به وسیله گاز جارو می‌شود. فشار لازم برای امتزاج نفت مخزن و گاز طبیعی بستگی به مقدار هیدروکربورها در نفت و ترکیب گاز دارد. این فشار را می‌توان از نمودارهای مربوطه که بر روی نفت‌های مختلف تهیه شده، تخمین زد. این شیوه، رانش گاز تبخیر شونده نیز خوانده می‌شود.

تزریق امتزاجی با گاز غنی شده :

بطور کلی، فشارهایی که برای امتزاج متان و گازهای رقیق با نفت خام مخزن لازم است بالاتر از فشار عادی عملکرد مخزن می‌باشد. برای اینکه بتوان به امتزاج در فشارهای پایین‌تر رسید، گاز جابجا کننده باید با پروتان و یا بوتان غنی گردد تا قابلیت امتزاج فراهم شود. امتزاج با نفت در این روش به وسیله گاز غنی شده حاصل می‌گردد. نفت جابجا شده مرتباً با حلال جدید، یعنی اجزای میانی با فرآیندی به نام تماس چند جانبه تماس حاصل می‌کند تا به امتزاج پویا یا شرطی برسد. این انتقال هیدروکربورهای میانی عمدتاً از طریق چگالش (Condensation) گاز صورت می‌گیرد. این نوع مکانیزم، رانش گاز چگالنده (Codensing Gas Drive) نیز خوانده می‌شود. رابطه بنهام می‌تواند مبنایی را برای تخمین ترکیب گاز لازم برای امتزاج به دست دهد که در این مورد بحث بیشتری خواهیم داشت.

امتزاج لخته ای :

وقتی که غنای کافی در گاز وجود داشته باشد گاز جابجا کننده با نسبتها ممزوج خواهد شد. این فرآیند معمولاً درصد بالایی مایع لازم دارد و کاربرد آن به طور کلی محدود به مواردی است که لخته ای باریک می‌تواند بین نفت و گاز باشد. این فرآیند در واقع عمل امتزاجی مایع با مایع است که در آن حجمی از پروپان مایع یا LPG و یا حلال دیگر تزریق می‌شود و متعاقب آن

تزریق گاز در مخازن نفتی

برای جلوگیری از خوردگی و فرسایش تجهیزات و همچنین برای جلوگیری از تشکیل رسوبات و گرفتگیها، گاز متراکم تزریق می کنند. مایع تزریق شده اول که قابلیت امتزاج با نفت را دارد آن را به طور کامل جابجا نموده و به جلو می راند. برای مخازنی که فشار آنها کمتر از ۲۰۰۰ پوند باشد جبهه ای از LPG مایع به طور کامل لازم است تا بتوان به جابجایی امتزاجی دست یافت. این جبهه (LPG) را نیز می توان به طریقی ممزوج با گاز جابجا نمود. فشاری که برای متان لازم است تا با (LPG) ممزوج شود بستگی به ترکیب (LPG) و درجه حرارت مخزن دارد. برای پروتان و بوتان به ترتیب فشار امتزاج بالاتر لازم است تا بتواند پروپان و بوتان را به طریقی ممزوج جابجا نماید. فشار لازم برای جابجایی ممزوج جبهه معینی از پروپان و بوتان در آزمایشگاه تعیین می شود.

بازگردانی گاز میعانی :

در مخازن میعانی عمل تزریق مجدد نفت میعانی نیز صورت می گیرد. این عمل خود نوعی تزریق امتزاجی است زیرا سیالات تشکیل دهنده در ظروف تفکیک کاملاً با گاز موجود در مخزن همگن بوده و قابلیت امتزاج را به حد اعلا، دارا می باشند. ضریب بازیافتی در این عملیات، به علت اینکه فشار موئین در منافذی که سیال تزریق شده عبور می کند وجود ندارد، تقریباً صد درصد است. منافذ کوچک و بن بست که احتمالاً از تماس با سیال تزریقی محروم می مانند گاز را در خود نگه داشته و باعث نقصان ضریب بازیافت کلی مخزن می شود. این نوع عمل را ممکن است تزریق امتزاجی گاز با گاز گویند.

عوامل مؤثر در راندمان تزریق امتزاجی :

مهمترین عوامل مؤثر در راندمان تزریق امتزاجی، اندازه و شکل مخزن، ناهمگن بودن سنگ مخزن از لحاظ درجه تخلخل و قدرت نفوذ پذیری، شیب ساختمان مخزن، طبیعت گاز و نفت موجود در مخزن، شرایط فشار و درجه حرارت مخزن و بالاخره درجه اشباع سیالات موجود در مخزن می باشد.

شرایط لازم برای تزریق امتزاجی :

تزریق گاز در مخازن نفتی

مهمترین شرایط برای رانش امتزاجی موفق، رسیدن به تعادل ثقلی یا جابجایی پایدار می باشد. این ضابطه در یک مخزن با سازنده های شدیداً شیب دار با شیب های با نفوذ پذیری کلی بالا تحقق می یابد. اگر چه نفوذ پذیری شکاف ها به نفوذ پذیری مخزن می افزاید، اما شکافدار بودن مخزن از راندمان رانش امتزاجی می کاهد. حرکت تدریجی جابجا کننده (گاز) در امتداد شکاف ها (Matrix) بدون آنکه به طور کامل با نفت زمین تماس حاصل نماید، دلیل عمده این مسئله است.

جابجایی امتزاجی پایدار در لایه های عمودی نمی تواند بوجود آید مگر با لایه های بسیار باریک. تجربه های آزمایشگاهی و اطلاعات روزمره نشان می دهد که در این مورد نیروی ثقل فائق خواهد آمد و شاخه شاخه شدن (Fingering) باعث راندمان پایین بهره وری خواهد شد. ناهمگونی مخزن این مسئله را خراب تر خواهد کرد.

سایر شرایط مناسب برای تزریق امتزاجی عبارتند از:

- ۱- سازنده همگن.
- ۲- نفوذ پذیری بالای زمین، اگر سازنده شکافدار باشد.
- ۳- ستون نفت ضخیم.
- ۴- عدم وجود کلاهک گازی.
- ۵- فشار اولیه بالا در مخزن، ترجیحاً بیش از فشار قابل امتزاج.
- ۶- خواص مناسب سیال مخزن (نفت سبک، گاز غنی).

بدیهی است در این زمینه تحقیقات زیادی لازم است تا روش های گوناگون تجربه گردد. شیوه های تزریق امتزاجی برای مخازن بزرگ و تخلیه شده ایران مناسب نیستند. تنها در مخازن کوچک و در فشارهای بالا می توان این شیوه ها را بکار برد. مناسب ترین شیوه ها به خاطر وجود گاز، تزریق در فشار بالا است.

نمودار بنهام (A.L.Benham)

میزان فشاری که باعث وضعیت امتزاجی برای گاز تزریقی و نیز نفت مخزن می گردد، بستگی به درجه حرارت مخزن، درصد (C_2) در گاز تزریقی و وزن ملکول (C_5) در نفت مخزن دارد.

تزریق گاز در مخازن نفتی

در رابطه بنهام شرایط فوق به صورت سری منحنی هایی مورد بررسی قرار گرفته است . این منحنی ها در چهار فشار ۱۵۰۰ ، ۲۰۰۰ ، ۲۵۰۰ ، ۳۰۰۰ پوند تهیه گردیده و درجه حرارت مخزن از ۶۰ تا ۲۶۰ درجه فارنهایت در نظر گرفته شده است . از این منحنی جهت تعیین حداقل فشار امتزاج گاز با نفت حداکثر تا ۳۰۰۰ پوند استفاده می گردد. لازم به یاد آوری است که در اداره سیستم های مخزن مناطق نفتخیز ، مدلی به نام مدل تعیین شرایط امتزاجی تهیه شده است . این مدل بر مبنای امتداد منحنی های بنهام (در فشار های بالای ۳۰۰۰ پوند) تا فشار امتزاج نفت مخزن با متان تشکیل شده است ، لیکن این برنامه دارای عدم قطعیت هایی می باشد که بدین منظور راه حل هایی تجربی و آزمایشگاهی وجود دارد . لازم به یادآوری است که نقطه آخر منحنی مزبور با استفاده از تحقیقات مؤسسه Atlantic Research محاسبه شده است . شرکت مذکور با استفاده از ۷ نمونه نفتی از مخازن نفت آمریکا اقدام به اندازه گیری فشار امتزاج آنها با متان خالص نموده که طبیعت نفت های مورد آزمایش با نفت مخازن ایران متفاوت است . عمده ترین این آزمایش ها مربوط به آزمایش های امتزاج در لوله قلمی (Slimetube) با استفاده از نفت مخازن منتخب و گاز متان با درجه حرارت های متفاوت می باشد. این آزمایش ها می تواند جهت مخازن کرنج بینک ، مارون ، رامشیر و اهواز (بنگستان) انجام شود.

روش های تعیین حداقل فشار امتزاج

در این راستا چندین آزمایش جابجایی در مدل فیزیکی (Long Sand - Pack) در چند فشار مختلف انجام می شود و نهایتاً منحنی های بهره وری و فشار میزان MMP تعیین خواهد شد .

برآورد تعیین ترکیب بهینه امتزاج (MMC) (Composition Minimum Miscibility)

به علت این که سیال تزریقی ترکیبات گاز خشک و حلالی (LPG) و یا (گاز روغنی) می باشد ، لذا آزمایش ها در شرایط خاص مخزن (فشار و دما) در جهت تعیین حداقل لازم و به نحوی که عملکرد امتزاجی صورت گیرد ، برنامه ریزی می گردد. در این مورد نیز چندین آزمایش جابجایی با همان وسایل آزمایش ها در چندین سطح مختلف ، میزان غنی بودن سیال آزمایش خواهد شد و پس از تعیین MMC از منحنی های بهره وری و درصد غنی بودن سیال تزریقی ،

تزریق گاز در مخازن نفتی

نتایج فوق همراه با اطلاعات ارائه شده آزمایشگاه (P.V.T) در مدل کامپیوتری (Compositional) به منظور تعیین بهترین شرایط کاربرد عملی در مخازن بکار خواهد رفت. عموماً برای تعیین MMP با اندازه گیری میزان (Oil Recovery) از یک (Longsand Pack) روش استفاده از لوله قلمی (Slim Tube) بکار می رود. هر چند روش های دیگری که نیاز به وقت کمتری نسبت به متدهای تجربی دارد نیز پیشنهاد شده است، لیکن دقت و صحت نتایج روشهای تجربی مقبول تر می باشد.

آزمایش لوله قلمی:

آزمایش با این دستگاه، تماس پیوسته گاز تزریقی و نفت را در یک مخزن ایجاد می کند هر چند که اطلاعات حجمی و ترکیبی دقیق مورد نیاز یک معادله حالت (EOS) را به طور دقیق به دست نمی دهد.

این دستگاه مدل فیزیکی یک مخزن به شکل یک لوله نازک است که با دانه بندی مناسب از ماسه یا ساچمه شیشه ای پر شده است و بسته به نوع گاز و جابجایی نفت دارای طولی بین ۲۰ تا ۱۰۰ فوت می باشد. این لوله ابتدا از نفت مورد نظر در درجه حرارت مخزن و بالای فشار حباب، اشباع می شود. افت فشار در طول لوله کم و قابل اغماض است. سیال خروجی از لوله قلمی در فشار اتمسفر به صورت Flash خارج می گردد و میزان بهره وری، چگالی و ترکیب آن اندازه گیری می شود. ترکیب گاز خروجی GOR نیز مشخص می گردد. MMP با انجام جابجایی نفت با گاز در سطوح فشار مختلف اندازه گیری و مقدار بهره وری نفت تعیین می گردد. در این شرایط امتزاجی، مشاهده تغییرات تدریجی رنگ سیال عبوری از طریق دریچه شیشه ای دستگاه میسر خواهد بود.

نمودارهایی وجود دارند که میزان بهره وری نفت بر حسب حجم گاز تزریقی به صورت نسبی از حجم لوله قلمی و منطقه فشار تقریبی MMP را نشان می دهند. معقول ترین مقدار نفت جابجایی به وسیله تزریق گاز امتزاجی در نقطه شکستگی منحنی مربوط به مجموع نفت استحصال بر حسب فشار می باشد، که برابر Volume Pore از گاز تزریقی است.

تزریق گاز در مخازن نفتی

برای تعیین مقدار Critical Enrichment Concentration (CEC) در حالت های VGD و یا Vaporising (Condensing Gas Drive) CGD به همین ترتیب مقدار بهره وری نفت را بر حسب Solvent Cncetration رسم می کنند . بهره وری نفت با آزمایش لوله قلمی باید فقط به منظور بررسی عملکرد فازها مورد نظر قرار گیرد و اندازه گیری عملکرد مخزن با گاز تزریقی را ارائه نخواهد داد. همچنین اندازه گیری میزان MMP با این روش لزوماً بستگی به تعادل امتزاج ترمودینامیکی ندارد .

تعیین MMP با سایر روش های تجربی :

چون روش بکارگیری دستگاه لوله قلمی به وقت زیادی نیاز دارد لذا روش های سریعتری پیشنهاد شده است که البته به عنوان جایگزینی روش قلمی مورد نظر نمی باشد .

روش اندازه گیری با دستگاه (Rising Bubbled Apparatus) (RBS) :

این دستگاه به صورت P.V.T Cell است و برای تعیین MMP در حد قابل قبولی بکار می رود. گاز تزریقی با فشارهای مختلف در طول حرکت به طرف بالای خود طی تماس بانفت به صورت پیوسته ترکیب خود را تغییر می دهد تا در نقطه MMP اختلاط کامل حاصل می گردد. این روش برای حالت V.G.D مناسب است .

روش اندازه گیری چگالی گاز در تزریق (CO₂)

در این روش برای تعیین MMP مقدار چگالی گاز (Rich Phase) (CO₂) که با نفت مورد نظر در فشارهای مختلف به تعادل رسیده است ، اندازه گیری می شود. مقدار چگالی بر حسب فشار رسم می گردد و فشاری که چگالی (CO₂) در آن سریعاً افزایش یابد به عنوان MMP تعیین می شود. این روش در حرارت پایین ، نزدیک به درجه حرارت بحرانی (CO₂) که تغییرات شیب تند می شود، مورد قبول تر است .

تزریق گاز به صورت ناپیوسته (Batch) :

این روش به منظور بدست آوردن اطلاعات رفتار فازها برای مدلسازی معادلات حالت بکار می رود و به طور معمول از نوع (Ingection Single Contact Gas) استفاده می شود به این

تزریق گاز در مخازن نفتی

صورت که حجم معینی از نفت در شرایط متعادل درون سل قرار داده می شود و حجم مشخصی از گاز در هر مرحله به آن اضافه می گردد. بعد از هر مرحله اضافه شدن گاز به سیستم (Pb و Vsaturation) (VS) اندازه گیری می شود. به منظور مشابه سازی شرایط از جبهه پیشرونده گاز تزریقی و پشت جبهه تزریق به دو صورت (Backward Multiple) (Forward Multiple Contation) . (Contacts) آزمایش به عمل می آید .

همبستگی و روابط ریاضی برای تعیین (MMP) :

برآورد حداقل فشار امتزاج ممکن با Correlation های مختلف ارزیابی گردد . این روش های مختلف براساس خصوصیات سیال جایجا شونده و یا جایجا کننده و درجه حرارت جایجایی استوار است و عمدتاً به منظور تزریق گاز CO₂ مطالعه شده است . نتایج حاصل از روش های غیر تجربی می تواند کاملاً متفاوت از اطلاعات واقعی باشد و تنها به عنوان وسایل برآورد اولیه بکار می رود .

تعیین MMP شیوه رانش گاز تبخیر شونده :

MMP For Vaporising Gas Drive

حداقل فشار امتزاج برای متان و نیتروژن مطالعه شده است که عموماً MMP برای N₂ بیشتر از حداقل فشار برای متان است . در این زمینه از جمله آقایان فیروز آبادی و عزیز Correlation زیر را برای اندازه گیری MMP در پروسس های VGD محاسبه کرده اند ، اگر چه مناسب بودن آن در تزریق گاز متان نسبت به N₂ مورد نظر بوده است .

$$P_m = 9433 - 188 * 10^5 X_{C_2-C_6} (M \cdot T^{0.25}) + 1430 * 10^5 [X_{C_2-C_6} M \cdot T^{0.25}]^2$$

که در آن :

$$P_M = \text{MMP (Psia)}$$

فشار حداقل امتزاج

$$X_{C_2-C_6} = \text{mole}$$

میزان مولی برش میانی نفت

M وزن مولکولی

T درجه حرارت

تزریق گاز در مخازن نفتی

تعیین MMP برای شیوه رانش گاز چگالنده :

MMP For Condensing Gas Drive در فرایند CGD عموماً میزان MMP از حالت VGD پایین تر است و با غنی تر شدن گاز تزریقی از برش های میانی انتظار میزان فشار کمتری نیز می رود. بنهام با بکارگیری Pseudoternary - Diagram مقدار MMP را با فرض اینکه Critical Tie Line موازی با محور $C_1-C_v^+$ باشد، نتایجی را ارائه داده است که دسته ای از منحنی های تصحیحی برای MMP می باشند که مقادیر وزن مولکولی برشهای میانی گاز تزریقی و نیز وزن مولکولی C_5^+ از نفت مخزن با درجه حرارت مربوط به آن مورد نظر است.

تعیین MMP برای CO_2 :

بررسی رفتاری فازی CO_2 به طور وسیعی انجام شده و Correlation های مختلفی برای محاسبه MMP ارائه داده است. آقای Enich در این مورد اخیراً ۱۷ عدد Correlation ارائه داده است. همه Correlation ها با حفظ اصول عمومی زیر پیشنهاد شده اند گاز (CO_2) به علت جدا کردن برش میانی و سنگین تر از نفت (C_3) به عنوان یک حلال فوق بحرانی (Supercritical Solvent) شرایط بهتری را ایجاد می کند. هر چند میزان حلالیت CO_2 با افزایش چگالی اضافه می گردد ولی میزان MMP ارتباط با حداقل چگالی، در نزدیکی چگالی بحرانی برای عمل امتزاج دارد.

در درجه حرارت های بالاتر، برای حفظ چگالی و CO_2 مورد نیاز امتزاج، فشار سیستم باید افزایش یابد.

بررسی آثار تورمی تزریق گاز بر فشار اشباع (P_b)

و ضریب انبساط حجمی (B_o)

در مخزن رامشیر

بررسی آثار تورمی تزریق گاز بر فشار اشباع (P_b) و ضریب انبساط حجمی (B_o) نفت

مخزن

تزریق گاز در مخازن نفتی به منظور تامین فشار^۱ و فشار افزایشی^۲ در مخزن صورت می گیرد. این عمل سبب تغییراتی در بعضی از خواص ترمودینامیکی نفت مخزن مانند فشار اشباع^۳ و ضریب انبساط حجمی^۴ می شود. در این فصل نفت مخزن را مشیر به عنوان نفت مینا و گاز کارخانه گاز مایع ۹۰۰ (NGL-۹۰۰) به عنوان گاز تزریقی انتخاب و تغییرات یاد شده در بالا در سیال حاصل مطالعه و تحلیل شده است. این مطالعه برای اولین بار در ایران انجام شده است. تقریباً از همان اوایل کشف منابع هیدروکربنی این واقعیت آشکار شد که با بهره برداری طبیعی^۵ از مخازن نفتی تا حدود هشتاد درصد از نفت مخزن غیر قابل دسترسی خواهد بود. با توجه

-
- ۱- Pressure maintenance
 - ۲- Repressurizing
 - ۳- Saturation Pressure
 - ۴- Formation volume factor
 - ۵- Natural . depletion

تزریق گاز در مخازن نفتی

به نرخ بالای انرژی جایگزین، تلاش برای افزایش هر چه بیشتر تولید از منابع آغاز گردید. در این راستا، روش های مختلفی ابداع شد که یکی از آن ها تزریق گاز و جایجایی نفت به صورت امتزاجی است.

در این روش نفت موجود در مخزن به وسیله سیال مناسبی تحت شرایط ازبیش تعیین شده جا به جا می شود و در نتیجه نفت قابل بهره برداری به مقدار زیادی افزایش می یابد. در مطالعه فرآیند جابه جایی امتزاجی، خواص فیزیکی و ترمودینامیکی سیالهای مورد استفاده به طور مجزا و نیز در مجاورت یکدیگر، بسیار اهمیت دارد.

گاز تزریقی در جریان جا به جا کردن نفت مخزن سبب تغییر خواص فیزیکی ترمودینامیکی سیالهای مورد استفاده از جمله فشار نقطه اشباع می شود. به این پدیده اثر تورمی (Swelling) گفته می شود. بنابراین زمانی که فرآیند تزریق امتزاجی در آزمایشگاه توسط سیستم هایی نظیر لوله قلمی (Slimetube) مطالعه می شود، باید آثار تورمی نیز به طور کامل شناخته شده باشند. این فصل در مورد آزمایشهایی است که اطلاعات حاصل از آن آثار گاز تزریقی بر خواص نفت مورد مطالعه را معین می کند. و این اطلاعات در مطالعه دقیق تر فرآیند، بویژه اگر برای پیش بینی از مدل های ریاضی استفاده شود، بسیار حائز اهمیت است.

هدف های آزمایش

منظور از رشته آزمایشهای متورم گرداندن نفت، بررسی آثار گاز تزریق شده بر تغییر خواص ترمودینامیکی سیال مخزن به شرح زیر است:

الف: تعیین تغییرات فشار نقطه اشباع نفت (pb) با حجم گاز تزریق شده.

ب: تعیین تغییرات ضریب انبساط حجمی (B₀) با حجم گاز تزریقی.

بنابراین با انجام آزمایشهای فوق مشخص می شود که مثلاً در یک مخزن نفتی تحت تزریق

گاز، گاز تزریق شده چگونه فشار نقطه اشباع را از pb به pb + Δb و ضریب انبساط حجمی را از ۱ به ۱ + Δv افزایش می دهد.

نمونه های استفاده شده در آزمایشها عبارتند از:

الف: نمونه نفت مخزن را مشیر به عنوان نمونه نفت مینا

تزریق گاز در مخازن نفتی

ب : گاز NGL - ۹۰۰ به عنوان گاز تزریقی به مخزن

شرح آزمایشها

۱- ابتدا حجم معینی از نمونه نفت مورد مطالعه در فشار مبنا (در این آزمایش ۵۰۰۰ Psig) به سلول P.VT تزریق می شود. سپس دمای مخزن مورد نظر (در این آزمایش ۱۵۰ درجه فارنهایت در نظر گرفته شده است) بر روی دستگاه تنظیم شده، آنگاه به سیستم زمان کافی (حدود ۱۲ ساعت) برای دستیابی به تعادل ترمودینامیکی داده می شود. پس از تثبیت سیستم با انجام آزمایش افت فشار حجم نمونه مورد مطالعه در دمای مخزن و فشارهای مختلف اندازه گیری شده و با استفاده از داده های حاصل حجم و فشار نقطه اشباع نمونه (Vsat, pb) به طور دقیق محاسبه شده.

۲- در آزمایش دوم حجم مشخصی از گاز تزریقی در فشار مبنا و دمای مخزن به نفت مورد مطالعه تزریق شده با اعمال فشار و تکان دادن، نمونه حاصل یک فاز می شود. پس از حصول اطمینان از یک فاز بودن نمونه و به همان روش یاد شده قبلی فشار و حجم اشباع نمونه جدید اندازه گیری شد.

۳- در آزمایش سوم دوباره حجم مشخصی از گاز تزریقی در همان فشار و دمای قبلی به نمونه نفت دومی تزریق و به همان روش قبلی یک فاز گردید و پس از حصول اطمینان از یک فاز بودن نمونه مجدداً فشار و حجم اشباع آن اندازه گرفته شد.

۴- آزمایش تا رسیدن فشار نقطه اشباع نفت به حدود هشتاد درصد فشار گاز تزریق شده بارها تکرار شد.

۵- با تجربه نمونه گاز تزریق شده به وسیله دستگاه کروماتوگرافی گاز (G.C) اجزای تشکیل دهنده آن تعیین شده و با داشتن اجزای تشکیل دهنده گاز تزریق شده و محاسبه ضریب تراکم پذیری آن در فشار و دمای تزریق می توان حجم گاز تزریق شده را در شرایط استاندارد (۶۹/۱۴ psig و ۶۰ درجه فارنهایت) محاسبه کرد.

محاسبه حجم گاز تزریق شده در هر مرحله در شرایط استاندارد:

$$\frac{PV}{ZT} = \frac{P_{sc} * V_{sc}}{T_{sc}}$$

تزریق گاز در مخازن نفتی

$P =$ فشار گاز تزریق شده

$V =$ حجم گاز تزریق شده

$T =$ دمای گاز تزریق شده

$Z =$ ضریب تراکم پذیری گاز

$P_{sc} =$ فشار استاندارد

$T_{sc} = 460 + 60 \text{ oR}$

$TC = 40.4 / 25$

$P_c = 670 / 0.4$

$$P_r = \frac{50.4}{670 / 0.4} = 7 / 52 \quad T_r = \frac{150 + 460}{40.4 / 25} = 1 / 51,$$

$Z_{gas} = 0.96$ (در فشار 50.4 پام و در دمای 150 درجه فارنهایت)

$$V_{sc} = \frac{PV T_{sc}}{ZT P_{sc}} = \frac{50.4 \times (460 + 60)}{0.96 \times (460 + 150) \times 14 / 7} = 30.4 / 44963 \times V$$

$$V_r = 30.4 \cdot 44963 * 1.08 = 307,737.08 \text{ cm}^3$$

$$V_r = 30.4 \cdot 44963 * 1.2253 = 373,062.13 \text{ cm}^3$$

$$V_r = 30.4 \cdot 44963 * 1.563 = 475,854.77 \text{ cm}^3$$

$$V_o = 30.4 \cdot 44963 * 0.4946 = 150,580.78 \text{ cm}^3$$

۶- در پایان آزمایش ها ، گازهای همراه را از نفت خام جدا ساخته و با اندازه گیری وزن

مخصوص و وزن نفت باقی مانده (stock tank barrel) ، حجم نفت باقی مانده حساب شد .

$$D M . A . \text{ چگالی نفت باقی مانده با استفاده از دستگاه } = 0.8932 \text{ gr/cm}^3$$

$$g = 54,0619 \text{ gr} \text{ وزن نفت باقی مانده}$$

$$\text{حجم نفت باقی مانده} = 60,52608 \text{ cm}^3$$

۷- با داشتن حجم نفت باقی مانده و حجم گازهای تزریق شده در هر مرحله نسبت گاز به

نفت باقی مانده آن مرحله حساب شد.

۸- با لاخره با داشتن حجم اشباع هر مرحله، نسبت حجم تورم یافته تعیین گردید.

تزریق گاز در مخازن نفتی

نتیجه گیری

گاز تزریقی در فرایندجابجایی امتزاجی موجب تغییر در خواص فیزیکی و ترمودینامیکی نفت مخزن می شود. زمانی که دو سیال در شرایط امتزاجی از نوع بر خورد اول هستند ناحیه تغییر یافته بسیار محدود است. اما فرایندهای واقعی در تزریق گاز به صورت برخوردهای چند گانه است که گاز تزریقی در نتیجه تماسهای مکرر با نفت مخزن به حالت امتزاجی در می آید که در نتیجه خواص نفت را نیز تغییر می دهد.

تزریق گاز غیر امتزاجی

- تزریق گاز غیر امتزاجی (Immiscible Gas Injection):

انواع تزریق گاز غیر امتزاجی :

۱-ب) تزریق گاز امتزاجی در ناحیه نفتی

۲-ب) تزریق گاز غیر امتزاجی در (Cas- Cap) کلاهک گاز

۱-ب : تزریق گاز غیر امتزاجی در ناحیه نفتی :

در مخازن به کار می رود که دارای ضخامت لایه نفتی کمی باشد و همچنین فشار مخزن از حداقل فشار امتزاجی با گاز تزریقی پایین تر نباشد در این حالت تزریق گاز در لایه نفتی جهت افزایش فشار و جابجایی نفت به طرف چاه تولیدی نفت به کار گرفته می شود. کلیه گاز مورد نیاز در این حالت جهت جابجایی نفت به صورت مجموع گازهای محلول در نفت و میزان گاز تزریقی می باشد :

گاز تزریقی + گاز محلول در نفت = کل گاز مورد نیاز

این پروسه معمولاً در مخازنی به کار می رود که قبلاً به وسیله solution gas drive نفت تولید کرده اند.

۲-ب) تزریق گاز غیر امتزاجی در کلاهک گازی :

تزریق گاز در مخازن نفتی

در مخازنی به کار می رود که دارای نفوذ پذیری پیوسته بیشتر از ۲۰۰MD و همچنین ضخامت عمومی لایه نفتی آنها زیاد و ویسکوزیته نفت کم باشد بازیافت نفت در این حالت زیاد است و این به خاطر وجود پدیده Gravity Segregation می باشد .

تزریق گاز در ناحیه پایین لایه گازی Gas Cap رخ می دهد نیروی گراویتی سبب می شود که گاز به سمت بالا حرکت کند و نفت را به سمت چاه های تولیدی سوق دهد در این حالت سطح نفت و گاز یکنواخت فرض می شود و به سمت پایین حرکت می کند . چنانچه شدت تولید نفت بالا باشد عمل ریزش ثقلی کامل نمی شود ، پس بازیافت نهایی کاهش می یابد و گاز تولید می شود که نفوذ پذیری نسبی نفت کاهش می یابد و در نتیجه تولید نفت کاهش می یابد و اشباع گاز بالا رفته و نفوذ پذیری نسبت به گاز بالا می رود و گاز به طرف چاه تولیدی حرکت می کند . گاز تولیدی را در Gas Cap مجدد تزریق می کنند تا بر روی لایه ی نفتی فشار آورده و نفت را در جهت چاه های تولیدی هدایت می کند . در ضمن کاهش قطر لایه گازی بسیاری مهم می باشد زیرا اگر این اتفاق بیافتد یعنی اگر چاهی نزدیک به لایه گازی بسیار مهمی باشد اجازه دهد گاز تولید شود نفت به سمت چاهی که گاز خارج شده رفته و در مخزن باقی می ماند .

میادین نفتی که دارای اشباع پایین نفتی هستند چه در طبقات اولیه بالایی و یا طبقات ثانویه فوقانی بهترین مکان برای تزریق گاز در طبقه گازی آنها می باشد . انقباض بیشتر نفت توسط تزریق گاز کاهش می یابد .

هر اندازه که فشار وارده به نفت را بالا نگه دارد نفوذ پذیری نسبت به نفت بالا رفته و نفت با سرعت و مقدار بیشتری تولید می شود . در مخازنی که نفوذ پذیری دارند ، به لحاظ جدا شدن جاذبه ، تزریق گاز باعث بالا بردن بازیافت می شود . ریچارد دسون و بلاک ول (۱۹۷۱) نشان دادند که تحت شرایط خاص ازرائش گاز به طبقه فوقانی (GAS-CAP) کشش جاذبه ای می تواند بسیار موثر باشد . در میادینی که رگه های ضخیم دارند و یا فرورفتگی در رگه ها زیاد باشد در صورت وجود نفوذ پذیری عمودی گاز تزریقی احتمالاً به طبقات بالاتر نفوذ می کند . در مخازنی که نفوذ پذیری عمودی آنها از ۲۰۰MD بیشتر است جدا شدن عمودی نفت و گاز اتفاق افتاده و باعث می شود که گاز طبقه فوقانی نفت را به طرف بالا براند . اگر یک مخزن فاقد نفوذپذیری عمودی کافی باشد گاز تزریق شده مثل تزریق آب ، نفت را به طرف چاه تولیدی می راند . مخازنی

تزریق گاز در مخازن نفتی

که داری نفت فرار هستند تبخیر مواد سبکتر، راندمان بازیافت را افزایش می دهد. گاز چربی که در نتیجه ی برخورد گاز خشک تزریقی با گاز فرار بدست آمده منجر به تولید نفت می شود. بازیافت نفت که تعادل تبخیر بین فاز مخزن و گاز تزریق شده در نظر گرفته نمی شود، معمولاً از آنچه در متدهای معمول پیش بینی می شود بیشتر است. تبخیر نفت خام غیر متحرک در مسیر حرکت جریان که باعث جلوگیری از پایین آمد فشار می شود نقش عمده ای در بالا بردن بازیافت دارد. مقدار تبخیر بستگی به فراریت نفت، فشار مخزن و حرارت در طول گردش گاز دارد فاکتورهای دلخواه برای، تبخیر فشار زیاد گاز در حال گردش، کشش جاذبه بالا و درجه حرارت بالا می باشد. مضافاً برای بالا بردن بازیافت از طریق گاز کارایی جابجایی و جاروب کردن شیارها باید بالا باشد. شرایط مناسب برای تبخیر زیاد در افزایش کارایی جاروب کردن و جابجایی مواد موثر است.

بررسی پروژه تزریق ثالثیه با گاز نیتروژن در مخازن با نفت فرار و پس از سیلاب

زنی با آب در دریای شمال (انگلستان)

خلاصه

یک تحقیق سیستماتیک جهت عملی بودن تزریق ثالثیه گاز نیتروژن در یک مخزن با نفت فرار (مانند میدان Brent) در دریای شمال پس از سیلاب زنی انجام شده است که این کار شامل هر دو تجربیات آزمایشگاهی و همچنین محاسبات تئوری با استفاده از شبیه سازی ترکیبی (Compositional Simulation) می باشد.

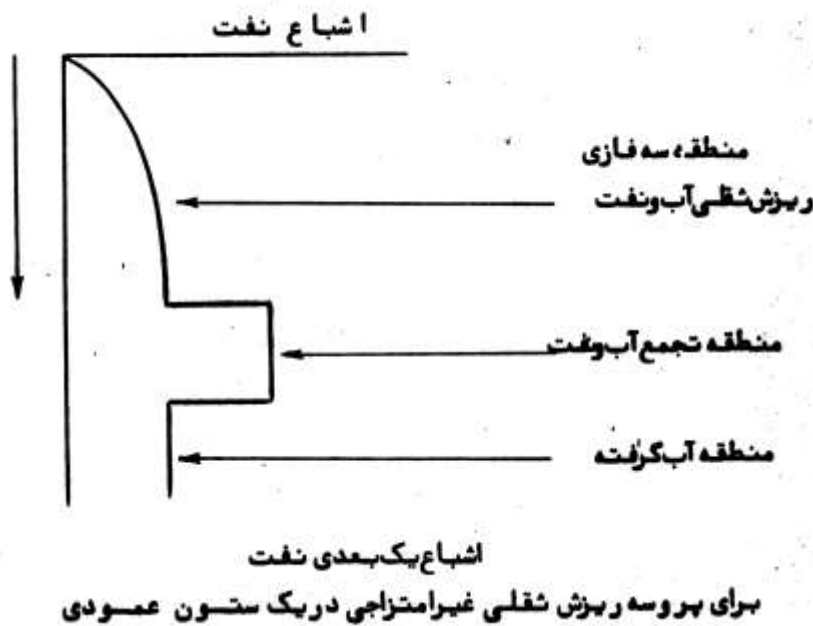
این پروژه شامل آزمایش هایی با استفاده از نیروی گریز از مرکز جهت تعیین تراوایی نسبی سه فازی با آزمایش های تماس چند گانه بین نیتروژن و نفت مخزن در سلول آزمایشگاهی (PVT Cell) جهت پیگیری بوجود آمدن امتزاج و همچنین تزریق در مغزه تحت شرایط مخزن می باشد. آزمایشات بر روی مغزه مؤید آن است که ریزش ثقلی تحت شرایط ثالثیه بوسیله تزریق نیتروژن قابلیت تجمع نفت باقیمانده پس از سیلاب زنی و همچنین بازیافت بالای ترکیبات سبکتر هیدروکربن را دارا است.

فرایند ساده شده شبیه سازها نیز مؤید نقش اصلی رفتار فازی و تراوایی نسبی سه فازی در یک چنین فرایند پیچیده مخزنی می باشد.

تزریق گاز در مخازن نفتی

شرح و نتایج آزمایش ها

در ادامه تلاش ها جهت ازدیاد برداشت نفت (EOR) و طولانی نمودن عمر مخازن در دریای شمال و گزارش های منتشره در این رابطه ، یکی از پروژه های مشخص شده با اطمینان موفقیت بیشتر ، تزریق نیتروژن می باشد که می توان به عنوان پروژه ثانویه در قسمت هایی از میدان که آب گرفتگی داشته و یا به عنوان پروژه ثالثیه جهت بازیافت نفت باقیمانده پس از سیلاب زنی در نظر گرفت . مغزه و نفت فرار انتخاب شده از مخزن (Staffjord) بوده که آزمایشات بر روی آن تحت فشار ۴۵۰ بار و ۱۲۰ درجه سانتیگراد انجام گردیده است . بازیافت نفت و آب باقیمانده در حدود ۷۱ درصد حجم کل فضای متخلخل (اشباع آب باقیمانده ۲۹ درصد) می باشد . نمودار اشباع نفت در طول مغزه در تزریق غیر امتزاجی سه فازی با ریزش ثقلی در ستون عمودی به گونه ای است که در شکل زیر آمده است .



نتیجه بدست آمده از آزمایش به شرح زیر است :

- بعد از تزریق ۰/۴۲ حجم تخلخل قابل تحرک (MPV) تولید آب از توده آب و نفت

شروع گردید .

تزریق گاز در مخازن نفتی

- بعد از تزریق ۰/۶۷ حجم تخلخل قابل تحرک مرحله مجرایابی گاز اتفاق می افتد که شامل گاز غنی هیدروکربن می باشد .

- بعد از تزریق یک حجم تخلخل قابل تحرک ، گاز مجرا یافته در این مرحله تقریباً نیتروژن خالص می باشد . در فاصله تزریق ۱ - ۰/۶۷ (MPV) نیتروژن هنوز مقداری نفت نیز تولید می گردد . پس از این مرحله انتقالی تولید نفت متوقف می گردد یا به عبارت دیگر ریزش ثقلی نفت عقب مانده (After Drainage) در فاز تولید نیتروژن خالص وجود نخواهد داشت .

- کل بازیافت نفت باقیمانده پس از سیلاب زنی آب به مقدار ۵۸ درصد می باشد باید به خاطر داشت که این مقدار متحماً بدینانه می باشد زیرا که در مقیاس آزمایشگاهی عواملی از قبیل تاثیرات فشار موئینه و غیره در نظر گرفته نمی شود .

نتایج کلی گزارش

بطور کلی می توان نتایج این گزارش را به شرح زیر خلاصه نمود :

- اندازه گیری تراوایی نسبی سه فازی تحت شرایط ریزش ثقلی که در روش های استاندارد معرفی و منتشر شده اند بدینانه بوده و به نظر می رسد که تقریب معقول آن است که خطوط تراوایی یکسان (ISOPERMEABILITY) را به صورت خطوط مستقیم در منحنی های سه فازی تعریف نمود .

- تزریق نیتروژن در مخزنی با نفت فرار گرچه نتیجه مشخصی از یک فرایند امتزاجی تدریجی را بدست نداد ولی انتظار می رود که جابجایی به مقدار زیادی از تاثیرات کاملاً مناسب انتقال جرم (Mass Transfer) سود برد .

- تعادل ثقلی در فرایند تزریق ثالثیه نیتروژن موجب تجمع نفت باقیمانده در جبهه جلویی گاز به نام توده آب و نفت می گردد .

- این توده نفت و آب به وسیله گاز غنی هیدروکربن جابجا گردیده ، در حالیکه نفت جامانده در منطقه اشغالی گاز در تماس با مخلوط گاز غنی و نیتروژن سبک قرار می گیرد .

تزریق گاز در مخازن نفتی

- تزریق گاز نیتروژن همواره به سمت بازیافت زیادی از هیدروکربن های سبک تر پیش می رود .

- نفت جامانده در منطقه جاروب شده تقریباً غیر متحرک بوده زیرا بوسیله نیتروژن عاری از گاز شده و بنابراین غیر قابل بازیافت می باشد .

- مقدار نفت متروکه به وسیله تراوایی نسبی ، سرعت تزریق و رفتار فازی در جبهه مقدم گاز قابل اندازه گیری می باشد .

- اندازه گیری های آزمایشگاهی بر روی ریزش ثقلی تزریق ثالثیه نیتروژن با یک مغزه طویل در این گزارش نشانگر قابلیت تجمع نفت باقیمانده پس از سیلاب زنی در یک توده آب و نفت به وسیله نیتروژن می باشد .

بررسی عینی جابجایی ، در تزریق گاز امتزاجی و غیر امتزاجی

خلاصه

در این فصل مکانیسم بازیافت نفت به وسیله تزریق گاز با هدف ویژه بررسی پدید آمدن باقیمانده های مواد نفتی بسیار سنگین و مواد آسفالتی (Asphaltens Flocculation) و در نتیجه تخریب تراوایی انجام شده است . آزمایشات عینی جریان در فشار بالا بر روی مدل غیر همگن ساخته شده از روی میکروگراف واقعی سنگ مخزن انجام شده است .

همچنین میکرومدل های مرعی به طور سری با (Glass Bead Pack) همخوان با میکرومدل به کار گرفته شده است .

آزمایشات جابجایی بازیافت ثانویه و ثالثیه نفت دریای شمال تحت فشار ۲۷۵ بار و ۳۳ درجه سانتیگراد شبیه سازی گردید . متان و پروپان و آب سیالات تزریقی را تشکیل می دهند .

تحقیقات غیر امتزاجی گاز در فضای متخلخل نشان دهنده اهمیت ترشوندگی و فشار موئینه بر روی تحرک در سطوح تماس سیالات می باشد . قسمتی از فضای متخلخل که به وسیله نفت اشغال می شود ترشونده به وسیله نفت (Oil Wet) می گردند . لایه ی نازکی از نفت در این قسمت فاز نفت را به هم متصل گردانیده و در نتیجه نفت محبوس شده و در قسمت های باریک از

تزریق گاز در مخازن نفتی

فضای متخلخل حتی اگر دارای عدد موئینه خیلی پائین باشد . حرکت نموده و تولید می شود .
 مشاهدات بیشتر بر روی حرکت نفت ، گاز و آب همزاد نیز گزارش شده است .
 جابجایی امتزاجی نفت بوسیله پروپان مقادیر قابل توجهی از رسوب مواد آسفالتی در فضای
 متخلخل را به دست نداد . اگر چه مخلوط توده ای (Bulk Mixing) از پروپان و نفت می تواند
 تجمع مواد آسفالتی ، مسدود سازی فضای متخلخل و تخریب تراوایی را در پی داشته باشد . مواد
 ته نشین شده می تواند قسمتی در نفت تازه حل گردیده و از محیط خارج شود .

شرح آزمایش

تعداد ۴ آزمایش که هر کدام شامل چند مرحله اند ، انجام گرفته که در جدول زیر نشان داده
 شده است . جابجایی آب به وسیله نفت تا حد اشباع آب غیر متحرک در مرحله اول هر آزمایش
 صورت گرفته است .

شماره آزمایش	مرحله	سیال جابه جا کننده	سیال جابه جا شونده	نوع جابجایی
۱	الف	نفت	آب	غیر امتزاجی
	ب	آب	نفت	غیر امتزاجی
	ج	متان	آب و نفت	غیر امتزاجی
۲	الف	نفت	آب	غیر امتزاجی
	ب	متان	نفت	غیر امتزاجی
۳	الف	نفت و گاز دوباره ترکیب شده	آب	غیر امتزاجی
	ب	متان	نفت و گاز دوباره ترکیب شده	غیر امتزاجی
۴	الف	نفت	آب	غیر امتزاجی
	ب	پروپان	نفت	امتزاجی
	ج	نفت	پروپان	امتزاجی
	د	آب	نفت	غیر امتزاجی

نتایج :

اگر چه نتایج کمی حاصل از این آزمایشات به دلیل دو بعدی بودن آزمایشات نمی تواند
 نشانگر واقعیت های مخزن باشد ولی نتایج کیفی آن به شرح زیر است :

تزریق گاز در مخازن نفتی

۱- در تزریق گاز معمولاً گاز تزریقی با سیال مخزن در حال تعادل نبوده و در نتیجه تبادل اجزاء بین فازها، تغییر ترکیب و خواص فازها را به همراه دارد. نفت دارای ترکیبات زیادی است که دارای حلالیت دو سره بوده که با تغییر ترکیبات نفت ممکن است این تعادل به هم خورده و سبب به هم تنیده شدن ملکولهای سنگین و ملکولهایی با طبیعت آسفالتی گردد. مواد آسفالتی ترکیبات سنگین نفت را تشکیل می دهند و به رزینها و آسفالتها معروفند. آنها عمدتاً آروماتیکهای پلی سیکلیک و یا آروماتیکهایی با شاخه جانبی هیدروکربنی بوده که معمولاً دارای نیتروژن، گوگرد و اکسیژن می باشند. این ترکیبات به سهولت قابل جذب در سطح کانیها می باشد. بنابراین جذب این گونه مواد در فضای متخلخل می تواند خاصیت ترشوندگی سنگ مخزن را به نفت تر تغییر دهد. اگر فاز ترکنده به صورت یک فیلم نازک تداوم خود را حفظ کند، بازیافت بیشتر حتی در اشباع خیلی کم به دست می آید ولی به هر حال دبی بازیافت بسیار کم است.

کنترل خاصیت ترشوندگی مغزه در مطالعات جابجایی که تحت شرایط کنترل شده موئینگی انجام می شود از بیشترین اهمیت برخوردار است.

۲- جابجایی نفت به وسیله گاز غیر امتزاجی در شرایط نمونه مخزن یک فرایند کنترل موئینگی است. جابجایی عمدتاً با تکرار سیکل های اشغال فضای متخلخل به وسیله هر دو فاز با یک سری جهش های خیلی سریع انجام می گیرد. هر دو مکانیسم کنار گذر (By Passing) و نوک زدن (Snap Off) مشترکاً عامل اصلی محبوس شدن نفت می باشد. عمل (Snap Off) بستگی به شکل هندسی فضای متخلخل و خواص سیال داشته و تکرار آن در جابجایی با دبی بالا بیشتر واقع می شود.

آب همزاد عمدتاً تا زمانی که خاصیت ترشوندگی تغییر نکند ساکن باقی می ماند. حتی اگر دبی تزریق خیلی بیشتر از آنچه باشد که عملاً در مخزن انجام می گیرد.

۳- تزریق متان موجب تسریع رسوب مواد آسفالتی نمی گردد. باقیمانده مواد سنگین نفتی که در اثر عمل جداسازی متان جا می ماند در این مطالعه موجب هیچگونه مسدود سازی فضای متخلخل نگردید.

تزریق گاز در مخازن نفتی

۴- سیالات تزریقی که رسوب آسفالتین در مخلوط توده ای تشکیل می دهند ، ممکن است در جابجایی امتزاجی به طور قابل توجه تولید آسفالتین نکنند . اگر چه مخلوط این سیالات با نفت در جاهایی مانند لوله های مغزی تزریق و یا شکستگی ها ممکن است باعث به هم تنیده شدن آسفالتین ها و رزین ها در محدوده کم سرعت فضای متخلخل گردند و تزریق پذیری را تا چندین برابر کاهش دهند . نفت تازه به طور اخص می تواند رسوبات حاصل را حل و تراوایی صدمه دیده را بهبود بخشد . رسوب آسفالتین ممکن است تغییر ترشوندگی (سطوح ترشونده به وسیله آب) را تشدید نماید .