دراسة الحمولات التي تتعرض لها مواسير الحفر عند حصول استعصاء

إشراف د.مسرور سليمان: مدرس في كلية الهندسة الكيميائية والبترولية.

إعداد م.رامي الجندلي طالب دراسات عليا في كلية الهندسة الكيميائية والبترولية.

ملخص البحث

تعتبر الحمولات المؤشر الرئيسي والثابت لحدوث المشاكل خلال عمليات الحفر (الاستعصاء –اندفاع–تهريب) وبخاصة الاستعصاء.في هذا البحث درسنا تأثير استعصاء مجموعة مواسير الحفر على حمولة الخطاف حيث قمنا بدراسة علاقة الحمولة مع نوع سائل الحفر المستخدم وارتفاع الغضار حول الماسورة(مساحة الاتصال بين الماسورة و الغضار) وتأثير الحمام الحمضي على الحمولة وتم رسم منحنيات لكل الدراسات التي قمنا بها.

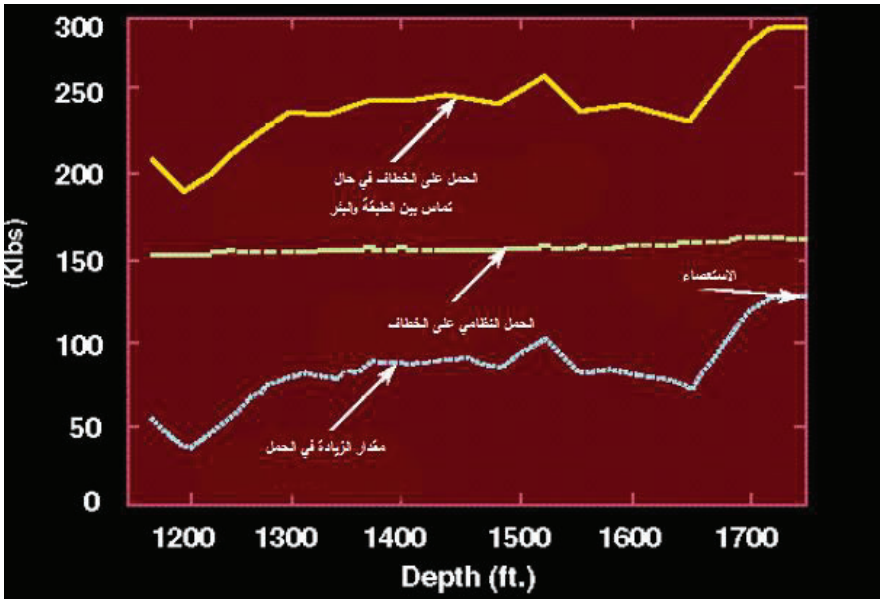
Abstract

Hook loads are considered to be the main indicator for most problems during drilling operations such as Drill string stuck, Kicks “Blowout” and mud loss especially the stuck BHA. However, this study illustrates how the effect of Stuck BHA reflects on the Hook load indicator.

In this research we studied the relationship between hook load and Mud weight in the hole along with thickness of Shale intervals (The contact area between the BHA and the Shale); also we studied how Acid treatment reflects on hook load change and all data derived from this study have been presented graphically.

مقدمة

تأتي الحمولات أثناء الحفر من وزن مجموعة مواسير الحفر التي يتم الحفر بها . وهذه الحمولات تقسم إلى قسمين قسم يحمل على رأس الحفر لاستمرار حفر البئر وقسم آخر يبقى معلقا على الخطاف،فعند التوقف عن الحفر ورفع المواسير يجب أن تكون قراءة مؤشر الوزن على الخطاف مساويا لوزن مجموعة مواسير الحفر حتى تلك المرحلة التي يتم الحفر بها، وأي شواذ في الوزن (زيادة أو نقصان) أثناء الرفع أو التنزيل يدل على حدوث مشكلة ما(تعليق–استعصاء–ارتكاز) يجب أن تعالج بسرعة.



الشكل (1) يبين الحمل الزائد على الخطاف عند الرفع في حالة الاستعصاء.

1-1- هدف البحث:

يمكن تلخيص هدف البحث بالآتي:

1- دراسة الحمولات(وزن المواسير+التعليق) التي تحدث خلال الحفر والتي تستهلك جزءاً كبيراً من استطاعة الحفارة وهذه الحمولات يجب أن لا تتجاوز قوة السحب للشرارات أو للمواسير العاملة أو استطاعة جهاز الحفر العامل .

2-دراسة علاقة الحمولة بفرق الضغط(طبقة-سائل حفر) وسطح التماس بين الغضار والمواسير المعرضة للاستعصاء و بنوع سائل الحفر المستخدم(نفطي-عادي).

1-2- سلبيات الحمولات الزائدة:

تتمثل سلبيات الحمولات الزائدة على الخطاف أثناء الحفر بالآتي:

1- استهلاك استطاعة زائدة من جهاز الحفر و زيادة تكلفة الحفر .

2- تتعرض المواسير لتمدد وتآكل وتقل مقاومتها الداخلية للإجهاد.

3- حدوث انقطاع لتشكيلة الحفر وسقوطها في البئر وحدوث استعصاء لها وما ينجم عن ذلك من تكلفة و ضياع الوقت ومضاعفات لحل المشكلة حيث نحتاج إلى السحب بقوة أكبر من قدرة المواسير على التحمل حيث تصنف المواسير إلى أصناف حسب قدرتها على تحمل جهد الشد كما في الجدول التالي :

نوع المواسير	(قوة الشد) Ton
E	70.3
X-95	89.1
G-105	98.5
S-135	126.6

الجدول(1) يبين أصناف المواسير وقوة الشد الذي يتحملها كل صنف.

1-3- أهمية دراسة الحمولات على الخطاف أثناء حفر الآبار النفطية:

تقع دراسة الحمولات أثناء الحفر على درجة كبيرة من الأهمية،وتتمثل بالآتي:

1- اختيار جهاز الحفر المناسب ونوع وعدد المحركات اللازمة لحفر البئر.

2- اختيار مجموعة مواسير الحفر(قلم الحفر-مواسير الحفر - أعمدة الحفر- الممركزات....الخ.). حيث يوجد أنواع متعددة من هذه الأجهزة وكل نوع يتحمل قيمة شد معينة وهناك شرارات للوصل بين هذه الأجهزة تتحمل قيمة شد معينة. يتم تصميم مجموعة مواسير الحفر واختيار الشرار اعتماداً على عمق البئر والقوة المحتمل ومواجهتها أثناء الحفر.

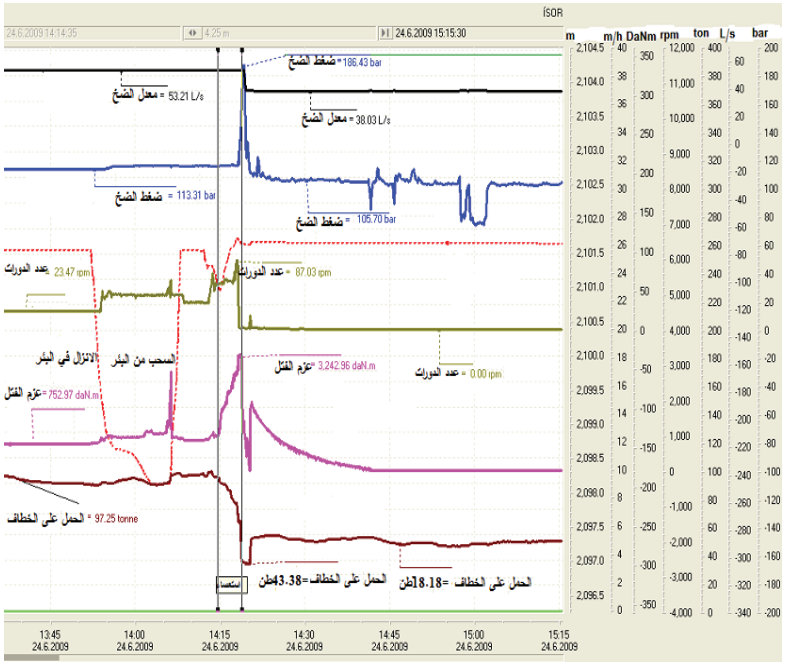
4-1- مؤشرات حدوث الاستعصاء (المرجع رقم 1)

من المهم الإشارة أنه يوجد عدة أنواع من المؤشرات التي تدل على حدوث الاستعصاء (زيادة عزم الفتل على المنضدة الرحوية- زيادة ضغط المضخات- زيادة الوزن على الخطاف في حال الرفع وانخفاضه في حال الإنزال-زيادة أو نقصان معدل الحفر) لكن هذه المؤشرات تختلف حسب نوع الاستعصاء وقد لا نجدها في بعض أنواع الاستعصاءات ففي الاستعصاء الناتج عن زحف الغضار نجد هذه المؤشرات مجتمعة ويحصل انقطاع في دوران سائل الحفر بسبب الانطباق التام للغضار على المواسير من جميع الجهات أما في حالة الاستعصاء التفاضلي فيبقى سائل الحفر في حالة دوران لكن الشيء الثابت في جميع أنواع الاستعصاءات هو الحمولة الزائدة عند الرفع. والجدول التالي يبين مؤشرات حدوث بعض أنواع من الاستعصاءات:

نوع الاستعصاء	مؤشرات حدوث الاستعصاء		
	عزم الفتل	ضغط	معدل الحفر
استعصاء ناتج ترسب الفتات.	يزداد	يزداد	يزداد تدريجيا
الاستعصاء التفاضلي	يزداد تدريجياً	لا يتغير	تنقص تدريجيا
استعصاء ناتج عن زحف الطبقات	يزداد تدريجياً	يزداد	تنقص تدريجيا
استعصاء ناتج عن كسر و سقوط التشكيلات	تزداد بشكل غير نظامي	قد لايتأثر	يزداد فجأة
استعصاء ناتج عن الضغط الجيوستاتيكي الشاذ للطبقات.	يزداد	يزداد	زيادة في البداية ثم تناقص
استعصاء ناتج عن التشكيلات الفعالة(الشرهة للماء).	يزداد تدريجياً	يزداد	تنقص تدريجيا

الجدول(2) يبين المؤشرات التي تدل على حدوث بعض أنواع الاستعصاء.

أما الحمولة على الخطاف فتزداد عند السحب(الرفع) في جميع الأنواع السابقة. والشكل التالي يبين مؤشرات حدوث الاستعصاء.



الشكل (2) يبين مؤشرات حدوث استعصاء خلال الحفر.

1-5- ما هي الحمولة النظامية على الخطاف؟(المرجع رقم 5)

1- أثناء الحفر فإن الوزن المعلق على الخطاف =وزن مجموعة المواسير – الحمل على رأس الحفر.

$$W_{hook} = W_{dp} - W_b$$

لكن نتيجة وجود سائل حفر في البئر فإن مواسير الحفر في البئر تتعرض لدافعة أرخميدس لذلك ندخل معامل طفو $(1-\frac{\gamma_f}{\gamma_c})$.

γ_f γ_c:الوزن النوعي لسائل الحفر وفولاذ المواسير على الترتيب.

وبالتالي فإن الوزن المعلق على الخطاف خلال الحفر يكون:

$$W_{hook} = W_{dp}.(1-\frac{\gamma_f}{\gamma_c}) - W_b$$

2- أما في حالة رفع المواسير فإن الوزن المعلق على الخطاف يساوي جداء عامل الطفو في وزن المواسير المعلقة.

$$W_{hook} = W_{dp}.(1-\frac{\gamma_f}{\gamma_c})$$

$$W_{dp} = (l_p.q_p + l_c.q_c)$$

$l_c.q_c$: جداء طول الأعمدة (m)في وزن واحدة الطول منها(kg/m).

$l_p.q_p$: جداء طول مواسير الحفر (m)في وزن واحدة الطول منها(kg/m).

وهذه الحمولات على الخطاف التي يجب أن يقرأها الحفار أثناء الرفع.

1-6- دراسة الحمولات التي تتعرض لها تشكيلة الحفر في الحقول السورية:(المرجع 7) :في الجدول التالي نذكر أمثلة عن بعض الحمولات الناتجة عن الاستعصاء في حقول المنطقة الوسطى ، و يقصد بمقدار التعليق قوة السحب عن الزائدة.

اسم البئر	عمق حصول الاستعصاء	مقدار التعليق طن
البشري 101	4007م	75
البشري 101	4033م-4037م	50
الجبسة224	2600م	100
في بئر البلعاس -1	2145م	60
في بئر البلعاس -1	2171م-2178م	20
بئر الشريفية-3	1841م	20
بئر الشريفية-3	1858م	45
بئر الشريفية-3	1863م	45

الجدول(3) يبين التعليق الحاصل في بعض الآبار السورية.

- **بدراسة مفصلة للحمولات في بئر شمال الفيض-5:**

اسم البئر شمال الفيض- 5

عمق البئر 3100م زمن استمرارية حفر البئر 261 يوماً

الجدول التالي يبين الإجراءات المتبعة لحل الاستعصاء في بئر شمال الفيض- 5.

المجال , m	المعالجة	النتيجة
302-258	السحب للأعلى والأسفل بقوة زائدة 20طن والضخ بغزارة كبيرة +قشط	**نجاح**
2197	السحب للأعلى والأسفل بقوة زائدة 160طن والضخ بغزارة كبيرة +قشط	**نجاح**
2358-2350	السحب للأعلى والأسفل بقوة زائدة 20طن والضخ بغزارة كبيرة +قشط	**نجاح**
2933	حمام حمضي	**فشل**
2918	استعصاء مواسير الإنتاج وبقاء 10 مواسير في البئر	**فشل**

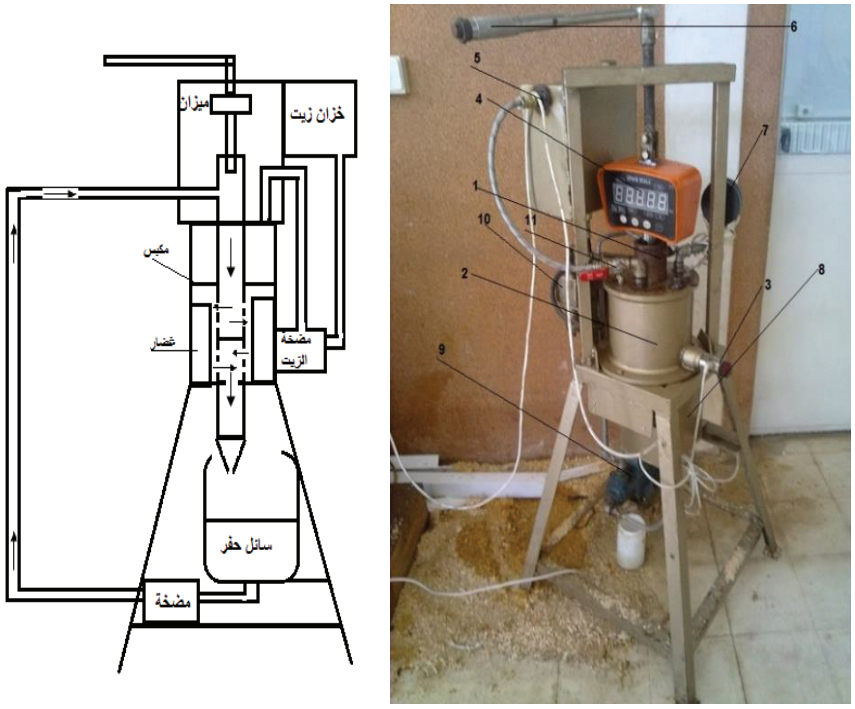
الجدول(4)يبين التعليق في بئر شمالي الفيض-5 و مراحل حل المشكلة.

من خلال هذا المثال نجد نجاح حل مشكلة الاستعصاء في مجالات وفشلها في مجالات أخرى و هذا المثال العملي المأخوذ من واقع الحفر يعبر عن المراحل التي يمكن أن تمر بها المعالجة.

1-7- الأجهزة والمواد المستخدمة:

القاعدة التجريبية (جهاز لدراسة الاستعصاء):

يستخدم هذا الجهاز لدراسة مؤشرات الاستعصاء في الطبقات التي تسبب استعصاء أثناء الحفر مثل (الطبقات الغضارية-والإسفلتية .....الخ). وسوف نشرح في مقالتنا هذه أهمية الجهاز بالنسبة لمهندس البترول . يبين الشكل (3) صور للجهاز (a) ورسماً تخطيطياً له (b).



(b) (a)

الشكل(3) جهاز دراسة الاستعصاء.

1- الماسورة المراد تطبيق الاستعصاء عليها.

2- حاضنة العينة والتي تحتوي على غضار وتنقسم إلى قسمين :

القسم الأول يحتوي على المكبس. القسم الثاني يحتوي على الغضار.

3- مقياس ضغط الكتروني.

4- ميزان .

5- خزان زيت.

6- آلة شد ميكانيكية تعطي مقدار عزم الفتل بشكل تقريبي حيث تعاير بشكل متدرج وعند الوصول إلى القيمة عزم الفتل الحقيقية تصدر صوتاً معيناً.

7- مقياس ضغط.

8- خزان يحتوي على سائل الحفر الذي يمر على العينة.

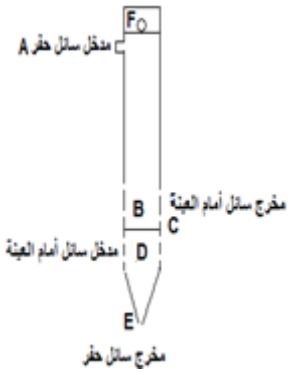
9- مضخة لضخ سائل الحفر.

10- مضخة لضخ الزيت.

11-صمام تفريغ.

1- 7-1- الماسورة المراد تطبيق الاستعصاء عليها.

الماسوزة مصنعة من الفولاذ السميك تصل سماكته حتى 10مم، قادر عل تحمل الضغط تتكون في الداخل من قسمين تفصلهما سدادة معدنية حيث يوجد ثقوب أعلى وأسفل هذه السدادة. وهي تتألف من ستة أجزاء كما هو مبين في الشكل (4).



-الجزء (A) وظيفته وصل القسم الداخلي الأول من الماسورة مع مضخة سائل الحفر.

-الجزء(B) القسم الداخلي الأول من الماسورة

يشكل مجرى سائل الحفر حتى وصوله إلى

السدادة المعدنية (C) وخروجه الشكل (4)الماسورة المراد تطبيق الاستعصاء عليها.

من الثقوب أعلى السدادة .

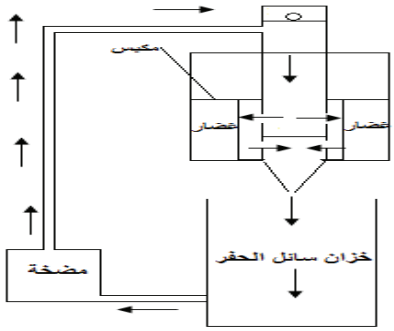
- القسم (C) السدادة المعدنية التي تقسم الماسورة من الداخل إلى قسمين وهي التي تجبر سائل الحفر على العبور من الثقوب العلوية (خروجه من الماسورة) ليحصل التماس مع الغضار ثم العودة من الثقوب الموجودة في أسفل السدادة.

- القسم (D) وهو القسم الثاني الداخلي من الماسورة تحتوي على ثقوب حيث يدخل سائل الحفر منها بعد مروره على العينة.

-القسم (E) مخرج سائل الحفر إلى خزان سائل الحفر.

يمكن توضيح دورة سائل الحفر على الشكل (3) على الشكل الآتي :

1- يوضع سائل الحفر في خزان سائل الحفر و من خلال ماسورة تصل بين الخزان و المضخة يسحب السائل بواسطة المضخة ويضخ عبر أنابيب إلى الجزء (A).
2- يدخل هذا السائل حتى يصطدم مع حاجز داخل الماسورة(B) .
3- يخرج السائل من الفتحات الموجودة قبل الحاجز (C) .
4- يحصل تماس بين العينة والسائل ثم يعود السائل ليدخل من جديد في الماسورة من خلال الثقوب الموجودة في القسم (D).
5- ينزل سائل الحفر ويخرج من القسم (E) و يصب في خزان سائل الحفر .
6- ثم من خلال ماسورة تصل بين الخزان ومدخل المضخة يعود السائل ليدخل في المضخة وهكذا.....الشكل(5).



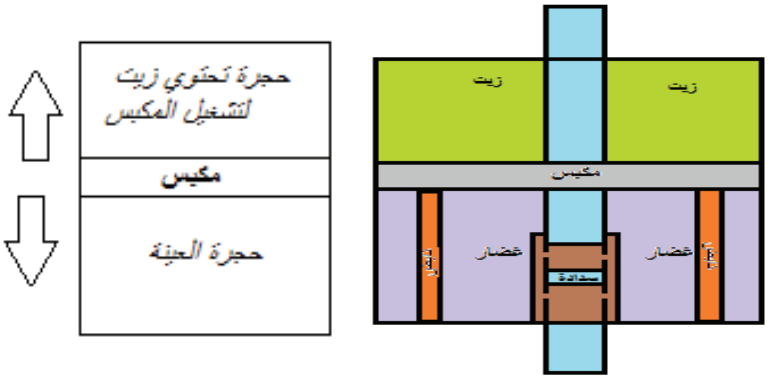
الشكل (5) يبين شكل لدورة السائل الحفر.

وأخيراً تمثل هذه الماسورة مجموعة مواسير الحفر التي سيطبق عليها الاستعصاء وترتبط من الأعلى مع ميزان الكتروني لقياس قوة الاستعصاء.

1-7-2- حاضنة العينة.في هذا القسم توضع العينة الشكل (6) وتتصف بمايلي:

1- اسطوانة دائرية بقطر 20سم وطول 20 سم.
2- تتألف من حجرتين الحجرة السفلى توضع فيها عينة الغضار والحجرة العليا تملأ بالزيت اللازم لعمل لمكبس.

آلية العمل: تعبأ الحجرة بالزيت عن طريق مضخة الزيت و تدفع المكبس للأسفل باتجاه العينة وبالتالي يضغط المكبس على العينة.

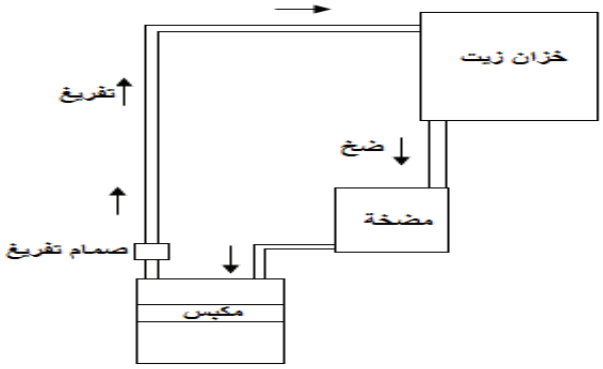


الشكل(6) يبين شكل حاضنة العينة.

أما دورة الزيت الهيدروليكي فتتم وفق الآتي الشكل (7):

1- تسحب المضخة الزيت من الخزان و تضخه باتجاه حجرة الزيت ضمن حاضن العينة حيث يكون صمام التفريغ مغلقاً وبالتالي يتحرك المكبس ضاغطاً على العينة.

2- بعد الانتهاء يفتح صمام التفريغ فيعود الزيت إلى الخزان.



الشكل(7) يبن دورة الزيت في الجهاز.

تتألف حاضنة العينة من الأجزاء الآتية:

1- مكبس يتحرك إلى الأعلى والأسفل .
2- نوابض لدفع المكبس في حال فتح صمام التفريغ باتجاه الأعلى.
3- اسطوانة لتطبيق الاستعصاء عليها.
4- اسطوانة صغيرة لضمان توجه الضغط باتجاه ساعة الضغط(3).

كيفية نقل الضغط إلى الغضار وساعات الضغط:

الشكل(8) يبين مقياس الضغط الذي يقيس ضغط الزيت في المكبس.

عند ضغط المكبس بواسطة الزيت ينتقل هذا الضغط عبر الغضار إلى مقياس الضغط الالكتروني(3) وبالتالي من خلال قراءة الضغط عن طريق مقياس الضغط(7) المبين في الشكل (8) (ضغط الزيت) والضغط على مقياس الضغط الالكتروني (3) يتم حساب مقدار الضغط الذي نقله الغضار إلى الماسورة الموجودة في حاضنة العينة وعند انتهاء العملية يفتح صمام التفريغ(11) وعن طريق النوابض الموجودة داخل حاضن العينة يعود المكبس للوضع الطبيعي له حيث يعود الزيت للخزان(6).

1-7-4-ميزان .

يرتبط هذا الميزان من الأسفل بالماسورة الداخلية ومن الأعلى يرتبط بصامولة قابلة للفتل فعند فتل الصامولة نحو اليمين يسحب الميزان فيسحب الماسورة

الداخلية والتي تكون عالقة (ممسوكة) من الأسفل بالغضار اللدن الزاحف باتجاه الماسورة والضاغط عليها بقوة تعتمد على مقدار ضغط المكبس على الغضار حيث أنه بزيادة ضغط المكبس على الغضار تزداد القوة المنتقلة إلى الماسورة(قوة التعليق)فعند سحب الماسورة يحصل توتر (حمل) على الميزان مؤشراً على مقدار الوزن المقاس، وعند شد الصامولة نحو اليسار يدفع الميزان الماسورة ويعطي إشارة وزن سالبة .

1-8- الدراسة المخبرية:

1-8-1- تحليل العينات:

الجدول (5) يبين نتائج التحليل الفيزيائي والكيميائي للعينة الغضارية التي أجريت عليها الدراسة:

مواصفات العينة الغضارية	
اسم البئر	فرقلس-1
اسم التشكيلة	كورشينا انهدريت
عمق الطبقة	2150-2540م
حرارة الطبقة	57-60 درجة مئوية
كثافة العينة	$2.4g/cm^3$
محتوى شوارد الكلور في العينة	26625ppm
التحليل الكيميائي	وزن%
نسبة الفاقد بالحرق	36.9
المواد الغير ذوابة في حمض HCl	25.95
المحتوى من CaO	11.70
Fe2O3	1.89
Al2 O3	7.91
TiO2	0.38
Na2O	0.41
MgO	6.70

الجدول(5) يبين مواصفات العينة الغضارية التي أجريت التجارب عليها.

إن الفاقد بالحرق يمثل كمية الماء والمواد العضوية المفقودة وذلك عند تعريض العينة لحرارة تبلغ $700\ C^{\circ}$ والباقي عبارة عن أملاح وأكاسيد . المواد الغير ذوابة في حمض كلور الماء هي أكسيد السيليسيوم SiO_2 مع بعض الأكاسيد مثل Fe_2O_3 و Al_2O_3 والتي تتفاعل مع حمض كلور الماء وتبلغ نسبة أكسيد السيليسيوم في المواد الغير ذوابة في حمض % 90 . يتم تحديد جودة الغضار ومدى احتوائه على الفلزات الغضارية الشرهة للماء بحساب النسبة $\frac{SiO_2}{Fe_2O_3}$.

بحساب النسبة في بئر الفرقلس / 1/ : $SiO_2 = 25.95 \times 90\% = 23.35$

وتكون النسبة : $\frac{23.35}{1.89} = 12.36$. نلاحظ أن النسبة هي أكبر من 4 وهذا يدل على أن الفلزات الغضارية المكونة للغضار في هذه الطبقة هي من فلزات مجموعة المونتموريللونيت التي تتميز بشراهتها الشديدة للماء .

مواصفات سائل الحفر المستخدم في التجارب نبينها في الجدول التالي:

مواصفات سائل الحفر المستخدم			
الوزن النوعي gr/cm^3	PH	فاقد الرشح ml/30min	اللزوحة (s)
2.1	9	3-5	55-60

الجدول(6) يبين مواصفات سائل الحفر المستخدم في التجارب.

1-8-2- دراسة قوة السحب اللازمة لحل الاستعصاء بالعلاقة مع سطح الماسورة المعرضة للضغط ومعامل الاحتكاك(نوع سائل الحفر المستخدم).

سوف نقوم بإجراء الدراسة على ماسورة قطرها(8cm) والضغط سيطبق على الماسورة بشكل متساوي من جميع الجهات وبالتالي يمكن حساب مساحة السطح(S)من الماسورة المعرضة للزحف(الاستعصاء) بالشكل التالي:

$$S = 2.\pi.r.l$$

r: نصف قطر الماسورة cm l: ارتفاع الغضار في الجهاز cm

مساحة السطح من أجل ارتفاع الغضار في الجهاز 6cm تساوي:

$$S_6 = 2.\pi.4.6 = 150.79cm^2$$

استخدامنا في تجاربنا حمام حمضي مؤلف من حمض الكلور وحمض الفلور بنسبة 6% HCl–1.5% HF واستخدمت هذه النسب لأنها حققت نتائج جيدة لدى استخدامها في معالجة الطبقات الغضارية(مرجع 4).

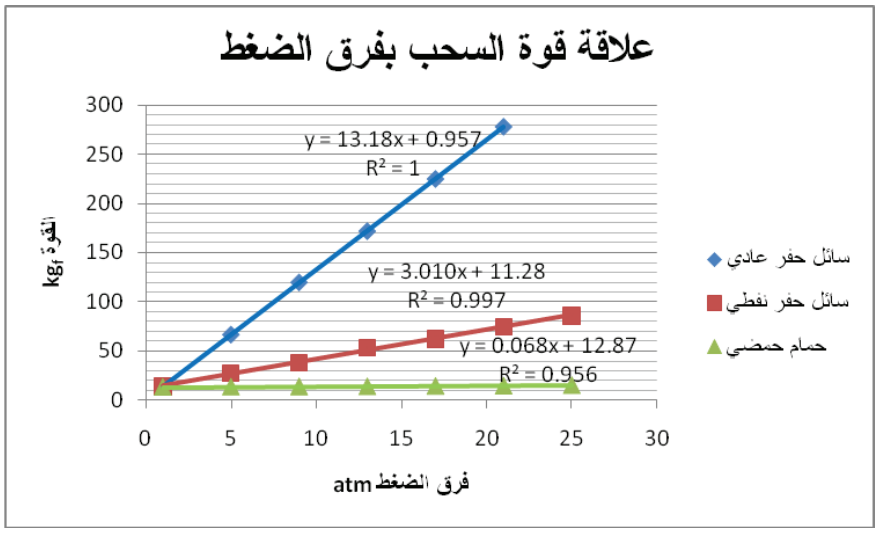
قمنا بدراسة القوة اللازمة لسحب الماسورة عند ارتفاعات مختلفة للغضار ومساحات مختلفة لتماسه مع المواسير.

عند ارتفاع الغضار بمقدار 6cm ومساحة سطح التماس $150.79cm^2$ كانت النتائج كما هي مبينة في الجدول (7).

القوة اللازمة لسحب الماسورة في حالة ارتفاع الغضار في الجهاز 6 cm ومساحة سطح $150.79cm^2$.			
حمام حمضي	سائل الحفر المستخدم		فرق الضغط بـatm
	حقلي نفطي	حقلي عادي	
قوة Kg	قوة Kg	قوة السحب Kg	
13	13.2	14	1
13.3	27	67	5
13.5	37.6	120	9
13.6	53	172	13
14	62	225	17
14.2	74.2	278	21
14.8	86	.....	25

الجدول(7) علاقة الحمل بفرق الضغط لعدة أنواع من سوائل الحفر المستخدمة و إجراء حمام حمضي عند ارتفاع الغضار في الجهاز 6cm.

و على الشكل (9) يبين علاقة قوة السحب بفرق الضغط لسوائل الحفر المختلفة.



الشكل (9)علاقة الحمل بفرق الضغط لعدة أنواع من سوائل الحفر المستخدمة و إجراء حمام حمضي عند ارتفاع الغضار في الجهاز 6cm.

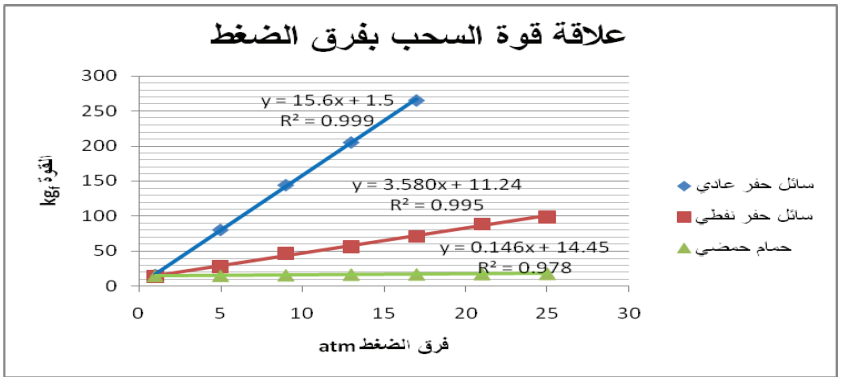
من المنحنيات نلاحظ انخفاض قيمة التعليق عند استخدام سائل حفر نفطي عن القيم الحاصلة في حال استخدام سائل حفر عادي أما الحمام الحمضي فيخفض هذه القوة بشكل اكبر ويعطي نتائج جيدة لحل الاستعصاء. كما نلاحظ أن قوة السحب تزداد طردا مع زيادة فرق الضغط.

عند ارتفاع الغضار بمقدار 7 cm ومساحة سطح $176cm^2$ كانت النتائج كما هي مبينة في الجدول (8).

القوة اللازمة لسحب الماسورة في حالة ارتفاع الغضار في الجهاز 7 cm ومساحة سطح $176cm^2$.			
فرق الضغط،atm	سائل الحفر المستخدم		حمام حمضي
	حقلي عادي	حقلي نفطي	
	قوة السحب Kg	قوة Kg	قوة Kg
1	15.5	14	14.6
5	80	28	15
9	144	47	15.7
13	205	56.5	16.7
17	265	71	17
21		89	17.6
25	.....	99	17.9

الجدول(8) علاقة الحمل بفرق الضغط لعدة أنواع من سوائل الحفر المستخدمة و إجراء حمام حمضي وارتفاع الغضار في الجهاز 7cm.

الشكل(10) يبين هذه النتائج بيانياً



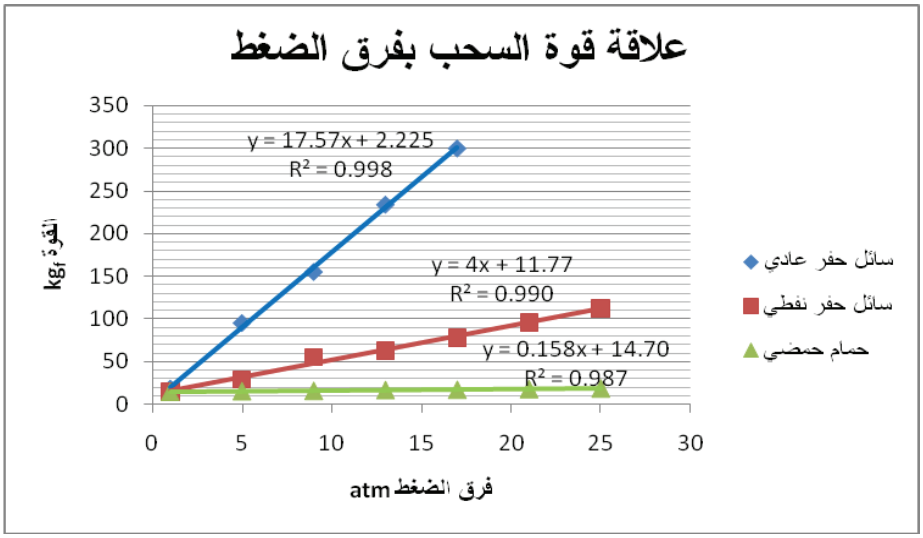
الشكل(10) علاقة الحمل بفرق الضغط لعدة أنواع من سوائل الحفر المستخدمة و إجراء حمام حمضي وارتفاع الغضار في الجهاز 7cm.

عند ارتفاع الغضار بمقدار 8 cm ومساحة سطح $201cm^2$ كانت النتائج كما هي مبينة في الجدول (9).

القوة اللازمة لسحب الماسورة في حالة ارتفاع الغضار في الجهاز 8 cm ومساحة سطح $201\ cm^2$.			
فرق الضغط بـatm	سائل حفر المستخدم		حمام حمضي
	حقلي عادي	حقلي نفطي	
	قوة السحب Kg	قوة Kg	قوة السحب Kg
1	18	14.5	14.8
5	95	29	15.7
9	155	55	16
13	234	63	16.9
17	300	77.3	17.2
21		95.6	18
25		112	18.8

الجدول(9) علاقة الحمل بفرق الضغط لعدة أنواع من سوائل الحفر المستخدمة و إجراء حمام حمضي وارتفاع الغضار في الجهاز 8cm.

والشكل (11) يعكس هذه النتائج بيانياً.



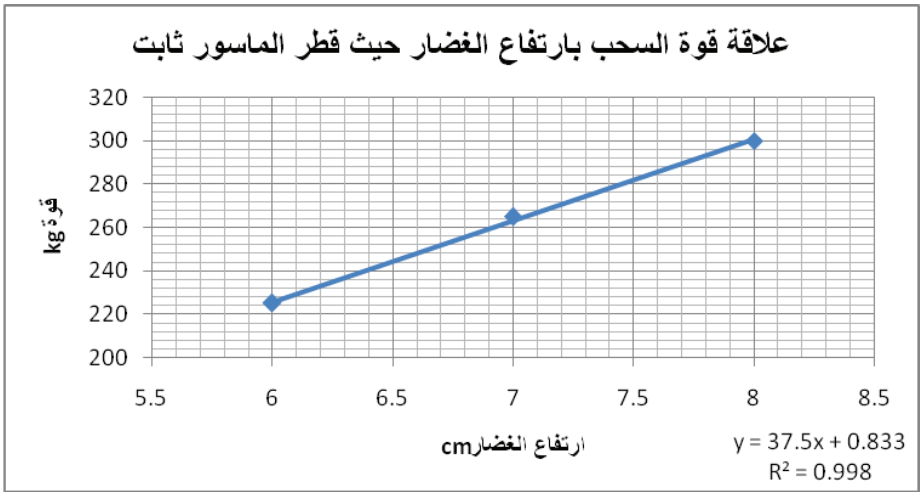
الشكل(11) علاقة الحمل بفرق الضغط لعدة أنواع من سوائل الحفر المستخدمة و إجراء حمام حمضي وارتفاع الغضار في الجهاز 8cm.

اعتماداً على النتائج السابقة قمنا بتنظيم الجدول (10) الذي يمثل علاقة قوة السحب بارتفاع الغضار ومساحة سطح التماس عند الضغط 17atm وهي أكبر قيمة للضغط حصلنا عندها على نتائج في كل تجاربنا.

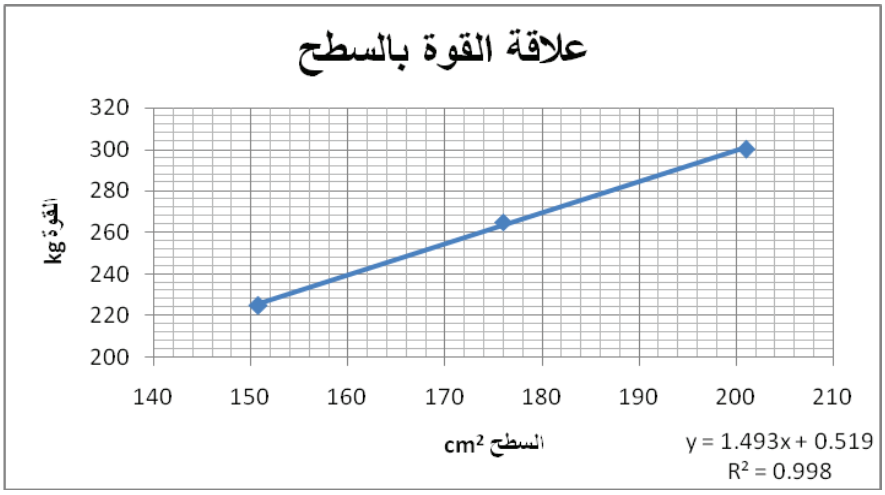
ارتفاع	مساحة سطح	قوة السحب kg عند الضغط
6	150.79cm^2	225
7	176 cm^2	265
8	201 cm^2	300

الجدول(10)علاقة قوة السحب بارتفاع الغضار و مساحة سطح الاتصال.

والأشكال (12)و(13) تمثل هذه النتائج.



الشكل(12) علاقة قوة السحب بارتفاع الغضار حول الماسورة.



الشكل(13) علاقة قوة السحب (بمساحة سطح التلامس).

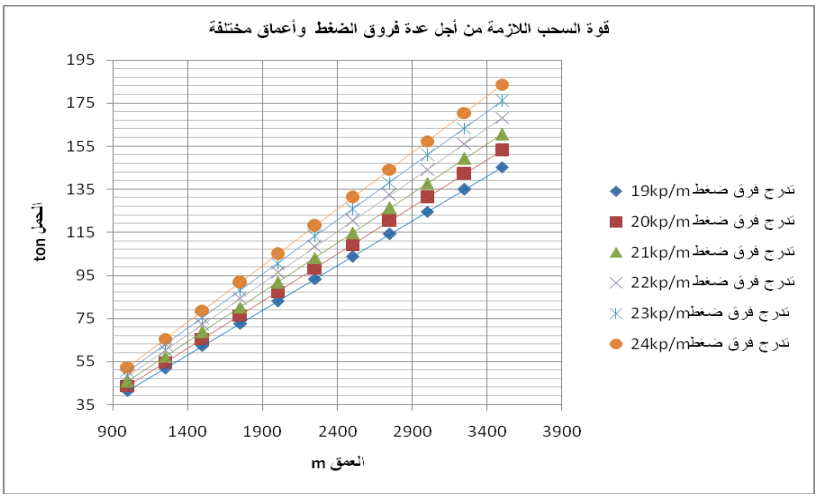
أننا نلاحظ من الشكل (12) و (13)زيادة قوة السحب(مقدار التعليق) مع زيادة مساحة اتصال الماسورة مع الغضار.

بمقارنة العلاقات التي حصلنا عليها من المنحنيات البيانية لعلاقة الحمل بالضغط ($y = 13.18x + 0.957$) (الشكل(9)) وعلاقة الحمل مع السطح ($y = 1.493x + 0.519$) (الشكل13) نجد أن ($Y = A.X + B$) و بإهمال B لصغرها من أجل السطوح الكبيرة والضغوط المرتفعة و بمقارنتها مع العلاقة التي تستخدم لحساب قوة التحرير اللازمة في حالات الاستعصاء ($F = f.\Delta P.S$) وبتبديل الرموز كل من القوة بـ (F) والسطح بـ(S) والضغط بـ (ΔP) نجد علاقة الحمل بالضغط ($F = 13.18.\Delta P$) على اعتبار أن السطح ثابت في العلاقة الناتجة عن (الشكل (9)) (150.79cm^2) وبالتالي فإن جداء معامل الاحتكاك بالمساحة ($f.S = 13.8$)، و معامل الاحتكاك $f = \frac{13.18}{150.79} = 0.0874$ وعلاقة الحمل مع السطح ($F = 1.493.S$) وجداء معامل الاحتكاك بالضغط ($f.\Delta P = 1.493$) وبما أن (الشكل13) رسم عند ضغط ثابت $17atm$، و معامل الاحتكاك $f = \frac{1.493}{17} = 0.0878$ فإنه يمكن حساب الحمل من أجل أي سطح وضغط في تجربتنا بالعلاقة التالية $F = 0.087.\Delta P.S$ ....(1) فمن أجل فرق ضغط $240kg/cm^2$ وطبقة غضارية ذات سماكة $100cm$ ونصف قطر ماسورة الحفر 4cm تكون قوة السحب اللازمة : $F = 0.087 \times 2 \times 3.14 \times 4 \times 100 \times 240 = 52.4ton$ وبالتالي فإنه من أجل عدة فروق في الضغط حيث أن فرق الضغط والضغط الجيوستاتيكي الناتج عن الصخور يزداد مع العمق ومن خلال العلاقة (1) نستطيع الحصول على الجدول التالي:

عمق الاستعصاء (م)	تدرج فرق الضغط(طبقات–سائل حفر)kp/m					
	19	20	21	22	23	24
	الحمل ton	الحمل ton	الحمل ton	الحمل ton	الحمل ton	الحمل ton
1000	41.52	43.709	45.894	48.0796	50.2651	52.4505
1250	51.90	54.636	57.368	60.0996	62.8314	65.5632
1500	62.28	65.563	68.841	72.1195	75.3976	78.6758
1750	72.66	76.49	80.315	84.1394	87.9639	91.7884
2000	83.04	87.418	91.788	96.1593	100.530	104.901
2250	93.42	98.345	103.26	108.179	113.096	118.013
2500	103.8	109.27	114.74	120.199	125.662	131.126
2750	114.1	120.2	126.21	132.219	138.229	144.239
3000	124.5	131.13	137.68	144.239	150.795	157.351
3250	134.9	142.05	149.16	156.259	163.361	170.464
3500	145.3	152.98	160.63	168.278	175.927	183.577

الجدول (11)علاقة الحمل بالعمق من أجل قيم مختلفة للضغط.

من خلال الجدول السابق نحصل على المنحنيات البيانية التالية :



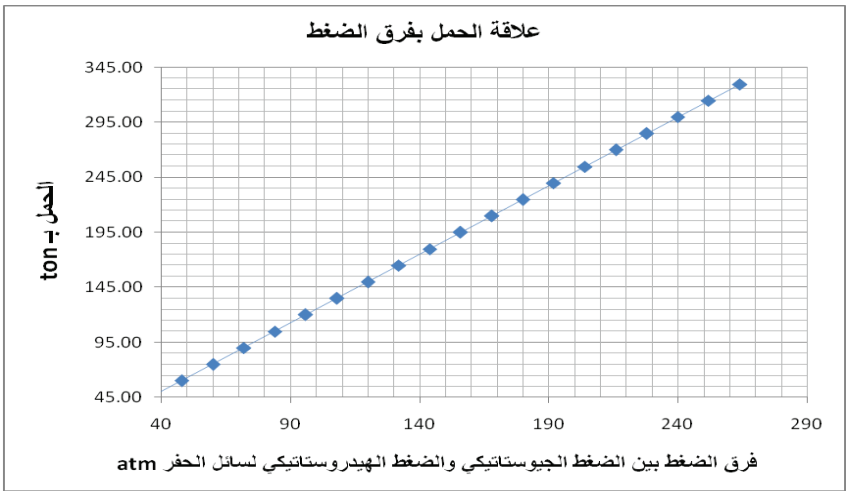
الشكل (14) علاقة الحمل بالعمق من أجل من أجل قيم مختلفة للضغط.

نلاحظ من الشكل (14)السابق زيادة قوة الشد اللازمة لتحرير الماسورة من الاستعصاء مع زيادة العمق.وبسبب أن أغلب الاستعصاءات تحصل في أعمدة الحفر وفي الشركة السورية للنفط أغلب أعمدة الحفر تكون بقطر("9) وبفرض الوزن النوعي للصخور ($2.4g/cm^3$) من أجل أوزان نوعية لسائل الحفر تتراوح مابين($1.3-2.25\ g/cm^3$) يمكن حساب قوة السحب اللازمة لتحرير الماسورة من أجل طول استعصاء (1م) و عمق (2400م) حيث تكون أغلب الطبقات المسببة للاستعصاءات على هذا العمق في المنطقة الوسطى و باستخدام العلاقة السابقة(1) ومن أجل عدة فروق للضغط نحصل على النتائج الآتية ، الجدول (12):

الحمل ton	فرق الضغط atm	الضغط الناتج عن سائل الحفر على عمق 2400م بـatm	الضغط الناتج عن الصخور على عمق 2400م بـatm
329.73	264	312	576
314.74	252	324	576
299.75	240	336	576
284.77	228	348	576
269.78	216	360	576
254.79	204	372	576
239.80	192	384	576
224.82	180	396	576
209.83	168	408	576
194.84	156	420	576
179.85	144	432	576
164.87	132	444	576
149.88	120	456	576
134.89	108	468	576
119.90	96	480	576
104.91	84	492	576
89.93	72	504	576
74.94	60	516	576
59.95	48	528	576
44.96	36	540	576

الجدول (12) يبين الحمل من أجل عدة فروق ضغط عند عمق 2400م.

والشكل (15) يبين هذه النتائج بيانياً.



الشكل (15)يبين الحمل من أجل عدة فروق ضغط.

قوى الشد اللازمة لحل الاستعصاء من أجل أنواع مختلفة من المواسير نبينها في الجدول (13).

نوع المواسير	قيمة قوة الشد التي تتحمله الماسورةTon	قيمة الشد اللازمة لحل الاستعصاء في بعض الأمثلة Ton
E	70.3	329.73
X95	89.1	314.74
G105	98.5	299.75
S135	126.6	284.77

الجدول(13) مقارنة قوة الشد التي تتحملها الماسورة والقوة اللازمة لحل الاستعصاء.

بمقارنة القيم التي حصلنا عليها في الجدول رقم (12) مع الجدول رقم (1) نجد ان القوة اللازمة لحل الاستعصاء أكبر من قوة الشد التي تتحملها المواسير وهذا يفسر انقطاع مواسير الحفر وبقائها في البئر في كثير من الحالات.

كثافة سائل الحفر اللازمة لحل الاستعصاء عند القيمة (329.73ton) تحسب بالعلاقة $\rho_2 = \frac{\Delta p}{l.g} + \rho_1 = \frac{264 \times 100000}{2400 \times 10} + 1300 = 2.40 g/cm^3$

يعتبر الوزن النوعي لسائل الحفر السابق قيمة كبيرة جدا حيث نحتاج لكمية كبيرة من المثقلات التي تسبب نتائج سلبية جدا على المعدات والطبقة والمواصفات الأخرى لسائل الحفر ويمكن استخدام الطفلة النفطية التي تقلل معامل الاحتكاك بشكل كبير وبالتالي هذا يمكننا من تلافي الاستعصاء أو تقليل الزمن اللازم لحل المشكلة.

النتائج والمقترحات:

1) قوة السحب اللازمة لتحرير الماسورة عند استخدام سائل حفر عادي أكبر من القوة اللازمة في حال استخدام سائل حفر نفطي بسبب تناقص معامل الاحتكاك عند استخدام سائل حفر نفطي حيث يتمتع النفط بخواص تزليقية أكبر من سائل الحفر العادي .
2) تزداد قوة السحب اللازمة لتحرير الماسورة مع زيادة ارتفاع الغضار بسبب زيادة مساحة الاتصال بين الغضار والماسورة وهذا يدل على أنه كلما زادت مساحة الاتصال بين الماسورة والطبقة الزاحفة زادت القوة اللازمة لتحرير الماسورة أي بزيادة قطر المواسير وبزيادة سماكة الطبقة الغضارية لذلك يجب استخدام مواسير حفر بأصغر قطر ممكن.
3) يجب إنقاص القوة اللازمة لسحب الماسورة إلى أقل ما يمكن من أجل التوفير في استطاعة الحفارة وتقليل الكلفة بالإضافة إلى حماية المواسير والشرارات من الحمل الزائد ويتم ذلك عن طريق التحكم بمعامل الاحتكاك باستخدام سائل حفر له خواص تزليقية جيدة،أو عن طريق تقليل مساحة الاتصال بين الماسورة والطبقة الزاحفة عن طريق التقليل من الممركزات وأعمدة الحفر المستخدمة في مجموعة مواسير الحفر ومحاولة استخدام مواسير حفر بأقطار قليلة.

4) إن الحمام الحمضي يساهم بتقليل الحمل على الخطاف بشكل أكبر مما هو عليه في حال استخدام النفط أو مشتقاته كسائل حفر بسبب قدرته الكبير على التفاعل والتأثير بالطبقة لكنه يسبب تآكل المعدات واهترائها بالإضافة إلى خطورة التعامل مع الحمض وخاصة حمض الفلور وكذلك زمن الانتظار اللازم لتفاعل بين الحمض والغضار وقد يكون قليل الفعالية في بعض الحالات بسبب امتداد الطبقة الغضارية على مساحات واسعة وبالتالي عدم قدرة كمية محدودة من الحمض على حل المشكلة لذلك يكون الحمام الحمضي قليل الفعالية في بعض الحالات.

5) يفضل في المجالات التي يتوقع فيها حدوث زحف استخدام الطفلة النفطية لأنها تقلل معامل الاحتكاك بسبب تمتعه بخواص تزليقية وقدرته على الامتزاز على سطح الصخر.

6) يزداد فرق الضغط مع ازدياد العمق لذلك يجب استخدام معدات حفر بقطر أصغر كلما زاد عمق الطبقة الغضارية.

REFERENCE **المـــراجـــع**

1. Baker Hughes INTEQ –1995- "stuck pipe" drilling engineering workbook, USA,151p.
2. http://www.stuckpipe.co.uk Stuck Pipe Prevention Self-Learning Course.
3. Drilling.co.uk–2000– Freeing stuck pipe. "Kindom drilling " w.w.w.kingdom.
4. (Matrix Acidizing) ص247 من كتاب (petroleum production engineer).
5. www. **Sciencedirect.com**
6. 2008م هندسة الحفر– 3 (د. طاهر نصور + د. مسرور سليمان، ،الطبعة الثانية، جامعة البعث، سوريا،247 صفحة.) .
7. **الشركة السورية للنفط مديرية حقول جبسة.**