الجامعة السورية الخاصة

كلية هندسة البترول

Faculty Of Petroleum Engineering

أهمية الإضافات الكيميائية في نجاح عمليات التحميض

The importance of chemical additives in success of acidizing stimulation

دراسة أعدت لنيل الإجازة في الهندسة البترولية

Study prepared for obtaining a Bachelor degree in Petroleum Engineering

إعداد الطلاب :

باسل أكرم الشعار

سمير عواد المحمد

محمود محمد فواز جحا

إشراف الأستاذ الدكتور:

أدمون سلوم

2016/2017

كلمة شكر

إليـــك جامعتنـــا جامعـــة العلـــم والقـــيم والفكـــر نتقـــدم لـــك بالشـــكر لاحتضانك بناة المستقبل .

إلى أساتذتنا الكرام الشموع التي ذابت في كبرياء لتنير كل خطوة في دربنا لتذلل كل عائق أمامنا فكانوا منارة للعلم والأخلاق ونخص بجزيل الشكر والامتنان :

الأستاذ الدكتور أدمون سلوم

الذي حرص على تزويدنا بالمعرفة من خلال خبرته العملية و بالمراجع العلمية والمصادر المناسبة لإتمام مشروعنا بنجاح وكان خير مرجع ومرشد ومعينا لا ينضب من العلم والمعرفة

الفهرس

مقدمة 4

أهداف وأهمية المشروع 4

1.الفصل الأول :نقصان إنتاجيةالآبار النفطية والغازية.....5

1-1.مقدمة.....6

1-2 .نقصان إنتاجية الآبار خلال عملية الحفر.....6

1-3.تلوث الطبقات المنتجة ونقصان معدل الإنتاج من البئر خلال العمليات الإسمنتية 10

1-4.نقصان إنتاجية البئر خلال عملية الإنتاج 11

1-5 .نقصان معدل الإنتاج من البئر أثناء إجراء بعض العمليات الإصلاحية للبئر.....12

2. الفصل الثاني : طرق تحسين إنتاجية الآبار 15

2-1.المعالجة الحمضية.....16

2-2.المعالجة الكيموحرارية للطبقات المنتجة 17

2-3 .تفجير الطبقات الخازنة.....19

2-4.التشقيق الهيدروليكي.....21

3. الفصل الثالث : تحسين إنتاجية البئر البترولية باستخدام المعالجة الحمضية

3-1.مقدمة.....27

3-2.أنواع الحموض.....27

3-3.الشروط التي يجب أن يحققها الحمض المستخدم :.....29

3-4.مبررات تطبيق هذه الطريقة (التحميض).....29

2-5.العوامل المؤثرة على تفاعل الحمض مع الصخر.....30

3-6.المواد المضافة للسائل الحمضي.....36

3-7.أهداف عملية التحميض.....42

3-8.المسافة التي يخترقها الحمض في الطبقة.....44

3-9.طرق التحميض 46

3-10.استعادة السائل الحمضي من البئر 47

3-11.أسباب فشل عمليات التحميض 47

4. الفصل الرابع: تقارير حقلية عملية عن عمليات التحميض . 48

المصادر والمراجع..... 62

مقدمة:

يعد النفط، محرّك الحياة وعصب التقدّم والحضارة من خلال دوره المهم والأساسي في حياة الإنسان الحديث لأنّه يدخل كعامل أساسيّ في كلّ شيء يستخدمه الإنسان مثل غذائه وملبسه ومسكنه وباختصار كل جوانب حياته وقبل اكتشاف النفط كان الإنسان يعيش حياة بدائية خالية من أي نوع من التطوّر يستخدم الأدوات البدائية في حياته اليومية ولم يحدث أي تسارع في التقدم بتلك الإمكانيات الضعيفة فاكتشاف النار لا يعدّ نقلة نوعية في حياة الإنسان مقارنة مثلاً باكتشاف النفط، وما نتج عنه من سلسلة التطوّرات المتتابعة التي كان أصلها قطرات الذهب الأسود .

الهدف من الدراسة :

1. دراسة المشاكل التي يمكن أن تتعرض لها الطبقات الصخرية تحت السطحية خلال العمليات الجارية على الآبار وطرق معالجة هذه المشاكل .

2 - دراسة الطرق المستخدمة في عمليات إنعاش وتنشيط البئر .

3. دراسة على تقنية معالجة الطبقات الصخرية بالحموض والحموض المستخدمة في المعالجة وتأثيراتها على إنتاجية الطبقة من النفط .

4. دراسة تأثر المواد الكيميائية المضافة إلى السائل الحمضي على إنتاجية الطبقة ودورها في زيادة فعالية الحمض في الطبقة .

5. دراسة حالات من المعالجات الحمضية التي تم تنفيذها لتحسين إنتاجية بعض الآبار النفطية في الحقول وتقييم نتائجها .

الفصل الأول :

نقصان إنتاجيةالآبار النفطية والغازية

Chapter 1:

Oil and Gas wells production rate reduction

1-1مقدمة(Introduction):

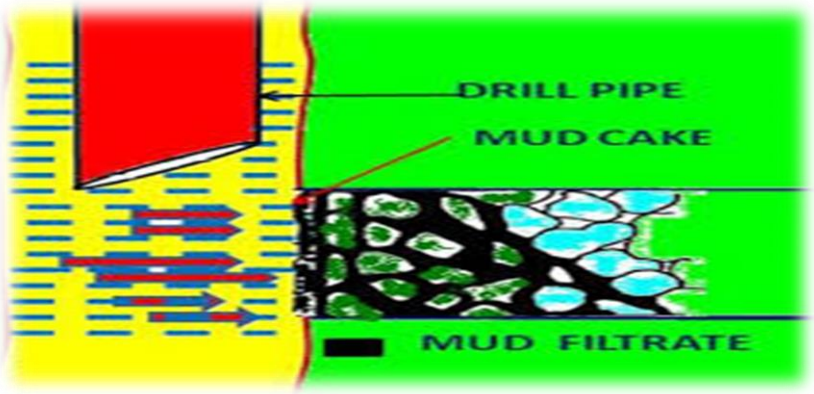
إن النفط هو أحد مصادر الطاقة النابضة من حيثكونه منبع غيرمتجدد ،وهذا ما يجعل إنتاجه يتناقص مع مرور الزمن بغض النظر عن وجود مشاكل أو أسباب تؤدي لذلك ففي سوريا مثلا قدر الاحتياطي النفطي بحوالي ثلاثة مليارات برميل وقدر الإنتاج اليومي في عام ٢٠٠٠بحوالي ٦٠٠ ألف برميل ، بينما تناقص إلى ٤٠٠ألف برميل في الأعوام الأخيرة قبل الأزمة . أما اليوم وبعد عبث العصابات الإرهابية في أغلب الحقول النفطية وللأسف لا أحد يستطيع أن يتوقع شيئاً حول الإنتاج السنوي .

وبشكل عام ، يمكن القول أن هناك تناقص لمعدل الإنتاج من أي حقل نفطي مع مرور الزمن . وهذا الانخفاض بالإنتاج ، لا يمكن تلافيه كونه عائد لمحدودية المحزون النفطي ولكن يمكن العمل على تقليل معدل الانخفاض، وخصوصا المتعلق منه ببعض المشاكل التي ترافق عمليات الاستثمار ابتداءً من إنهاء وإكمال البئر وحتى هجره .

تكمن أهمية هذه المشاكل في تأثيرها على الخواص الارتشاحية للمنطقة المجاورة للبئر، حيث أن هذه المنطقة تشكل صلة الوصل بين الطبقة المنتجة والبئر ، حيث أن قيمة الإنتاجية تتوقف على سهولة مرور الموائع خلال مسامات الطبقة ، وبمعنى آخر على نفوذيتها. من هنا تبرز أهمية المحافظة على الخواص الارتشاحية لهذه المنطقة . وهذا يتطلب مراقبة تغير هذه الخواص والقيام بتحسينها ، وذلك باختيار الإجراء المناسب بعد معرفة الأسباب ، وفيما يلي سوف نستعرض أسباب انخفاض نفوذية الطبقات وإنتاجيتها خلال حياة البئر.

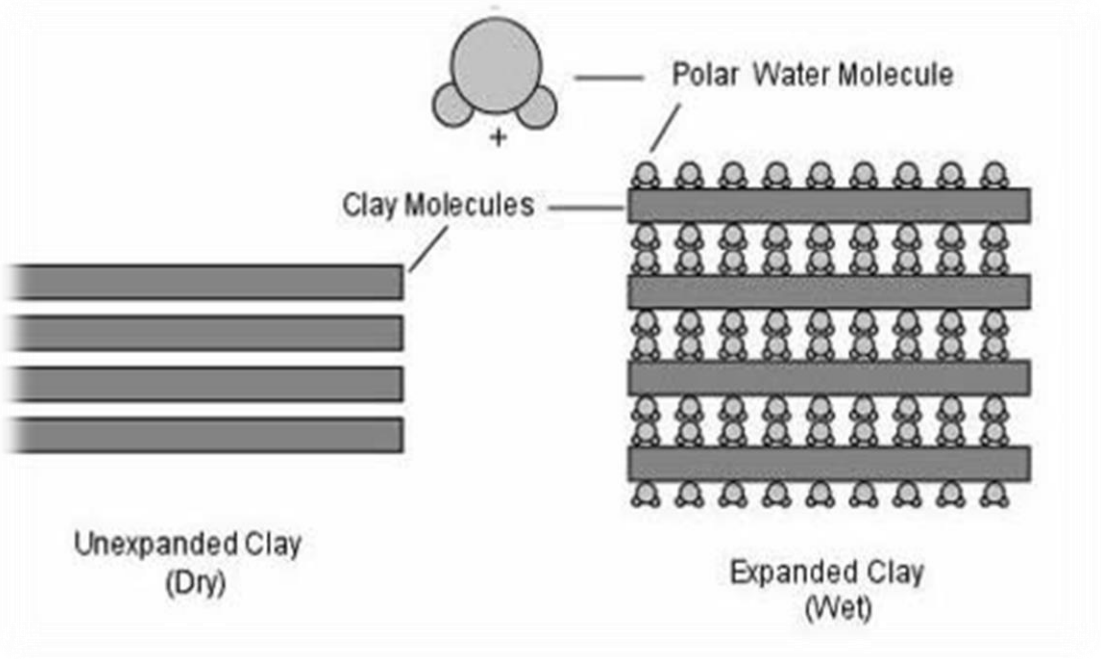
1-2نقصان إنتاجية الآبار خلال عملية الحفر :

1.تشكل كعكة الحفر مقابل الطبقة المنتجة ذات النفوذية العالية كنتيجة للضغط الهيدروستاتيكي لعمود سائل الحفر الذي يفوق ضغط الطبقة النفوذة المنتجة بحيث أن الطور السائل من سائل الحفر يدخل ضمن الشقوق في الطبقة والحبيبات الصلبة المكونة لسائل الحفر تترسب على جدران البئر مشكلة الكعكة الطينية الشكل (1-1)،الأمر الذي يقلل من معدل الإنتاج من الطبقة المنتجة.



الشكل (1-1): تشكل كعكة الحفر

2.انتفاخ الحبيبات الغضارية الموجودة في الطبقة حيث أن هذه الحبيبات سوف تغلق الفراغات المسامية،ويعود السبب الرئيسي لذلك هو استخدام سائل حفر ذو أساس مائي لاختراق الطبقة المنتجة، الشكل (2-1). لذلك ينصح باستخدام سائل حفر ذو أساس نفطي يمنع انتفاخ الحبيبات الغضارية،والنفط كفاقد رشح يزيد من تشبع الطبقة الأمر الذي يزيد من نفوذيتها الفعلية بالنسبة للنفط .

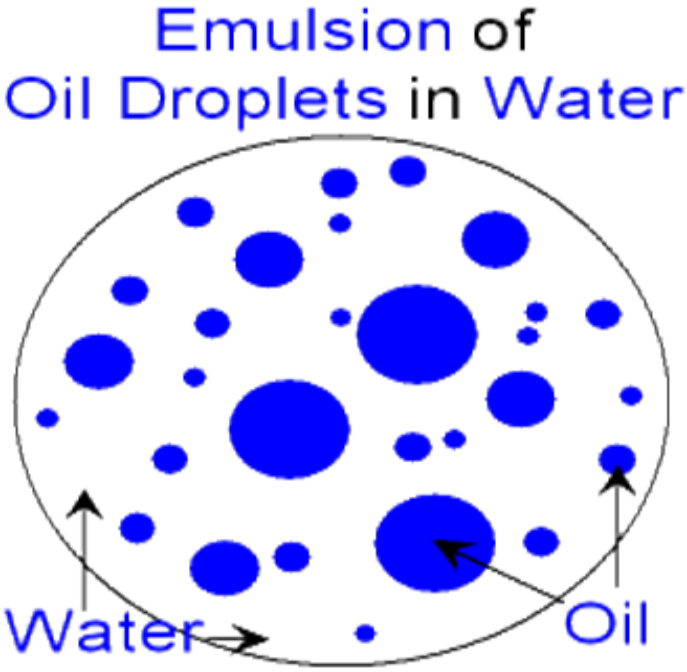


الشكل (3-1):تشكل مستحلب نفط في الماء

3.استخدام سائل حفر ذو أساس نفطي يمكن أن يلعب دورا سلبيا بحيث يمكن أن تنعكس قابلية التبلل من حالة الماء الرطب إلى حالة النفط الرطب سبب ظاهرة التوتر السطحي حيث أن الماء يلعب دور المزيح للنفط من الفراغات المسامية مما يسهل من إنتاج النفط وبالتالي انعكاس قابلية التبلل سوف يقلل من معدل الإنتاج من الطبقة .

4.تفاعل راشح سائل الحفر مع الفلزات الموجودة في الطبقة وخاصة إذا كان الراشح قليل الملوحة ومرتفع بدرجة حموضته يمكن أن يؤدي إلى نفخ الحبيبات الغضارية وبعثرتها في الطبقة لتغلق المسامات وتعيق عملية الإنتاج.

5.تشكيل مستحلبات مع النفط المتواجد في الطبقة ذات لزوجة عالية وتوتر سطحي كبير ، الشكل (3-1).



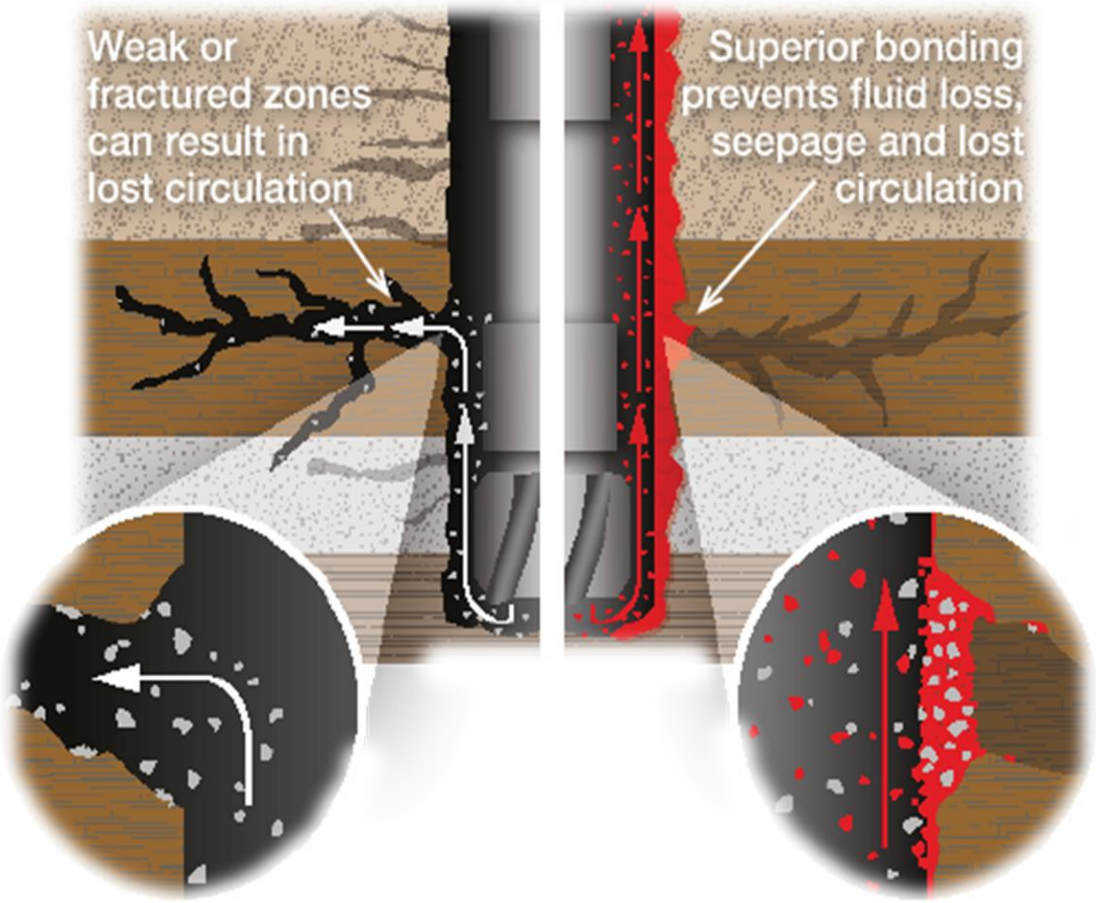
الشكل (3-1):تشكل مستحلب نفط في الماء

6. تشكيل منطقة محيطة بالبئر مشبعة بالماء مما يؤدي إلى زيادة نفوذية الطبقة بالنسبة للماء.

7.أثناء عملية الحفر يمكن أن تترسب الفتاتات الناجمة عن حت الصخور في قعر البئر وتتصلب أمام المجال المنتج مباشرة وفي هذه الحالة يقل معدل الإنتاج من البئر كما يمكن أن تدخل هذه الفتاتات إلى الشقوق والمسامات المنتجة لتغلقها وتسبب مشكلة تستدعي المعالجة الشكل.

8.عند الحاجة إلى تثقيل عمود سائل الحفر في البئر لزيادة الضغط الهيدروستاتيكي لعمود سائل الحفر تستخدم مواد مثقلة مثل حبيبات البارايت وبالتالي فإن هذه المواد المثقلة تدخل في المسامات وتغلقها .

9.خسارة كمية كبيرة من سائل الحفر في الطبقة (تهريب سائل الحفر) عندما يكون الضغط الهيدروستاتيكي لسائل الحفر في البئر أكبر من ضغط الطبقة المنتجة الشكل (4-1).



الشكل (4-1)

تسرب سائل الحفر في الطبقة

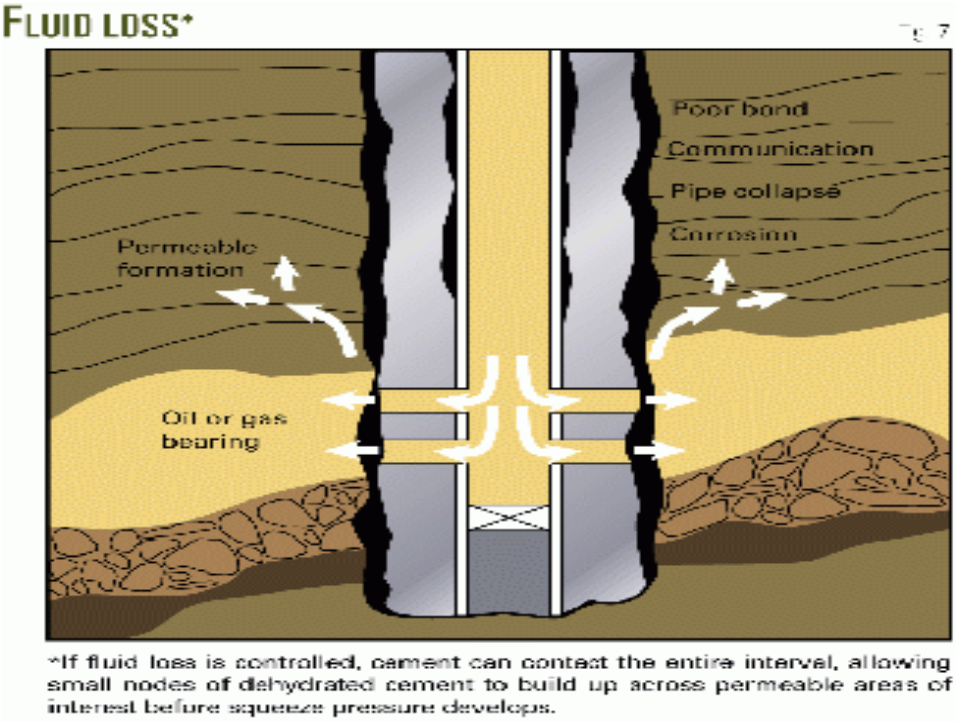
3-1تلوث الطبقات المنتجة ونقصان معدل الإنتاج من البئر خلال عمليات السمنتة:

تتلوث الطبقات المنتجة في أثناء عمليات الاسمنت عن طريق العوامل التالية :

1.يسبب فاقد الرشح من السائل الإسمنتي انتفاخ الحبيبات الغضارية التي تغلق المسامات .

2. دخول الطور الصلب من السائل الإسمنتي ضمن المسامات في الطبقة وإغلاقها كليا مما يقلل من نفوذيتها حتى تنعدم الإنتاجية منها .

3.ضياع كامل السائل الإسمنتي في الطبقة ، الشكل (5-1)



الشكل (5-1)

دخول السائل الإسمنتي في الطبقة

4-1 نقصان إنتاجية البئر خلال عملية الإنتاج :

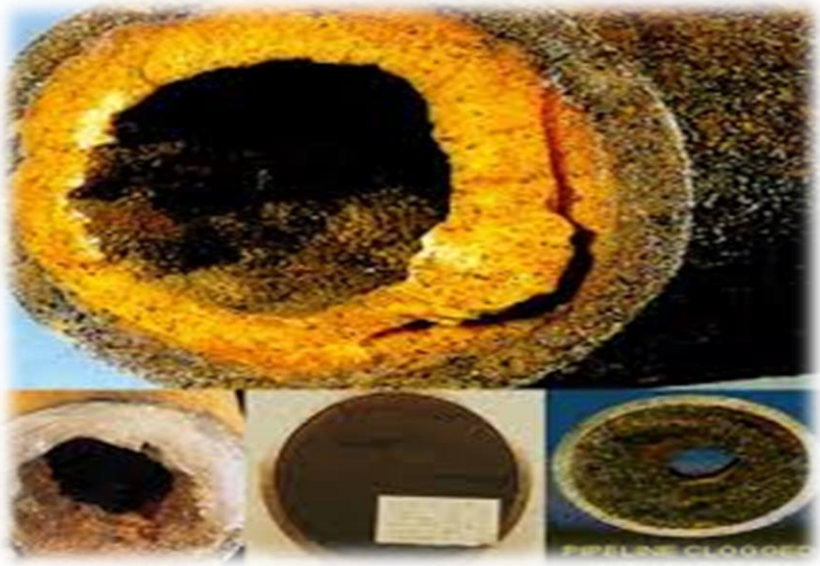
1.تحمل الموائع أثناء حركتها من الطبقة إلى البئر في حال كون سرعتها أكبر من السرعة الحرجة لحمل الحبيبات الرملية المبعثرة في الطبقة، حيث تتوضع هذه الحبيبات في المنطقة المجاورة للبئر مقللة من نفوذية هذه الطبقة وبالتالي الإنتاجية.

2.عندما تكون الطبقة المنتجة حاوية على نفط ذو لزوجة عالية ونسبة كبيرة من البارافينات، فإن قسماً من هذه البارافينات يتوضع بجوار البئر أو داخله على جدران الطبقة المنتجة نتيجة تغير الظروف الترموديناميكية في المنطقة المجاورة للبئر، وبذلك تقل مساحة القنوات التي يجري فيها السائل إلى البئر.

3.انغمار الطبقة المجاورة للبئر بالغازات أو المياه أثناء التثقيب بالقرب من المنطقة الانتقالية حيث تنعدم نفوذية الطبقة بالنسبة للنفط .

لتلافي هذه المشاكل يجب التقليل من معدل الإنتاج، بحيث تكون سرعة جريان الموائع أقل من السرعة الحرجة لحمل الحبيبات الرملية وكذلك العمل على تسخين جدران البئر لمنع توضع البارافينات.

وأخيراً التثقيب مقابل الطبقة المنتجة وعلى بعد كافٍ من النطاقات الحاملة للماء والغاز .



الشكل (6-1) ترسب البارافينات داخل البئر وفي المنطقة المجاورة

5-1نقصان معدل الإنتاج من البئر أثناء إجراء بعض العمليات الإصلاحية للبئر:

إن تضرر الطبقة المنتجة أثناء معالجة الطبقات النفطية والغازية (التحميض – التشقيق – التسخين – حقن الغازات – حقن بوليميرات – حقن مقللات التوتر السطحي .....) ينتج عن خطأ في التخطيط أو التنفيذ لهذه لعمليات ، مؤدية لمفعول عكسي لعملية التحسين التي نقوم بها ، وذلك غالبا لعدم الأخذ بعين الاعتبار المواصفات الدقيقة للطبقة وتغيراتها ، ويؤدي هذا المفعول العكسي إلى انخفاض إنتاجية الآبار كما في الحالات التالية :

1.عند إجراء عملية التحميض للطبقات المنتجة وبعد تعادل السائل الحمضي نتيجة استهلاكه من قبل الصخر فأنه يمكن أن تترسب بعض المركبات والتي تعيق الجريان الحر للموائع في الطبقة وبالتالي تقلل من نفوذية الطبقة المنتجة بدلا من زيادتها ، السبب الرئيسي لهذه الترسبات هو تغير قيمة درجة الحموضة (PH) للسائل الحمضي المستهلك ،ومن هذه الترسبات :

- **كبريتات الكالسيوم التي تترسب على شكل جص ($Ca\ SO_4 .H_2O$) أو انهدريت ($CaSO_4$)وذلك حسب درجة حرارة الطبقة .**
- **مآءات الحديد أو الألمنيوم $AL\ (OH)_3$ –$Fe(\ OH)_3$.**
- **ترسب السيليكات .**

كما أن الحمض بعد زمن التعادل يتصرف كتصرف الماء حيث يؤدي لانتفاخ الحبيبات الغضارية فتشغل هذه الحبيبات جزء من القنوات المسامية.

كما أن الحمض بعد مضي زمن التعادل يتصرف كالماء حيث يؤدي لانتفاخ الحبيبات الغضارية فتشغل هذه الحبيبات جزء من القنوات المسامية. ومن ناحية أخرى ينتج عن تفاعل الحمض مع النفط أحماض قطرانية غير منحلة ، تتوضع بالمسامات وقنوات الطبقة مقللة من نفوذيتها ، أما تفاعل الحمض مع بعض الشوارد الموجودة في المياه الطبقية يؤدي لحدوث ترسبات مثل مآءات الحديد والألمنيوم وكبريتات الباريوم .

2.عند إجراء عملية التشقيق الهيدروليكي للطبقات المنتجة بغية تحسين إنتاجها ،وكانت الشروط غير مدروسة بشكل جيد فأن ذلك يعود بالضرر على إنتاجية الطبقة من الموائع من خلال الأسباب التالية :

- **تشكل سدادة رملية تمنع الجريان وتخرج البئر من الإنتاج نتيجة الاختيار الخاطئ لحجم أو نوع أو تركيز الحبيبات المستخدمة للحفاظ على الشقوق مفتوحة حيث تكون أقطار هذه الحبيبات أكبر أو أصغر بكثير من قطر الشق المحدث .**
- **تشكل مستحلبات تعيق جريان الموائع باتجاه البئر نتيجة الاختيار الخاطئ لسائل التشقيق .**
- **انتفاخ أو انحلال الحبيبات الصلبة التي تستخدم للحفاظ على الشقوق مفتوحة نتيجة تأثرها بسائل التشقيق أو السوائل الموجودة في الطبقة .**

إن حقن المياه في المكمن بغية دعم الضغط الطبقي والمحافظة عليه ،قد يكون له آثار تنعكس سلباً على نفوذية الطبقة المنتجة وبالتالي إنتاجيتها ، في حال حقنت الماء بدون دراسة دقيقة لمواصفاتها وكمية الشوارد التي تحويها والتي تؤدي نتيجة تفاعلها مع الصخر والمياه الطبقية الموجودة أصلا بالطبقة إلى ترسبات تعيق جريان الموائع الطبقية إلى البئر كما تؤدي لانتفاخ الغضار في حال وجوده في الطبقة نتيجة امتصاصه للماء.

4. أن الاختيار غير الصحيح لتركيز البوليميرات ومقللات التوتر يمكن أن يؤثر عكسياً ،وذلك إذا لم تتم مراعاة تركيب الصخر ونوع النفط وملوحة المياه المرافقة ، حيث يمكن أن تترسب وتخفض من حجم الفراغات في الطبقة ، كما أنها يمكن أن تقوم بدور عكسي في تسهيل مرور الماء أو الغاز إلى البئر بدلا من النفط .

مما سبق يمكن القول ، بأن الطبقات المنتجة معرضة للتلوث ، وبالتالي نقصان نفوذيتها وبالنتيجة تناقص معدل الإنتاج من الآبار . ولذلك يتوجب على مهندس البترول ، أن يمتلك القدرة على تشخيص الأسباب التي تؤدي للتلوث ، واقتراح سبل المعالجة التي سنستعرض أهمها في الفصول القادمة .

الفصل الثانى :

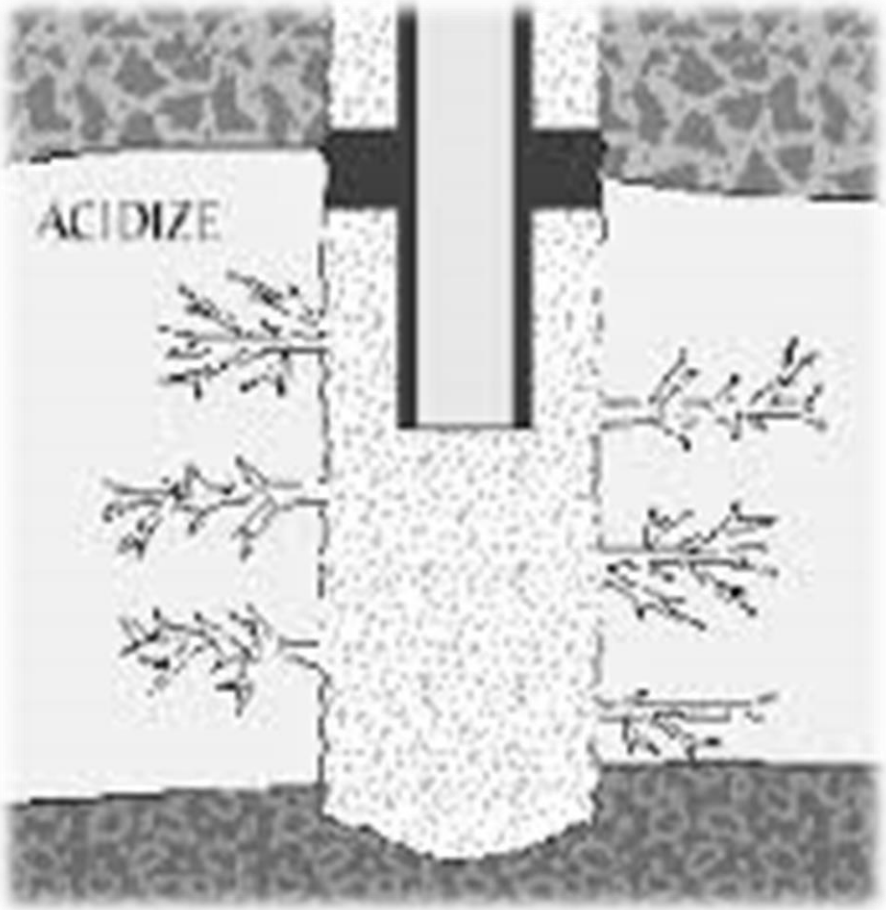
طرق تحسين إنتاجية الآبار

Chapter 2:

Wells production enhancement methods

2-1.المعالجة الحمضية :

يعد التحميض من الطرق الكيميائية المتبعة في تحسين الإنتاجية من الطبقة ،بحيث يحقن محلول حمضي في شقوق الطبقة الملوثة مما يؤدي إلى تفاعل الحمض مع محتويات الشقوق والمسامات وجدرانها وبالتالي توسيعها ،الشكل (2-1). يترك الحمض المحقون في الطبقة لفترة محدودة ثم يعاد استرجاعه حاملاً معه نواتج تفاعله مع الصخر . من الجدير بالذكرانه يجب مراعاة قيمة ضغط حقن الحمض في الطبقة بحيث يكون أقل من ضغط تشقق الصخر ويجب أن يتلاءم الحمض المستخدم مع تركيب الصخر .



الشكل (2-1):

توسيع الفراغات المسامية بالتحميض

2-2.المعالجة الكيموحرارية للطبقات المنتجة:

2-2-1.مبدأ المعالجة الكيموحرارية للطبقات المنتجة:

تجمع هذه الطريقة في معالجة الطبقات ما بين المعالجة الكيميائية (التحميض) والمعالجة الحرارية، وذلك برفع درجة الحرارة عند مستوى الطبقة المنتجة ، وهي تؤدي إلى زيادة فعالية الحمض على الصخر ، وكذلك على المواد المتوضعة في مساماته .

إن درجة الحرارة تزيد سرعة تفاعل الحمض مع الطبقة ومن جهة أخرى تؤدي إلى انصهار البارافينات المترسبة في مسامات الطبقة بجوار جدران البئر. من أجل رفع درجة الحرارة مقابل الطبقة المراد معالجتها بالحمض يتماستعمال بعض المركبات التي تتفاعل مع الحموض وتطلق كمية كبيرة من الحرارة،و من هذه المواد :

الصود الكاوي (ماءات الصوديوم) – الألمنيوم (AL) والمغنزيوم Mg .

2-2-2طرق المعالجة الكيموحرارية:

1. المعالجة الكيموحرارية في البئر :

وفيها يوضع المغنيزيوم ضمن جهاز خاص ينزل في البئر، ومن ثم يتم حقن محلول حمض كلور الماء Hcl ليتم التفاعل داخل البئر مقابل الطبقة المنتجة . يتم ضخ السائل الحمضي بأكبر معدل ممكن، وذلك لإنقاص زمن تلامسه مع المعدات المعدنية الموجودة في البئر . تنفذ طريقة المعالجة الكيموحرارية بإحدى الطرق التالية :

أ .المعالجة الكيموحرارية الفعلية:

وفق هذه الطريقة يتم استهلاك الحمض كلياً في الجهاز الحاوي على المغنيزيوم ، والهدف منها رفع درجة الحرارة في البئر عند مستوى الطبقة المنتجة ، حيث يؤثر قسم من الحرارة المتولدة (٤٠%) على الطبقة ولمسافة معينة بجوار البئر تعتمد على كمية الحرارة الناتجة عن التفاعل وعلى ناقلية الصخور للحرارة .

تساعد هذه الطريقة إلى إذابة البارافينات المتوضعة داخل البئر وكذلك في الطبقة بجوار البئر وتقلل من لزوجة النفط في المنطقة المجاورة للبئر ، وبالتالي تزيد من حركيتها (التي هي عبارة عن النسبة بين النفوذية الفعلية للطبقة بالنسبة للنفط ولزوجة النفط (K/μ) .

تنتهي طريقة المعالجة هذه بتنظيف البئر من نواتج التفاعل ورفع الجهاز الذي يحوي على المغنيزيوم .

ب .المعالجة الكيموحرارية المتبعة بالتحميض:

وهي عبارة عن الجمع بين الطريقتين ، حيث أن المعالجة الكيموحرارية تُجرى بهدف تنظيف قعر البئر ، وكذلك جدران الطبقةالمنتجة بجوار البئر من البارافينات المترسبة ، أما عملية التحميض فتهدف لزيادة نفوذية الطبقة لأكبر مسافة ممكنة .قبل ضخ السائل الحمضي الذي سيدخل إلى الطبقة يجب تنظيف البئر من نواتج عملية المعالجة الكيموحرارية .

ج. التحميض الحراري :

وهي تشبه الطريقة السابقة من حيث جمعها بين التحميض والمعالجة الحرارية ، ولكنها تهدف إلى إنقاص زمن المعالجة ، ولهذا فإن معدل حقن السائل الحمضي في الجهاز الحاوي على المغنيزيوم ينظم بحيث يبقى فعالاً بعد خروجه من الجهاز ، أي لا يستهلك بكامله بالتفاعل مع المغنزيوم ، بل يبقى قادراً على التفاعل في الطبقة كي يذيب الكربونات ويزيد من نفوذيتها من خلال توسع قنوات جريان النفط في الطبقة .

د .المعالجة الكيموحرارية في الطبقة:

تدفع بحبيبات المغنيزيوم إلى الطبقة متبعة بحقن السائل الحمضي الذي يتفاعل مع المغنيزيوم والصخر . يتم اختيار أبعاد حبيبات المغنيزيوم بحيث تكون أقل من قطر الفراغات في الطبقة , ويتم إدخالها في الطبقة بواسطة النفط حيث يستعمل المغنيزيوم بتركيز يتراوح ما بين (20-50 Kg)لكل متر واحد مكعب من النفط وهذه العملية تتم وفق المراحل الآتية:

1. **يضخ نفط ساخن في البئر .**

2.يضخ النفط الذي يحوي حبيبات المغنيزيوم معلقة ضمنه ،ولكي يدخل الطبقة فإن مواسير التغليف الإنتاجية تغلق على السطح عندما يصل هذا النفط إلى مستوى الطبقة .

3. **تضخ كمية من النفط كفاصل عن الحمض .**

4. **يضخ السائل الحمضي .**

5.يضخ نفط بحجم مواسير الإنتاج وحجم مواسير التغليف مقابل الطبقة المنتجة لتأمين دخول السائل الحمضي في الطبقة .

6.يغلق البئر لفترة محددة يتم خلالها التفاعل ما بين السائل الحمضي من جهة وكل من حبيبات المغنيزيوم والصخر من جهة ثانية ، بعدها تفتح البئر وتوضع مجدداً في الإنتاج .

7. **يغلق البئر لفترة محددة يتم من خلالها التفاعل ما ين السائل الحمضي من جهة وكل من حبيبات المغنيزيوم والصخر من جهة ثانية ، بعدها تفتح البئر وتوضع مجدداً في الإنتاج .**

يتم اختيار الآبار القليلة العمق حوالي (1000 m) لمعالجتها بالطرق الكيموحرارية بشكل خاص ،حيث تتـوفر شـروط توضع البارافينات عند مستوى الطبقة المنتجة داخل البئر أو حتى داخل الطبقة بجوار البئر .

3-2 .تفجير الطبقات الخازنة:

عندما تكون الطبقات المنتجة مؤلفة من صخور متماسكة وذوات نفوذية قليلة فإنه يمكن زيادة نفوذيتها بتطبيق هذه الطريقة .

تعتمد هذه الطريقة على تفجير كمية معينة من المواد المتفجرة عند قعر البئر مقابلا للطبقة المنتجة والذي يؤدي إلى إحداث شقوق عديدة في المنطقة المجاورة للبئر مشكلة قنوات لجريان النفط باتجاه البئر .

ويتم تأثير هذه الطريقة على الشكل التالي :

نتيجة التفجير فإن المواد المتفجرة تتحول بكاملها وبشكل مفاجئ من الحالة الصلبة أو السائلة إلى الحالة الغازية رافعة الضغط بشكل كبير وكذلك درجة الحرارة أي تتشكل بجوار جهاز التفجير منطقة مشبعة بالغازات المضغوطة والساخنة التي تحاول أن تشغل حجما أكبر من حجمها لأنها بطاقة كامنة عالية جدا .

كذلك نتيجة للتفجير فإن صخور الطبقة تتعرض لصدمة عنيفة والموجات الناتجة عن التفجير ذات شدة كبيرة تتوزع في جميع الاتجاهات مؤدية إلى تصدع وحت جزئي للصخور المجاورة للبئر مؤدية إلى تسهيل الطريق أمام النفط باتجاه البئر .

وبعد تشكل المنطقة المتصدعة فإن الغازات يتناقص ضغطها بشكل كبير نتيجة تمددها وبالتالي فإن حجمها يزداد ودخولها في الصخر يؤدي إلى اهتزاز الصخر وقد تصل حتى عشرة أمتار .

طريقة التفجير هذه ذات فعالية جيدة في الطبقات المنتجة ذوات النفوذية القليلة والتي تحوي مناطق ذوات تشبع كبير بالنفط ولكنها غير متصلة مع البئر .

المواد المتفجرة توضع في جهاز التفجير الذي يتألف من أنبوب معدني أسطواني الشكل وصاعق في وسطه ضمن المواد المتفجرة .ويمكن أن يتم إشعال الصاعق كهربائيا عن طريق الكبل الذي ينزل بواسطته الجهاز في البئر .باستعمال مبدأ القنابل الموقوتة حيث أن التفجير يحدث بعد زمن يحدد على السطح.

إن المواد المتفجرة المستخدمة في طريقة التفجير يجب أن تحقق المتطلبات التالية :

1.أن تطلق كمية كبيرة من الطاقة عند التفجير.

2.أن لا تتأثر بالمياه.

3.أن تكون ذات استطاعة كبيرة أي باستعمال حجم صغير منها تتولد طاقة كبيرة عند التفجير

4.أن تتمتع بدرجة أمان كافية ولا تشكل خطورة عند نقلها وتخزينها .

كمية المواد المتفجرة لمعالجة الطبقة المنتجة تعتمد على العوامل التالية :

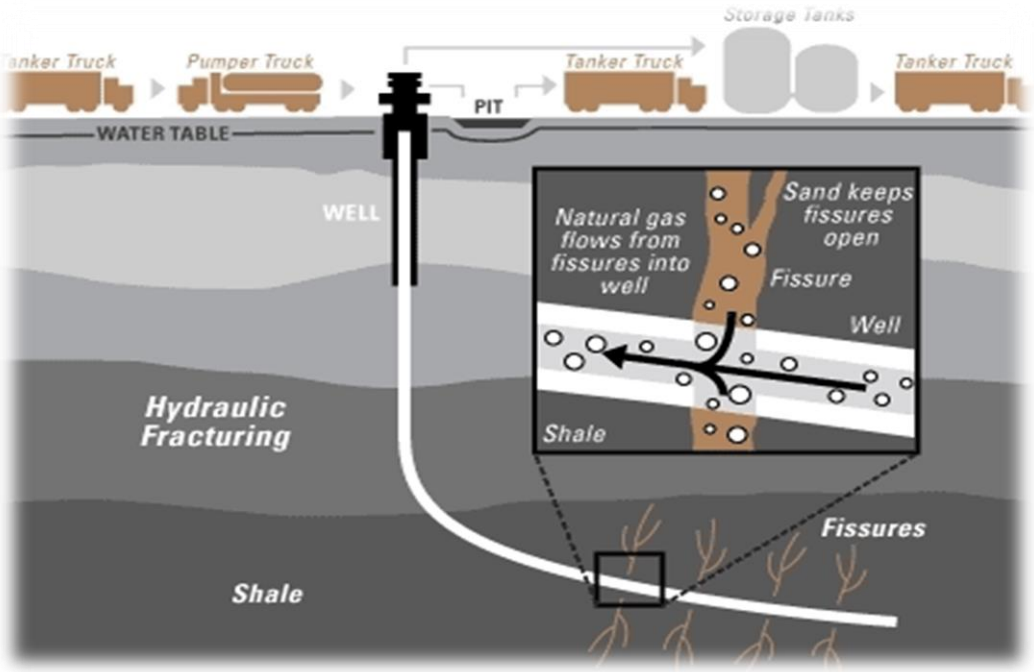
1.قطر البئر الذي يساوي قطر مواسير التغليف الإنتاجية .

2.أبعاد المنطقة المراد معالجتها بهذه الطريقة .

3.خواص المواد المتفجرة .

4.خواص الصخور المعرضة لتأثير التفجير.

4-2.التشقيق الهيدروليكي:



الشكل (2-2):

عملية التشقيق الهيدروليكي

تعتبر هذه الطريقة من أحدث الطريق لتحسين الآبار لزيادة نفوذيتها وبالتالي إنتاجيتها وتعتمد على حقن سائل تحت ضغط في البئر أكبر من الضغط السكوني للطبقة ونتيجة لذلك يحدث تصدع لصخور الطبقة فتتشكل شقوق في المنطقة المجاورة للبئر مشكلة قنوات لجريان الموائع فيها من الطبقة إلى البئر وبعد تشكل الشق يتابع حقن السائل بمعدل معين للحفاظ عليه مفتوحا ومنعه من الانغلاق مرة أخرى وكذلك لتمكين الحبيبات الصلبة التي تحافظ على الشق من التوضع حيث تبقى داخل الشق بعد سحب السائل من الطبقة .

2-4-1.العناصر الأساسية للتشقيق الهيدروليكى :

.عوامل تعتمد على الطريقة المتبعة في المعالجة وتشمل:

1.سائل التشقيق والمواد المحافظة على الشقوق.

2.ضغط التشقيق.

3.سرعة ضخ السوائل.

.عوامل تابعة لخواص الطبقة المعالجة :

وهي تعتمد على الخواص الفيزيائية للطبقة مثل النفوذية ، القساوة ، درجة التماسك ، وجود الشقوق الطبيعية ،وسماكة المجال المعالج وطبيعة الموائع الموجودة في الطبقة .

2-4-2السوائل المستعملة فى التشقيق الهيدروليكى :

1.السوائل ذات الأساس النفطي .

2.السوائل ذات الأساس المائي.

3.السوائل المستحلبة.

وخلال عملية التشقيق الهيدروليكي يجب أن تراعى اللزوجة وفاقد الرشح من سائل التشقيق .

حيث أنه لتأمين التشقيق ونقل الحبيبات الصلبة يستعمل نوعان من السوائل ففي البداية يستعمل سائل ذو لزوجة قليلة كي نتمكن من إحداث الشقوق بسهولة وبعد ذلك يستعمل سائل ذو لزوجة عالية لنقل الحبيبات الرملية إلى الشقوق .

أما فاقد الرشح فيلعب دورا هاما في أبعاد الشقوق التي يتم الحصول عليها فكلما كان فاقد الرشح قليلا كلما كان الشق أعمق في الطبقة وبالعكس كلما كان فاقد الرشح كبيرا كلما كان الشق أصغر وبالتالي تأثير فاقد الرشح على أبعاد الشقوق هي أكبر بكثير من معدل حقن السائل في الطبقة وكذلك اللزوجة.

3-4-2 مجال استخدام طريقة التشقيق الهيدروليكي :

تستخدم طريقة التشقيق الهيدروليكي في:

1.الآبار التي تخترق مجموعة طبقات منتجة ولا تحوي فيما بينها تداخلات تحتوي على المياه أو الغازات وفي حال احتواء الطبقة على قبعة غازية ومياه طبقية فيجب أن يختار المجال الذي يعرض للتشقيق بحيث يبقى سبعة أمتار على الأقل بعيدا عن كل من الغازات أو المياه الطبقية .

2.الآبار التي تكون فيها مواسير التغليف ذات مقاومة كبيرة .

3.الآبار الحديثة (لم ينتج منها بعد) والتي يلاحظ أثناء اختراقها للطبقات المنتجة أن نفوذيتها قليلة .

4.الآبار التي تعطي مردودا قليلا عند وضعها في الإنتاج مقارنة مع الآبار المجاورة أو في حال عدم التمكن من وضعها في الإنتاج بمختلف الطرق الأخرى.

2-4-4 تحضير الآبار للتشقيق الهيدروليكى :

1.قياس معدل إنتاج البئر والضغط داخلها عند مستوى الطبقة المنتجة .

2.فحص قعر البئر وتنظيفه مع جدران البئر مقابل الطبقة عند وجود ترسبات أو حبيبات رملية .

3.فحص مواسير التغليف والتأكد من صلاحيتها وإمكانية إنزال مواسير الحقن مع الباكر حتى مستوى الطبقة .

4.فحص مواسير الحقن وتنظيفها من الداخل .

5.فحص رأس الحقن وتجريبه بضغط يساوي ضغط الحقن .

6.عند عدم توفر المعلومات عن استطاعة الطبقة لتقبل السائل يجري في البداية حقن للتأكد من قابليتها .

2-4-5مراحل إجراء عملية التشقيق الهيدروليكى فى الواقع العملى :

1.حقن سائل التشقيق وبالضغط الأعظمي لجهاز الحقن حتى تتصدع الطبقة وتحدث الشقوق.

2.حقن سائل التشقيق مع الحبيبات الرملية للحفاظ على الشقوق وباستعمال الضغط الأعظمي أيضا وبدون انقطاع وبمعدل مساوي على الأقل المعدل الذي حقن به سائل التشقيق الخالي من الرمل حيث نتلافى بذلك توضع الرمل على قعر البئر وبالتالي إعادة انسداد الشقوق بعد سحب السوائل من الطبقة .

3.حقن كمية معينة من النفط.

4.حقن محلول اللزوجة بالضغط الأعظمي لجهاز الحقن .

5.حقن كمية من السائل النظيف بحجم يساوي الحجم الداخلي بمواسير الحقن وحجم البئر مقابل الطبقة المنتجة للتأكد من دخول سائل التشقيق بكامله في الطبقة .

6.إغلاق البئر وتركها تحت ضغط وتركها لزمن يتراوح بين يوم ويومين .

7.يعاد فتح البئر وينقص الضغط تدريجيا وتوضع البئر في الإنتاج بمعدل أقل من المعدل الذي كانت تنتجه قبل المعالجة لتلافي حمل السوائل الطبقية للحبيبات الرملية من الشقوق ويزاد هذا المعدل تدريجيا حتى نصل إلى المعدل المثالي للإنتاج قبل المعالجة .

الفصل الثالث :

تحسين إنتاجية البئر البترولية باستخدام المعالجة الحمضية

Chapter 3:

Acidizing Stimulation

3-1.مقدمة (Introduction):

إن إنتاجية المكامن النفطية تنخفض باستمرار مع مرور الزمن ، و يعود انخفاض هذه الإنتاجية لعدة أسبابٍ أهمها نقصان نفوذية الطبقة الخازنة .

ولزيادة إنتاجية الآبار تستخدم عدة طرق لزيادة نفوذية الطبقة المنتجة وخاصة المناطق المحيطة بالبئر ، والتي تتعرض للتلوث الذي يسبب نقصان نفوذيتها بشكل أكبر من غيرها من المناطق .

وتعد عملية التحميض الكيميائي من أقدم وأهم الطرق المستخدمة لتحسين الإنتاجية من خلال تحسين نفوذية الطبقة الحاملة وقد بدأ تطبيق هذه الطريقة منذ عام (١٩٣٠) حيث عولجت الطبقة بحمض محقون إلى عمق معين عمل على إذابة بعض الصخور ، وكذلك أثر على إسمنت الترابط بين حبيبات الصخر .

أما استخدام الحمض لتنظيف جدران البئر من آثار سائل الحفر والمواد الملوثة الأخرى المتوضعة على الجدران فقد طبق منذ عام (١٨٩١) .

3-2.أنواع الحموض :

يوجد أربعة أنواع رئيسية من الحموض التي تستعمل في عمليات تحميض الطبقات وهي :

1.حمض كلور الماءHCL:

هو سائل مخرش يؤثر على الجلد لدى التلامس معه ويتفاعل معه ، ويؤثر أيضاً على الأعضاء التنفسية عند استنشاقه ، لذلك يجب التقيد بشروط السلامة المهنية عند التعامل مع هذا الحمض ، وهو يتفاعل مع الصخور الكربوناتية ومع ملاط الترابط الكلسي بين الحبيبات الرملية في الصخور الرملية ويعطي أملاحاً منحلة في الماء (كلور الكالسيوم وكلور المنغنزيوم)وغاز ثاني أكسيد الكربون والماء.

ويتراوح تركيز هذا الحمض التجاري بين ٣٠-٣٤% ويستخدم في الخلطات الحمضية بتراكيز مختلفة وهو معبأ في عبوات بلاستيكية محكمة الإغلاق ويحتوي على شوائب أهمها أكاسيد الحديد –حمض الكبريت – أكاسيد الكبريت .

2.حمض الفلورHF:

هو سائل سام مخرش ويجب التعامل معه وفق شروط السلامة المهنية ، وهو يتفاعل مع الإسمنت والكربونات ، إلا أنه يترك مع الكربونات راسباً هو فلور الكالسيوم وتركيز هذا الحمض التجاري (٣٨-٤٠%) ، ويستعمل بشكل أساسي لتحميض الصخور الرملية ، ويمكن مزجه معحمض كلور الماء ليشكل حمض الطفلة او يمزج مع الحموض العضوية مثل حمض الخل أو حمض النمل.

3 .الحموض العضوية :

تستخدم في الآبار العميقة ذات الحرارة العالية ا لتحسين نفوذية هذه الطبقات ، نظراً لأن سرعة تفاعلها مع الكربونات أقل من سرعة الحموض اللاعضوية وأهم هذه الحموض حمض الخل هو حمض الخل وحمض النمل ومن المعروف أن الحموض العضوية أضعف من الحموض اللاعضوية وتتفاعل ببطء كبير وتظهر تآكلاً أقل للمعدات.

4.الحموض المركبة :

يمكن خلط ومزج حمض كلور الماء مع الحموض العضوية بهدف إطالة زمن التفاعل وذلك في الطبقات ذات درجات الحرارة العالية كحمض الخل أو حمض النمل للحصول على حمض بطيء التفاعل (مثبط) يدخل في الطبقة ويتفاعل معها ببطء .يعد مزج الحموض من العمليات المهمة لتشكيل الحموض المثبطة ، وذلك من أجل اختراق أعمق للطبقة وتحسين فعالية المعالجة الحمضية.

ويعرف الحمض المثبط : بأنه حمض ذو صفات فيزيائية وكيميائية وتركيز معين يمنحه فعالية لزمن أطول بـ ١٥% من حمض كلور الماء بنفس الشروط لتحقيق عمق اختراق اكبر.

3-3.الشروط التي يجب أن يحققها الحمض المستخدم :

1. أن يتفاعل مع الكربونات أو مع الفلزات الأخرى أو الرواسب ليشكل محاليل سائلة.

2. أن لا يتفاعل بشدة مع الأجزاء المعدنية في البئر حتى لا يسبب تآكلها

3.أن يكون سهل التداول وتكاليفه معقولة.

3-4.مبررات تطبيق هذه الطريقة (التحميض) :

1.تنظيف الشوائب الموجودة على جدران البئر مقابل الطبقة المنتجة ، أو تلك المتوضعة في القنوات التي تجري خلالها الموائع.

2. توسيع مساحات الصخور بجوار جدران البئر.

3. توسيع وتنظيف الشقوق الموجودة في الصخور.

4. تشكيل قنوات جديدة بنفوذية عالية وذات عمق كبير يصل البئر بالمنطقة المشبعة بالنفط.

5. توسيع قطر البئر.

6. تنظيف المنطقة الملوثة بجوار البئر.

3-5.العوامل المؤثرة على تفاعل الحمض مع الصخر:

إن معرفة العوامل المؤثرة على التفاعل بالإضافة إلى معرفة ميزات الصخر الخازن يمكن أن يساهم في اختيار نوع الحمض وكميته لتأمين نجاح عملية التحميض. وهناك عدد من العوامل الأساسية المؤثرة على تفاعل الصخر والحمض :

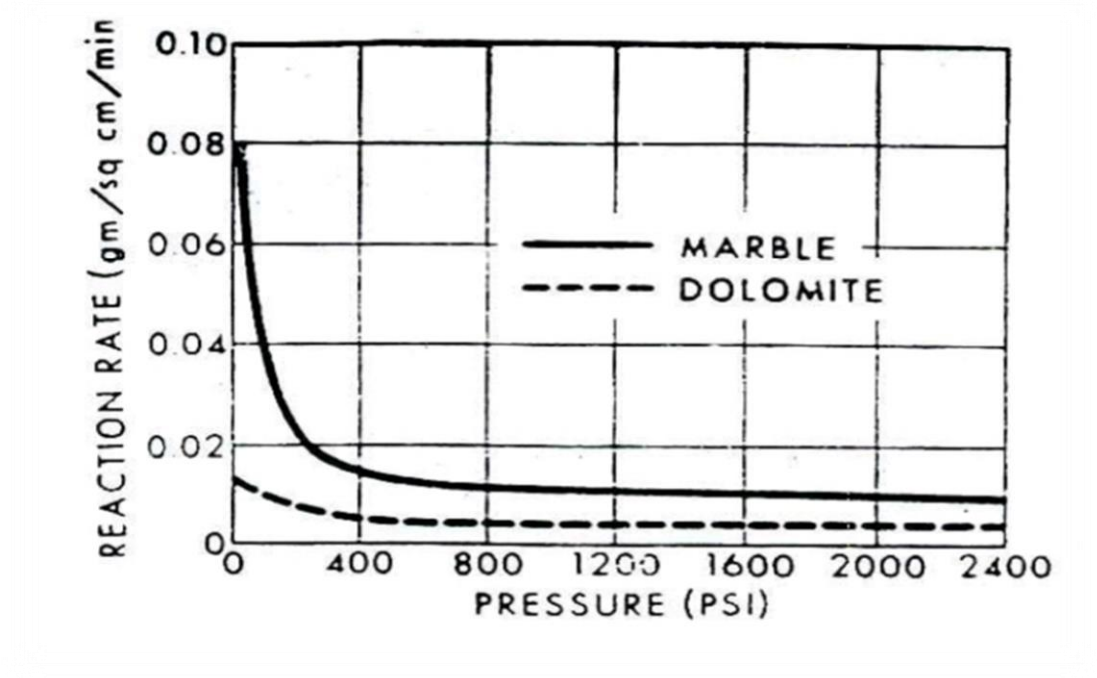
1.الضغط:

إن سرعة التفاعل بين الحمض والصخور الكربوناتية تتناقص مع زيادة الضغط ويمكن توضيح ذلك بالتفاعل التالي:

$$Ca\ CO_3 + 2Hcl \leftrightarrow Ca\ cl_2 + H_2\ CO_3$$

$$H_2\ CO_3 \leftrightarrow CO_2 + H_2O$$

إن التفاعل يتم باتجاه اليمين في حال كان ثاني أكسيد الكربون غازا ويزداد انحلال الكلس أما عندما ينحل ثاني أكسيد الكربون في الماء يتجه التفاعل نحو اليسار أي يتوقف انحلال الكلس وغاز ثاني أكسيد الكربون ينحل في السائل الحمضي وتزداد انحلاليته بازدياد الضغط وبالتالي تقل سرعة التفاعل بازدياد الضغط .



الشكل (3-1):

العلاقة بين سرعة التفاعل والضغط

2.الحرارة :

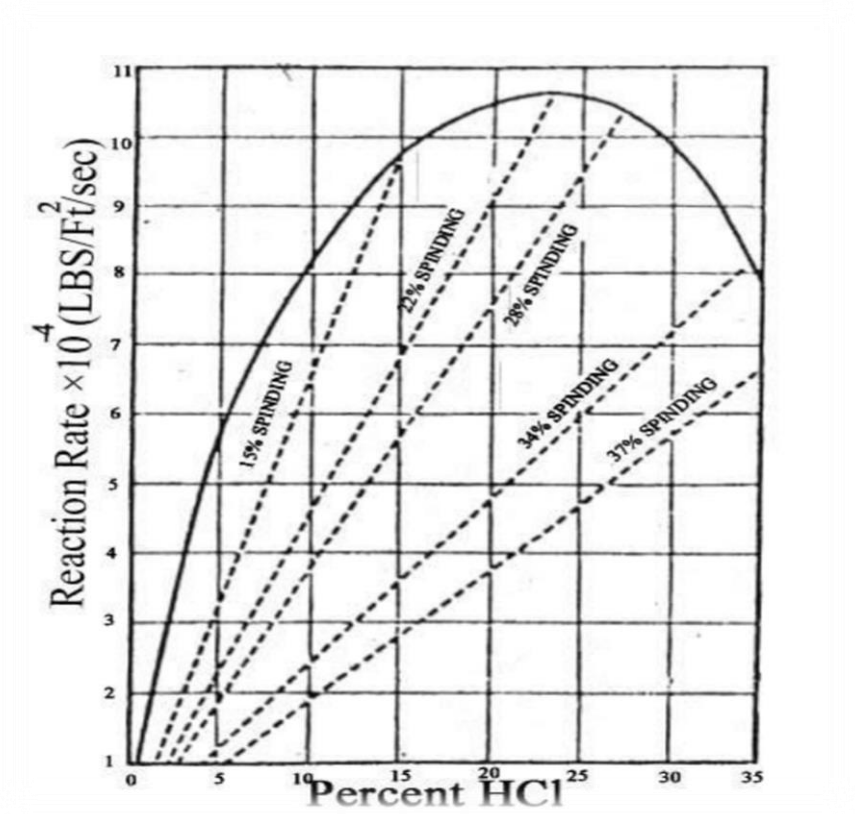
إن سرعة تفاعل الحمض تزداد بشكل مباشر بازدياد درجة الحرارة ويتعادل الحمض في المجال القريب من البئر وبذلك لا نستطيع ضخ كميات كبيرة من الحمض في الطبقة وهنا يجب أن نأخذ بعين الاعتبار درجة حرارة الحمض المحقون ودرجة حرارة الصخر الخازن بالإضافة إلى درجة الحرارة المتحررة الناتجة عن التفاعل .

ويمكن تلافي تأثير الحرارة باستخدام مبطئات التفاعل أو عن طريق تبريد شديد للمنطقة القاعية باستخدام الآزوت السائل أو نضخ الحمض بمعدلات عالية .

3.تركيز الحمض :

عند استعمال سائل حمضي بتركيز قليل يجب ضخ كميات كبيرة من هذا السائل في الطبقة ، حيث يدخل إلى أعماق كبيرة يصعب عندها إعادة سحبه عند انتهاء عملية المعالجة.

- **أما عند استعمال سائل حمضي بتركيز كبير بعد انتهاء التفاعل تزداد كثيراً لزوجة السائل بسبب انحلال نواتج التفاعل التي تؤثر على معدل التفاعل ينقص بسببها وبسبب تناقص قوة الحمض بالإضافة إلى أن التركيز المرتفع ينشط عمليات تآكل المعدات المستخدمة .**



الشكل (3-2):

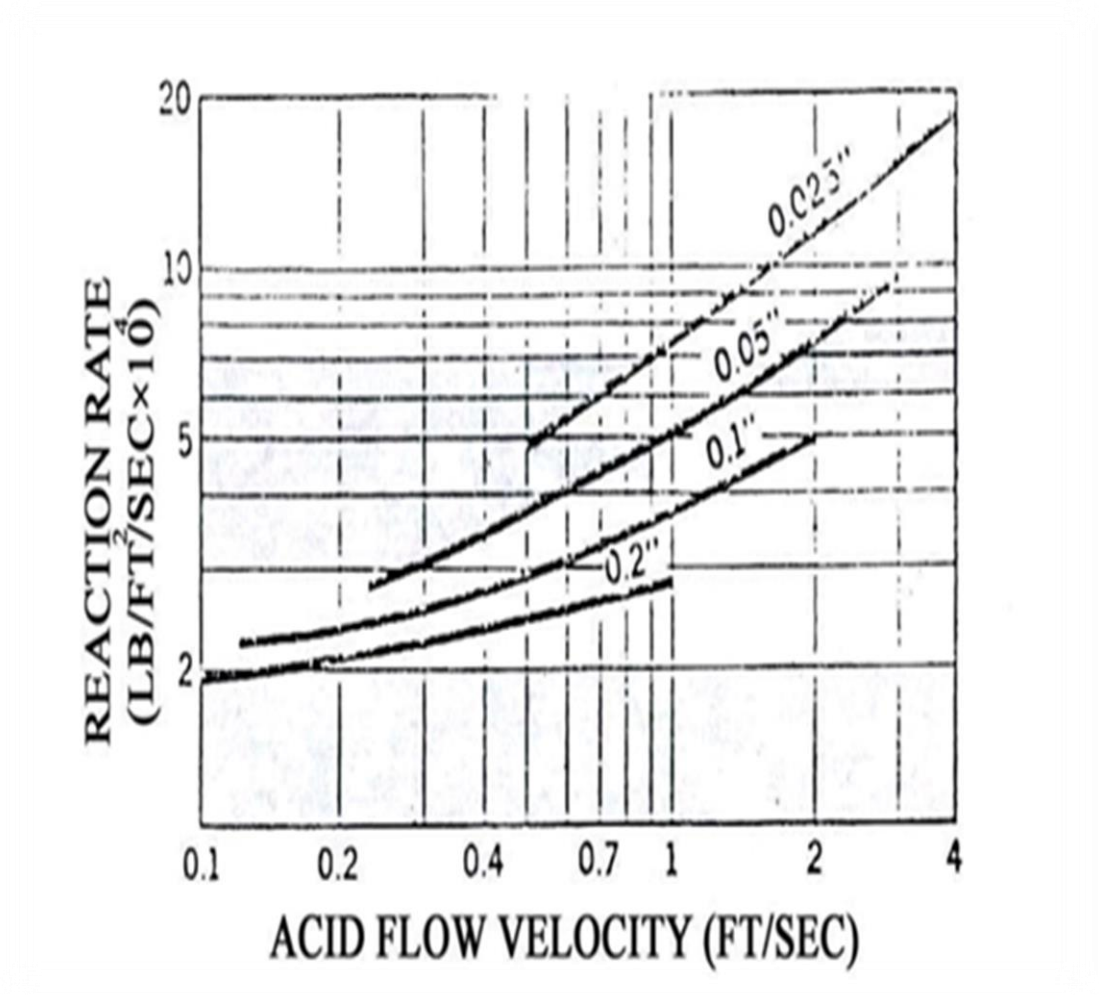
علاقة تركيز حمض كلور الماء ومعدل التفاعل

وقد تم التوصل نتيجة التجارب المخبرية إلى أن أفضل تركيز للحمض هو (١٠-١٥%) وعادةً يستعمل تركيز كبير للصخور ذات النفوذية الضعيفة وتركيز قليل للطبقات ذات النفوذية العالية.

4. سرعة التدفق:

إن سرعة تدفق السائل الحمضي داخل الصخور الكربوناتية ، تؤثر على المسافة التي يقطعها السائل الحمضي في الطبقة ، وبزيادة سرعة التدفق للحمض يزيد معدل التفاعل للحمض مع الصخر.

عند سرعة تدفق محددة يزداد معدل التفاعل بنقصان عرض الشق ، الشكل (3-3).



الشكل (3-3) :

تأثير سرعة تدفق الحمض على معدل التفاعل عند اختلاف عرض الشق

5.تركيب الصخر الخازن:

وهو العامل الأكثر أهمية الذي يتحكم بفعالية المعالجة الحمضية ، حيث توجد اختلافات بين تفاعلات الحمض مع الأحجار الكلسية وبين تفعله مع الدولومايت ، نتيجة الاختلاف في السمات الفيزيائية والكيميائية ، ويجب عند وضع خطة المعالجة دراسة مواصفات الصخر الخازن دراسة مفصلة من حيث التركيب الكيميائي والتركيب المنرالوجي – المسامية – النفوذية

إن دراسة التركيب الكيميائي للصخور الكربوناتية يمكن أن يوحي لنا إلى استخدام نوع خاص من الحموض ، أما معرفة الصفات الفيزيائية والخزنية فهي تحدد العوامل الأخرى مثل كمية الحمض والتقنية المستخدمة في المعالجة.

:يؤثر حمض كلور الماء على الصخور الكربوناتية (كلس – دولومايت) وفق المعادلات التالية

$$2Hcl + Ca\ CO_3 \rightarrow Cacl_2 + H_2O + CO_2$$

$$4Hcl + CaMg\ (CO_3)_2 \rightarrow Cacl_2 + Mg\ cl_2 + H_2O + CO_2$$

6 نواتج التفاعل :.

تلعب نواتج التفاعل دوراً هاماً في تحديد التفاعل وسرعته ، وما يهمنا من نواتج التفاعل هو أن لا تكون راسبة ، وتؤدي إلى تقليل نفوذية الطبقة مما يسيء إلى هدف عملية التحميض ، ومن النواتج التي نتجنب تشكلها : الترسبات المتشكلة نتيجة تفاعل الحمض مع بعض الشوارد الموجودة في المياه الطبقية مثل شوارد الالمنيوم التي تترسب على شكل ماءات الألمنيوم وكذلك شوارد الحديد التي تؤدي إلى تشكل ماءات الحديد وشوارد الباريوم التي تؤدي إلى ترسب كبريتات الباريوم .

7.تأثير النفط على عملية التحميض :

عندما يدخل السائل الحمضي في الطبقة يتفاعل مع الصخر وكذلك مع السوائل الموجودة في الطبقة (نفط و ماء) ، وإن تفاعل الحمض مع النفط يؤدي إلى تشكيل مركبات غير منحلة تتوضع في مسامات وقنوات الطبقة مما يؤدي إلى التقليل من نفوذية الطبقة ، هذه المركبات التي تقلل من نفوذية الطبقة هي الإسفلتيات والراتنجيات والبارافينات وبعض المشتقات الهيدروكربونية ذوات الوزن الجزيئي الكبير والتي تتوضع عند ارتفاع pH السائل الحمضي

ويتم منع هذا التوضع بطريقتين :

1.استعمال سائل حمضي مستحلب معالج بمذيبات عطرية.

2. معالجة السائل الحمضي بمواد تمنع تشكل الأحماض القطرانية مثل المواد المنشطة.

8 تأثير المياه الطبقية على عملية التحميض :.

يؤدي تفاعل المياه الطبقية مع السائل الحمضي المحقون في الطبقة إلى تشكل بعض المركبات غير المنحلة مغلقةً بشكل جزئي وأحياناً بشكل كلي مسامات الطبقة المنتجة مما يؤدي إلى تقليل النفوذية الفعلية للطبقة ،ويتعلق هذا التأثير بالتركيب الكيميائي للمياه الطبقية .

من الشوارد الموجودة في الماء والتي تؤثر على عملية التحميض نذكر:

1. شوارد الحديد والألمنيوم التي تشكل مع الحمض ماءات الحديد والألمنيوم المترسبة .

2. شوارد الباريوم التي تشكل مع شوارد الكبريتات كبريتات الباريوم غير المنحلة.

3-6.المواد المضافة للسائل الحمضي:

المادة المضافة للسائل الحمضي هي عبارة عن أية مادة تمزج مع الحمض من أجل تعديل سلوك الحمض في الطبقة بالاتجاه الإيجابي بحيث يقوم الحمض بالدور الفعال المطلوب منه في الطبقة أو المحافظة على نفس سلوك الحمض لأن الحموض المستخدمة في المعالجة الحمضية تتميز بتأثيرها التآكلي على المعدات المعدنية الموجودة في داخل البئر أو خارجه وبشكل خاص القنوات التي يجري الحمض ضمنها سواء من رأس البئر باتجاه الطبقة أو من الطبقة نحو السطح بعد أن يكون الحمض قد تفاعل مع صخور الطبقة .

في الحقول النفطية والغازية التي استخدم فيها الحمض لمعالجة الطبقات على اختلافها فإن الحموض المستخدمة أصبحت تؤدي دورا سلبيا يلحق الضرر بالطبقات الصخرية وبالمعدات المعدنية بشكل خاص لذلك فإن أول المضافات الكيميائية إلى الحموض المستخدمة في المعالجة الحمضية كانت موانع التآكل التي استخدمت للمرة الأولى في عملية التحميض في عام ١٩٣٢ إضافة إلى ذلك تم بعد فترة وجيزة الوصول إلى مركبات كيميائية أخرى وجودها ضروري في عملية التحميض منها :

1. مبطئات التفاعل :

هذه المواد تقلل من سرعة تفاعل الحمض مع الصخر وذلك لزيادة نفوذية المنطقة المجاورة للبئر ولمسافة أكبر . يتوقف زمن فعالية هذه المواد على عدة عوامل :

1. درجة الحرارة والضغط .

2. نوع وتركيز الحمض .

3. نوع وتركيز المثبط .

4. نوع المعدن.

5. المواد المضافة إلى الحمض .

رمزه التجاري CD-574 يضاف بنسبة ٥-١٠لتر لكل متر مكعب من الحمض.

تعمل هذه المواد على الإقلال من سرعة التفاعل بين الحمض والصخر وذلك لزيادة نفوذية المنطقة المجاورة للبئر ولمسافة أكبر.ويوجد نوعان رئيسيان من المبطئات – عضوية – غير عضوية .

2.مخفضات التوتر السطحي:

مقللات التوتر السطحي هي عبارة عن مركبات كيميائية تتألف من جزيئات قسم منها قابل للانحلال في الماء والقسم الآخر منها ينحل في النفط .

تقلل هذه المضافات الكيميائية من التوتر السطحي بين الموائع غير قابلة للامتزاج كالنفط والسائل الحمضي كما يمكن أن تمتز على سطح الصخر وتغير من قابلية التبلل للصخر .

و تصنف مقللات التوتر السطحي بحسب انحلاليتها إلى :

1. كاتيونية قابلة للانحلال في الماء .
2.أنيونية تنحل في الماء .
3. غير أيونية (لا تتأين وهي عبارة عن جزيئات كيميائية قابلة للانحلال في الماء وأخرى قابلة للانحلال في النفط).

4. مذبذبة (قابلة للانحلال في الماء ويمكن أن تكون أنيونية ، كاتيونية ، أو غير مشحونة وذلك يعتمد على درجة الحموضة).

استخدمت مقللات التوتر السطحي في مجال المعالجة الحمضية في الكثير من المهام التي تشمل :

1.منع تشكل مستحلبات بين النفط والماء .

2. زيادة قدرة التبلل لدى الماء لتحسين فعاليته في دفع النفط من الطبقة المنتجة نحو قاع البئر الإنتاجية .

3. دفع الحمض المستخدم إلى أبعد مسافة ممكنة في الطبقة .

4.تسهيل عملية استرجاع الحمض المستهلك من الطبقة نحو السطح .

5.يمكن أن تؤدي مقللات التوتر السطحي دورا كموانع ترسب ومحاليل رغوية.

6.إزالة الترسبات من النفط الثقيل والإسفلت .

3.المواد المضافة للتخثر ولمنع ضياع السائل المحقون:

هذه المواد هي بوليميرات اصطناعية ومواد صمغية طبيعية وهناك عدة أنواع منها بأسماء تجارية وتستخدم البوليميرات الاصطناعية من النوع غير الشاردي الخيطي وبنسبة أقل من ٠,١-٢ % وزنا وفي حالة التراكيز العالية فإن الطبيعة اللزجة التي تمنح للحمض تمنع خسارة السائل وضياعه داخل المسامات الصغيرة وقنوات الجريان في الطبقةتستخدم لزيادة لزوجة الحمض الهلامي وذلك عن طريق تعليق الجزيئات الخطية الطويلة معا حيث أن زيادة اللزوجة تسمح بإنشاء شق أعرض وبالتالي فإن هذا يؤدي إلى زيادة أكبر في ملامسة الحمض لوجه الشق لإذابة اللايم ستون كما تؤمن زيادة اللزوجة أيضا تحسين في التحكم بالارتشاح وهذه العملية هي الأكثر اقتصادية لزيادة لزوجة الحمض.

4.الكحولات :

يمكن أن يساعد مزج الكحولات مثل الميثانول والإيزوبروبانول مع الحمض في تفريغ الحمض المستهلك عند تحفيز آبار الغاز وذلك لأن الكحول ينقص التوتر السطحي لموائع التحميض بدون حدوث امتزاز على الطبقة كحدوثه عند استخدام العوامل الفعالة سطحيا.

تتفاعل الكحولات مع حمض الهيدروكلوريك معطية كلوريدات عضوية من شأنها أن تسمم حفائز التكرير في العمليات التي تحدث باتجاه تيار واحد .

يجب إضافة الميثانول إلى مراحل الحمض في آبار الغاز وإن هذا قد يسبب تشكل لهيدرات الغاز الهابطة في الحفرة وإن ذلك يشكل مشكلة محتملة عند الإكمالات المائية الشديدة حيث أنه قد يحدث تبريد للغاز في حفرة البئر .

إن الإيزوبروبانول هو مذيب مشترك فعال من تلقاء نفسه وفي آبار النفط يجب استخدام المواد الفعالة سطحيا أو المذيبات المشتركة أو غاز النيتروجين أو غاز ثاني أكسيد الكربون من أجل تعزيز الجريان العكسي للموائع المستهلكة.

5.موانع التآكل:

يتميز مانع التآكل المضاف للسائل الحمضي بقابليته للامتزاز على السطوح الصلبة (سطح الصخر) ومانع التآكل هو عبارة عن منشط سطحي يقوم بوظيفة أساسية بحيث يتوضع على السطوح المعدنية (السطح الداخلي لمواسير الحقن) ليشكل طبقة تلتصق بالسطح وتحد بشكل كبير من تلامس السائل الحمضي مع المعدن.

لكن تجدر الإشارة إلى أن موانع التآكل لا توقف عملية التآكل من جراء الحمض نهائيا وإنما تقلل بشكل كبير منها، بحيث تضمن انتهاء عملية التحميض بنجاح دون الحاجة إلى هدر تكاليف العملية واستخدام معدات معدنية جديدة في البئر وذات كلفة كبيرة بحيث تصبح العملية غير اقتصادية وبالتالي فإن مانع التآكل يحمي الأنابيب المعدنية والمعدات من الصدأ الذي يلحق بها من جراء فترة الخدمة الطويلة .

إن الاختيار الصحيح لمانع التآكل وإجراء اختبارات مخبرية عليه هو أمر مهم جدا لأن مانع التآكل يتعلق بشكل مباشر بنوعية الطبقة المعالجة والموائع الطبقية ونوع وتركيز الحمض .

ومن العوامل المؤثرة على معدل التآكل :

1. نوعية المعدن .

2. نوع الحمض المستخدم .

3. تركيز الحمض المستخدم.

4 .درجة الحرارة .

5. قابلية مانع التآكل للانحلال في السائل الحمضي.

6. تركيز مانع التآكل .

7. زمن تلامس مانع التآكل مع المعدن .

8. تلف مانع التآكل وضياعه.

9. توافق مانع التآكل مع الحموض والمضافات الكيميائية.

شروط استخدام مانع التآكل مع الحمض :

1. يجب أن يتمتع مانع التآكل بثبوتية عالية جدا في درجات الحرارة العالية .

2. يجب أن لا يؤثر على فعالية الحمض مع الصخر .

3. أن يحافظ على خواصه بوجود نواتج التفاعل .

4. أن لا يؤدي إلى تشكل مستحلبات بين النفط والماء .

وإن إضافة كمية تعادل ٠,٢% من الحجم الكلي للمحلول الحمضي يقلل من ظاهرة التآكل بمقدار ٥٥-٧٠ مرة .رمزه التجاريNcoRoL – AC

6.مواد مثبتة :

تعمل هذه المواد على إعاقة ترسب مركبات الحديد والألمنيوم الناتجة عن تفاعل الحمض مع أكاسيد الحديد والألمنيوم الموجودة في قعر البئر أو في الصخور الطبقية. من هذه المواد حمض النمل وحمض الخل الذي يستخدم بتركيز ٢%-٠,٨ حجماً .

7.مواد تمنع ترسب الجص:

من هذه المواد كلور الباريوم الذي يعالج به السائل الحمضي قبل ضخه .عندما تحتوي الطبقة المعالجة على تركيز كبير من شوارد الكبريتات وخاصة في الطبقات الحاملة للماء التي يمكن

أن يصل تركيز الكبريت فيها إلى ١٠٠٠ ppmأو في الصخور التي تحتوي على الأنهدريت يجب أن تستخدم موانع ترسب كبريتات الكالسيوم ومن أهم أنواعها :

-Phosphonic

Polycrate

8. استخدام N2 وCO2 :

تساهم هذه الغازات في التزويد بقدرة غازية كبرى لكي تساعد في إعادة الحمض المتبدد ووضع البئر في الإنتاج.

9.مانع استحلاب :

ويضاف بنسبة ٥لتر لكل متر مكعب من الحمض.DEEMax- 500رمزه التجاري

ويضاف بهدف منع تشكيل مستحلبات لزجة ما بين السائل الحمضي وسوائل الطبقة ويقوم بوظيفة مبلل سطحي لتقليل التوتر السطحي بين السائل وصخور الطبقة .

10.المواد المقللة لتركيز الحديد في السائل الحمضي :

أكثرها شيوعا واستخداما هو حمض Erythorbicالذي يحوي في تركيبه على كمية من فيتامين C.

يضاف هذا الحمض إلى السائل الحمضي المستخدم في المعالجة الحمضية بحيث يقلل من أيونات الحديد في الحمض .

11.المواد المثبتة للغضار :

الفلزات الغضارية يمكن أن تتحرك في الطبقة الصخرية وتنتفخ وتغلق الفراغات المسامية الموجودة في الطبقة وذلك عند إنتاج المياه في حال كانت المياه عذبة أو قليلة الملوحة .

تستخدم مثبتات الغضار بغرض منع هجرة أو انتفاخ الغضار وذلك بعد تنفيذ عملية المعالجة الحمضية .

وهناك نوعين عامين مستخدمين لمثبتات الغضار حيث يعتبر أحدهما مؤقت بحيث تزودنا مواد هذا النوع بحماية ضد انتفاخ الطبقة الناجم عن مائع المعالجة أثناء تنفيذ المعالجة وأثناء استعادة الحمض من الطبقة وغالبا مايستخدم KClأوNH4CLكمثبتات غضار مؤقتة أما النوع الآخر من مثبتات الغضار كالبوليميرات ذات الوزن الجزيئي المرتفع فتعطي حماية ذات أمد طويل ضد تضخم الغضار بالإضافة إلى أن هناك بعض أنواع البوليميرات ذات الوزن الجزيئي المنخفض متوفرة أيضا ويمكن استخدامها في الطبقات ذوات النفوذية المنخفضة وتعطي حماية طويلة الأمد مثل الجزيئات الضخمة .

7-3.أهداف عملية التحميض :

يستخدم التحميض من أجل ثلاثة أهداف هي:

1 .تنظيف مسام البئر.

2.تحميض الطبقة.

3. التشقيق الحمضي .

1.تنظيف مسام البئر:

يتم غسل البئر عن طريق ضخ السائل الحمضي من خلال مواسير الإنتاج لتنظيفها أيضاً ، ويترك الحمض في البئر لتنظيف مسام جدران البئر وقعره ، وجدران المصفاة في حال كان البئر غير تام هيدروديناميكياً.
عن طريق هذه العملية يتم إزالة الرواسب المختلفة (سائل الحفر –بارافينات..إلخ) وبذلك فإننا نخفف من تعادل السائل الحمضي داخل البئر وقبل دخوله الطبقة عند تفاعله مع هذه الرواسب الأمر الذي يؤدي إلى التقليل من فعالية التحميض . يتم التفاعل خلال عدة ساعات بعدذلك تتم إزاحة السائل الحمضي من خلال مواسير الإنتاج لمنع حدوث تآكل في مواسير التغليف .

2.تحميض الطبقة:

هو حقن الطبقة بالسائل الحمضي تحت ضغط هيدروليكي بحيث يحدث الجريان بشكل أساسي من خلال الشقوق الطبيعية والمسامات ، لذلك للنفوذية الطبيعية تأثير كبير على نجاح عمليات التحميض .

ويتم تنظيف الطبقة الملوثة بطريقتين :

1.حل الشوائب نفسها .

2.حل جزء من البنية الصخرية التي توجد فيها هذه الشوائب .

3.التشقيق الحمضي:

تهدف هذه العملية بشكل أساسي إلى تحقيق إنتاجية إضافية فوق قدرة الخزان الطبيعية ، وذلك عن طريق فتح شقوق جديدة لتخليق ممرات جديدة إلى جزء من الطبقة الخازنة ويعتمد نجاح هذه العملية على :

.ناقلية الشق.

.مدى الاختراق الفعال للخزان.

.شكل الشق .

8-3.المسافة التي يخترقها الحمض في الطبقة:

يدخل الحمض في الطبقة على شكلين:

1.متفاعلاً مع الطبقة حتى مسافة معينة بنصف قطرR1 .

2.غير متفاعل مع الطبقة يدخل حتى مسافة بنصف قطر Ri .

تعتمد المسافة العظمى التي يدخلها الحمض في الطبقة متفاعلاً معها على:

1.سرعة تقدم السائل الحمضي في مسامات الطبقة.

2.الزمن اللازم لتعادل السائل الحمضي مع الصخر: trوهو يساوي زمن تفاعل السائل مع الصخر ويعتمد على T-P و تركيز السائل الحمضي وكذلك على خواص الصخور.

يتحقق نصف القطر هذا عند تعادل أول كمية محقونة من السائل الحمضي تماماً مع الصخر .

من أجل تعيين R1 :

نفرض أن حجم السائل المحقون يساوي حجم الفراغات الموجودة في الطبقة وحتى نصف القطر Ri أي :

$$Qi \cdot tr = \pi (R1^2 - rc^2) h.m$$

تصبح العلاقة h=1ومن أجل سماكة:

$$qi \cdot tr = \pi (R1^2 - rc^2) m$$

حيث :

R1:نصف قطر المنطقة التي يدخلها السائل متفاعلاً مع الصخر (m) .

Qi:معدل الحقن (m^3/s^1) .

qi:معدل الحقن الخاص.

tr:الزمن اللازم لتعادل السائل الحمضي.

h:سماكة الطبقة المعالجة (m) .

m:مسامية الطبقة % .

rc:نصف قطر البئر (m) .

من العلاقة السابقة نجد أنه يمكن زيادة R1 عن طريق:

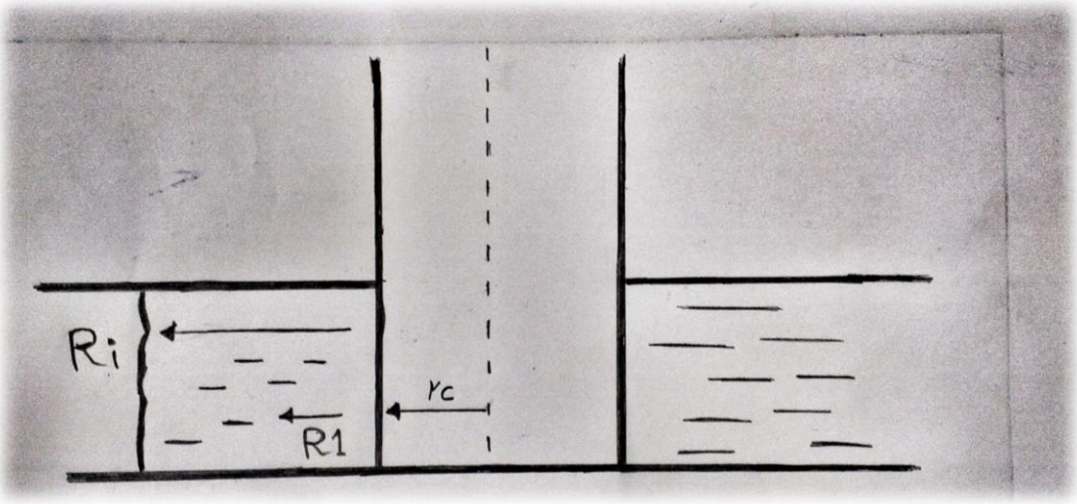
1.تقليل سرعة التفاعل بين الصخر والسائل عن طريق استخدام مبطئات التفاعل.

2.ضخ السائل في البئر وبالتالي في الطبقة بمعدل كبير.

وإن حساب Ri يتم بنفس الطريقة لكن حسابه لا يهمنا لأن الحمض على هذه المسافة Ri يكون قد انتهى كحمض بعد نهاية التفاعل.

تحسب المسافة Ri من تساوي الحجم الكلي المحقون والفراغات في الطبقة :

$$qi .tr = \pi (R1^2 - rc^2) m$$



الشكل (3-4):

المسافة التي يخترقها الحمض في الطبقة

3-9.طرق التحميض :

1.التحميض باستعمال حمض كلور الماء المركز (Hcl) :

إن حمض كلور الماء الذي يستعمل في تحميض الطبقات المنتجة ذو تركيز يتراوح بين(١٥-١٢%)، وبزيادة هذا التركيز إلى حد معين فإن ذلك يزيد من فعالية عملية التحميض، وبالتالي يزيد من إنتاجية الطبقة من خلال النتائج :

1.يؤمن تحقيق قنوات لجريان النفط من خلال إذابته للكربونات بعمق كبير في الآبار ذوات التشبع الكبير بالماء، لأنه يحافظ على تركيز كان عند اختلاطه مع المياه الطبقية.

2.يؤدي إلى الانقاص السريع للنسبة بين السطح النوعي للمسامات وشبكة القنوات وحجم الصخر.

3. نتيجة التركيز الكبير للسائل الحمضي فإن حجم ثاني أوكسيد الكربون الناتج عن تفاعل الحمض مع الصخور الكربونية هو كبير أيضاً، ويؤدي إلى إنقاص ملحوظ للزوجة النفط.

4.حجم CO_2 الحر كبير ويساهم في إعادة سحب السائل الحمضي من الطبقة .

لاستعمال السائل الحمضي المركز سيئة كبيرة وهي تأثيره على المعدات المعدنية داخل البئر وعلى السطح والتي تتطلب استعمال مواد عازلة ذوات فعالية كبيرة .

2.التحميض باستعمال حموض ضعيفة:

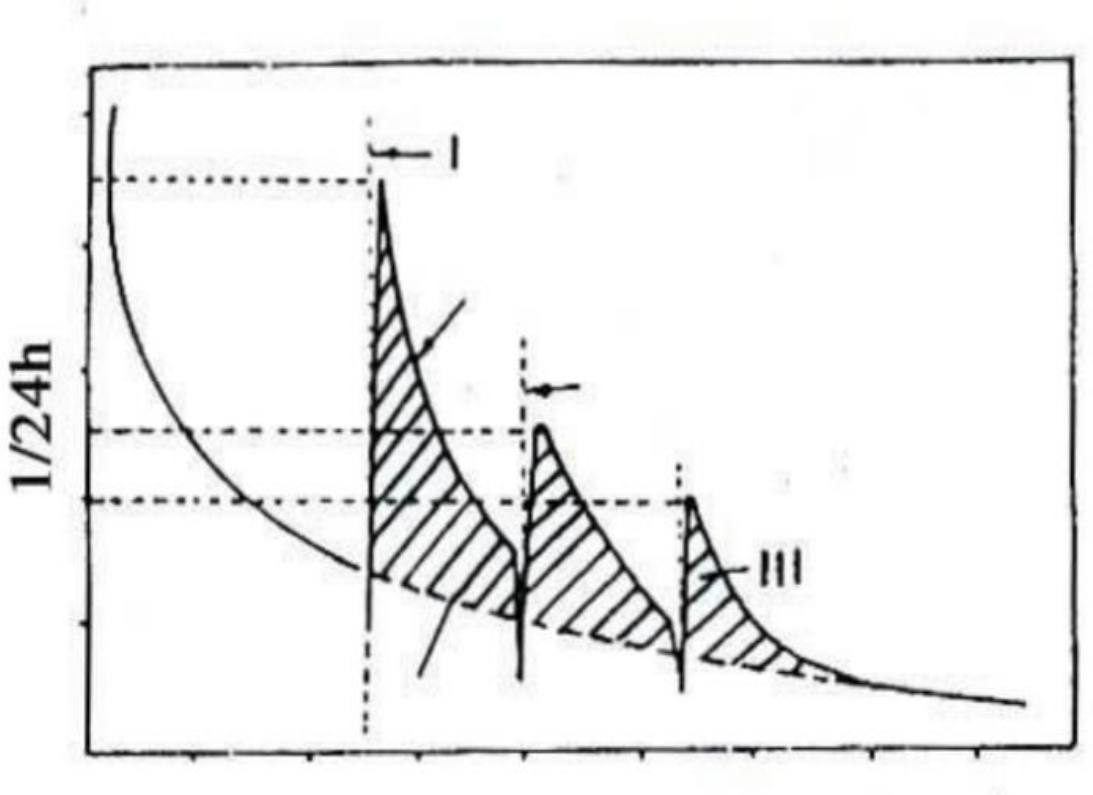
الاتجاه الحديث في التحميض هو باستعمال حموض ضعيفة من نوع حمض الكربون ، وذلك بحقن CO_2 أو حمض الكبريتي من خلال حقن SO_2 .

وكذلك باستعمال غاز كلور الهيدروجين أو مزيج حمضي (Hcl+ HF) واستعمال حموض عضوية أو مزيج من (Hcl + حموض عضوية) واستعمال سوائل حمضية مستحلبة .

3.التحميض المتكرر للطبقات:

بعد عملية تحميض ناجحة للبئر فإن معدل الإنتاج منها يزداد ويستمر الإنتاج من هذا البئر بمعدل أكبر منه قبل التحميض لفترة معينة تختلف من بئر إلى آخر ، حيث يتناقص هذا المعدل من جديد.

عند ذلك تجري عملية تحميض جديدة والتي تؤدي إلى زيادة للمعدل ولكن بدرجة أقل من الأولى ، ويستمر هذا المعدل بدوره لفترة أخرى حتى يتناقص هو الآخر ، وبالتالي يجب إعادة التحميض .



الشكل (3-5):

تحول معدل الانتاج من البئر بعد التحميض المتكرر

4.التحميض بمراحل:

يمكن زيادة فعالية التحميض للطبقات المنتجة فيما إذا حقن السائل الحمضي على مراحل في الطبقة ٤-٢ مراحل.

حجم كل مرحلة يعتمد على سماكة الطبقة ونفوذيتها وضغطها . الزمن بين مرحلة وأخرى يؤخذ مساوياً لزمن استهلاك السائل الحمضي ، حجم السائل الحمضي يزداد في كل مرحلة بحوالي (٤٠-٣٠%) عن المرحلة السابقة ولزيادة فعالية التحميض ينصح بتنظيف الطبقة بعد كل مرحلة.

تطبق هذه الطريقة عند وجود احتمال حدوث ترسبات ثانوية في أثناء عملية التحميض ، بعد انتهاء المرحلة الأولى تضخ الكمية من سائل لزج والذي يغطي الصخر بجوار البئر وتحميه من تأثير حمض المرحلة الثانية الذي يدخل إلى مسافة أكبر من الطبقة .

5.التحميض باستعمال حمض كلور الماء (Hcl) المحضر في الطبقة:

وهي إحدى المحاولات الحديثة في التحميض وتهدف إلى زيادة المسافة التي يخترقها الحامض متفاعلاً مع الصخر .

يتم تحضير حمض كلور الماء في الطبقة بالحقن المنفصل لكل من كلور الأمونيـاك NH4 cl ومحلول الدهيـدفورميكا (CH2-O) بتركيـز (٣٧-٤٠ %) حيث يتفاعلان مع بعضهما

البعض معطين حمض كلور الماء.

حمض كلور الماء الذي ينتج من تفاعل المادتين ذو تركيز قليل حوالي ٥% ، ونتيجة ذلك والتكاليف المرتفعة للمواد الأولية لتحضيره نسبة إلى Hcl الصناعي الذي يستعمل في التحميض فإن هذه الطريقة لم ينتشر استعمالها .

6.عملية التحميض فوق الباكر:

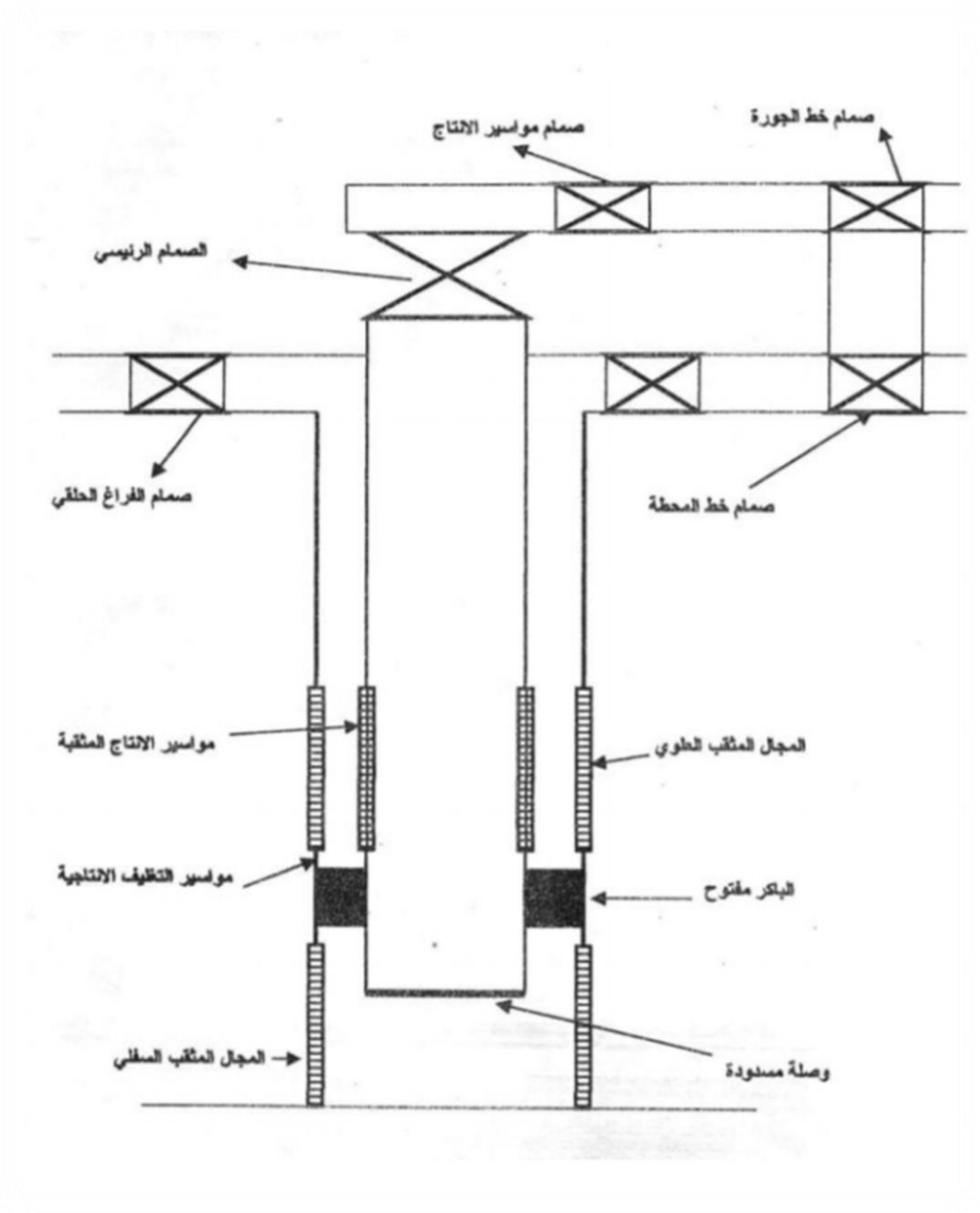
نلجأ إلى هذه الطريقة من التحميض عند وجود مجالين منتجين يختلفان بالخواص الفيزيائية ، كأن تكون نفوذية المجال العلوي أقل من نفوذية المجال السفلي فنقوم عندها بعزل المجال السفلي مؤقتاً أثناء عملية التحميض فقط ، وتنفذ عملية التحميض للمجال العلوي وذلك بإنزال تشكيلة . مواسير الإنتاج كما يلي:

وصلة مسدودة ثم عدد من مواسير الإنتاج بحيث تسمح للباكر بالتوضع بين المجالين ثم باكر تحميض ثم مواسير إنتاج عادية حتى أسفل المجال العلوي ثم مواسير إنتاج عادية حتى السطح وقبل البدء بتنفيذ العملية يتم فتح الباكر وتحقيق العازلية وكأنه قاع البئر أصبح هو حد فتح الباكر.

إن تنفيذ العملية يصبح على الشكل التالي :

إجراء دوران للتأكد من تعبئة البئر حيث سيخرج السائل من ثقوب مواسير الإنتاج إلى الفراغ الحلقي ، ثم نقوم بضخ الخلطة الحمضية وسائل الإزاحة العملية كأنها عملية تحميض عادية.

في حالة التحميض فوق الباكر وأثناء الحقن نراعي ضغط الاختبار وليس مراعاة ضغط تحمل كاوتشوك الباكر.



الشكل (3-6):

التحميض فوق الباكر

7.عملية التحميض تحت الباكر:

عبارة عن نوع من أنواع عمليات التحسين التي تنفذ على الآبار النفطية بكمية محددة من الحمض عن طريق مواسير الإنتاج ، وتحقن في الطبقة بضغط أعلى من ضغط اختبار البئر ، ولا يتجاوز هذا الضغط ضغط تحمل كاوتشوك الباكر

تحضير البئر للعملية:

1.إنزال مواسير الإنتاج مع الباكر جديد ومشدودة الشرار مع بعضها البعض بشكل جيد ، بحيث تنزل تحت الباكر ٤-٥ ماسورة حتى لا يتم إنزال الباكر ضمن المجال المثقب ، ومن أجل غمر المجال المثقب بالحمض بشكل كامل.

2. تحضير الحمض بالحجم والتركيز المطلوب.

3. تأمين سوائل الإزاحة والدوران العكسي.

4.أخذ معلومات كاملة عن البئر .

مراحل التنفيذ :

1. التأكد من عمق إنزال مواسير الإنتاج بحيث تكون نهايتها ضمن المجال المثقب والباكر على بعد ١٥-٢٠ م من قمة المجال المثقب ، ونتأكد من أن الباكر محرر.

2.إجراء دوران مباشر بالماء واختبار الخطوط.

3.ضخ حمض بما يعادل حجم الإزاحة الأولية بالحمض في حال حجم الخلطة الحمضية أكبر من حجم الإزاحة الأولية والباكر محرر.

4. فتح الباكر وتطبيق عملية العزل.

5.التأكد من أن صمام مواسير التغليف مفتوح لمراقبة عملية عزل الباكر.

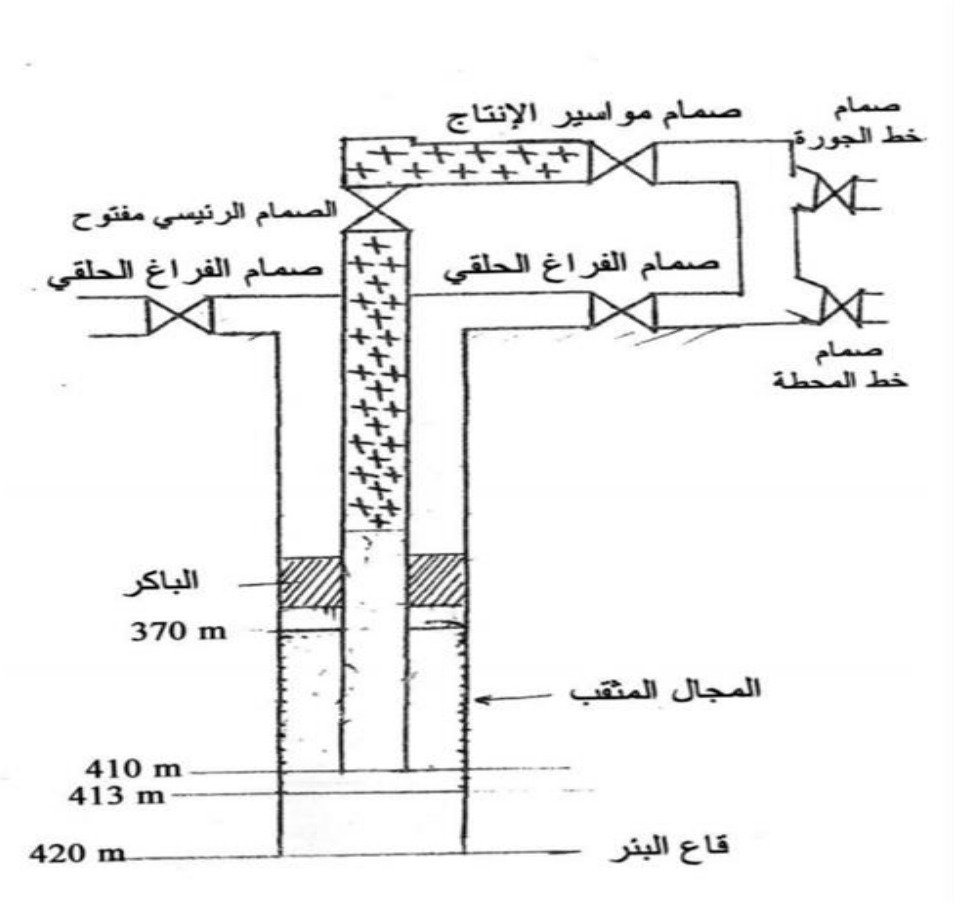
6. متابعة حقن الحمض في الطبقة وبضغط لا يتعدى ضغط تحمل الباكر

7. عمل إزاحة نهائية بالماء.

8. انتظار فترة تفاعل.

9. تنفيس البئر ومعرفة الراجع.

10.تحرير الباكر وإجراء دوران عكسي بالماء لطرح نواتج التحميض.



الشكل (3-7):

التحميض تحت الباكر

8.عملية التحميض الرغوية:

إن عملية التحميض الرغوية هي إحدى الطرق المستخدمة في الآبار المنتجة من الطبقات الكربوناتية المتشققة وذات الضغوط القليلة ، حيث تهدف هذه الطريقة إلى زيادة فعالية معالجة الطبقة بالحمض من خلال:

1.تناقص ذوبان الكربونات في الحمض الرغوي مما يساعد في زيادة عمق تغلغل الحمض في الطبقة ، وبالتالي زيادة نصف قطر تفاعل الحمض مع الطبقة.

2.إن الكثافة القليلة للحمض الرغوي التي تتراوح بين (٠,٤ (to 0.8 g/cm3 واللزوجة العالية بسبب وجود طورين غير متجانسين هما الحمض والهواء) يسمحان بانتشار الحمض على كامل مقطع الطبقة المنتجة ، مما يترك منعكساً إيجابياً للتحسين بهذه الطريقة على الطبقات ذات الضغوط القليلة.

3.إن تنظيف الطبقة من نواتج التحميض عند استخدام هذه الطريقة أفضل من غيرها من الطرق ، بسبب وجود الهواء والمواد المنشطة المضافة للخلطة الحمضية التي تقلل من التوتر السطحي وتحسن بالتالي حركة نواتج التفاعل باتجاه القاع.

المعدات المستخدمة في عمليات التحميض الرغوية:

تتم العملية باستخدام صهريج لنقل الخلطة الحمضية وضاغط هوائي أو أكثر حسب حجم الهواء المطلوب ضخه وخلاط (جهاز التحميض الرغوي) يتوضع على السطح ، ويربط مع شجرة الميلاد بأنابيب مع آلية الضخ ، ويوصل مع الضاغط بخرطوم الضاغط ، ويتألف الخلاط من أنبوبين متحدين مركزياً ، الداخلي مغلق بقطر ٢ً والخارجي بقطر ثلاثة ونصف انش يوصل الداخلي مع الضاغط عبر صمام عدم رجوع يسمح للهواء بالدخول إلى الخلاط ولا يسمح له بالعودة إلى الضاغط فيدخل الهواء إلى الأنبوب الداخلي ويخرج بضغط أكبر إلى الفراغ الحلقي بين الأنبوبين ويتلامس مع الحمض المضاف إليه بشكل الرغوة فيحول هذا السائل الحمضي إلى سائل رغوي يتجه إلى البئر عبر مواسير الإنتاج ويوجد على خط طرد آلية الضخ موصولاً مع الجهاز صمام عدم الرجوع أيضاً ليمنع الهواء من العودة إلى مضخة الحمض العائدة لآلية الضخ ويقلل من فعاليتها .

مراحل تنفيذ العملية :

1.إجراء دوران بالماء والتأكد من حصول الدوران ، وفي حال عدم إمكانية حصول الدوران بسبب انخفاض الضغط الطبقي نقوم بضخ ماء على شكل رغوة بإضافة مشكل الرغوة للماء حتى حصول الدوران على أن تكون غزارة السائل أقل ما يمكن ، وبأكبر غزارة ممكنة للهواء .

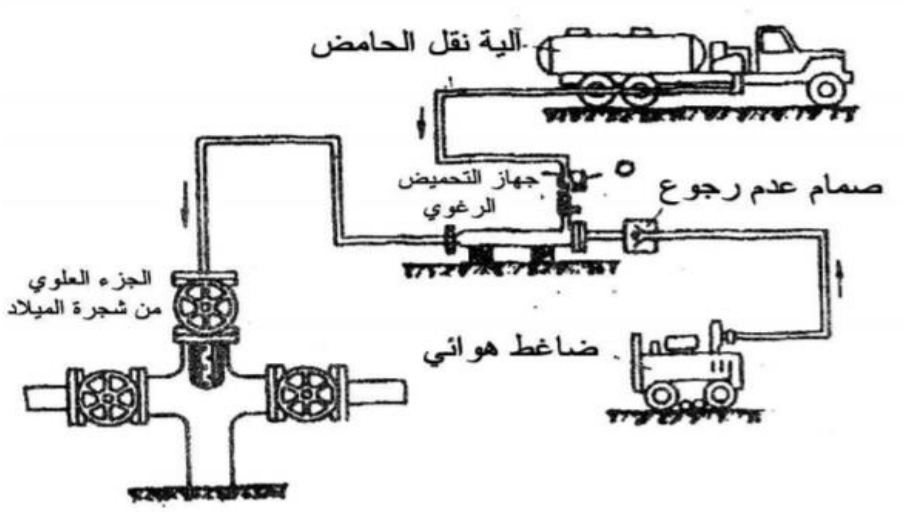
2.اغلاق صمام مواسير التغليف والبدء بحقن الحمض على شكل رغوي.

3.حقن سائل الإزاحة النهائية من الماء بشكل عادي وليس رغوي والذي يساوي حجمه الداخلي لمواسير الإنتاج + حجم الفراغ الحلقي مقابل المجال المثقب دون أي توقف أثناء الحقن للخلطات الرغوية أو سائل الإزاحة لئلا تتحطم الرغوة ويفصل الحمض عن الهواء داخل البئر .

4.انتظار فترة تفاعل ٢ ساعة للسماح للرغوة بالتحطم وانفصال الحمض عن الهواء داخل الطبقة.

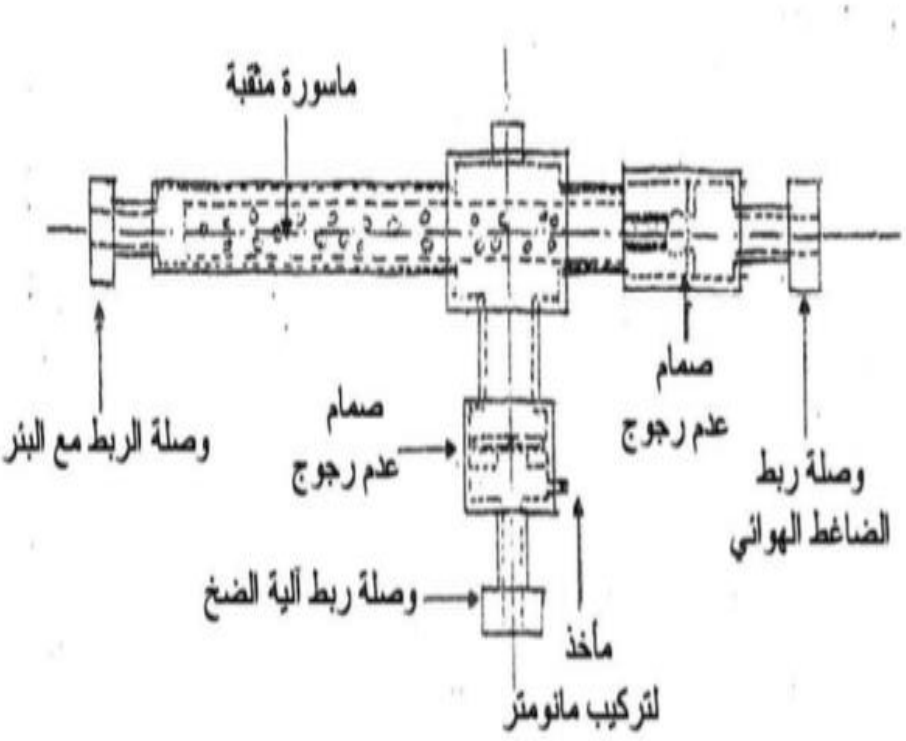
5.إجراء دوران عكسي بماء رغوي وتنظيف البئر من نواتج التفاعل وحجم الماء حوالي ضعف الحجم الداخلي لمواسير الإنتاج.

6.تنفيس البئر من الهواء والمباشرة بإنزال معدات الإنتاج ويفضل سكب الماء في البئر لئلا يندفع أثناء رفع مواسير الإنتاج أو إنزال معدات الإنتاج الجوفية .



الشكل (3-8):

معدات التحميض الرغوي



الشكل (3-9):

جهاز التحميض الرغوي

3-10.استعادة السائل الحمضي من البئر :

عند استرجاع السائل الحمضي من الطبقة يجب مراعاة الأمور التالية :

1. قوة الحمض المسترجع يجب ان تكون أقل من pH=1.8 وكلما قلت قوة حمض كلور الماء على سبيل المثال هذا الأمر سوف يقلل بشكل كبير من التآكل المعدات المعدنية الموجودة في البئر أو على السطح ويمنع من ترسب الحديد قبل أن يصل الحمض إلى الفواصل .

2. أخذ عينة من الحمض المستهلك وتحليلها مخبريا لتحديد محتوى الحمض من شوارد الحديد من أجل اختيار مانع ترسب حديد بكمية مناسبة .

3. تحليل الرواسب التي تخرج مع الحمض عند استعادته من الطبقة .

4. الانتباه إلى وجود المستحلبات واستخدام كواسر استحلاب مناسبة .

5. الزمن اللازم لاستعادة السائل الحمضي من الطبقة ومتى تنتهي عملية التحميض .

6. نوعية الموائع التي يمكن أن تتدفق من الطبقة الصخرية بعد سحب الحمض من الطبقة .

7. إمكانية تشكل الرواسب والطرق المستخدمة في معالجتها .

8. كمية الحمض التي يمكن أن تبقى في الطبقة بعد انتهاء عملية المعالجة الحمضية .

9. حدوث التآكل في التجهيزات الجوفية والتجهيزات السطحية .

10. التركيب المينرالوجي للطبقات الصخرية التي يمكن معالجتها مستقبلا بالسائل الحمضي.

11. ضرورة تنظيف قاع البئر من الحبيبات الصلبة والرمال .

3-11.أسباب فشل عمليات التحميض :

1. استخدام الحموض العضوية مثل حمض الخلCH3COOH أو حمض النمل -HcooH بتراكيز عالية تفوق عشرة بالمية الأمر الذي يؤدي إلى تشكل رواسب خلات الأمونيوم ونملات الأمونيوم وهي رواسب صعبة الانحلال بالمياه .

2.الحموض الكبريتية (الحموض التي تحتوي على تركيز عال من شوارد الكبريتات) عندما تتفاعل مع صخور الطبقة يمكن أن تؤدي إلى تشكل رواسب كبريتية مع الكالسيوم أو الباريوم.

3. حمض النتريك يمكن أن يشكل مع النفط أو الغاز الموجود في الطبقة يمكن أن يشكل مزيجا متفجرا وكما أن استخدام موانع تشكل الرواسب قد لايفي بالغرض الطلوب نظرا لامتزازها على سطح الصخر .

4.قبل ضخ الحمض في البئر يجب تنظيف مواسير الحقن من الداخل وتنظيف الفراغ الحلقي بواسطة كواشط مناسبة بعد عملية الحفر بحيث أن تلامس الحمض المستخدم مع الرواسب التي يمكن أن تتشكل في داخل مواسير الحقن يمكن أن يؤدي إلى تشكل توضعات صعبة الإزالة وبالتالي فإن الحمض المضخوخ سوف يحمل معه بعض المواد العالقة التي تعمل على إغلاق الفراغات المسامية في الطبقة وانعدام الإنتاج منها .

5. يمكن أن يلعب الحمض المستخدم في المعالجة الحمضية دورا في التخلص من كربونات الكالسيوم البنية الصخرية وفي حل القطع الإسمنتية المتوضعة بعد عملية إنهاء البئر لكن الحمض قد يكون عاجزا عن التخلص من البارافينات والإسفلتينات المتوضعة في قاع البئر الأمر الذي يعقد من عملية التحميض .

6. يمكن أن يحسن تحميض البنية الصخرية من النفوذية لبضعة إنشات في الطبقة المنتجة لكن في حالة الخزانات الكربوناتية غير المشققة قد تصبح عملية اختراق الحمض في الطبقة لمسافات أبعد معقدة أكثر .

7. في بعض الحالات ، يمكن أن يؤدي تفاعل الحمض المستخدم إلى تشكيل قطع صلبة من الحبيبات السيليكاتية التي تنتفخ وتغلق المسامات بشكل تدريجي .

8. يجب أن يتم حقن الحمض على عدة مراحل في البئر لأن الحقن على مرحلة واحدة قد يزيد من تركيز الحمض وبالتالي يحدث ضررا في الطبقة .

9. إن استخدام تركيز عال من حمض كلور الماء يسبب ضرر في المعدات الجوفية وبالتالي صعوبة وتعقيد في عملية المعالجة الحمضية .

10. عدم استخدام مضافات كيميائية للسائل الحمضي أو استخدامها في أغراض غير مناسبة للمعالجة وعادة يجري استخدام مضافين أو ثلاثة مضافات كيميائية للسائل الحمضي على الأقل، يجب أن تكون هذه الاضافات متوافقة مع بعضها .

الفصل الرابع:

تقارير حقلية عملية عن عمليات التحميض

Chapter 4:

Field reports about acidizing stimulation

4-1المعالجات الحمضية في الحقول السورية :

Acidizing stimulation in Syrian Oilfields

تقع الحقول النفطية في أقصى الشمال الشرقي للجمهورية العربية السورية وتتبع هذه الحقول لمديريتي الحسكة الواقعة في منطقة الرميلان وحقول الجبسة وسندرس بعض عمليات التحميض على بعض حقول السويدية وحقول زاربة التابعة لمديرية حقول الحسكة .

4-1-1.البئر رقم (462) في حقول السويدية :

.معلومات حول البئر :

1.الطبقة المنتجة :Massive تتكون بشكل تقريبي من:
80% Limestone
15% dolomite
5 % Clays
2.درجة حرارة المكمن :
178 فهرنهايت
3.مسامية المكمن الوسطية:
15-20%
4.نفوذية المكمن الوسطية :
30-50 md
5.القاع الحالي للبئر :
1868m
6.قطر مواسير الإنتاج:
3.5 inch
7.طول مواسير الإنتاج :
1824m
8.قطر مواسير التغليف:
7inch
9.طول مواسير التغليف :
1888m
10.المجال المثقب:
1828-1798m
11.ضغط الاختبار:
120 atm

.خطوات عملية التحميض Acidizing Operation Steps:

1.غسيل البئر بالماء بكمية مقدارها 27 متر مكعب وحصل الدوران بعد ضخ 4 متر مكعب من الماء .

الهدف من هذه العملية هو التحقق من حدوث الدوران العكسي للماء وبالتالي عدم وجود أي تهريب في مواسير الإنتاج والتحقق من الإتصال الهيدروليكي بين مواسير الإنتاج والفراغ الحلقي بالإضافة إلى التأكد من سلامة مواسير التغليف .

2.إجراء حمام حمضي مقدره 3 متر مكعب من الخلطة الحمضية:

15%wt.HCL+3%wt.HF

بضغط يعادل 90atmوبأكبر تدفق ممكن 500 Liter/minثم الانتظار مدة نصف ساعة .

الهدف من العملية : تنظيف المنطقة القريبة من قاع البئر عند المجال المثقب إضافة إلى اختبار مدى تقبل الطبقة لعملية التحميض .

3.غسيل البئر بكمية من الماء تعادل 15 متر مكعب .

الهدف من العملية هو تنظيف البئر من نواتج عملية التحميض .

4.عملية التحميض الأساسية :

تحقن الخليطة الحمضية السابقة بمقدار 15 متر مكعب وبضغط 90atm

وبغزارة 500 ليتر في الدقيقة.

ثم الانتظار مدة زمنية مقدارها ساعة .

الهدف من العملية هو إنشاء ممرات جريان ناقلة من الطبقة المنتجة حتى حفرة البئر .

5.كسح بعملية دوران عكسي بالماء بكمية مقدارها 27 متر مكعب .

الهدف من عملية الكسح هو تنظيف البئر من نواتج التفاعل والتخلص من آثار الحمض المتبقية .

الجدول (4-1) حالة بئر (462) قبل وبعد عملية التحميض

حالة البئر قبل عملية التحميض			حالة البئر بعد عملية التحميض		
التاريخ MONTH/YEAR	الانتاجية m^3/day	المستوى الديناميكي للسائل M	التاريخ MONTH/YEAR	الانتاجية m^3/day	المستوى الديناميكي للسائل M
4/2004	13	1140	5/2004	42	800

4-1-2.البئر رقم (655) في حقول السويدية :

<u>.معلومات حول البئر :</u>

1.الطبقة المنتجة :Massive تتكون بشكل تقريبي من:
80% Limestone
15% dolomite
5 % Clays
2.درجة حرارة المكمن :
178 فهرنهايت
3.مسامية المكمن الوسطية:
15%
4.نفوذية المكمن الوسطية :
30-50 md
5.القاع الحالي للبئر :
1838m
6.قطر مواسير الإنتاج:
3.5 inch
7.طول مواسير الإنتاج :
1830m
8.قطر مواسير التغليف:
7inch

9.طول مواسير التغليف :
1853m
10.المجال المثقب:
1815-1833m
11.ضغط الاختبار:
110 atm

خطوات عملية التحميض Acidizing Operation Steps:

1.غسيل البئر بالماء بكمية مقدارها 50 متر مكعب وحصل الدوران بعد ضخ 10 متر مكعب من الماء.

2.حمام حمضي مقداره 2 متر مكعب من حمض هيدروكلوريك.

ثم الانتظار مدة نصف ساعةوقد تم ضخه بضغط 40 atm.

3.غسيل البئر بالماء بكمية مقدارها 12 متر مكعب وحصل الدوران بعد ضخ 1.5 متر مكعب منالماء.

4.حقن كمية من المازوت مقدارها 5 متر مكعب ويضاف إليها 50 ليتر

من مانع استحلاب نفطي كي لا يتشكل مستحلب داخل الطبقة و قد تم ضخ المازوت بضغط 60-70 atm .

الهدف من العملية :تنظيف مسامات الطبقة من الرائنات البارافينية والإسفلتينية الناتجة عن طبيعة النفط اللزجة عن طريق إذابتها بالمازوت .

5.غسيل البئر بكمية 7 متر مكعب من سائل رغوي محضر بتدفق15 متر مكعب

من الهواء وحصل الدوران بعد ضخ 2 متر مكعب من السائل الرغوي.

الهدف من العملية : تنظيف وكسح البئر من نواتج المرحلة السابقة بأسرع ما يمكن عن طريق تخفيض الوزن النوعي باستخدام السائل الرغوي .

6.حقن 2 متر مكعب من موجه رغوي بعد إضافة 2 ليتر من مشكل رغوة لكل 1 مكعب منالماء وبنفس التدفقات المذكورة في البند الخامس وتم الحقن بضغط

70atm.

الهدف من العملية : تحقيق توجيه الحمض نحو المناطق ذات النفوذية المنخفضة .

7.عملية التحميض الأساسية :

تحميض بحمض هيدروكلوريك رغوي15%وبحجم 20 متر مكعب وبغزارة 5 ليترفي الثانية

مع 5 متر مكعب في الدقيقة من الهواء مع اضافة 2 ليتر من مشكل رغوة لكل 1 متر مكعب من الحمض كما تمت اضافة مانع تآكل حمضي بمقدار 0.1%volومانع استحلاب حمضي بمقدارvol 0.5% وحمض خل بمقدار wt 0.3% كمثبط ويتم ضخ الحمض الرغوي بضغط

60-70atm ثم الانتظار مدة ساعتين .

8. .كسح بعملية دوران عكسي بالماء بكمية38 متر مكعب.

الجدول (4-2) حالة بئر (655) قبل وبعد عملية التحميض

حالة البئر قبل عملية التحميض			حالة البئر بعد عملية التحميض		
التاريخ MONTH/YEAR	الانتاجية m^3/day	المستوى الديناميكي للسائل M	التاريخ MONTH/YEAR	الانتاجية m^3/day	المستوى الديناميكي للسائل M
4/2004	23	460	5/2004	40	290

<u>أسباب التباين في معدل الانتاج بين بئري 462 و 655 بعد انتهاء عملية الانعاش بالحمض:</u>

1. في البئر رقم 462 تمت استعادة الحمض المستهلك في الطبقة إلى السطح بشكل أسرع من بئر 655وبالتالي حافظت الشقوق والفراغات المسامية في الطبقة على اتساعيتها نتيجة عملية التحميض أما في البئر 655 فإن سحب مادة التحميض من الطبقة استغرق زمنا أطول الأمر الذي أدى إلى تشكل مواد راسبة ناتجة عن تفاعل الحمض مع الصخر نتيجة تلامس الحمض مع الصخر لفترة طويلة هذه الرواسب دخلت ضمن الشقوق والفراغات في الطبقة واغلقتها تدريجيا وهذا ما يفسر زيادة كمية النفط المنتجة من أحد البئرين بشكل أكبر من الآخر بعد انتهاء عملية التحميض .

2. عملية تنظيف قاع البئر وجدرانه التي جرت في البئر 462 كانت مجدية أكثر من تلك التي جرت في البئر655 وخلصت البئر الأول من كمية كبيرة من الإسفلتينات والبارافينات والمواد

الراسبة المتشكلة في البئر أثناء عملية الإنتاج وبعد حقن الحمض في الطبقة عبر مواسير الإنتاج فإن هذه المواد المتراكمة في البئر 655 دخلت مرة جديدة إلى الشقوق الموجودة في الطبقة لتعيق عملية التوسيع التي يقوم بها الحمض في الطبقة وبالتالي كان معدل الإنتاج من البئر رقم 655 أقل بعد عملية التحميض .

3. قد يفسر أيضا معدل الإنتاج الكبير بعد انتهاء عملية التحميض ببعد البئر عن مركز المكمن ومنطقة العطاء الصافي .

4. في البئر رقم 655 فإن رواسب عملية التحميض أدت إلى إغلاق المسامات ذات الأبعاد الصغيرة لكن المسامات ذات الأبعاد الكبيرة لا تغلق وإنما الرواسب يمكن أن تقلل من النفوذية .

5. في البئر رقم 655 أنتجت كمية أكبر من النفط قبل البدء بعملية التحميض أي تم استنزاف هذه البئر بشكل كبير لذلك فإن هذه البئر قد أعطت إنتاجا مقبولا بعد عملية التحميض لكنه ليس أكبر من إنتاج البئر 462 بعد عملية التحميض .

6. إضافة موانع التآكل في المزيج الحمضي في البئر 655أحدثت مشكلة بحيث أن مانع التآكل لا يناسب صخور الطبقة والمواد التي تحتويها المسامات وبالتالي يمكن أن يعيق هذا الأمر الدور الذي يلعبه الحمض في الطبقة .

4-1-3.البئر رقم (116) في حقل زاربة :

<u>.معلومات حول البئر :</u>

1.الطبقة المنتجة :SHIRANISHتتكون بشكل تقريبي من:
90% wt Limestone
10%wt Clays
2.درجة حرارة المكمن :
133 فهرنـهايت
3.مسامية المكمن الوسطية:
20%
4.نفوذية المكمن الوسطية:
40-60 md
5.القاع الحالي للبئر :
M1413
6.قطر مواسير الإنتاج:
3.5 inch
7.طول مواسير الإنتاج :
1768 M

8.قطر مواسير التغليف:
7inch
9.طول مواسير التغليف :
1427m
10.المجال المثقب:
1375-1392m
11.ضغط الاختبار:
120 atm

.خطوات عملية التحميض Acidizing Operation Steps:

1.غسيل البئر بالماء بكمية مقدارها 30متر مكعب ويضاف للماء مانع استحلاب نفطي بكمية 60 ليتر وحصل الدوران بعد ضخ 15 متر مكعب من الماء.

2.ضخ كمية من النفط الخفيف مقدارها 6.5متر مكعب ثم حقن 3.5متر مكعب نفط خفيف ثميليه حقن 15 متر مكعب من المذيب المكون من 5 متر مكعب من المازوت و 10 متر مكعب من النفط الخفيف وذلك بضغط 80atm ثم الانتظار 20-15 ساعة.

الهدف من العملية : تنظيف مسامات الطبقة من الرواسب البارافينية والإسفلتينية الناتجة عن طبيعة النفط اللزجة جدا والتخلص منها عن طريق إذابتها بالمذيب.

3.غسيل البئر بالماء بكمية مقدارها 15 متر مكعب وحصل الدوران بعد ضخ 5 متر مكعب من الماء.

4. عملية التحميض الأساسية :

تحميض بحمض هيدروكلوريكwt.HCL 15%مقداره 15 مترمكعبويتم حقنه بضغط 20-50atmكما تمت إضافة مانع تآكل حمضي بمقدار0.1%volومانع استحلاب حمضي بمقدار0.5%volثم الانتظار مدة زمنية مقدارها ساعة.

5.كسح بعملية دوران عكسي بالماء بكمية 27 متر مكعب .

الجدول (4-3) حالة بئر زاربة (116) قبل وبعد عملية التحميض

حالة البئر قبل عملية التحميض			حالة البئر بعد عملية التحميض		
التاريخ MONTH/YEAR	الانتاجية m^3/day	المستوى الديناميكي للسائل M	التاريخ MONTH/YEAR	الانتاجية m^3/day	المستوى الديناميكي للسائل M
3/2004	10	1280	4/2004	24	1000

4-1-4.نتائج عملية التحميض العادية لشهر شباط للعام 2012 في حقل السويدية :

تم اختيار عدد من الآبار لدراسة نتائج عمليات التحميض المختلفة عليها والجدول (4-4) يبين نتائج عمليات التحسين التي أجريت على هذه الآبار :

حيث تمت دراسة الآبار التالية وتنفيذ عمليات التحميض عليها كما يلي :

- 667 س ، تحميض عادي - 50 س ف ، تحميض عادي
- 204 س ف تحميض عادي - 72س ف ، تحميض عادي
- 27 س ف تحميض عادي .

رقم البئر	الطبقة	المؤشرات الإنتاجية				نوع العملية
		قبل التحميض		بعد التحميض		
		سائل M^3/DAY	الإماهة	سائل M^3/DAY	الإماهة	
٦٦٧س	ماسيف	٥٥	٢٠	٥٥	١٧	تحميض
٢٠٤س ف	ماسيف	٤٠	٨	٤٠	٨	تحميض
٢٧س ف	ماسيف	٤٥	٥	٤٥	٥	تحميض
٥٠س ف	ماسيف	٤٨	٢٢	٥٠	٢٠	تحميض

٧٢س ف	ماسيف	٥٥	١٥	٥٥	١٥	تحميض

جدول (4-4) نتائج عمليات التحميض على الآبار

ولتقيم نجاح عمليات التحسين قمنا بحساب المعامل F وذلك بالأخذ بعين الاعتبار قيم الإنتاجية قبل وبعد عمليات التحسين والجدول (4-5) يبين النتائج مع قيم المعامل F :

البئر	العملية	الإنتاجية قبل التحسين Q_1M^3/DAY	الإنتاجية بعد التحسين Q_2M^3/DAY	العامل $F=Q_2/Q_2$
٦٦٧س	تحميض عادي	٥٥	٥٥	١
٢٠٤ س ف	تحميض عادي	٤٠	٤٠	١
٢٧س ف	تحميض عادي	٤٥	٤٥	١
٥٠س ف	تحميض عادي	٤٨	٥٠	١,٠٤
٧٢س ف	تحميض عادي	٥٥	٥٥	١

نلاحظ أنه في عمليات التحميض التي أجريت على الآبار السابقة الذكر كانت أغلب النتائج تدل على عدم زيادة الإنتاجية بشكل فعلي بعد عملية التحميض ، وهذا يعتبر من الناحية الاقتصادية فشل للعملية ولم تؤدي الغرض التي أجريت من أجله . وبغض النظر عن سبب الفشل والمرجح أنه ناتج عن عدم معالجة السائل الحمضي بالإضافات المناسبة والكافية لابد من استخدام الإضافات الكيميائية لعمليات التحميض من أجل تلافي وإزالة الآثار السلبية لعملية التحميض والحصول على نتائج حقلية مرضية بعد إجراؤها على آبارنا النفطية والغازية .

٤-٤- نتائج عمليات التحميض باستخدام المزائج الحمضية في حقل السويدية :

تم استخدام مزيج من (حمض كلور الماء – حمض فلور الماء) لتحميض بعض الآبار في حقل السويدية ومن هذه الآبار :

البئر 420 سويدية يقع هذا البئر في السويدية وذات مواصفات هي :

- قاع البئر 1840 M .

- مواسير التغليف بقطر 7in .

- المجالات المثقبة M (1835-1840) + (1816-1823) + (1797 -1807) .

- طول مواسير التغليف 1866 M .

- طول مواسير الإنتاج 1820M وقطرها IN 1/5 3.

خطوات العمل :

١- رفع التشكيلة الميكانيكية للبئر وتبديل قاعدة الشجرة بشجرة ذاتية .

٢- إنزال مواسير الإنتاج وفي بدايتها كالة مشطوفة بطول 1820M .

٣- إجراء دوران وتنظيف البئر .

٤- إجراء حمام حمضي ب 440 gal ماء إغلاق صمام مواسير التغليف وحقن الحمض في الطبقة بضغط 1764 psi .

والانتظار حتى يتم التفاعل لمدة ساعة واحدة وهبوط الضغط إلى 294 psi .

٥- إجراء دوران عكسي ب 33oo gal من الماء وطرح نواتج التفاعل خارجا .

٦- رفع المواسير كاملة وإنزال برنامج مضخة كالسابق .

وتتم مراقبة إنتاجية البئر قبل عملية التحميض وبعد عملية التحميض ونقارن النتائج :

إنتاجية البئر قبل العملية (وسطي)			إنتاجية البئر بعد العملية (وسطي)		
سائل gal	ماء %	نفط gal	سائل gal	ماء %	نفط gal
4840	25	3740	6820	25	5060

البئر 462 يقع في السويدية ذو المواصفات التالية :

- قاع البئر M 1868 .

- قطر وطول مواسير التغليف الإنتاجية 7in, M 1888 .

- المجال المثقب (1798- 1828) .

- طول مواسير الإنتاج M 1824وقطرها 1/5 3 .

تم إجراء حمام حمضي ب gal 660 من مزيج (HCL بتركيز 15% - HF بتركيز 3%) وتم حقن هذا المزيج في الطبقة بضغط psi 1323 .

وكانت النتائج كما يلي :

إنتاجية البئر قبل العملية			إنتاجية البئر بعد العملية		
سائل gal	ماء %	نفط gal	سائل gal	ماء %	نفط gal
4180	40	2420	7700	45	4180

نلاحظ أن نتائج عملية التحميض باستخدام المزائج الحمضية كانت إيجابية على عكس عملية التحميض العادية .

التوصيات والمقترحات

Recommendations And. Suggestions

من خلال ما تم استعراضه نظرياً وعملياً ، يمكن أن نتوجه بمجموعة من الأمور التي قد تساهم في رفع كفاءة عمليات التحميض في زيادة انتاجية الآبار النفطية :

1. يجب استخدام الخبرة الحقلية عند تصميم معالجات تنشيط وإنعاش الآبار بمختلف أنواعها ولا يمكن اعتبار أي معالجة تنشيط صحيحة ولكن يفترض ذلك فقط لأنه قد تم نجاحها مسبقا في بئر آخر .

2. الاستفادة من نصائح الشركة المسؤولة عن الحقل عند تصميم معالجات تنشيط الآبار و من تصاميم المعالجات لشركات خدمات الحقول النفطية عند تنفيذ الحسابات الخاصة بالبئر .

3. استخدام المواد المقللة للتوتر السطحي والمبللة زيتيا عند تنفيذ عمليات التنشيط باستخدام الأحماض المستحلبة .

4. إجراء اختبارات توافقية كيميائية بين المضافات الحمضية وموائع المكمن وتحديد الجرعة المناسبة لكل بئر .

5. الاهتمام باستخدام المواد المقللة للتوتر السطحي والمبللة مائيا لما لها من فوائد في تبليل صخر الطبقة مائيا وذلك لمنع ترين الإسفلتينات والبارافينات على سطح الصخر وبالتالي سد المسامات .

6. استبدال الهواء بغاز النتروجين في الرغوة المستخدمة في عملية التحميض لكونه غاز خامل.

7.يجب مراعاة أن تكون المواد المقللة للتوتر السطحي المستخدمة في عمليات التحميض عاملا مبللا مائيا ويفضل إجراء مرحلة غسل بمادة فعالة سطحيا ومبللة مائيا بعد حقن المذيبات وقبل ضخ الرغوة وذلك لتمديد فترة تخرب الرغوة وبالتالي تحقيق التوجيه المطلوب للحمض نحو المناطق منخفضة النفوذية .

8. الاعتماد على نتائج دراسةالعينات الأسطوانيةالصخريةالمأخوذة من الطبقات المراد معالجتها بالحموض قبل البدء بالمعالجة لمعرفة قابلية توافق الحمض المستخدم مع صخور الطبقة .

9.استخدم موانع التآكل عند المعالجة الحمضية لضمان حماية المعدات السطحية والجوفية الموجودة في البئر من الأثر التآكلي للحمض وبالتالي المحافظة على المعدات دون الحاجة إلى استبدالها وبذل المال والجهد وبالتالي تصبح العملية غير اقتصادية .

10. استخدام المضافات التي تمنع انتفاخ الغضار (مثبتات الغضار) ، بسبب وجوده وبنسب مختلفة في معظم الطبقات المنتجة ، سيما وأن الاحصائيات في أدبيات عملية التحميض ، قد بينت ، أن فشل عمليات التحميض في أغلب الأحيان يكوننتيجة انتفاخ الحبيبات الغضارية في الطبقة بحيث تغلق المسامات بشكل جزئي أوكلي بسبب عدم إضافة مثبتات الغضار أو استخدامها بتراكيز لا تناسب الطبقة .

المصادر والمراجع

Resources and References

(المقالات المأخوذة من المواقع الالكترونية باللغة العربية)

1. الأساليب المتبعة في تطوير الحقول النفطية:

https://sites.google.com/site/sypeteng/research/30

2.التقانات الحديثة في عمليات التحميض الكاتب:م.رشيد الخولي - ٢٠٠٩/٧/١٤

https://sites.google.com/site/sypeteng/research/36

3. تحسين إنتاج الآبار النفطية:

https://sites.google.com/site/sypeteng/research/16

4. تكنولوجيا معالجة الآبار النفطية بالحموض :

https://sites.google.com/site/peetroly/all/14

5.موقع مجلة (نقطة) العلمي (رشيد الخولي):

http://nok6a.net/author/rashed

(المقالات والكتب العلمية من المواقع الالكترونية الأجنبية)

1.Acid additives:

http://petrowiki.org/Acid_additives

2.Causes of acidizing failure:

http://gekengineering.com/Downloads/Free_Downloads/Acidizing.pdf

3.Production Enhancement with Acid Stimulation:

https://books.google.com/books/about/Production_Enhancement_with_Acid_Stimula.html?id=UUprmeNJ9LwC

4.Well stimulation:

https://en.wikipedia.org/wiki/Well_stimulation