www.Prozheha.ir

بهره برداری

Production

www.Prozheha.ir

۱- تکمیل چاه (Completion)

۱-۱- تکمیل چاه (Completion)

Completion به معني تبديل يك چاه حفاري به يك چاه توليدي مي‌باشد. براي اين منظور بايستي چاه به تجهيزات خاصي مجهز شود. به طوري كلي دو نوع Completion وجود دارد :

A-OHC (open hole Completion)

b- OHC (cased hole Completion)

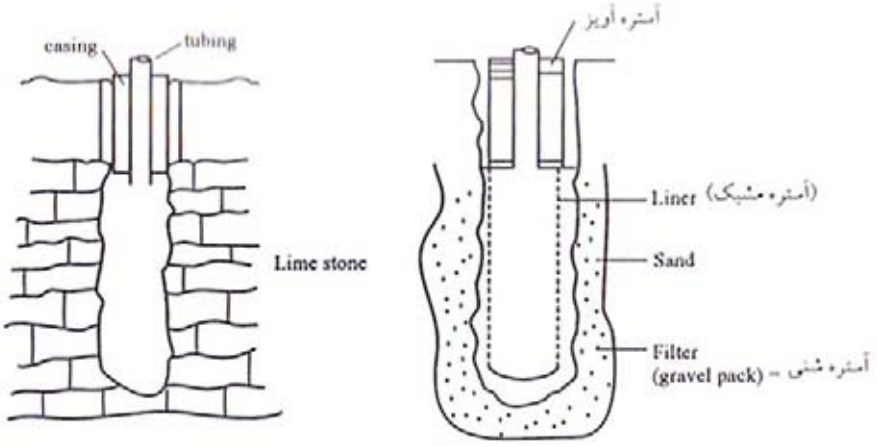
وقتي كه تكميل چاه در يك چاه بدون جداره (Casing) انجام شود، تكميل چاه باز ناميده مي‌شود. اما اگر تكميل چاه در يك چاه داراي لوله جداري انجام شود به اين نوع تكميل CHCگويند. در اين صورت براي به توليد رسيدن چاه لوله جداري بايد مشبك كاري گردد.

۱-۱-۱- تکمیل حفره باز (OHC)

در اين روش تكميل چاه در يك چاه باز انجام مي‌شود. (Casingدر بالاي سازند توليدكننده نشان داده شده است).

IRANIAN ENGINEERING GROUP
Website: WWW.MOHANDE30.COM
Phone: +98 937 923 6530

www.Prozheha.ir



● تکمیل به صورت چاه باز با آستری ● تکمیل به صورت چاه باز بدون آستره

مزیت‌های روش OHC

- در دبی‌های بالا حداقل آسیب به مخزن وارد می‌شود امکان کنترل تولید شن توسط Gravel Packing ممکن است.
- هزینه مشبک‌کاری وجود ندارد.
- تفسیر نمودارهای پتروفیزیکی آسانتر می‌باشد.
- از تمام قطر سازند می‌توان تولید کرد.
- امکان تبدیل OHCبه Liner Comletionو یا CHC می‌باشد.

معایب روش OHC

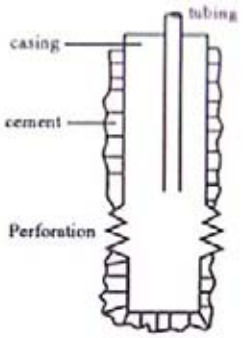
- کنترل آبدهی و گازدهی چاه مشکل می‌باشد.
- عمل Fracturing و یا Acidising در یک سازند مشخص مشکل است.

۱-۱-۲- تکمیل با لوله‌های جداری (Cased Hole Completion (CHC))

در این روش بعد از اتمام عملیات حفاری لوله‌های جداری در چاه قرار داده می‌شوند و سپس عملیات سیمانکاری انجام می‌شود، ارتباط بین چاه و سازند توسط Perforation برقرار می‌گردد.

IRANIAN ENGINEERING GROUP
Website: WWW.MOHANDE30.COM
Phone: +98 937 923 6530

www.Prozheha.ir



مزيتهاي روش CHC

- وقتي چاه به آبدهي و يا گازدهي مي‌افتد – كنترل آن راحت است.
- امكان انجام عمليات تحريك يك سازند مشخص وجود دارد.
- امكان كنترل توليد شن

معايب روش CHC

- هزينه مشبككاري
- آسيب ديدن سازند توسط سيمانكاري و جداره‌گذاري
- تفسير (تحليل) نمودارهاي پتروفيزيكي به علت وجود لوله جداري مشكل مي‌باشد.
- از تمام قطر سازند نمي‌توان توليد كرد.

۱-۱-۳- تكميل چندگانه (Mutiple Completion)

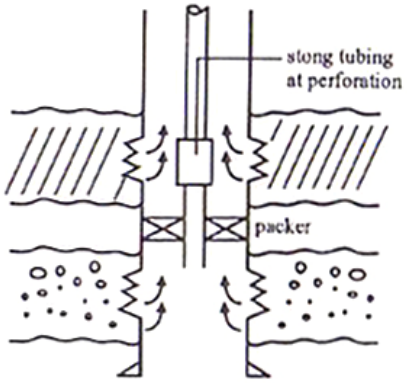
اگر در يك چاه سازندهاي مختلفي وجود داشته باشد و بخواهيم از تمام اين سازندها سيال‌هاي مختلفي را توليد كنيم در اين صورت از Mutiple Completion استفاده مي‌كنيم.

۱-۱-٤- تكميل دوگانه

(One Packer + One tubitg) Doubble Completion

IRANIAN ENGINEERING GROUP
Website: WWW.MOHANDE30.COM
Phone: +98 937 923 6530

www.Prozheha.ir

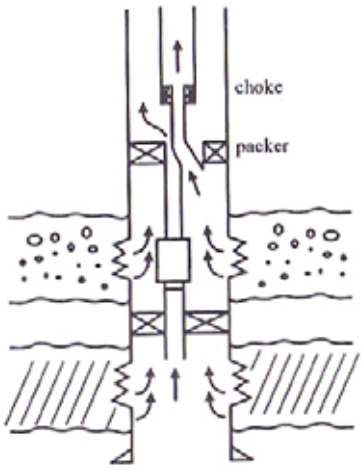


شكل بالا حالت اساسي يك double Completion را نشان مي‌دهد (با حداقل هزينه) – توليد از سازنده زيرين از طريق لوله مغزي (tubing) انجام مي‌شود و توليد از سازند بالايي از طريق لوله جداري (casing) انجام مي‌شود. محدوديت‌هاي استفاده از اين روش عبارتند از :

- امكان توليد سازند بالايي از ظريق tubing وجود ندارد. مگر اينكه سازند پايين كور شود.
- در اثر توليد از طريق Casing، لوله جداري در معرض فشار و پوسيدگي قرار مي‌گيرد.
- امكان توليد توسط روش‌هاي مصنوعي فقط براي سازند زيرين وجود دارد.
- توليد شن از طريق سازند بالايي ممكن است باعث سفت شدن (گير كردن) tubing شود.
- عمليات تعمير چاه (Wirkover) در سازند بالايي نياز به كشتن سازند پايين دارد. (well killing)

IRANIAN ENGINEERING GROUP
Website: WWW.MOHANDE30.COM
Phone: +98 937 923 6530

www.Prozheha.ir



(One tubintg + ۲ Packers) Doubble Completion

توسط اين روش مي‌توان از سازند مختلف توسط يك tubing مجهز به يك Chake (چوك) تنظيم كننده جريان توليد كرد. زيانهاي اين روش عبارتند از :

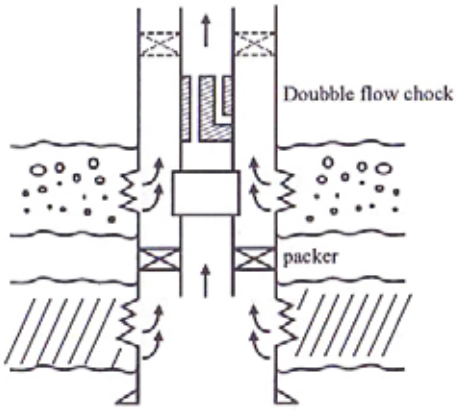
- لوله جداري تحت پوسيدگي و فشار قرار مي‌گيرد.
- هر دو سازند بايستي براي تعمير چاه در سازند بالايي كشته شوند. (well killing)

(One tubintg + one Packer + one Chocke) : Doubble Completion

در اين روش جريان از دو سازند، توسط يك Double Flow Chock به درون يك tubing تقسيم مي‌شود. اين Chock را بر حسب ميزان دبي از هر سازند مي‌توان تنظيم كرد. سپس هر دو جريان در قسمت بالايي Chock با هم مخلوط مي‌شوند. در اين روش نيازي به packer بالايي نيست. در اين روش مي‌توان مانع آن شد كه Casing در معرض فشار و فرسايش قرار گيرد. در اين روش هر دو سازند از طريق يك tubing- توسط روش‌هاي مصنوعي توليد كنند. توليد شن باعث فرسايش Chock و بعضاً باعث گرفتگي آن مي‌شود.

IRANIAN ENGINEERING GROUP
Website: WWW.MOHANDE30.COM
Phone: +98 937 923 6530

www.Prozheha.ir

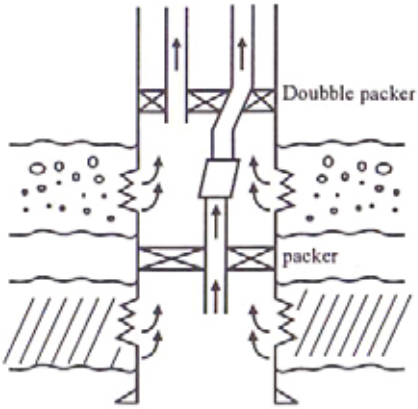


(۲ tubintg + ۲ Packer) : Doubble Completion

در این روش با استفاده از یك لوله مغزي دوم (tubing) – جریان از هر سازند به صورت جداگانه (تولید از هر سازند به صورت جداگانه) ممکن میگیرد. از هر سازند میتوان جداگانه به طریق تولید مصنوعي تولید کرد. زیانهاي این روش عبارتند از :

۱- مخارج زیاد و گران بودن آن

۲- تأخیر و زمان زیاد براي عملیات تعمیر چاه (Work over) و روشهاي stimulation



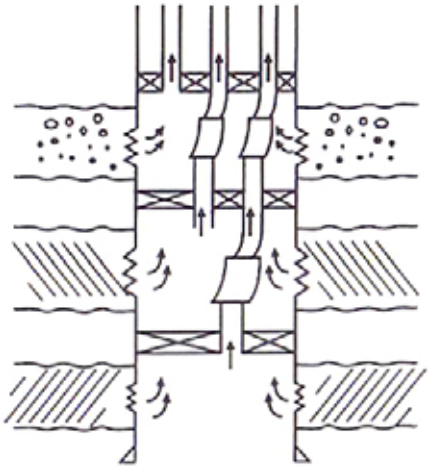
۱-۱-۵- تکمیل سه گانه Tripple Completion

[۲ (or۳) Packers + ۲ (or ۳) tubings]

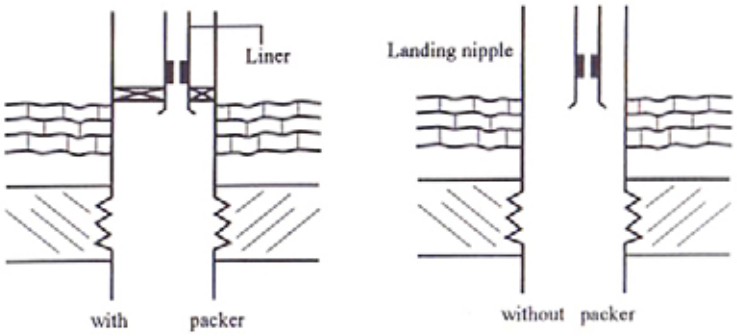
IRANIAN ENGINEERING GROUP
Website: WWW.MOHANDE30.COM
Phone: +98 937 923 6530

www.Prozheha.ir

اين نوع روش تكميل چاه (Completion) توسط ۲ يا ۳ tubing و Packersتوليد مي‌كند. اين نوع روش تكميل چاه قادر به توليد زياد از طريق فقط يك چاه است.
نصب اين گونه Completion سخت بوده و كار با آن – براي عمليات ارتباطي با سازندهاي ختلف بسيار مشكل مي‌باشد.



۱-۱-٦- تكميل دائمي چاه (PWC : Permanet well Completion)

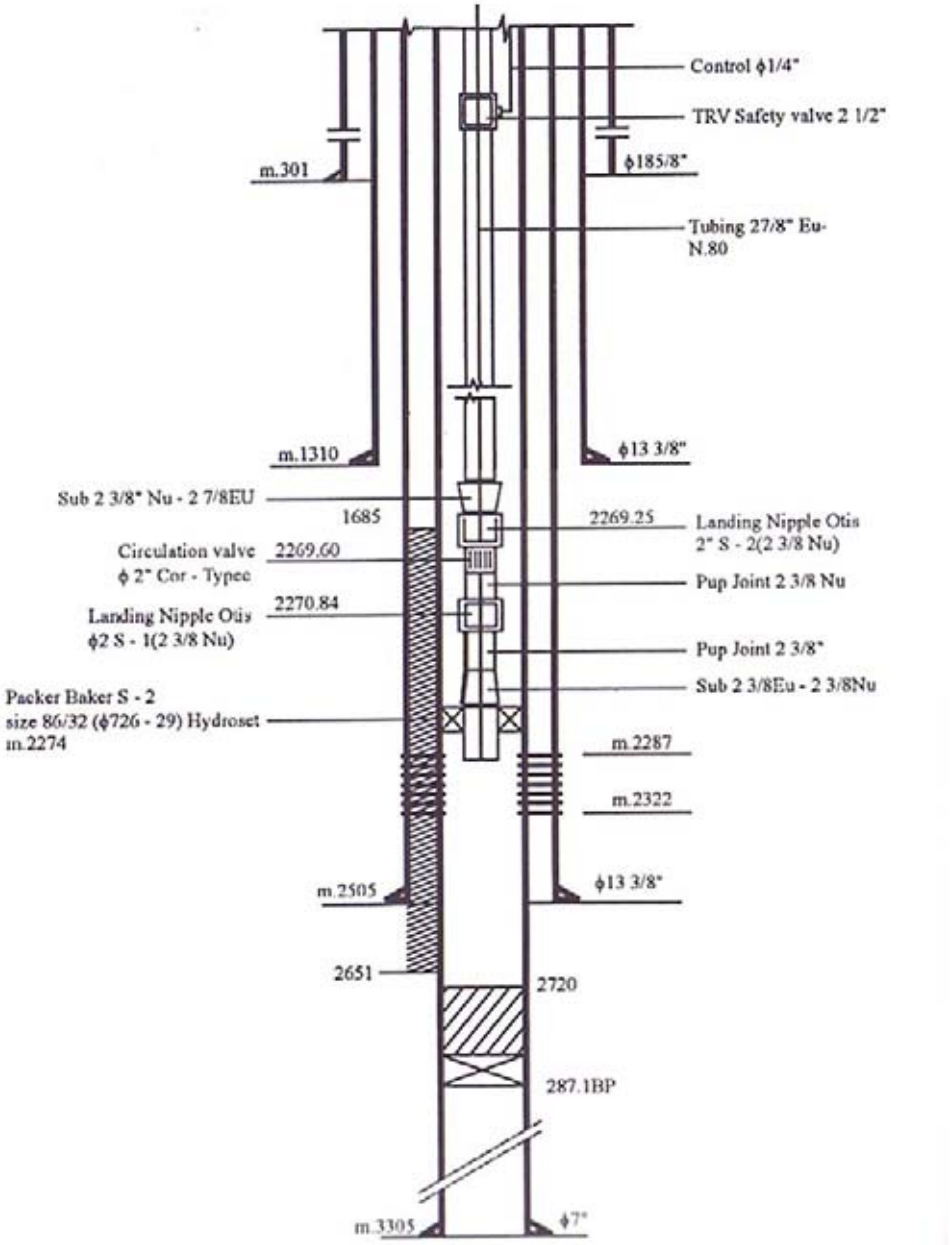


فلسفه اين نوع Completion اين است كه ضرورت بيرون آوردن و جايگذاري مجدد لوله مغزي را در دوران عمر يك چاه حذف مي‌كند. شكل بالا دو نوع PWC را با Packer و بدون Packer نشان مي‌دهد. در اين روش لوله مغزي با دهانه باز در بالاي – بالاترين سازند كه در آينده توليد از آغاز مي‌گردد نصب كرده

IRANIAN ENGINEERING GROUP
Website: WWW.MOHANDE30.COM
Phone: +98 937 923 6530

www.Prozheha.ir

مي‌شود. بعد از عمل سيمانكاري، سكوي حفاري از محل دور كرده مي‌شود و به وسيله يك سكوي توليد، لوله مغزي را ساخته و در چاه مي‌نشانند.



يك نمونه از Completion واقعي يك چاه

IRANIAN ENGINEERING GROUP
Website: WWW.MOHANDE30.COM
Phone: +98 937 923 6530

www.Prozheha.ir

۱-۲- انواع روشهاي مشبككاري

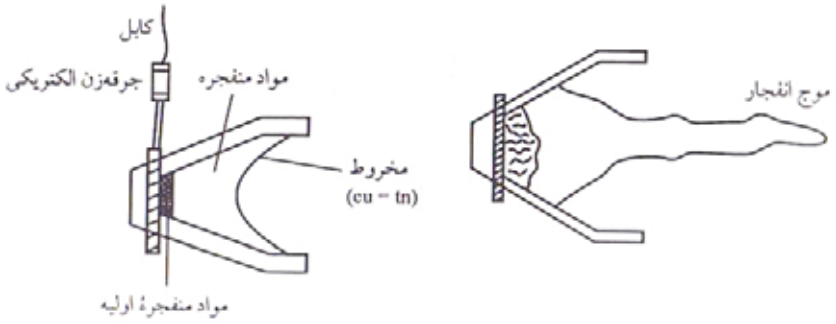
- Bullet Perforation
- Jet Perfoartion

۱-۲-۱ Bullet Perforation

- در روش Bullet Perforation قدرت گلولههاي ايجاد كننده شبكه متغير بوده و به پارامترهاي زير بستگي دارد :
  - كيفيت و ميزان مواد منفجره
  - فاصله بين دستگاه و Casing
  - جرم گلولهها
- ميزان نفوذ گلولهها بستگي به عوامل زير دارد :
  - شكل گلوله
  - نوع (جنس) Casing

- Stand off – يعني فاصله دستگاه تيرانداز و جدار چاه – يعني مسافتي كه گلولها در مايع درون چاه ميپيمايند.
- نوع سنگهاي سازند

۱-۲-۲ Jet Perfoartion (ايجاد شبكه توسط امواج انفجاري)



IRANIAN ENGINEERING GROUP
Website: WWW.MOHANDE30.COM
Phone: +98 937 923 6530

www.Prozheha.ir

مزايـاي Jet Perfoartion

- ايجاد شبكه‌هاي طولانـي‌تـر در سنگ‌هـاي سخت – در مـواردي كـه چاه داراي جدارهاي مختلف است.
- قـابـليت كـاربـري تـا دمـاي ۱۷۰Ċ بـراي Perfoartionهاي و عـادي و تـا ۲۳۰Ċ بـراي Perfoartion
- سيمـان را مـي‌سوزانـد (ذوب مـي‌كـند)، آن را پـاره نمـي‌كـند.
- در Casing لـبه و كـناره‌هاي تـيز ايجاد نمـي‌كـند.
- بـه علت دارا بـودن قطر كـوچكتر، راحـتتـر در چـاه سـوار مـي‌شود.

تـنهـا زيـان ايـن روش، مشكل بـودن انـدازه‌گيري دمـا مـي‌بـاشد.

امروزه در بـازار دو نـوع Jet Perfoartion وجود دارد. نـوع اومل آن داراي قـالـب فـولادي مـي‌بـاشد و نـوع دوم داراي قـالـب آلـومـينيـومـي يـا پـلاستيكي از جنس كـراميك مـي‌بـاشد.

Jet Perfoartion شبكه‌هاي بـا طول كـافي بـدون آسيب رسـانـدن بـه آسـتري چاه ايجاد مـي‌كـند.

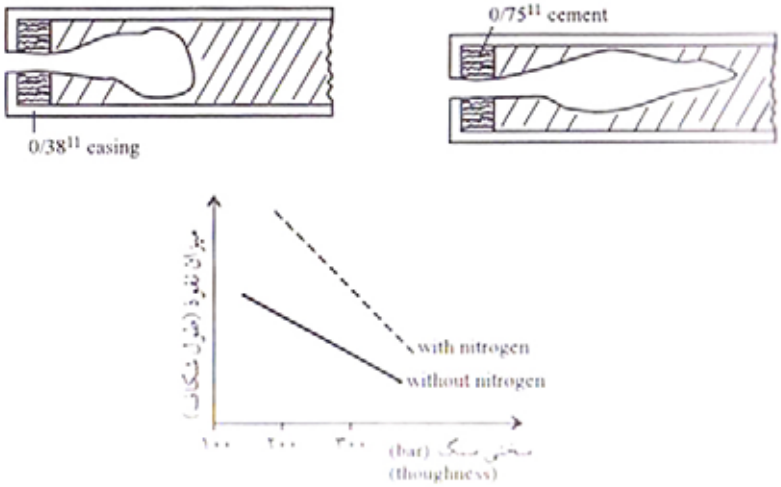
يـك عيب بـزرگ Bullet Perfoartion عبـارت است از ايجاد Schutt (نخالـه) بـعد از تيرانـدازي و همچنين پـاره كـردن و نـه سوراخ كـردن آسـتري چاه. همچنين تـعيين ميـزان واقـعي فـاصله دستگاه تيرانـداز از بـدنـه چاه، بـراي ايجاد سوراخ‌هايـي بـا قطر مشخص و طـول مشـخص مشـكل مـي‌بـاشد. بهتر است از گـلولـه‌هايـي بـا ديـواره نـازك و همچنين مخروطي شكل استفـاده شود تـا آستري چاه پـاره نـشود و همچنين مـواد زائـد و اضافي (Schutt) در داخل چاه بـاقـي نمـانـد.

۱-۲-۳- ايجاد شبكه هيدروليكي (Hydraulic Perfoartion)

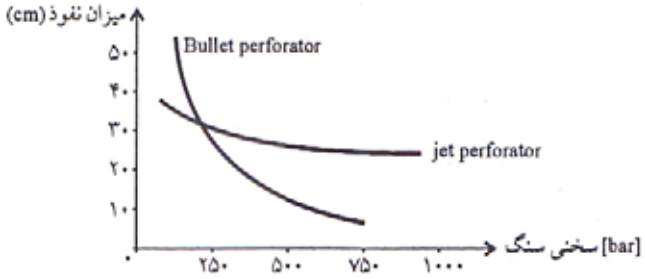
در ايـن روش سيمـان و جداره (آستري) چاه – تـوسط فشار يـك مـايـع داراي شن – بـريـده (شكافـته) مـي‌شود. اگـر فشار درون چـاه از ۰ بـه ۲۰ (bar) افـزايش پـيدا كـند، ميـزان طول شكاف ايجاد شده بـه مقدار قـابـل تـوجهي كم مـي‌شود. بـا افـزودن مقـدار نـيتروژن بـه مـايـع مـي‌تـوان ايـن مشكل را بـرطرف كـرد.

IRANIAN ENGINEERING GROUP
Website: WWW.MOHANDE30.COM
Phone: +98 937 923 6530

www.Prozheha.ir



آزمايش‌هاي مختلف نشان داده اند كه ميزان نفوذ (طول) شكاف ايجاد شده شديداً بستگي به درجه سختي سنگ سازند دارند. در سنگ‌هاي سخت Jet Perfoartion نسبت به Bullet Perfoartion عموماً شكاف‌هاي طولاني‌تر ايجاد مي‌كنند. در سنگ‌هاي نرم‌تر گاهي اگر فاصله بين دستگاه ايجاد شكاف و ديواره چاه صفر باشد. ممكن است كه Ballet Perfoartion شكاف‌هاي طولاني‌تر از Jet Perfoartion ايجاد كند.



۱-۲-٤- عواملي كه بر نتايج عمليات مشبك‌كاري تأثير مي‌گذارند

الف) گرفته شدن شكاف‌هاي ايجاد شده :

گرفته شدن شكاف‌ها توسط باقيمانده گلوله‌ها و يا توسط باقيمانده‌هاي جداره، مي‌توان اثرات بسيار منفي بر نتايج عمليات داشته باشند.

اگر عمليات ايجاد شكاف، درون چاه‌هاي پر از گل حفاري انجام شود، در اين صورت شكاف‌ها (روزنه‌هاي) ايجاد شده، توسط مواد

IRANIAN ENGINEERING GROUP
Website: WWW.MOHANDE30.COM
Phone: +98 937 923 6530

www.Prozheha.ir

جامد گل حفاري يا مواد ريز سازند گرفته مي‌شوند. اين گونه گرفتگي‌ها توسط «شستشوي چاه» به راحتي برطرف نمي‌گردند. اثرات منفي اين گرفتگي‌ها عبارتند از :

- كاهش توليد
- كاهش ميزان تأثيرگذاري روشهاي Water Flooding و يا ساير روشهاي ثانويه توليد
- مشكل توليد شن : به علت گرفته شدن تعدادي از روزنه‌ها، سرعت جريان سيال در ساير روزنه‌ها زياد مي‌شود و شن توليد مي‌شود.
- در اثر افزايش سرعت سيال و توليد شن، فيلترها به سرعت خراب مي‌شوند.
- امكان نفوذ گاز و آب در نفت توليدي افزايش مي‌يابد (Gas Coningو Watrer Coning) شستن اين مواد به داخل چاه (به داخل سازند)، باعث آسيب ديدن سازند و كم شدن تراوايي در نواحي اطراف چاه مي‌شود و در اين صورت بايستي از روشهاي تحريك چاه استفاده كرد.

- **تميز كردن (باز كردن) شكافهاي بسته شده**

در سنگهاي ماسه‌اي نرم روش Perfoartion Wash پاسخ مناسب مي‌دهد. اگر اين روشها موفقيت‌آميز نباشند از روش reperfoartion در چاهي كه از گاز، و يا آب خالص و يا نفت پر مي‌باشد – با يك Pressure difference به سمت چاه – استفاده مي‌شود.

استفاده از روش اسيدكاري در سنگهاي كربناتي – در صورتي كه مسدود شدن شكافها در اثر مواد جامد گل حفاري باشد – روش موثري مي‌باشد.

شكافها ممكن است در حين عمليات توليد – توسط رسوبات آلي و ... پارافين‌ها گرفته شوند در اين صورت از حلال‌هاي شيميايي بهتر است براي باز كردن شكافها استفاده شود.

ب) تأثيرات اختلاف فشار (Pressure difference)

IRANIAN ENGINEERING GROUP
Website: WWW.MOHANDE30.COM
Phone: +98 937 923 6530

www.Prozheha.ir

انجام عمليات Perfoartion با يك اختلاف فشار به سمت سازند، باعث گرفتن شدن شكافها توسط اجزاء (مواد) سازند، مواد جامد گل حفاري و پس مانده هاي گلوله ها و مواد منفجره مي‌شود. اينگونه گرفتگي‌ها به سختي برطرف مي‌شوند و باعث مي‌شوند تا توليد چاه (PI) كاهش يابد. در سنگهاي كربناتي، اغلب اوقات وقتي كه عمليات Perfoartion را در چاه مملو از HCL و يا اسيد استيك با يك اختلاف فشار به سمت سازند انجام مي‌دهيم ممكن است توليد بيشتري از چاه را به دست آوريم.

عمليات ايجاد شكاف در يك چاه انباشته از يك مايع خالص – با يك اختلاف فشار به سمت چاه – روش مناسبي براي سازندهاي ماسه اي مي‌باشد.

۳-۱- كنترل ماسه Sand Control

مشكل ماسه در سازندهاي كم عمق ظاهر مي‌شود – همچنين با اين مشكل در سازندهاي عميقتر از ۳۵۰۰ متر مواجه مي‌شويم.

انواع مواد جامد توليدي :

- مواد جامد سازند (load bearing solids)
- مواد جامد سيال سازند (Fine solids)

مواد جامد سيال، بايستي همراه با سيال توليد شده و به سطح زمين آورده شوند. در غير اين صورت اين مواد باعث گرفته شدن Poreها مي‌شوند. بنابراين وقتي كه صحبت از كنترل ماسه مي‌كنيم، منظور ماسه اي است كه از سازند توليد مي‌شود (ماسه سازند)

- **علل توليد ماسه**

- به وجود آمدن نيروهاي حركتي توسط سيال متحرك (توليد ماسه افزايش پيدا مي‌كند اگر سرعت حركت سيال و گرانروي آن افزايش پيدا مي‌كند.)
- كاهش سفتي و سختي سازند (thoughness reducation)

به علت توليد آب (آب سيمان را حل مي‌كند) يا به علت كاهش نيروهاي موئينگي و يا به علت درجه اشباع زياد آب.

IRANIAN ENGINEERING GROUP
Website: WWW.MOHANDE30.COM
Phone: +98 937 923 6530

www.Prozheha.ir

- كاهش KrO به علت افزايش درجه اشباع آب، كه اين امر بعث افت فشار بيشتر مي‌شود.
- كاهش فشار مخزن (Pre Pressure) – كه اين امر باعث مي‌شود تا نيروي Compaction زياد شود و اين امر باعث خراب شدن سيمان بين دانه‌هاي شن مي‌شود.

۱-۳-۱- روش‌هاي كنترل ماسه

به طور كلي روش‌هاي كنترل ماسه را مي‌توان به سه روش كلي تقسيم كرد :

A – كاهش نيروهاي حركتي – اين روش ارزانترين و مؤثرترين رشو كنترل ماسه مي‌باشد.

B – كنترل مكانيكي ماسه

C – افزايش فشار سازند

A – كاهش ماسه از طريق كاهش نيروهاي حركتي

كاهش نيروهاي حركتي و نيروهاي جاري شونده – معمولاً مؤثرترين و ساده‌ترين روش مبارزه با ماسه مي‌باشد. نيروهاي حركتي به طرق زير كاهش پيدا مي‌كنند :

- شبكه‌هاي بزرگتر و تميزتر
- افزايش تعداد شبكه‌ها در واحد طول
- افزايش طول مسير مشبك
- ايجاد كانال‌هاي مصنوعي در سازند از طريق ايجاد شكاف هيدروليكي (Fracturing)

در يك توليد طبيعي صرفنظر از دبي هميشه مقداري ماسه توليد كرده مي‌شود. اگر ميزان توليد از يك مقدار بحراني افزايش پيدا كند، توليد ماسه به صورت فزاينده‌اي افزايش پيدا مي‌كند. اگر مجبور هستيم به دلايل اقتصادي ميزان توليد را بالا ببريم – بايد مقدار بحراني ميزان توليد را محاسبه كنيم.

B – كنترل مكانيكي ماسه

IRANIAN ENGINEERING GROUP
Website: WWW.MOHANDE30.COM
Phone: +98 937 923 6530

www.Prozheha.ir

در روشهاي مكانيكي، براي كنترل ماسه از فيلتر (Filter) يا Gravel Packing همراه با فيلتر استفاده كرده مي‌شود. بايد توجه داشت كه با استفاده از اين روش باعث كاهش توليد نشويم.

- **Slotterd Liner**

اين نوع آستره داراي شكافهاي طولي است. كمترين طول شكافها ۰/۳ ميليمتر مي‌باشد. اگر سازندها از ذرات درشتتر و سخت تشكيل شده باشد. از بكارگيري اين نوع آستره نتايج مناسبي به دست مي‌آيد.

- **wire warpped screens**

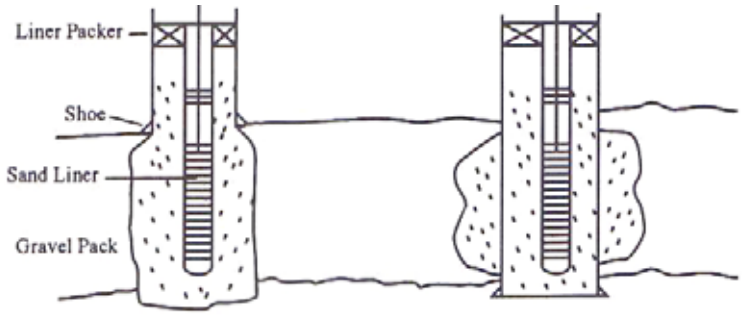
اين نوع آسترها تشكيل يافته اند از يك لوله شكاف دار يا روزنه‌دار، با راه‌ها (كانال‌هاي) تنگه و باريك در داخل آن كه دور آنها يك سيم با سطح مقطع ذوزنقه‌اي يا مثلثي پيچيده شده است. از طريق اين كانال‌ها فقط سيالها عبور مي‌كنند و ماسه متوقف مي‌شود. كوچكترين شكاف حدود ۰/۰۵ ميليمتر مي‌باشد.

- **Prepacked Liner**

اين نوع آسترها تشكيل يافته اند از يك لوله فولادي مشبك (طبق استانداردهاي API) و اين لوله توسط يك بسته شني (Sand pack) كه با صمغ مصنوعي به آن چسبيده شده – احاطه شده است. بست شني داراي شنهاي با بزرگي مختلف مي‌باشد. اين نوع فيلترها را مي‌توان تا دماي ۱۶۰°C به كار برد. يك خطر بزرگي كه براي آسترهاي بدون gravel Packing وجود دارد اين است كه به علت رسوب كردن رس (shale) در آنها شبكه‌هاي آستره گرفته مي‌شوند و در نتيجه سرعت سيال در شبكه‌هاي باز زياد مي‌شود و اين امر باعث فرسايش Liner مي‌شود.

IRANIAN ENGINEERING GROUP
Website: WWW.MOHANDE30.COM
Phone: +98 937 923 6530

www.Prozheha.ir



يكي از مشكلات مهم در به كارگيري Gravle Packدر چاه هاي Perforation CHC– مي‌باشد.

زيرا مايع همراه با ريگ بايستي از درون اين شبكه‌ها (روزنه‌ها) عبور كند و اگر روزنه‌ها توسط تكه‌هاي فلزي و يا تكه‌هاي سنگ بسازند گرفته شده باشند – در اين صورت اين امر مانع از جاري شدن مايع از طريق Perforation خواهد شد.

مسئله دوم اين است كه روزنه‌ها بايستي بعد از پمپ كردن Gravle Pack توسط ريگها پر شوند تا بدينوسيله اين روزنه‌ها توسط ماسه پر كرده نشوند.

١-٤- عمليات اسيدزني (Aciizing)

اگر ميزان Permeability خاصيت گذردهي (k) يك مخزن كم باشد. در اين صورت عمليات مناسب براي چاه hydraulic Fecturing مي‌باشد. ولي به هر حال اگر آسيب (Damage) باعث كاهش توليد يك چاه شده باشد، عمليات مناسب «اسيدزني» مي‌باشد. Damage باعث مسدود شدن كانال‌هاي مخزن در اطراف چاه مي‌شود. در اثر عمليات احياي چاه (انگيزش چاه) بايستي Stimulation Skin را كاهش دهيم.

- **علل آسيب‌ديدگي سازند :**

١- آسيب‌ديدگي در اثر عمليات حفاري (drilling damage) : به علت نفوذ مواد جامد گل حفاري به داخل سازند مانند : كنده سنگ

IRANIAN ENGINEERING GROUP
Website: WWW.MOHANDE30.COM
Phone: +98 937 923 6530

www.Prozheha.ir

(cuttings)، مواد سنگين‌كننده گل حفاري (weigting material) و مواد ضد هدر رفتن گل حفاري (lost circulation agent)

۲- آسيب‌ديدگي سازند به علت نفوذ فيلترات (قسمت مايع گل حفاري) به داخل سازند (يكي از مهمترين علل آسيب سازند)

۳- آسيب‌ديدگي در سيمانكاري (ctmenting damage)

٤- آسيب‌ديدگي در اثر عمليات ايجاد شكاف (Perfortion damage)

٥- آسيب‌ديدگي در اثر تكميل چاه و عمليات تعمير چاه (ompletion & work over damage)

٦- آسيب در فيلتر شني (Damage in gravel Pack) : آسيب‌هاي ناشي از فيلترهاي ريگي (يا شني) عبارتند از : جايگذاري نامناسب فيلتر شني (روزنه‌ها خالي مي‌ماند و يا فضاي بين لوله مغزي و لوله جداري به طور كامل توسط شن پر نمي‌شود)، آسيب ديدن فيلتر شني توسط ذرات ريز سازند، اندازه غلط بزرگي شن‌ها در فيلتر كه باعث نفوذ ماسه‌هاي سازند مي‌شود، زنگ‌زدگي و باقيمانده‌هاي پليمر بين فيلتر شني و ماسه‌هاي سازند.

۷- آسيب در طول عمليات توليد (Damage during Production)

در طول عمليات توليد به علت بالا بودن دبي، ماسه‌هاي ريز و رسي شروع به حركت مي‌كنند و بسته به بزرگي‌ها، يا آنها باعث مسدود شدن كانال‌هاي مي‌شود و يا به طرف چاه به حركت خود ادامه مي‌دهند. در اثر توليد فشار در مخزن (Pore Pressure) كاهش مي‌يابد و فشارهاي وارد بر سنگ (effective stress) بيشتر از Pre Pressure مي‌شود و اين امر باعث كم شدن ميزان تخلخل (Porosity) مي‌شود و همچنين كم شدن فشار مخزن باعث ته نشين شدن مواد آلي و غير آلي (معدني) مي‌شود. اغلب اوقات اين رسوبات باعث آسيب‌ديدگي لوله‌هاي توليد (Production String) و تجهيزات روي زمين مي‌شوند. اين رسوبات باعث كاهش گذردهي مطلق نمي‌شوند، بلكه با تغيير ترشوندگي سنگ Water wet تبديل به oil wet مي‌شود و اين امر باعث كاهش K_{ro} مي‌شود. اگر همزمان آب نيز توليد شود، وجود آسفالت‌ها باعث ايجاد emulsion block مي‌شود.

IRANIAN ENGINEERING GROUP
Website: WWW.MOHANDE30.COM
Phone: +98 937 923 6530

www.Prozheha.ir

۷- آسیب در اثر عملیات انگیزش چاه (Damage during stimulation treatment)

تمیز کردن چاه (clean up) : در هنگام شستشوي چاه موادي ممکن است به داخل سازند نفوذ کنند و زنگزدگيهاي موجود در اسید و یا پارافین در نفت داغ ممکن است مجدداً در سازند ته نشین شده و باعث آسیبدیدگي و گاهي آسیبدیدگي همیشگي سازند شوند.

عملیات اسیدزني (Aciizing) : حل شدن سیمانهاي سنگ سازند توسط اسید باعث میشود سنگ سفتي خود را از دست بدهد و همچنین در اثر ترکیب اسید با مینرالها (کریستالهاي) سنگ سازند ممکن است مواد جدید ایجاد شده و رسوب کنند و یا Surfactants و Corrosion inhibitor در سازند وارد شوند.

براي برطرف کردن «آسیب»، شناخت نوع «آسیب» مهم است. بر اساس خواص فیزیکي نوع damage میتوان «سیال عملیات» (treating fluids) را انتخاب کرد. هشت نوع اصلي damage و راههاي برطرف کردن آنها در ادامه آورده شده است :

۱) Emulsions : در اثر ترکیب آب و نفت (oil&water – base fluids) امولسیون تشکیل میشود که ممکن است گرانروي بالایي به خصوص امولسیون آب در نفت داشته باشند که معمولاً در اثر نفوذ فیلترات نفوذ Treating fluid به داخل سازند تشکیل میشوند، فیلتراتهاي هیدروکربني ناشي از گلهاي حفاري نفتي و یا «سیالهاي عملیات» نفتي و در ترکیب با آب نمك (brine) تولید امولسیون میکنند. براي برطرف کردن امولسیون معمولاً از mutual solvents و یا از mutual solvents emulsifer + De – استفاده کرده میشود.

۲) water change: تبدیل شدن یك سنگ سازند به oil-wet باعث کاهش K_{ro} میشود. این مشکل ممکن است به علت جذب surface active materials توسط سنگ از گلهاي حفاري نفتي یا از مایعات عملیات نفتي به وجود آید.

۳) water Block : این مشکل در اثر افزایش درجه اشباع آب در نزدیکي چاه به وجود میآید و در نتیجه K_{ro} کاهش پیدا

IRANIAN ENGINEERING GROUP
Website: WWW.MOHANDE30.COM
Phone: +98 937 923 6530

www.Prozheha.ir

مي‌كند. Water block مي‌تواند هم در طول دوران توليد در اثر Fingering و يا Conning و هم در اثر نفوذ فيلترات آبي در طول عمليات حفاري و يا عمليات تكميل چاه به وجود آيد.

٤) Scales : رسوبات معدني مانند كربنات كلسيم و سولفات كلسيم هستند. اين رسوبات مي‌توانند در سازند در Perforation و يا در tubing رسوب كنند. ته نشين شدن اين رسوبات در اطراف و نزديكي چاه به علت پايين آمدن درجه حرارت و كم شدن فشار در نزديكي چاه در زمان توليد مي‌باشد. اين رسوبات همچنين در اثر ناسازگاري آب سازند و آب تزريقي و يا در اثر ناسازگاري آب سازند و فيلترات ايجاد مي‌شوند بسته به نوع scale از حلال‌هاي مختلفي مي توان استفاده كرد. مرسوم‌ترين نوع Scales كه در چاه به آن مواجه مي‌شويم و حلال‌هاي آنها عبارتند از :

- Carbonate scale (caco ٣ & Feco ٣) → (+HCL)

- sulfate scale ($CaSo_{٤}$ ٣ & ٢ $H_{٢}O$) = gypsum anhydrite ($CaSO_{٤}$) →

→ESTA (Can solve all sulfate scales)

EDTA = اتيلن دي آمين ترا استيك اسيد

Chloride scnlts (Such as NaCl) → (+HCl) or + $H_{٢}$ O

They can be easily dissolved with fesh water of weak acid (HCl)

- Fe – scales (Fes, $Fe_{٢}O_{٣}$) → (+HCl)

- Hydroxid scales (mg $(OH)_{٢}$ Or Ca $(OH)_{٢}$ →(+HCl)

٥) Organic depoits : رسوبات آلي عبارتند از هيدروكربن‌هاي سنگين رسوب شده مثل پارافين‌ها و آسفالتها كه معمولاً در لوله مغزي، Perforation و يا سازند ته نشين مي‌شوند. رسوب شدن هيدروكربن‌هاي سنگين به علت تغييرات فشار و درجه حرارت در نزديكي چاه مي‌باشد. خنك كردن چاه و يا تزريف مايع سرد به داخل سازند مي‌توان موثر باشد. اين رسوبات معمولاً توسط حلال‌هاي آلي به خصوص aromatic solvent حل مي‌شوند. رسوبات آلي را نبايد با رسوب ديگري به نام sludge (يك نوع لجن) اشتباه كرد. Sludge در اثر

IRANIAN ENGINEERING GROUP
Website: WWW.MOHANDE30.COM
Phone: +98 937 923 6530

www.Prozheha.ir

ترکیب نفت‌های خام خاصی و اسیدهای قوی غیر آلی به وجود می‌آیند و غیر قابل حل شدن هستند.

۶) Mixed deposits : رسوبات ترکیبی از رسوبات آلی با Scales و یا silt و clay می‌باشند. برای برطرف کردن آنها نیاز به سیستم‌های دوگانه حلال داریم.

۷،۸) silts & clays : آسیب در اثر silt و clay توسط نفوذ قسمت مایع گل حفاری به داخل سازند به وجود می‌آید. تورم clay (رس) مهمترین علت آسیب و مرسوم‌ترین آن می‌باشد.

وقتی که مواد آسیب زننده (damaging articales) از سنگ مخزن باشند و از آنجا تولید شوند در این صورت Finesنامیده می‌شوند، که شامل silt و clay هستند.

Clay : Phyilosilicates with size of less than ٤ Mm,

Silts : silicates of aluminosilicates with a size betw. ٤-٦٤ Mm.

این نوع مواد یعنی Silts و Clays در اسید HF(hydroflouric acid) حل می‌شوند.

Matrix Acidizing

«اسید زنی» عبارت است از عملیاتی برای از بین بردن «آسیب‌دیدگی» (damage) در نزدیکی چاه.

در این عملیات اسید به داخل سازند تحت فشار کمتر از فشار شکستن سنگ (Fracturing Pressure) به داخل چاه تزریق می‌شود. این اسید مواد ته نشین شده در کانال‌ها را حل کرده و Permeability را افزایش می‌دهد.

۱-٤-۱- محاسبه حجم اسید لازم برای تزریق به چاه (V_{HCl})

$$V_{HCl} = [۷/٤۸.\ \pi(۱-\phi).\ X_{HCl}\ (r^{۲}{}_{s} - r^{۲}{}_{w})]/\ ۳ \quad [gol/ft]$$

X_{HCl} = the weigh fraction of formation material soluble in HCl

B = the dissolving power of the acid [golof rock/gal.ofacid]

R_s = the radius of damage (ft)

IRANIAN ENGINEERING GROUP
Website: WWW.MOHANDE30.COM
Phone: +98 937 923 6530

www.Prozheha.ir

۱-٤-۲- دبي ماكزيمم تزريق اسيد

$$q_{i,\max} = \frac{4/917\times10^{-6}\times K.h.\left[g_F.H - \Delta P_{safe} - P\right]}{\mu.B(inre/rw + s)}$$

$K...[md]$

$h...[ft] = thickness$

$g_f = fracturegraulient...[Psi/ft]$

$H = depth...[ft]$

$\Delta P_{safe} = thesnfertpresurem\arg ine(200 - 500Psi)$

$\mu...[cp]$

$P = reservior\,\Pr essure[Psi]$

$B...[resbbi/STB]$

مثال ۱) محاسبه حجم اسيد لازم

فرض كنيد در يك سنگ ماسه اي مي‌خواهيم توسط (HF+HCl) كريستال Kaolinite caly را حل كنيم. درصد وزني كائولينيت ٥% مي‌باشد. قدرت حل كنندگي اسيد برابر با (gal.of rock/ gal.of acid) ۰/۰٥ است. ميزان تخلخل برابر با ۰/۲٥ است و شعاع چاه (ft) ۰/۳۲٥ است. اگر شعاع منطقه آسيب داده برابر با (ft) ٥ باشد. حجم اسيد چقدر است ؟

$$V_{HCl} = ۷/٤۸\times \pi(۱-\phi).X_{HCl}\times(r^{۲}_{s} - r^{۲}_{w})/g$$

$$= ۷/٤۸\times(۱-۰/۲٥)\times ۳/۱٤\times ۰/۰٥\ (٥^{۲} - ۰/۳۲۸)\ /\ ۰/۰٥ =$$

مثال ۲) محاسبه $q_{i,max}$ (maximum injection rate) حداكثر ميزان دبي را حساب كنيد تا سنگ شكسته نشود. اگر :

$K = 100(mCl)$

$\Delta P_{safe} = 200(Psi)$

$h = 50(ft), P_r = 5000(Psi), g_F = 0/7(Psi/Ft), \mu = 0/7(cp)$

$H = 10000(ft), B = 1, re = 1053(ft), S = 20, r_w = 0/328(ft)$

$$q_{i,\max} = \frac{4/917\times10^{-6}\times100\times50\left[0/7\times1000 - 200 - 5000\right]}{0/7\times1\times(\ln1053/0/328 + 20)} = 2/25(BPM)$$

۱-٤-۳- محاسبه كاهش مقدار ضريب پوسته

IRANIAN ENGINEERING GROUP
Website: WWW.MOHANDE30.COM
Phone: +98 937 923 6530

www.Prozheha.ir

$$K = 100(mCl)$$
$$\Delta P_{safe} = 200(Psi)$$
$$h = 50(ft), P_r = 5000(Psi), g_F = 0/7(Psi/Ft), \mu = 0/7(cp)$$
$$H = 10000(ft), B = 1, re = 1053(ft), S = 20, r_w = 0/328(ft)$$
$$q_{i,\max} = \frac{4/917\times10^{-6}\times100\times50[0/7\times1000-200-5000]}{0/7\times1\times(\ln1053/0/328+20)} = 2/25(BPM)$$

۱-٤-٤- محاسبه غلظت اسید

۱-٤-٥- محاسبه میزان ضریب پوسته کاهش یافته

Dolomite concentration is ٦٠% , Acid consisting of ١٥% HCl is to be used.

$$qi = 1BPM, h = 100\,ft, \Delta = 10^{-5}\,xm^2/s, r_w, r_w = 0/325$$
$$\phi = 0/15, P_{rock} = 2/65(g/cm^3), V_i = 15000(gal) = 56/8m^2$$
$$CaMg(CO_3)_2 + VHCl$$
$$m(HCl) = 0/15.1000 = 150(gr): \text{از محلول} \quad cm^3 \quad 1000 \text{در} HCl \text{وزن}$$
$$n = \frac{m}{M} = 150/36/5 = 4/1$$
$$C = concenbrationofacid = 4/1/1 = 4/1(mol/lit)$$
$$C_i ofDo\lim ite(Camg(CO_3)) = ?(M = 184)$$
$$P_{rock} = 2/65 = 1590(gr) dolomiteinllitero frock$$
$$n = \frac{m}{M} = \frac{1590}{184} = 8/64(mol)$$
$$C_i = mol/lit = 8/641/1 = 8/64$$
$$AC = \phi.C/V.C_i = (0/15\times4/1)(4\times8/64) = 0/018$$
$$NPe = q/(\Delta.h) = 1\times2/648\times10^3/(10^{-5}\times100\times30/48) = 8/69\times10^4$$
$$\Delta s = -\frac{1}{d}\ln\left[l + A_C.N_{Pe}^{-1/3}\cdot\frac{b.V}{\tau th\phi r_w^d}\right]$$
$$= -\frac{1}{2}\left[1+0/018\times(8/69\ 104)^{-0/333}\right]\frac{1/7\times10^4\times56/8}{3/14\times100\times0/3048\times0/15\times0/1^2}$$

$$\Delta S = -4$$

۱-٤-٦- محاسبه کاهش مقدار پوسته در یک مخزن سنگ آهکی

Concentration is ٢٨%, M ($(CaCO_3)$ = ١٠٠)

IRANIAN ENGINEERING GROUP
Website: WWW.MOHANDE30.COM
Phone: +98 937 923 6530

www.Prozheha.ir

$qi = 1BPM, h = 100\,ft, \Delta = 10^{-5} xm^2/s, r_w, r_w = 0/328\,ft$

$\phi = 0/15, P_{rock} = 2/65(g/cm^3), V_i = 15000(gal) = 56/8m^2$

$CaMg(CO_3)_2 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + H_2O + CO_2$

$n = m/M = 1280/36/5 = 7/67(mol)$

$c = mol/lit = 7/67/1 = 7/67(mol/lit)$

$P_{rock} = 2/65 = (9/cm^3)$

$the weight of\ 1 liter of rock : 2/65 \times 1000 = 2650(gr)$

$m = 2650,100\% = 2650 \times 1 = 2650(gr) of\ \lim estione in 1 liter of rock$

$n = m/M = 2650/100 = 26/5$

$C_i = 26/51 = 26/5(mol/lit)$

$AC = \phi.C/V.C_i = 0/15 \times 7/67/(2 \times 26/5) = 0/0217$

$NPe = q/(\Delta.h) = 1/2648 \times 10^3/(10^{-5} \times 100 \times 30/48) = 8/69 \times 10^4$

$$\Delta s = -\frac{1}{1/6}\ln\left[l + 0/0217 \times (8/69 \times 10^4)^{-1/3}\right]\frac{1/7 \times 10^4 \times 56/8}{3/14 \times 100 \times 0/3048 \times 0/15 \times 0/1^{1/6}}]\,[$$

$\Delta s = -4/5$

۱-۵- ایجاد شکاف (Hydraulic Fracturing)

اسید زني براي کاهش ميزان skin ناشي از آسيب‌ديدگي (damage) در طي عمليات توليد و يا عمليات تکميل چاه، به کار برده مي‌شود. در عمل ما نمي‌توانيم ميزان گذردهي (Permeability) را تغيير دهيم. هر چند که عده‌اي معتقدند که عمليات ايجاد شکاف باعث افزايش گذردهي مي‌شود. عمليات «ايجاد شکاف» با ايجاد يك سطح تماس بزرگ بين چاه و مخزن مي تواند باعث افزايش توليد يك چاه به ميزان قابل توجهي شود که بهبود توليد ناشي از افزايش (effective wellbore radivs) re مي‌باشد. به طور کلي براي ميزان گذردهي (K) بسيار کوچك (K <۱md) عمليات ايجاد شکاف توصيه مي‌شود و براي K >۱۰md و در صورتي که skin چاه ناشي از damage باشد ايجاد عمليات اسيدکاري توصيه مي‌شود. مسائل مهم در عمليات ايجاد شکاف عبارتند از :

۱- انتخاب صحيح Facturing Fkuid و انتخاب صحيح Prappant (نوع شن)

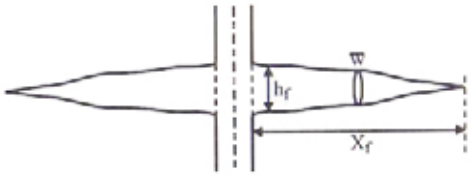
۲- انتخاب (محاسبه) صحيح فشار در سطح زمين براي ايجاد شکاف

۳- و محاسبه ميزان صحيح net pressure, pump rate- Fluid volume

براي طراحي (Design) صحيح يك عمليات چاه ايجاد شکاف بايد اطلاعات : X_f (طول شکاف) w_f – (پهناي شکاف) h_r – (ارتفاع شکاف) و همچنين ΔP_{net} (net pressure) را داشته باشيم.

IRANIAN ENGINEERING GROUP
Website: WWW.MOHANDE30.COM
Phone: +98 937 923 6530

www.Prozheha.ir



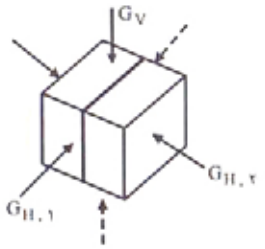
سنگهاي زمين در اثر وزن توده سنگهاي بالاي آنها تحت يك نيروي (Overburden) هستند اين نيرو باعث ايجاد stress يا نيروهايي هم در جهت عمودي و هم در جهت افقي ميكند كه بر سنگ وارد ميشوند يك شكاف ايجاد خواهد شد در صورتي كه فشاري كه ما وارد ميكنيم بتواند بر اين فشارهاي عمودي و افقي ($\sigma_H\sigma_V$) غلبه كند. بزرگي فشار σ_V برابر است با

σ_V= vertical stress = P.g . H=P.H/۱٤٤

σ_V = absolute vertical stress [psi]

P = average rocu olemsit [lb/ft۳]

H = Depth [ft]



و ويژگي فشار σ_H (Absolute horizontal stress) برابر است با :

$$\sigma_H = \frac{v}{1-ر}(\sigma_V - \alpha.P) + \alpha P$$

v....$Possonratic$[–]

P....$Pore$ Pr $essure$[psi]

α....$Poroelasticcons$ tan t[–]

تعاريف اوليه

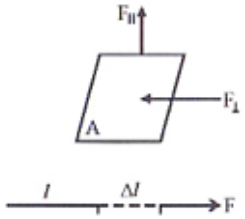
IRANIAN ENGINEERING GROUP
Website: WWW.MOHANDE30.COM
Phone: +98 937 923 6530

www.Prozheha.ir

$$\alpha = \frac{F\perp}{A} : (normal - stress) = \text{تنش}$$

$$T = \frac{F\prod}{A} : (shear - stress) = \text{تنشبرش}$$

$$E = \frac{\Delta l}{l} : (strain) = \text{واکنش} \qquad - \text{کرنش}$$

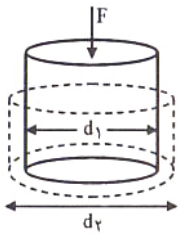


$$E = (Youn's\,modu ls)$$

$$\sigma \propto \varepsilon \rightarrow \sigma = E.\varepsilon \rightarrow E = \sigma / \varepsilon = stress - stroin$$

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{lb/in^2}{in/in} = \left[lb/in^2\right]$$

E پارامتري است كه نشان دهنده ميزان مقاومتي است كه يك سنگ در صورتي كه نيرويي بر آن وارد شود، در برابر تغيير شكل دادن از خود نشان مي‌دهد.



هنگامي كه نيرويي بر يك سنگ وارد مي‌شود (مطابق شكل روبرو). سنگ علاوه بر اينكه فشرده مي‌شود در جهت طولي، در جهت عرضي نيز منبسط يا پهن مي‌شود. نسبت پهن شدن سنگ در جهت عرضي (lateral expansion) به ميزان فشرده شدن سنگ در جهت طولي (longitudinal contraction) را ضريب ثابت پوسيون (Poisson ratio) گويند و آن را با V نشان مي‌دهند.

$$V = -\frac{\varepsilon^2}{\varepsilon_1} = \frac{d_1 - d_2}{d_1}$$

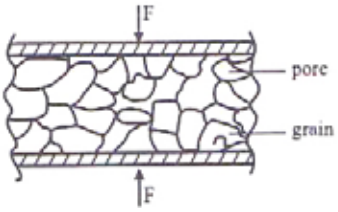
نيرويي كه بر سنگ وارد مي‌شود مقداري از آن توسط مايع درون تخلخل‌هاي سنگ تحمل مي‌شود. در واقع اين مايع مقداري از فشار را تحمل و يا به عبارت ديگر دفع مي‌كند و مقداري از فشار كلي (فشار مطلق) بر سنگ وارد شده و سنگ را تغيير شكل مي‌دهد كه فشار موثر يا effective stress ناميده مي‌شود.

$$\sigma^1 = \sigma - \alpha.P$$

$\sigma^1 ... stresseffective$

$\sigma ... absolutestress$

$\alpha .... porielasticcons\,tan\,t$



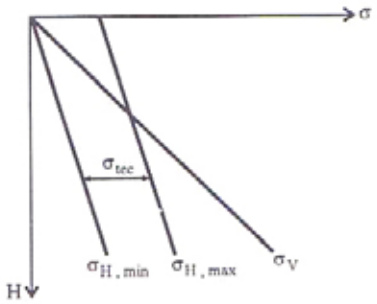
IRANIAN ENGINEERING GROUP
Website: WWW.MOHANDE30.COM
Phone: +98 937 923 6530

www.Prozheha.ir

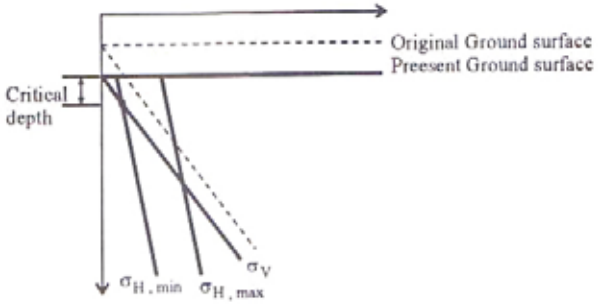
میزان a بین ۰ و ۱۰ تغییر میکند و نشان‌دهنده آن است که سیمان موجود بین ذرات سنگ (grains) مانع از آن میشود که تمام نیروی F بر سیال درون تخلخل‌ها وارد شود. برای مخازن نفتی a ≈ ۰/۷ میباشد.

منحنی‌های $\sigma_{H,1}$, $\sigma_{H,2}$ ($\sigma_{H,min}$, $\sigma_{H,max}$)

$$\sigma_V = Verticalstress = \log$$
$$\sigma_{H,\min} = \min imumhoritonalstresse$$
$$\sigma_{H,\max} = \max imumheritonalstress$$
$$\sigma_{tec} = tectonicstress$$
$$\sigma_{tec} = 0 \Rightarrow \sigma_{H,\min} = \sigma_{H,\max}$$
$$\sigma_{H,\min} = \frac{\nu}{1-\nu}(\sigma_V - \alpha P) + \alpha P$$



اگر سطح زمین در طول زمان در اثر فرسایش تغییر کرده باشد. در این صورت منحنی بالا به صورت زیر تغییر میکند.



اگر عمقی را که میخواهیم در آن عملیات ایجاد شکاف را انجام دهیم کمتر از critical depth باشد در این صورت یک شکاف افقی ایجاد خواهد شد. اگر این عمق بزرگتر از critical depth باشد در این صورت یک شکاف عمودی (Vertical pachire) ایجاد خواهد شد.

نیروهای تکتونیک در اثر حرکت صفحات تکتونیکی ایجاد میشوند. این حرکات باعث ایجاد نیروهایی میشوند که به نیروهای افقی قبلی اضافه میشوند. در اثر این نیروهای تکتونیکی $\sigma_{H,1}$ و $\sigma_{H,2}$ نابرابر میشوند و ما دارای دو فشار $\sigma_{H,min}$ و $\sigma_{H,max}$میشویم. شکافی

IRANIAN ENGINEERING GROUP
Website: WWW.MOHANDE30.COM
Phone: +98 937 923 6530

www.Prozheha.ir

را كه ما مي‌خواهيم ايجاد كنيم، طبيعتاً در جهتي كه فشار كمتر است ايجاد مي‌شود. يك شكاف هيدروليكي در جهت عمود بر σ_{min} (minimum stress) ايجاد مي‌شود. يعني در عمق‌هاي كم فشار (σ_H) از فشار عمودي (σ_V) بزرگتر هستند و در نتيجه شكافهاي افقي ايجاد مي‌شود. در زير Critical depth شكاف‌هاي عمودي ايجاد مي‌شود. يعني شكاف ما در امتداد صفحه‌اي ايجاد مي‌شود كه اين صفحه عمود بر فشار كمتر يعني σ_{min} باشد. اگر صفحه عمود بر σ_V باشد (يعني σ_V كوچكتر از σ_H است) در اين صورت يك شكاف افقي ايجاد مي‌شود. و اگر صفحه عمود بر σ_H باشد (يعني σ_V بزرگتر از σ_H است) در نتيجه يك شكاف عمودي ايجاد مي‌شود.

۲- توليد از مخزن و مكانيزم‌هاي توليد

۲-۱- مقدمه

عامل عمده‌اي كه بايد در محاسبات مهندسي مخازن شناسايي شده و مورد توجه قرار گيرد، مكانيسم توليد نفت حاكم بر مخزن است. با توجه به وضعيت هندسي ساختمان مخزن، ارتفاع ستون نفت، ميزان گاز حل شده در نفت، گسترش، ارتباط و فعاليت كلاهك گازي و سفره آب متصل به آن، مخزن مي‌تواند تحت مكانيسم‌هاي مختلف نفت توليد نمايد. مكانيزم‌هاي توليد هيدروكربن از مخزن بر مبناي انرژي اوليه مخزن و روش‌هاي توسعه ميدان به سه مرحله تقسيم بندي مي‌گردد :

IRANIAN ENGINEERING GROUP
Website: WWW.MOHANDE30.COM
Phone: +98 937 923 6530

www.Prozheha.ir

• Primary Recovery بازيابي اوليه كه طي آن ٢٠%OOIP-٥ قابل بازيابي است كه در واقع تخليه طبيعي Natural Depletion و توليد با انرژي طبيعي مخزن مي‌باشد.

• Secondary Recovery بازيابي ثانويه كه بيشتر در جهت نگداري فشار مخزن و جلوگيري از افت فشار مخزن به زير نقطه حباب صورت مي‌پذيرد. طي اين مرحله ٤٥-٣٠%OOIP قابل بازيابي است.
كه به دو فرم فرآيندهاي تزريق آب (به دو صورت تزريق در سفره آبي و تزريق در ستون نفتي) و تزريق گاز (به صورت گاز غير امتزاجي در كلاهك گاز و لايه نفتي) انجام مي‌پذيرد.

• Tertiary Recovery (Enhanced oil Recovery) :

بعد از تزريق آب و گاز هنوز هم قسمت زيادي از نفت در مخزن باقي مي‌ماند كه توليد اين مقادير نفت باقيمانده هدف روشهاي بازيابي ثالثيه مي‌باشد كه در آن با تغيير خصوصيات مخزن در اثر تزريق مواد شيميايي و مواد قابل امتزاج با سيال درون مخزن توليد ٦٥-٥ درصد از OOIP مخزن توليد مي‌گردد.
روشهاي ثالثيه توليد عبارتند از :

- تزريق گاز (گاز امتزاجي جهت سبك كردن نفت و جارو كردن آن)
- روشهاي شيميايي (افزايش ويسكوزيته آب ترزريقي – كاهش IFT بين دو سيال)
- روشهاي حرارتي (كاهش ويسكوزيته نفت)
- حفاري افقي
- ايجاد شكاف
- حفر چاه‌هاي مياني
- .....

امروزه مفهوم ديگري كه شامل روشهاي بازيابي ثانويه و ثالثيه مي‌باشد، رايج شده است كه اصطلاحاً IOR(Improved Oil Recovery) نام دارد. روشهاي ذكر شده در بالا تنها در مورد مخازن نفتي صدق مي‌كند چرا كه معمولاً در مخزن گازي با مكانيزم

IRANIAN ENGINEERING GROUP
Website: WWW.MOHANDE30.COM
Phone: +98 937 923 6530