Archive of SID

شبیه سازی فرایند تزریق پذیری جامدات حفاری در مخازن باضریب بهره وری پایین

عنایت الله نخستین[1]- دانشجوی کارشناس ارشد مهندسی شیمی(مخازن هیدروکربوری)
دکتر بیژن هنرور[2]-دکتری مهندسی شیمی
مهدی شریفی[3]–کارشناس ارشد مدیریت خدمات سیال حفاری شرکت ملی حفاری ایران

چکیده

عموما سیاستهای صنایع بالا دستی صنعت نفت استفاده از امکانات موجود و پیشرفته ترین تکنولوژی ها است که بتوان به طور مداوم سیالات غیر قابل استفاده و پسماند های حفاری را کاهش دهد.تزریق نمودن کنده ها و پسماند های حفاری از طریق روش شکست هیدرولیکی (تزریق مجدد کنده های حفاری)، به طور عمده بهترین و جدیدترین گزینه برای این امر محسوب میشود به این دلیل که توسط استفاده از این روش میتوانیم سیستم تخلیه صفر (zero discharge) را با پرداخت کمترین هزینه ها احداث نماییم.

این مقاله در مورد مطالعه و شبیه سازی فرایند تزریق مجدد کنده های حفاری در میدان آزادگان و اهواز میباشد. انتخاب سازند مورد نظر جهت تزریق کنده های حفاری از درجه اهمیت خاصی برخوردار است. درانتخاب سازند مورد نظر باید توجه نمود که با مطالعه سنگ شناسی و نمودارگیری از چاهها امکانسنجی انجام فرایند تزریق مجدد کنده ها فراهم میشود. بعد از تعیین پارامترهای لازم سنگ شناسی و زمین شناسی سازندها به نرم افزار امکان انجام فرایند شبیه سازی شکست هیدرولیکی توسط ایجاد و توسعه شکافهای موجود به چند شاخه داده وبرنامه اجرا میشود.

واژگان کلیدی:سیستم تخلیه صفر،پسماند سیال حفاری،تزریق مجدد،شبیه سازی

۱.خوزستان،امیدیه،بلواردانشگاه،دانشگاه آزاد اسلامی

www.SID.ir

Archive of SID

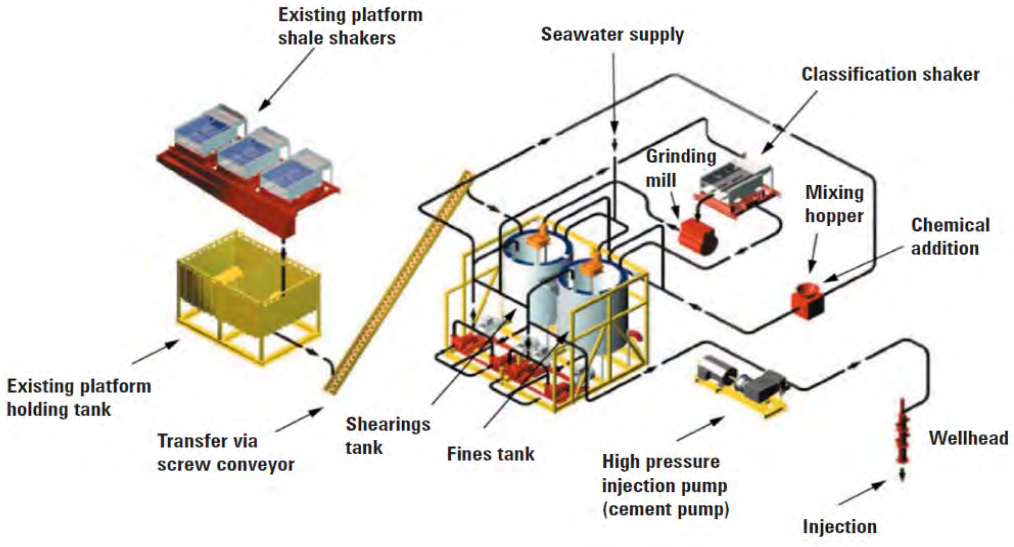
۲.استادیار مهندسی شیمی دانشگاه آزاد اسلامی،امیدیه
۳.خوزستان،شرکت ملی حفاری ایران

۱- مقدمه

انواع مختلفی از پسماندهای حفاری اعم از کنده های حفاری وسیالات مختلف از طریق تزریق مجدد دفن میشوند، بیشتر این حجم را آبهای تولیدی میدانیم که جهت بهبود راندمان تولید یا جهت دفن دائمی بکاربرده میشود.پسماندهای میادین نفتی که در سایتها تزریق میشوند شامل سیالات عملیات چاههای تعمیری، سیالات تکمیل چاه، اسلاج، شن، رسوبات و خاک های آلوده و آبهای غیر قابل استفاده و دیگرمواد است. در این پروژه ما تمرکز خود را بر روی سیالات حفاری جهت تزریق به سازندهای زیر زمینی معطوف میکنیم. فرایند پسماند حفاری چاههای نفت و گاز شامل دو نوع پسماند که سیالات حفاری و کنده های حفاری است میباشد. سیالات حفاری که در جهت کمک به توسعه حفاری بکار میروند سیال پایه آن آب، نفت های طبیعی، هوا، گاز و یا مخلوطی از این مواد است.سیال حفاری بعد از عبور از مته و خنک نمودن و روانکاری مته کمک میکند که کنده های جدا شده از سازند را حمل نموده و به سطح انتقال میدهند و در سطح به وسیله تجهیزات کنترل جامدات این کنده ها با درصدی از سیال حفاری فعال در سیستم جدا میشود.فاز سیال که مجددا به سیستم گردش سیال وارد میشود که اگر نیاز به کنترل آلودگی باشد توسط اضافه نمودن مواد شیمیایی مختلف درمان آن انجام میشود. کنده های جامد،که با سیال همراه هستند بعد از چندین مرحله تصفیه در محلی ذخیره میشوند[۱]

۲- بررسی تکنولوژی تزریق

شکل(۱) شماتیکی از طراحی فرایند تزریق مجدد کنده های حفاری است. سیستم تزریق مجدد کنده های حفاری شامل جمع آوری و انتقال پسماندهای مایع و جامد از سیستم کنترل جامدات به سیستم آماده سازی دوغاب است. در واقع این سیستم جایی است که کنده های حفاری جدا شده از تجهیزات کنترل جامدات به ذرات ریز و گردی تبدیل میشوند سپس با سیالاتی مانند آب یا نفت موجود مخلوط میشوند و دوغاب را میسازند. این دوغاب سپس به مخزن نگه داری دوغاب وارد میشود که در این مخزن خواص رئولوژی مناسب به آن داده میشود. آنگاه دوغاب موجود با توجه به داشتن خواص رئولوژی مناسب به سازند مورد نظر در یک فشار به اندازه کافی بیشتر از فشار شکست سازند تزریق خواهد شد. وقتی تزریق قطع
شد، این دوغاب به داخل یک سازند مشخص در فشاری مناسب که دائما در سازند دریافت کننده دوغاب شکاف ایجاد کند تزریق می شود. فشار در حالی که سیال به درون سازند وارد میشود کاهش میابد و جامدات در شکافهای القایی باقی میمانند.[۳]

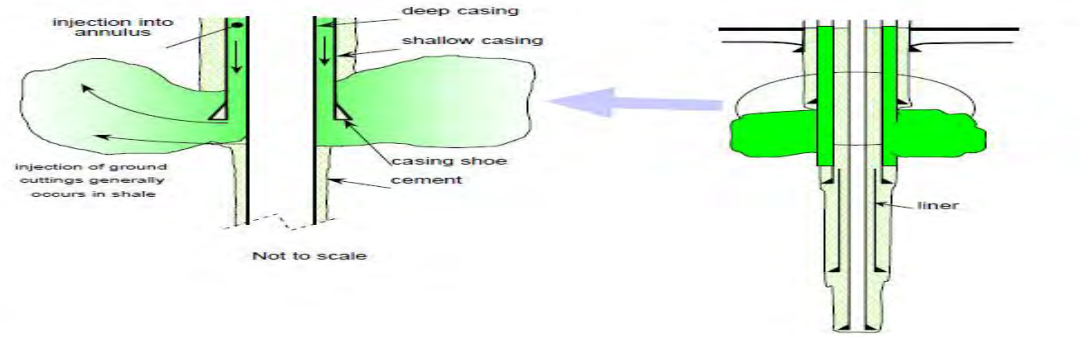


www.SID.ir

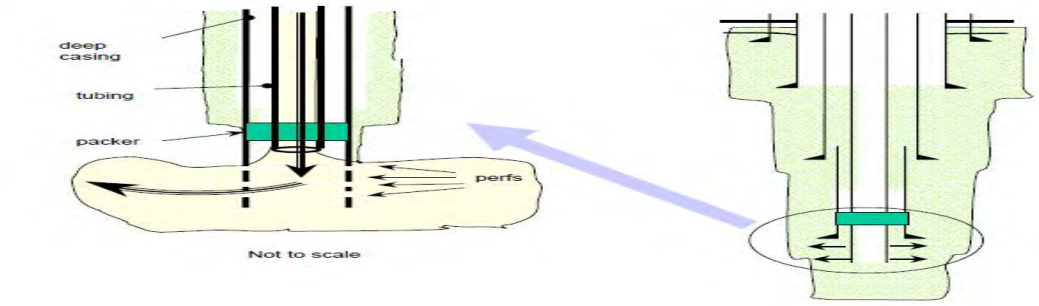
Archive of SID

شکل۱:شماتیک فرایند تزریق مجدد کنده های حفاری در مخزن با بهره وری کم

عموما بیشتر فرایند تزریق کنده های حفاری شامل: (۱) تزریق از طریق فضای حلقوی، که تمامی پسماندها را از طریق فضای حلقوی یعنی فضای بین دو جداری تزریق میشود. (۲) چاههای دفع دائمی، این چاهها بوسیله لوله جداری تزریق و پکر(packer) که تنظیم میشوند عملیات تزریق انجام خواهد شد.شکل های(۲)و(۳) نشان دهنده این دو فرایند تزریق است:



شکل ۲:تزریق مجدد کنده های حفاری از فضای حلقوی از بین لوله های جداری

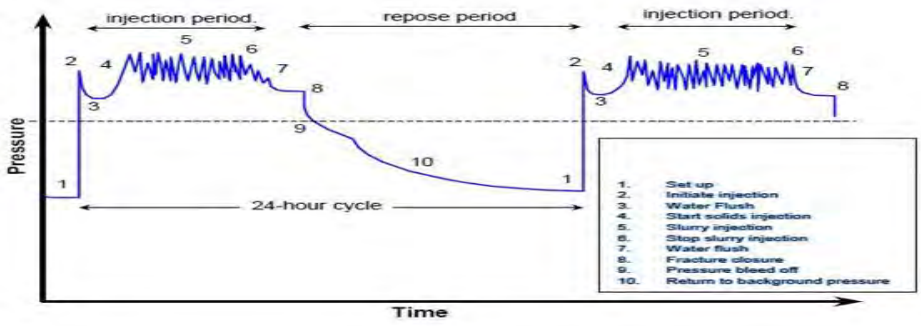


شکل۳:تزریق مجدد کنده های حفاری به چاههای صرفا تزریقی

عملیات تزریق مجدد کنده های حفاری میتواند در دو حالت تزریق کلیه ی پسماندها به طور یکجا و یا از طریق تزریق مقداری خاص در مرحله های متفاوت اجرایی شود. در بسیاری از دکل های دریایی، در حالی که حفاری به طور مداوم انجام میشود جایی برای نگهداری کنده ها و پسماندها وجود ندارد و ناگزیر بایستی در یک حلقه چاه جدید تمام پسماند را به طور یکجا تزریق نمود. در این حالت، فشار تزریق باید به دقت مورد ارزیابی قرار بگیرد که پاسخ سازند به این حجم را آنالیز نماییم. بیشتر عملیات های تزریق به صورت تزریق به صورت دوره ایی است. (مثلا تزریق به مدت چند ساعت انجام شود، اجازه میدهیم به سیالات تزریق شده که در مدت یک شبانه روز در سازند پراکنده شوند و سپس مرحله بعدی تزریق را انجام میدهیم). شکل(۴) دو تزریق متناوب را نشان میدهد. شدت تزریق متناوب بستگی به دبی تزریق پسماندهای موجود دارد. تزریق های متناوب کمک میکند به ایجاد شکافهای القایی ایجاد شده در نتیجه مدت زمانی که عملیات تزریق متوقف میشود و این پدیده مقدمات گسترش شکاف در اثر تزریق در مرحله بعدی پسماند به سازند را فراهم می آورد که بتوانیم حجم زیادی از پسماندها را تزریق نماییم.

www.SID.ir

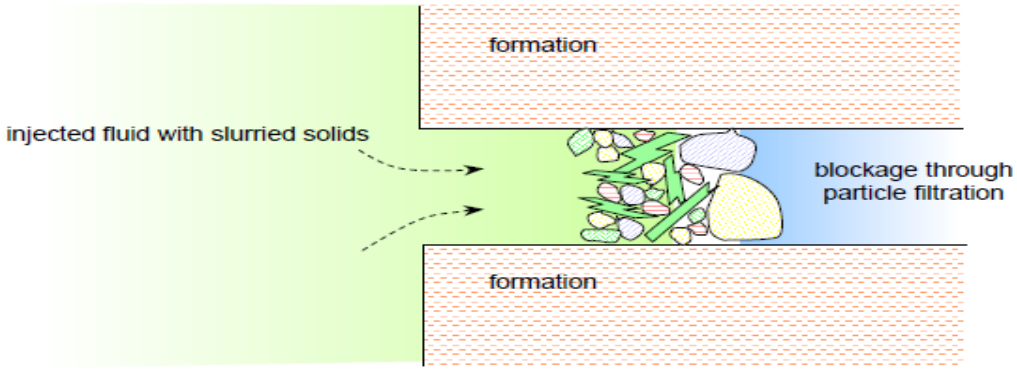
Archive of SID



شکل۴:نمودار فشار-زمان جهت تزریق دوغاب در دو دوره زمانی

به طور کلی، برنامه ریزی جهت انجام دو نوع تزریق کنده های حفاری وجود دارد:

- **تزریق از طریق فضای حلقوی**: در بسیاری از حالتها، تزریق از طریق فضای حلقوی در مراحل اولیه حفاری انجام میگیرد و بعد از تزریق در روند ادامه حفاری قرار میگیرد. به طور کلی کفشک جداری در لایه مناسب نصب میشود. بنابراین، تزریق در فضای حلقوی اغلب به سمت شیل ها هدایت میشود که دارای تراوایی پایینی میباشند.
- **تزریق در چاههای خاص دفن:** موقعی که شرکتها قادر اند چاهی جهت انجام تزریق حفاری نماید بیشتر اوقات تزریق به طور کامل به سازند شنی که دارای تراوایی بالایی است انجام میپذیرد. شکاف های موجود در لایه های شنی میتوانند دلیلی بر نشت سریع فاز مایع دوغاب باشند. به این دلیل جامدات در حالت انباشتگی در انتهای شکافها به جای میمانند. به این دلیل Abou-sayed پیشنهاد کرد که تزریق به داخل سازندهای با تراوایی بالا موقعی که نرخ تولید پسماند کم است انتخاب خوبی نیست.[۲و۳و۴]



www.SID.ir

Archive of SID

شکل۵:تشکیل حالت تصفیه و گیر افتادن جامدات در شکاف

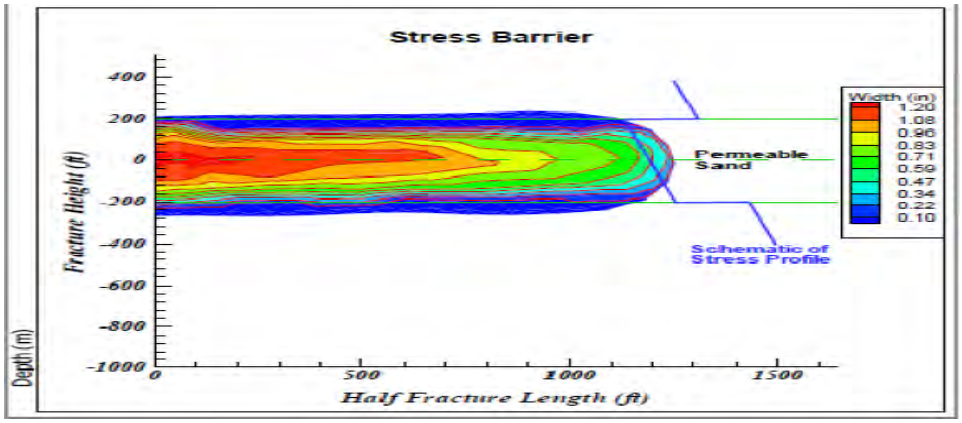
۳- تضمین محدود نگه داشتن شکاف

ایمن و محدود نگه داشتن پسماندهای مورد تزریق بایستی با اطمینان صورت گیرد. ازتخلیه پسماندهای چاهها به محیط بایستی جلوگیری شود ونیز برنامه ریزی جهت حفاری های آینده در کنار این چاه باید مورد توجه باشد. گزارشات منتشر شده از اینکه به دلیل عدم برنامه ریزی مناسب حجم زیادی از دوغاب مورد تزریق وارد لایه های سطحی شده و خود را به آبهای شیرین رسانده اند و یا اینکه در گزارشی دوغاب تزریق شده در چاه دیگر خود را نشان داد. بنابراین باید به رشد بیش از اندازه شکافها توجه نمود. [۵و۶]

بنابراین باید توجه نمایید که ایجاد و توسعه شکافها توسط فرایند تزریق مجدد کنده های حفاری قبل از انجام شبیه سازی شود. به دلیل حجم بالای پسماند مورد تزریق باید دقت و اطمینان در بزرگی شکاف ایجاد شده حتما مد نظر باشد. مکانیسم محدود نگه داشتن شکاف هابایستی در طی فرایند امکانسنجی مد نظر باشد. دو مکانیسم از محدود نگه داشتن شکافها که بسیار مهم است را مد نظر داشته باشید:

۱-موانع تنش (Stress Barrier)

سازندهایی با شیب شکست بالاتر از شیب شکست سازند مورد تزریق میتواند اغلب از گسترش شکاف به سمت ناحیه با زون با تنش بالا جلوگیری میکند. شکل (۶) یک نمونه ازمدل شبیه سازی شده محدود نگه داشتن شکاف با یک مانع تنشی نشان میدهد. لایه های بالایی با گرادیان شکست بالا مانند گنبدهای نمکی محدود کننده های ایده الی برای محدود نگه داشتن شکافها به شمار میرود.[۷]



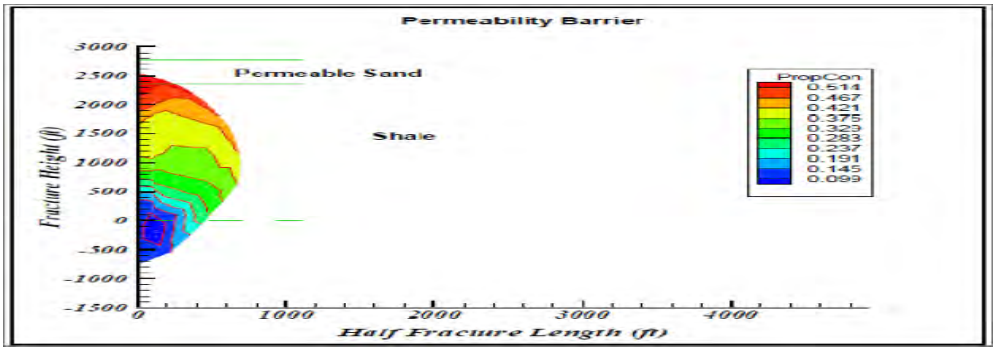
شکل۶:شکاف محدود شده با لایه هایی با توان تنش بسیار بالا

۲- مانع تراوایی(Permeability Barrier)

شکل (۷) مثالی از انجام فرایند شبیه سازی تزریق مجدد کنده های حفاری در دریای شمال است. در جایی که شکاف بوسیله سازندی با تراوایی بالا محدود نگه داشته شده است. اگر چه شیب شکست آن پایین است. آنچنانکه واضح است سیال به سازند با تراوایی بالا نشت خواهد کرد و کنده های حفاری که از سیال عقب میمانند در انتهای شکاف به دام میافتند. بنابراین از رشد بیشتر شکاف به سمت لایه با تراوایی بالاتر جلوگیری میکند.[۸]

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۷: شکافمحدود شده به دلیل وجود لایه های با تراوایی بالا

۴- آنالیز رئولوژی مناسب به دوغاب جهت تزریق در شکاف

افزایش اطلاعات در مورد خواص رئولوژی پسماند جهت تزریق از جمله موارد مهمی است که اگر به درستیاین اطلاعات آنالیز نگردد باعث مسدود شدن فضای حلقوی و اطراف دهانه چاه خواهد شد. بهاین منظور تعیین پارامترهایی مانند اندازه ذرات جامد، غلظت جامدات، خواص رئولوژی سیال و دبی تزریق مهم است. در این باره برخی محققان کارهای زیادی انجام داده اند. این خواص توسط Radzuaujunin مورد مطالعه قرار گرفت که مطالعه ایشان کمک میکند که پایداری ذرات معلق جامد در فضای حلقوی و مشخص نمودن پارامترهایی که که متاثر از سرعت ته نشینی دوغاب هستند مانند اثرات ویسکاسیته ذرات، اندازه ذرات، غلظت ذرات و دبی تزریق دوغاب است را به نحو مطلوبی تعیین نماییم.

۵- آزمایش طراحی دوغاب

از دو نمونه مختلف شن در این آزمایش استفاده گردید که شامل شن هایی از سواحل دریا و شن هایی که بر گرفته از فعالیت حفاری بود استفاده گردید. قبل از تحلیل فعالیت انجام شده ذرات ریز را در اندازه ۱۵۰ تا ۲۵۰ میکرون و ذرات درشت را در اندازه ۴۲۵ تا ۵۰۰ میکرون طبقه بندی مینماییم.

۱- حالت ایستا

جهت مطالعه پایداری حالت تعلیق در شرایط استاتیک، یک مدل از فضای حلقوی به وسیله دوغابی از ذرات جامد پر شد و زمان هایی که جهت انتقال ذرات جامد در طی یک فاصله معین عبور میکنند ثبت گردید. تمامی فرایندها در غلظت های مختلفی از اندازه ذرات و ویسکاسیته سیال پایه تست وثبت گردیدند.

۲- حالت دینامیک

بعد از اطلاع یافتن از ارتباط میان سرعت پمپ و دبی جریان، حجمی از دوغاب در میان فضای حلقوی مدل مورد نظر پمپ شد و اجازه دادیم که سیستم به حالت پایدار برسد. حرکات ذرات مشخص شده در طی یک فاصله مشخص توسط یک دوربین با سرعت بالا ثبت شد. نتیجه اینکه تعیین سرعت ذرات مشخص شده آسانتر و دقیق تر شد.

تکنیک های مشابه توسط برخی محققان در جهت تعیین سرعت حرکت ذرات در یک جریان دوغاب استفاده شد. در این تحقیق سرعت نسبی ذره با استفاده از معادله زیر تعیین میشود:

$$Relative\ particle\ velocity\ (R.P.V) = (V_P^{1}/V_m^{2})$$ فرمول (۱)

[1] V_P: Dynamic Partice Velocity
[2] V_m: Slurry Mixture Velocity

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده از سرعت نسبی ذرات جامد به عنوان یک مقیاس برای بیان سرعت انتقال ذرات در ستون فضای حلقوی قابل استفاده است. نتایج زیر از تغییرات در سرعت نسبی ذرات جامد نسبت به دوغاب مخلوط تعریف میشود:

۱. R.P.V>1: ذرات جامد سریعتر از سیال پایه حرکت نموده که این ممکن است باعث بسته شدن فضای حلقوی گردد.

۲. R.P.V=1: ذرات جامد و سیال پایه با سرعت یکسان حرکت میکنند که این شرایط ایده آل است.

۳. R.P.V<1: ذرات جامد کند تر از سیال پایه حرکت نموده و غلظت در جا را افزایش میدهند و مشکل ته نشینی ذرات را در حالت استاتیک بدتر میکند.

۶- بررسی ته نشینی ذرات در حالت استاتیک

در فرایند تزریق مجدد، سرعت ته نشینی ذرات در حالت استاتیک بسیار مهم است به این دلیل که ممکن است دوغاب برای مدتی در فضای حلقوی حالت سکون داشته باشد. ناپایداری ذرات جامد معلق باعث ایجاد سرعت ته نشینی میشود. که نتیجه این فرایند مسدود شدگی در چاه است و در نتیجه انجام تزریق بیشتر به داخل سازند نتیجه اش انسداد شکافهای داخلی چاه و سازند است.
اعداد بدست آمده نشان میدهند که مقادیر آزمایشگاهی مقدارشان بیشتر از مقادیر محاسبه شده است. برای کارهای آزمایشگاهی ، از ذرات ریز شن با اندازه بین ۱۵۰تا۲۵۰ میکرون استفاده شد. در حالی که اندازه ذرات برای محاسبات تئوری در حدود ۲۰۰ میکرون بود.بنابراین این میتواند دلیلی برای اختلاف زیاد بین نتایج آزمایشگاهی و تئوری قلمداد شود.
جدول زیر بر اساس اعداد آزمایشگاهی و تئوری است که تهیه شده است :

جدول ۱:مقایسه مقادیر آزمایشگاهی و تئوری ته نشینی ذرات مختلف

Slurry Condition	Experimental Hindered Settling Velocity(cm/s)	Theoretical Results Hindered Settling Velocity(cm/s)
120cp+10%fine sand	0.054	0.008
120cp+20%fine sand	0.043	0.005
120cp+30%fine sand	0.032	0.003
80cp+10%fine sand	0.074	0.012
80cp+20%fine sand	0.056	0.007
80cp+30%fine sand	0.049	0.004
40cp+10%fine sand	0.159	0.023
40cp+20%fine sand	0.088	0.014
40cp+30%fine sand	0.067	0.008
120cp+10%coars sand	0.112	0.042
120cp+20%coars sand	0.076	0.025
120cp+30%coars sand	0.063	0.014
80cp+10%coars sand	0.177	0.063
80cp+20%coars sand	0.124	0.037
80cp+30%coars sand	0.097	0.021
40cp+10%coars sand	0.323	0.126
40cp+20%coars sand	0.203	0.074

۷-مدل سازی عددی

به منظور تعیین نمودن توسعه ارتفاعی شکاف هیدرولیکی به داخل لایه های با تنش کم، یکسری از شبیه سازیها با استفاده از مدلهای سه بعدی توسط نرم افزارهای FracCADE وFracPROPT انجام شده است.
این نرم افزارها قادر اند که آنالیز هم زمان تغییرات خواص مواد و شیب تنش درجا را انجام دهند. این نرم افزارها به داده های زیر جهت انجام فرایند شبیه سازی نیاز دارند:

۱- داده های مربوط به خصوصیات ناحیه مورد تزریق؛ کمترین تنش درجا و شیب شکست سازند، ضریب یانگ و نسبت پواسون

۲- اطلاعات مربوط به تکمیل چاه؛ نقطه تزریق برای چاههای صرفا تزریقی

www.SID.ir

Archive of SID

۳- داده های نشت پذیری سیال
۴- مشخصات دوغاب مورد تزریق
۵- مقدار و دبی تزریق

۸- داده های مربوط به ناحیه مورد تزریق

بهتر است تعریفی در خصوص پروفایل تنش و خواص سنگ بر حسب عمق در یک چاه را داشته باشیم. بدین منظور با توجه به جدول زیر که نشان دهنده خواص مکانیکی سازندهای آغاجاری، میشان و لایه ۷ سازند گچساران است مربوط به چاهی در میدان اهواز، توجه نمایید.

جدول ۲:خواص انتقال پذیری سیال در سنگ در سازند های میادین نفت اهواز

Zone Name	Top MD (ft)	Zone Height (ft)	Average Permeability(md)	Average porosity (%)	Reservoir pressure (psi)	Toughness (psi.in1/2)
Aghajari Formation	0	5250	0.13	20	1050	1000
Mishan Formation	5250	330	0.13	20	2567	1000
Gachsaran (member7)	5580	330	0.13	20	2878	1000

۹- پروفایل کمترین تنش درجا

بر اساس نمودارهای پتروفیزیک، از دید سنگ شناسی، سازندهای مارل، سندستون و لایمستون میانگین دانسیته آنها(بر اساس نمودار صوتی چاههای ۸۰ و ۸۸ اهواز) حدود ۲,۳۳ گرم بر سانتیمتر مکعب است.

از معادله زیر شیب تنش عمودی میتواند محاسبه شود:

$$\delta_v=0.433\rho_b=0.433*2.33 =1\text{psi/ft}$$

$$\delta = \frac{\vartheta(\delta_V D-2p)+p}{1-F\vartheta} = \frac{.29(1\times.2625-2\times1050)+1050}{1-1\times.29} = 1693\text{psi}$$

به طور مشابهی، کمترین تنش برشی برای سازند میشان طبق محاسبه بالا است :

$$\delta = \frac{\vartheta(\delta_V D-2p)+p}{1-F\vartheta} = \frac{.31(1\times5415-2\times2567)+2567}{1-1\times.31} = 3847\text{psi}$$

و نهایتا برای لایه هفت گچساران داریم:

$$\delta = \frac{\vartheta(\delta_V D-2p)+p}{1-F\vartheta} = \frac{0.36(1\times5745-2\times2878)}{1-1\times0.36} = 4489\text{psi}$$

در جدول ۳ خلاصه نتایج به دست آمده از سازندهای مختلف را ملاحظه مینمایید. این مقادیر بر اساس اطلاعات استخراج شده از نمودارها بوده وبا نتایج بدست آمده از محاسبات مطابقت دارد.

جدول ۳: نتایج سازند مورد استفاده در شبیه سازی شکاف

Zone name	TVD (ft)	Pore pressure(psi)	Poisson's ratio	Fracture gradient(psi/ft)	In – situ stress(psi)
Aghajari Formation	TVD<5250	1050	0.29	0.65	1693
Mishan Formation	5250<TVD<5580	2567	0.31	0.714	3847
Gachsaran Formation	5580<TVD<5910	2878	0.36	0.780	4489

این مقادیر بر اساس مطالعات انجام شده در میدان اهواز بدست آمده است.[۹]

www.SID.ir

Archive of SID

۱۰- مدول الاستیک

در جدول ۴ مقادیر استاتیکی ضریب یانگ برای ناحیه ها و سازند های مختلف محاسبه نموده ایم. این مقادیر بر اساس ضریب الاستیکی دینامیکی یانگ گرفته شده از نمودارهای صوتی و دانسیته بوده است. در اینجا ما فرض نموده ایم که ضریب پواسون به طور کلی برای سازندها به صورتی که برای سازند آغاجاری ۰,۲۹، برای سازند میشان۰,۳۱ و برای لایه هفتم سازند گچساران۰,۳۶ است. [۹] ضریب الاستیکی استاتیک یانگ، که مقادیر شان برای آنالیز نمودن مورد نیاز ما هستند، معمولا دو برابر کوچکتر از مقادیر دینامیکی گرفته شده از نمدارهای صوتی هستند.

مقادیر الاستیکی ضریب یانگ که در جدول ۴ نشان داده شده است حدود ۰,۶۶ مقادیر دینامیکی است.مقادیر بزرگتر ضریب الاستیک مفهومش عرض کمتر دهانه شکاف است و به مراتب ایجاد شکاف در مساحت بزرگتر را نتیجه میدهد. بنابراین، مقادیر مورد استفاده باید به نحو مطلوبی آنالیز گردند.

جدول ۴:ضرایب الاستیک مورد نیاز جهت آنالیز نمودن سازندهای مختلف

Zone Name	Poisson's Ratio	Young's Modulus(psi)
Aghajari Formation	0.29	200000
Mishan Formation	0.31	200000
Gachsaran(Member7)	037	200000

۱۱- ضریب نشت پذیری سیال

در شبیه سازی های شکاف، ضریب نشت پذیری سیال(با واحد $ft.min^{-1/2}$) مفهومش هرزروی سیال در سازند است. دبی نشت پذیری بالای سیال از توسعه شکاف جلوگیری میکند چون افت فشار سریعی در شکاف اتفاق خواهد افتاد. برای اینکه بتوانیم رشد و توسعه شکاف را کنترل کنیم باید هدف را بر مبنای کم نمودن عدد نشت پذیری سیال در سازند بنا نهیم. البته افزایش دبی نشت پذیری سیال در سازند حالتی بحرانی است که ظرفیت ذخیره سازی سیال در سازند را کنترل میکند.(شبیه به فرایند استفاده از الک لرزان در کنترل نمودن ذرات جامد).برای سازندهای مارلی، ضریب نشت پذیری سیال ($ft.min^{-1/2}$)۰,۰۰۰۸در نظر گرفته میشود، که این مقدار شبیه به مقداری است که برای شیل مورد استفاده است. بر اساس تعریف و مقدار دیگر پارامترهای موجود، مقدار کم ضریب نشت پذیری سیال در سازند مفهومش افزایش مساحت گسترش شکاف در سازند است. جدول ۵ مقادیر ضریب نشت پذیری سیال در سازند را نشان میدهد.

جدول ۵ : ضرایب نشت پذیری سیال در سازند مورد استفاده در آنالیز نمودن هر سازند

Zone name	Zone TVD(ft)	lithology	Leak-off Coefficient($\frac{ft}{\sqrt{min}}$)
Aghajari	TVD<5220	Red Marl	0.00081
Mishan	5220<TVD<5580	Grey Marl	0.00087
Gachsaran(member7)	5580<TVD<5010	Anhydrite	0.00089

این نتایج بر اساس اطلاعات داده شده به نرم افزار با فرض تراوایی ۰.۱۳ میلی دارسی تهیه شده است.

۱۲- مشخصات رئولوژی دوغاب

رئولوژی دوغاب بستگی به جنس کنده هایی که از سازند استحصال میشود، نسبت اختلاط و رئولوژی داده شده دارد. بوسیله در نظر گرفتن اینکه سیال استفاده شده در میدان نفتی اهواز کاملا شناخته شده است در نتیجه میتوانیم نتایج خاصی را در مشخص

www.SID.ir

Archive of SID

نمودن رئولوژی دوغاب جهت تزریق بدست آوریم. از دیدگاه زمین شناسی، این میدان نفتی از مارلهای خاکستری رنگ، مارل قهوه ایی، سیلتستون، لایمستون، انهیدرایت، شیل ونمک ساخته شده است.
خواص رئولوژی دوغاب با استفاده از قانون لاو به صورت زیر تعریف میشود:

$\tau = kv^n$ فرمول (۲)

که:
τ معادل تنش برشی سیال ومعادل مقدار تنش v میباشد.
ضریب $n=0.26$ و $k=0.15lb_f sec^n/ft^2$ است.مقدار وسیکاسیته ظاهری ۱۶۱ سانتی پواز در ۱۷۰ ثانیه معکوس است.$(1/sec)$

جدول۶:خواص فیزیکی دوغاب جهت تزریق[۱]

Density	1.2 SG
Particle Loading	80/100 Mesh Proppant at a Consternation of 2 PPG
Apparent Viscosity	161cp at@170 1/s
Non-Newtonian Power law indices	n=0.26
	K=0.15

۱۳- تکمیل چاه

تمامی اطلاعات مربوط به تکمیل چاه و لوله گذاری را میتوانیم از اطلاعات استخراج شده از نمودارهای پتروفیزیکی و زمین شناسی استخراج نمایید. عمق نهایی و حفره مورد نظر جهت انجام فرایند تزریق به ترتیب ۵۵۸۰ فوت و۸,۵ اینچ در نظر گرفته شد.

جدول ۷: اطلاعات چاه مورد تزریق

Hole	Total Measured Depth (ft)	5580
	Hole Size (in)	8.5
	Treatment Pumped Through	Tubing
Temperatures	Bottom Hole Static Temperature (F)	150
	Surface Temperature (F)	86
Packer	Packer Measured Depth (ft)	5100

اطلاعات مورد نیاز شامل مشبک کاری جهت انجام محاسبه افت فشار از درون مشبک شدگی سازند و تعیین ناحیه مورد تزریق جهت ایجاد شکاف مورد بررسی است.
لوله جداری از عمق ۵۴۰۰ تا ۵۴۳۰ فوتی با ایجاد شبکه مشبک کاری ۲ گلوله در فوت و ایجاد قطری دهانه ایی ۰,۲۵ اینچ ایجاد گردید.اطلاعات لوله جداری تزریق و لوله جداری در جدول ۷ داده شده است. شکل ۸ نمای تکمیل چاه جهت انجام فرایند تزریق در چاه را نشان میدهد.
عمق مورد تزریق حدود ۱۵۰ فوت زیر سازند آغاجاری و در مرکزسازند میشان انتخاب شد. نرخ تزریق را ۵ بشکه در دقیقه انتخاب کنید. این همخوانی ویژه ایی با نشت پذیری اتفاق افتاده در مارلها دارد و نشان میدهد که شکافها بین دو دوره تزریق باز میمانند. بیشتر از دوره تزریق فرض میشود که یک شکاف در لایه های شیل توسعه پیدا میکند تا اینکه بخواهد باعث ایجاد شکافهای جدید تر شود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۸: اطلاعات جداری تزریق

Tubular Data	Bot.MD (ft)	OD (in)		ID (in)	Weight (lb/ft)	Grade	Collapse Pressure (psi)	Burst Pressure (psi)
Tubing	5250	7		6.366	23	N80	3830	6340
Casing	5580	13.375	12.159	85		N80	3870	6360

۱۴- نتایج شبیه سازی برای فرایند تزریق مجدد

بعد از تعیین نمودن تمامی اطلاعات مورد نیاز، مدل تعیین هندسه شکاف جهت ایجاد آن برای انجام فرایند شبیه سازی نیاز است. مدلهای KGD، PKN، RAD و مدل P3D در اینجا مورد نیاز است که مورد بحث قرار گیرد. همچنان که قبلا هم ذکر شد مکانیسم صرفا تزریق کنده ها در سازند میشان باید انجام گردد که جای مناسبی جهت حفظ پسماندها محسوب میشود و لیتولوژی آن شامل لایمستون میباشد که گزینه مناسبی جهت انجام این فرایند است.

جدول۹:داده های ورودی به شبیه ساز- خواص سازند

Zone Name	Top MD (ft)	Zone Height (ft)	Fracture Gradient (psi/ft)	Stress (psi)	Young's Modulus (MMpsi)	Poisson's Ratio	Leak-off Coefficient ($ft.min^{0.5}$)	Toughness ($psi.n^{0.5}$)
Aghajari	۰	۵۲۵۰	۰,۶۵۰	۱۶۹۳	۲	۰,۲۹	۰,۰۰۰۸۱	۱۰۰۰
Mishan	۵۲۵۰	۳۳۰	۰,۷۱۴	۳۸۴۷	۲	۰,۳۱	۰,۰۰۰۸۷	۱۰۰۰
Gachsaran	۵۵۸۰	۳۳۰	۰,۷۸۰	۴۴۸۹	۲	۰,۳۶	۰,۰۰۰۸۹	۱۰۰۰

۱۵- نتیجه گیری:

۱. تجربه ثابت کرده است که تزریق کنده های حفاری یک راه حل ایمن زیست محیطی و همچنین روشی باصرفه اقتصادی برای مدیریت پسماند چاههای اکتشافی و تولیدی به شمار میرود اگر که عملیات با نظارت و برنامه ای مطمئن به درستی طراحی و اجرا شود.صنعت با مشکلات بیشتری در باره اطمینان از فرایند تزریق مجدد کنده ها مواجه شده است به این دلیل که پروژه ها روزبه روز بزرگتر و پیچیده تر میشوند.

۲. نتایج نشان داده شده در فصل های قبلی به خوبی نشان میدهند که حداکثر حجم شکاف زمانی به دست می آید که حجم دوغاب تزریق شده به صورت پیوسته پمپ شود.همچنین طراحی های مختلف جهت افزایش اطمینان از قرار گیری ایمن کنده ها در سازند مورد نظر صورت گرفته است.بر پایه مطالعات امکان سنجی مشخص شده است که دوغاب کنده های تشکیل شده در طیحفاری یک چاه میتواند به درون یک چاه صرفا تزریقی از طریق لوله جداری تولید و یا از طریق فضای حلقوی در حین حفاری تزریق شود.

۳. تجزیه و تحلیل یک شکاف مورد بررسی قرار گرفته است. برای تزریق متناوب به دلایلی مانند بسته و باز شدن شکاف و جدایش جامدات از سیال پایه شکافهای خوشه ایی به وجود می آید. اگر شکافهای خوشه ایی در نظر گرفته شود توسعه شکاف بسیار کمتر خواهد بود و حجم کمتری از دوغاب قابل تزریق خواهد بود. بررسی های ارائه شده در اینجا بسیار دقیق بوده واطمینان کامل از تزریق ایمن کنده های حفاری را ایجاد میکند.

با توجه به اینکه طبق برنامه توسعه میباست تعداد ۵۵ چاه در میدان آزادگان شمالی حفاری شود و هم چنین حفرهر چاه منجر به تولید تقریبا ۱۴۵۰۰ بشکه پسماند حفاری میشود میتوان با استفاده از تکنولوژی تزریق کنده از رها شدن تقریبا ۸۰۰۰۰ بشکه پسماند به محیط جلوگیری نمود .

www.SID.ir

Archive of SID

۱۶- منابع مورد استفاده

1. Veil, j.A and Maurice B. Dusseault, M.B."Evaluation of Slurry Injection Technology for Management of Drilling Waste".Argonne Nationl Laboratory Report for the US Department of Energy, W-31-199-Eng-38,110page, 2003.

2. C.Nicodano, A.Mazerole and J.D.A. McKee."Experience of Safe and Efficient Drill Cuttings Disposal through Cuttings Re-injection". American Chamber of Commerce of Trinidad and Tobago Conference on Challenges, Responsibilities and Empowerment, Port of Spain, Trinidad and Tobago, june 7-8, 2001.

3. Q.Guo, SPE, and T.Geehan."Formation Damage and Its Impact on Cuttings-Injection-Well Performance:A Risk-Based Approach on Waste-Containment Assurance".Paper SPE 98202 presented at theInternational Symposium and Exhibition on Formation Damage Control,Lafayette,Louisiana U.S.A,15-17 February 2006.

4. Ahmed S. Abou-Sayed, "Design Considerations in Drill Cuttings Re-Injection through Downhole Fracturing". Paper SPE 72308 presented at the SPE/IADC Middle East Drilling Technology Conference, Bahrain, and 22-24 October 2001.

5. Saasen, A., T.N. Tran, H. Joranson, E. Meyer, G. Gabrielsen, and A.E. Tronstad, "Subsea Re-Injection of Drilled Cuttings- Operational Experience," SPE/IADC 67733, presented at the SPE/IADC Drilling Conference, Amsterdam, Netherlands, and February 27-March 1, 2002.

6. Guo, Q.andGeehan,t., " An Overview of Drill Cuttings Re- Injection- lessons learned and Recommendations," presented at 11th International Petrolume Environmental Conference Albuquerque,NewMexico,October 12-15,2004.

7. Guo, Q., Dutel, L.J., Wheatley, G.B., McLennan, J.D., and Black, A.D. "Assurance Increased for Drilling Cuttings Re-Injection in the Panuke Field, Canada: Case Study of Improved Design". Paper IADC/SPE 59118 presnted at the IADC/SPE Drilling Conference, New Orleans, 23-25 February, 2000.

8. QuanxinGuo, Thomas Geehan, and Adriana Ovalle. "Increased Assurance of Drill Cuttings Reinjection: Challenges, Recent Advances, and Case Studies". Journal SPE Drilling&Completion, Volume 22, pages 99-105, June 2007.

9. The internal report of the Ahwaz field, National Iranian Oil Company (NIOC), 2000

www.SID.ir