Abstract

Non-Chemical Technology for improving the rheological properties of non- Newtonian crude oil

Dr.Maher Saadeh
Eng . Abdulsalam Hichieh
Al-Baath University – Engineering College of chemical and petroleum

Paraffinic crude oil containing significant quantities of paraffin and asphaltene shows non-Newtonian behavior during its transportation by pipeline and may cause different problems.

Paraffin deposition is a well-known phenomenon that plagues the oil industry all over the world. Once the so-called wax (paraffin) appearance temperature (WAT) of crude is reached, paraffin crystallization starts and, below this temperature, a potential to generate a paraffin deposit by the crude is developed, as a result crude viscosity and yield stress increase.

Wax crystals normally have a needle-like shape, and if they remain as single crystals they tend to disperse in the crude instead of depositing on the pipe surface . Those needle-shaped paraffin crystals are able to form a three-dimensional netting that leads to the stop-flowing material that may deposit in the formation or stick to the pipe wall.

In this paper, the possibility of improving of rheological properties of non- Newtonian crude oil under the influence of magnetic fields has been investigated by directing crude oil through magnetic fields within a tool,

the growth pattern of paraffin is altered, inhibiting the build up of solids .
By setting the distance of the magnets around the tubing different electric magnetic fields : 0,024 and 0,162 mT were applied . A magnetic field will interact with any substance that carries a charge, however small, in the crude. The nuclei on which the crystals start growing and the growing crystallites are very small and have charged surfaces. As they pass through the magnetic field, these charged particles encounter considerable forces as the magnetic field interacts with them. The magnet field acts at the surface of the crystallites modifying the nature of the charges at the surface. This alters the growth of the crystal in general. As crystals grow differently, their solubility or levels of super saturation in fluids alters. Many samples of crude oil before and after magnetic treatment were tested, the results show significant changes in viscosity ,and the rheological properties due to applied magnetic field
Key words: magnetic field, viscosity, cloud point, Rheology of non-Newtonian crude oil

الطرق غير الكيميائية لتحسين سلوكية النفط الخام الثقيل

د.م ماهر سعادة*

م.عبدالسلام حيشية**

ملخص البحث

يبدي النفط البارافيني الذي يحتوي على كميات معتبرة من البارافين (الشمع) و الإسفلتين سلوكاً غير نيوتونياً في أثناء نقله عبر الأنابيب مما يسبب مشاكل مختلفة ، و الترسبات البرافينية ظاهرة معروفة تصيب الصناعة النفطية في جميع أنحاء العالم ، فعندما تصل درجة حرارة الخام إلى ما يسمى بدرجة حرارة ظهور البارافين تبدأ عملية بلورة البارافين وعند حرارة دون هذه الدرجة تتولد و تتطور إمكانية ترسب البارافين و كنتيجة لذلك ترتفع قيمة لزوجة النفط و يزداد جهد الخضوع .

تتخذ بلورات الشمع لنفسها عادة أشكالاً إبرية وهي عندما تبقى منفردة فإنها تميل إلى التشتت داخل السائل بدلاً من الترسب على سطح الأنبوب، تلك البلورات التي على هيئة الإبرة قادرة على تشكيل شبكة ثلاثية الأبعاد تؤدي إلى إيقاف تدفق المادة و قد تلتصق بجدار الأنبوب.

في هذا البحث تم بحث أمكانية تحسين سلوكية النفط الخام غير النيوتوني تحت تأثير الحقل المغناطيسي عن طريق توجيه النفط الخام من خلال حقول مغناطيسية ضمن أداة خاصة حيث يتم تعديل نمط نمو بلورات البرافين وتشابكها و يمنع بالتالي تشكل الترسبات الصلبة.

بوضع المغناطيس الكهربائي حول الأنبوب على مسافة محددة فقد طبقت مجالات مغناطيسية مختلفة الشدة 0,162 mT , 0,024 . الحقل المغناطيسي المطبق سيتفاعل مع أي مادة داخل الخام تحمل شحنة مهما كانت صغيرة ، كما أن النوى

التي تبدأ حولها البلورات بالنمو وكذلك البلورات الصغيرة تملك سطحاً مشحوناً وبينما تمر من خلال الحقل المغناطيسي فإن تلك الجزيئات المشحونة تواجه قوى كبيرة بسبب تفاعل الحقل المغناطيسي معها الأمر الذي يؤثر عليها و يعدّل من طبيعة شحنة سطوحها مما يعدل من نمو البلورات عموماً .

و بينما تنمو البلورات بشكل مختلف فإن قابلية ذوبانها ومستوى إشباعها في السائل يعتدلان أيضاً.

العديد من عينات النفط الخام قبل المعالجة المغناطيسية و بعدها قد اختبرت وقد أظهرت النتائج تغيرات هامة في كل من اللزوجة و الصفات السلوكية بتأثير الحقل المغناطيسي المطبق .

*أستاذ في كلية الهندسة الكيميائية و البترولية – قسم الهندسة البترولية – جامعة البعث

** قائم بالأعمال في كلية الهندسة الكيميائية و البترولية – قسم الهندسة البترولية – جامعة البعث

الطرق غير الكيميائية لتحسين سلوكية النفط الخام الثقيل

مقدمة:

إن المعلومات المتوفرة حول تأثير المجال المغناطيسي قد تركزت بشكل أساسي حول معالجة ترسب كربونات الكالسيوم من الماء و هناك بعض الأبحاث التي تناولت تأثير المجال المغناطيسي على زيادة تدفق الماء في الأنابيب (3,2,1) .

يحتوي النفط على كميات مختلفة من المواد الهيدروكربونية الثقيلة و البرافين، ويصنف النفط الخام إلى خفيف ومتوسط و ثقيل تبعا لتواجد هذه المواد فيه، والنفط الثقيل الذي يحتوي كميات كبيرة من الإسفلتين و الشمع البرافيني يبدي سلوكا غير نيوتونياً و يسبب مصاعب عديدة عند نقله بالأنابيب ، فعندما تنخفض حرارة النفط الخام شتاء إلى ما دون درجة الغيم ((Cloud point) فإن الشمع يتبلور تدريجيا وينفصل من النفط الخام مشكلا صفائح رقيقة أو بلورات إبرية تتكتل مع بعضها مشكلة بنية هلامية (لزجة) غير ثابتة مما يعطي النفط سلوكه غير النيوتوني (5,4) . حيث ترتفع قيمة اللزوجة و تزداد قيمة الإجهاد الأولي للجريان أو ما يدعى بجهد الخضوع (Yield Stress) .

تؤدي ظاهرة إنفصال البرافين من النفط الخام الذي يحتوي على كميات كبيرة منه إلى مشاكل كبيرة أثناء نقل هذه الخامات بالأنابيب حيث ترتفع لزوجة السائل الأمر الذي يقود بدوره إلى زيادة في الضياعات بالاحتكاك و هذا مايؤدي إلى زيادة في فاقد الضغط على طول الأنبوب و قد تصل هذه الحالة إلى درجة لا تعد بعدها المضخات قادرة على تقديم الضغط اللازم .

من جهة أخرى و عندما تتحد بلورات البرافين المنفصلة و تتكتل فإنها تترسب على جدران الأنابيب مما يؤدي إلى تضيق في المقطع الحي للجريان و أيضا إلى زيادة في فاقد الضغط (10-6) ، وقد تصل درجة الترسيب على جدران الأنبوب إلى إغلاق الأنبوب بالكامل ويقال أن الأنابيب قد تبرفنت ، و تصبح شبكة الأنابيب بحاجة إلى إزالة تلك الترسبات الأمر الذي يعني توقف الضخ و ضياع الوقت و زيادة في كلفة الضخ .

إن إعاقة انفصال البرافين أو الاسفلتين من النفط و منع تكتله يقود إلى تحسن كبير في سلوكية السائل ، مما يسهل عملية ضخه عبر الأنابيب .

هناك عدة طرق لتحسين الصفات الانسيابية للخامات النفطية غير النيوتونية بهدف تحسين ظروف نقل هذه الخامات و منها (17-11):

1- مزج النفط الخام الثقيل مع نفط خام خفيف أو مع منتجات نفطية أخرى

2- تسخين النفط إلى درجات حرارة أعلى من درجة حرارة انصهار البرافين

3-إضافة مواد كيميائية (بوليميرات، منشط توتر سطحي ، مشتت)

بالرغم من أن لكل من الطرق السابقة محاسنها و مساوئها إلا أنها تشترك جميعا في أنها مكلفة.

في هذا البحث يتم التركيز على دراسة إمكانية التأثير على سلوكية النفط الثقيل عن طريق معالجته عبر تمريره في حقل مغناطيسي و بشدة معينة حيث يهدف إلى التأثير على بلورة البرافين و إضعاف ارتباطها مع البلورات الأخرى و بالتالي تحسين ظروف جريان السائل.

عند تمرير النفط الخام و كذلك الماء عبر حقل مغناطيسي فإن نمو بلورات البرافين أو الترسبات الكلسية (كربونات الكالسيوم) يتعدل و يختلف الأمر الذي يساعد في منع تشكل تلك البلورات و يكمن السر في نجاح هذه الطريقة في إمكانية تقدير فيما إذا كانت مواصفات النفط الخام المدروس و الشروط الحقلية المرافقة مناسبة لتطبيق هذه الطريقة.

لقد مول معهد البترول الأمريكي (API) المجموعة المغناطيسية لجامعة بايلور (18) و ذلك بهدف تقييم مبادئ المعالجة المغناطيسية للمياه، وقد نشرت النتائج في الاجتماع السنوي الخامس و الأربعين لمؤتمر المياه الدولي عام 1984 وجاء فيها((إن حركة ناقل (Conductor) خلال حقل مغناطيسي يسبب فرقا في الكمون)) و هذا المبدأ من الحث المغناطيسي عرض أولا من قبل فارادي

و ينطبق مبدأ الحث على المواد الصلبة و كذلك السائلة التي تحتوي على الكتروليتات منحلة .و لذلك فإن مرور الماء الحاوي على ايونات منحلة خلال حقل مغناطيسي يجب أن يولد فرقا في الكمون . وقد أشارت الدراسات التجريبية التي عنيت بقياس شدة التيار وفرق الكمون الناتج عند مرور سائل عبر حقل مغناطيسي إلى أن شدة التيار تتناسب طردا مع كثافة الحقل المغناطيسي ، كما أشارت نتائج قياس فرق الكمون الناتج إلى أن الكمون المقاس يمثل دالة خطية لمعدل جريان السائل .

أشار بحث البروفسور J.Donaldson (19,21) الذي عني بدراسة تأثير الحقل المغناطيسي على السوائل في قسم الكيمياء بجامعة المدينة–لندن أن الحقل المغناطيسي سيتفاعل مع أي مادة تحمل شحنة مهما كانت صغيرة و في أي سائل كان ، فالنوى التي تبدأ البلورات بالنمو حولها و البلورات المتشكلة تكون صغيرة جدا و لها سطوح مشحونة، و عندما تمر عبر الحقل المغناطيسي فإن هذه الجزيئات المشحونة تواجه قوى كبيرة في أثناء تفاعل الحقل المغناطيسي معها ، حيث يؤثر الحقل على سطح البلورات معدلاً طبيعة الشحنة الكهربائية على السطح و هذا ما يعرقل نمو البلورات و يغير شكلها بشكل عام .

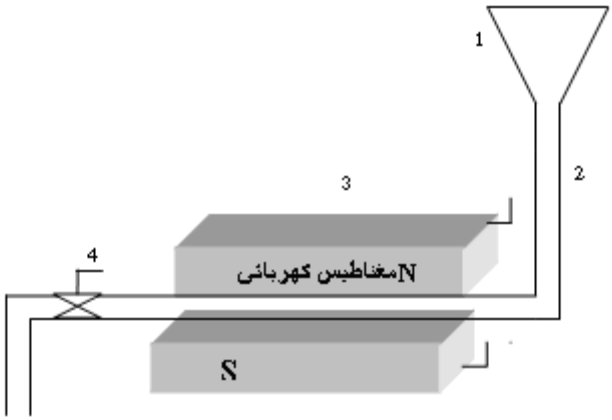
بينما تنمو البلورات بشكل مختلف فإن قابلية ذوبانها و معدل إشباع السائل بها سيختلف أيضا و هذا ما يفسر لماذا تبدأ بلورات كربونات الكالسيوم بالذوبان ويشير أيضا إلى ضرورة انخفاض درجة الغيم في النفط الخام.

عندما يتدفق نفط خام عبر حقل مغناطيسي فإن بلورات البرافين المستقطبة تميل إلى ترتيب أقطابها بحسب المجال المغناطيسي المطبق مما يسهل جريان تلك الجزيئات بشكل أفقي مستقطب بدلاً من جريانها بشكل عشوائي الأمر الذي يتوقع أن يقود إلى تحسين كبير في سلوكية النفط الخام و كذلك انخفاض لزوجته.

الأجهزة :

تم استخدام جهاز خاص جرى تصميمه في المخبر من أجل تطبيق الحقل المغناطيسي على النفط الخام كما هو موضح في الشكل. و يتألف الجهاز من مغناطيس كهربائي يعمل على تيار 220 فولت و عن طريق التحكم بشدة التيار الكهربائي فانه يمكن الحصول على شدتين مختلفتين للمغناطيس . عند مرور السائل ضمن المجال المغناطيسي يجب أن يخلو مجال المعالجة من أي عوامل يمكن أن تشتت أشعة المجال لذلك يجب أن يمر السائل عير أنبوب غير معدني (بلاستيكي) خاليا تماما من التغليف المعدني و أسلاك التسليح.

أجريت تجارب الخواص السلوكية للنفط التي تتضمن قياسات (معدل القص، إجهاد القص ، اللزوجة التحريكية) باستخدام جهاز (Brook Field Viscometer+V -II)



مخطط جهاز المعالجة بالمغناطيس

الأجزاء :

1-خزان النفط

2-أنبوب بلاستيكي غير مسلح

3-مغناطيس كهربائي 220 V - متعدد الشدة

4-صمام تحكم

مبدأ التجربة :

تتركز الدراسة العملية في البحث على إمكانية التأثير على الخصائص الانسيابية للنفط الثقيل بواسطة مجالات فيزيائية ، و قد اعتمد مجال التأثير المغناطيسي .

تنطلق هذه الطريقة من فكرة أن النفط البرافيني يستجيب إلى تأثير المجال المغناطيسي ، عند تعرضه له، و هذا عائد إلى أن جزيئة البرافين قابلة الاستقطاب ، و لذلك تم تمرير عينة النفط الثقيل عبر مجال مغناطيسي ، ثم جرى قياس الخواص السلوكية (لزوجة ، إجهاد القص ، معدل القص).

طريقة إجراء التجارب:

تم أولا تحضير العينات، حيث جرى تسخين النفط إلى درجة حرارة (50C̊)يتخللها عملية التحريك الجيد و المستمر من أجل ضمان عملية التجانس الحراري للعينة ثم تركها لمدة (48) ساعة، بعد ذلك أجريت التجارب وفق الخطوات التالية :

1-قياس درجة حرارة المخبر و حرارة النفط.

2-قياس لزوجة النفط الخام قبل التعرض إلى المجال المغناطيسي.

3-تمرير حجم كافي من العينة المحضرة سابقا عبر المجال المغناطيسي واستقبالها بواسطة بيشر مناسب.

4-توضع العينة المعالجة مباشرة في اسطوانة العينة التابعة لجهاز اللزوجة وتختبر عند درجة حرارة مقاسة .

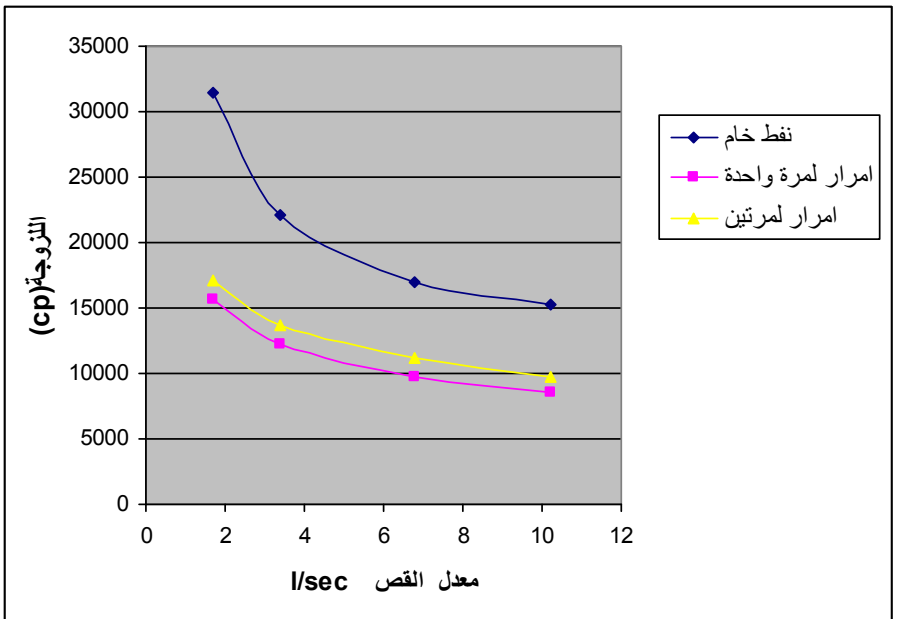
5-أخذت قياسات اللزوجة و إجهاد القص(SS) و معدل القص(SR) .

الجدير بالذكر أنه تم دراسة تأثير شدتين للمجال المغناطيسي هما 0.024 ميلي تسلا و 0.162 ميلي تسلا ، كما تمت دراسة تأثير زمن مرور السائل (زمن المكوث) و تعرضه للمجال المغناطيسي و ذلك بإمرار العينة مرتين متتاليتين عبر المجال المغناطيسي .

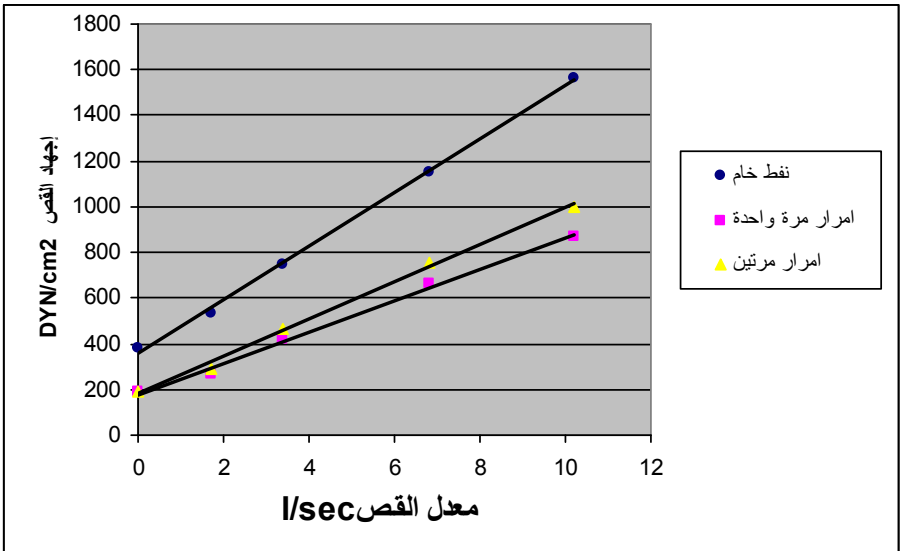
أولاً : المرحلة الأولى من التجارب تركزت على دراسة تأثير المجال المغناطيسي على الخواص السلوكية لنفط خام وادي عبيد الثقيل و مقارنتها مع النفط الخام بدون التعريض لتأثير المجال المغناطيسي ، نتائج القياسات مبينة في الأشكال (1,2,3,4,5,6,7,8,9)

ثانياً: المرحلة الثانية من التجارب تركزت على دراسة ذاكرة السائل ، فقد أثبتت الدراسات و البحوث الحديثة أهمية الدور الذي تلعبه الخواص المرنة للسائل عند الجريان و خاصة السوائل غير النيوتونية التي تظهر خواصها المرنة بشكل واضح و يؤدي في بعض الأحيان إلى شذوذ واضح في سلوكية السائل و من أهم هذه الخواص هي ذاكرة السائل و التي تعبر عن الزمن اللازم لاختفاء الأثر عن السائل بعد زوال المؤثرعنه . و الجدير بالذكر أن جميع السوائل سواء أكانت نيوتونية أم غير نيوتونية تتمتع بهذه الخاصية ، غير أن قيمتها قد تكون صغيرة جدا في السوائل النيوتونية بالنسبة لبعض المؤثرات الفيزيائية ، أما بالنسبة للسوائل غير النيوتونية فقد تبلغ ذاكرة السائل قيما كبيرة تتراوح من عدة دقائق إلى عدة ساعات و قد يدوم لعدة أيام .

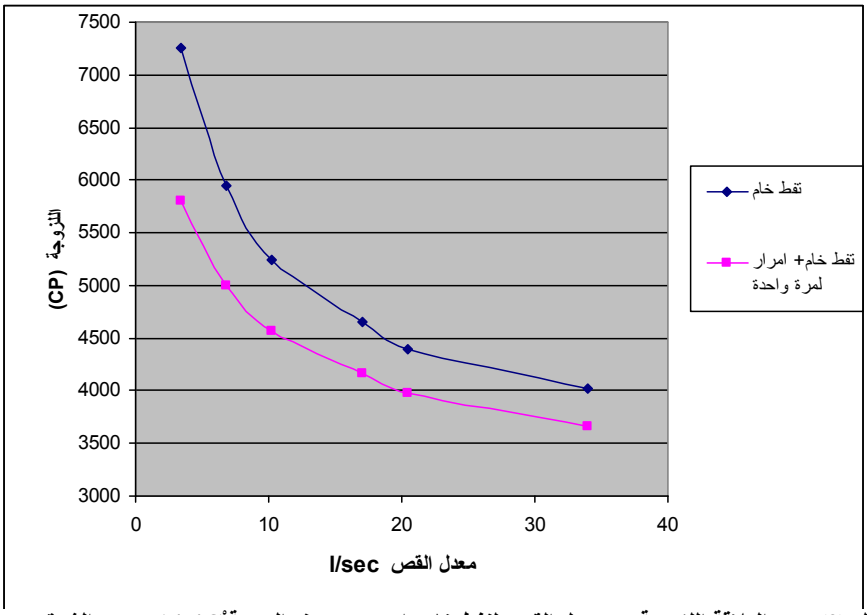
أجريت تجارب دراسة ذاكرة السائل على نفط خام وادي عبيد و بنفس الخطوات المذكورة سابقا و لكن بعد أزمنة مختلفة من الإمرار عبر المجال المغناطيسي والنتائج موضحة في الأشكال (10,11,12,13,14)



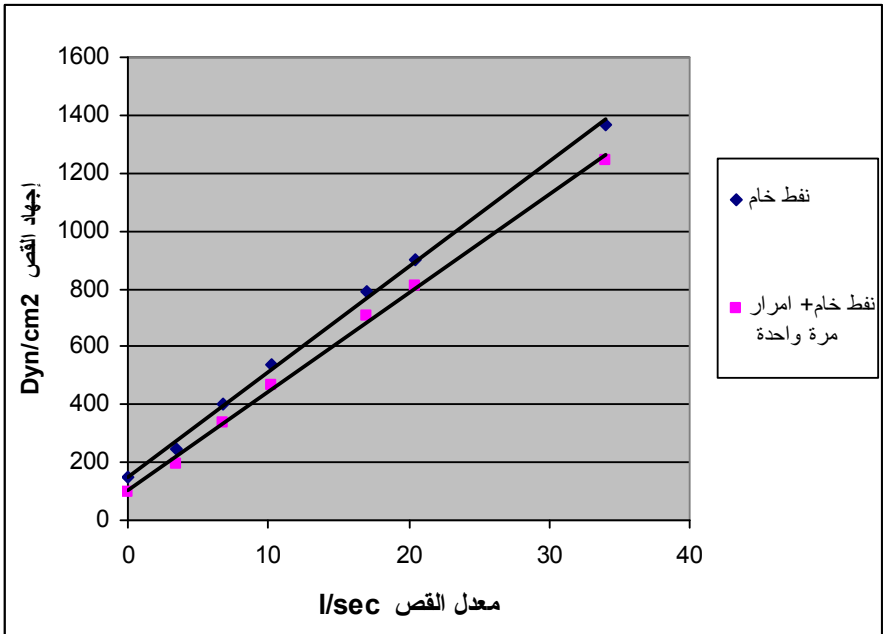
الشكل (1)يبين علاقة اللزوجة مع معدل القص لنفط خام وادي عبيد مباشرة بعد مرور السائل عبر مجال مغناطيسي شدته 0,162 ميلي تسلا لمرة واحدة ثم لمرتين متتاليتين عند الدرجة(t= 7 C°)



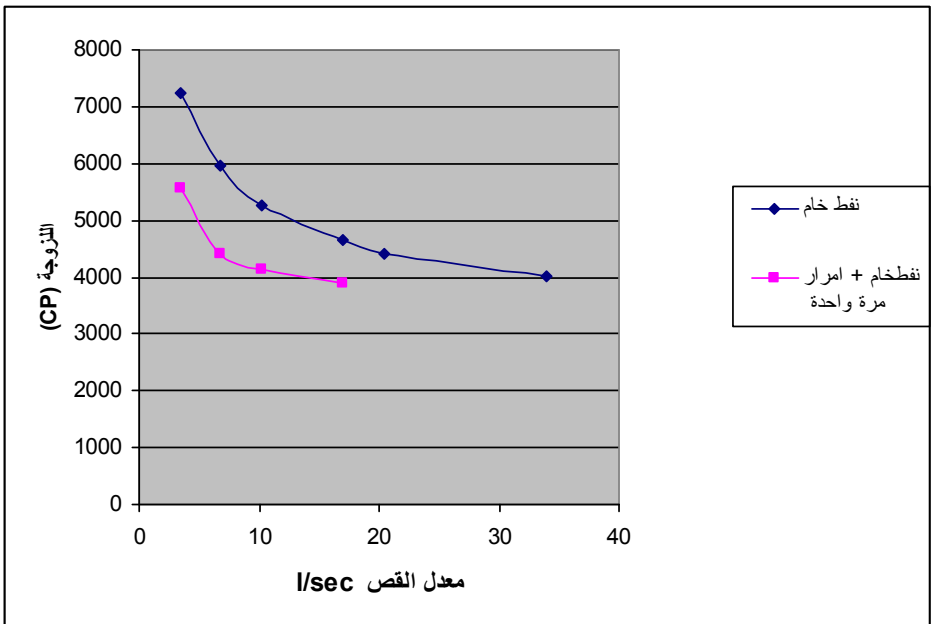
الشكل (2) يبين علاقة إجهاد القص مع معدل القص لنفط خام وادي عبيد مباشرة بعد مرور السائل عبر مجال مغناطيسي شدته 0,162 ميلي تسلا لمرة واحدة ثم لمرتين متتاليتين عند(t = 7 C°)



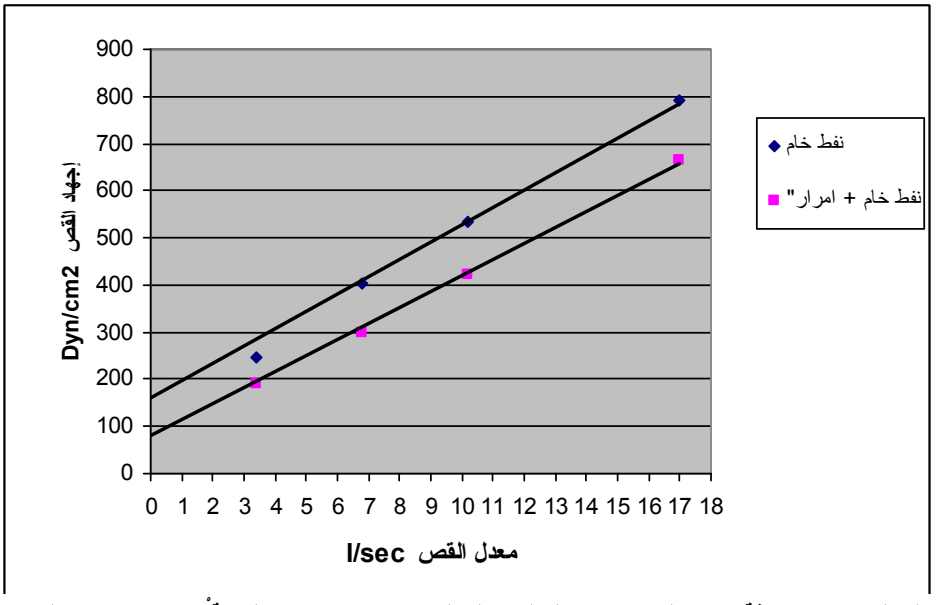
الشكل (3) يبين العلاقة اللزوجة مع معدل القص لنفط خام وادي عبيد عند الدرجة $t = 14,4C^{\circ}$ و الشدة 0,024 ميلي تسلا



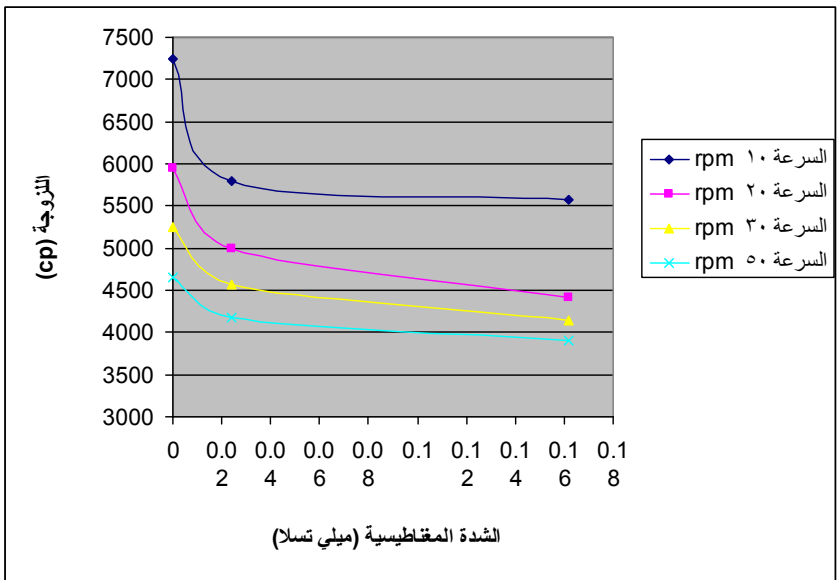
الشكل (4) يبين علاقة إجهاد القص مع معدل القص لنفط خام وادي عبيد عند الدرجة $t = 14,4C^{\circ}$ و الشدة 0.024 ميلي تسلا



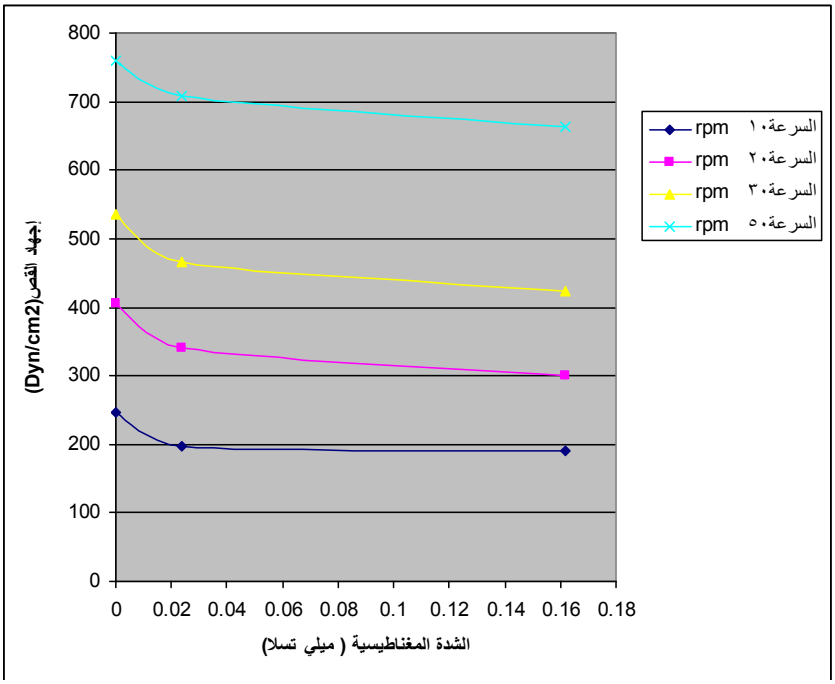
الشكل(5) يبين علاقة اللزوجة مع معدل القص لنفط خام وادي عبيد عند الدرجة° T= 14.4C و الشدة 0.162 ميلي تسلا .



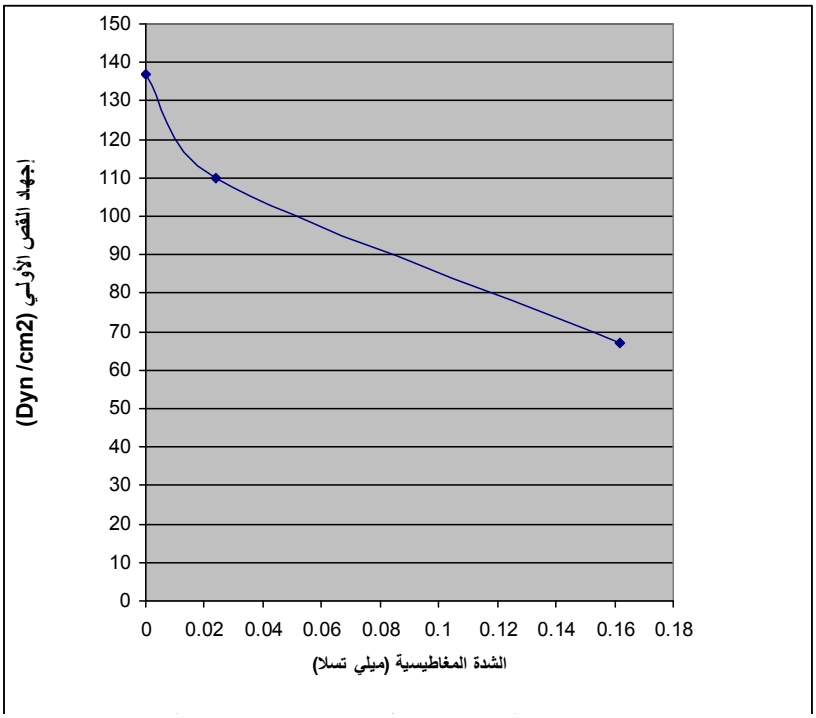
الشكل(6) يبين علاقة إجهاد القص مع معدل القص لنفط خام وادي عبيد عند الدرجة° T = 14.4C و الشدة 0.162 ميلي تسلا



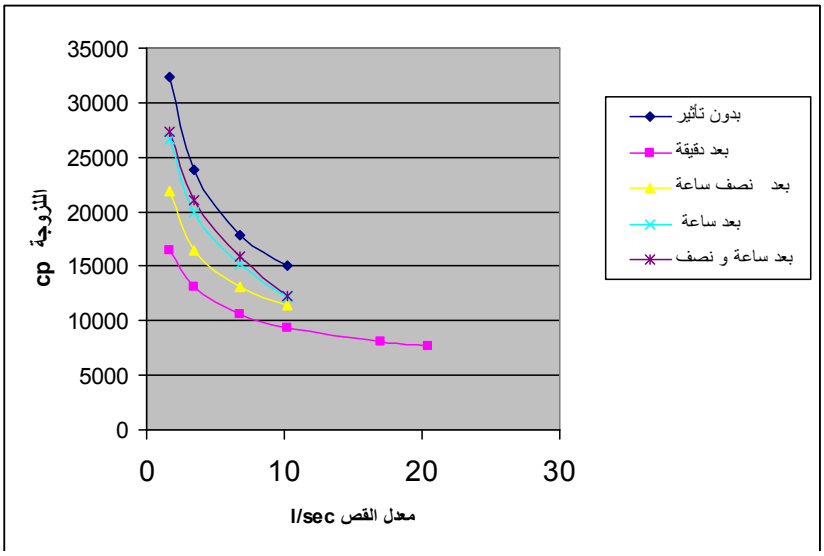
الشكل (7)يبين علاقة اللزوجة مع الشدة المغناطيسية عند سرعات مختلفة لنفط وادي عبيد



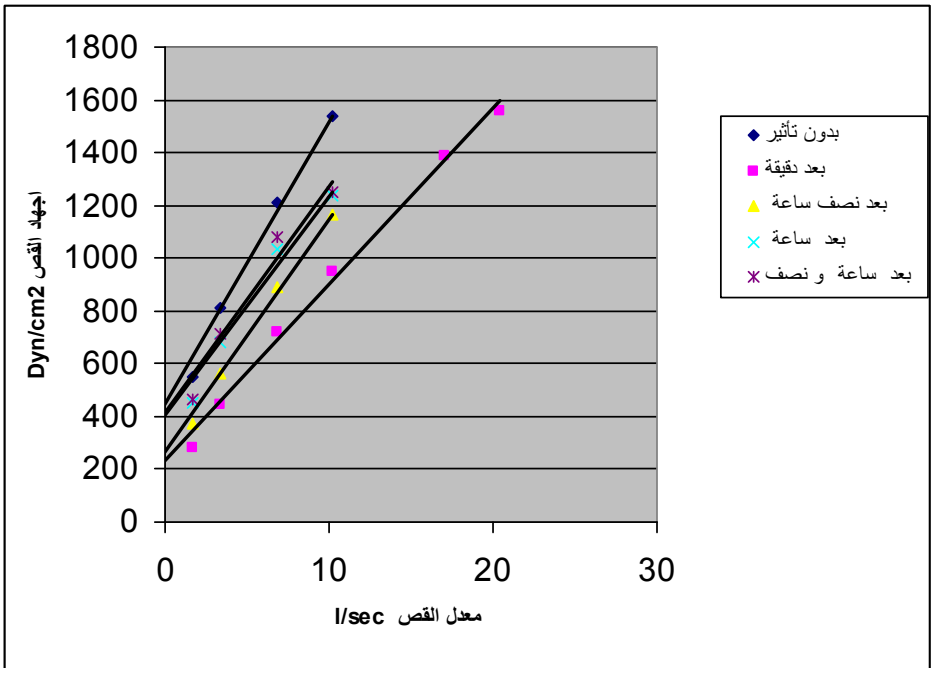
الشكل(8) يبين علاقة إجهاد القص مع الشدة المغناطيسية عند سرعات مختلفة لنفط وادي عبيد



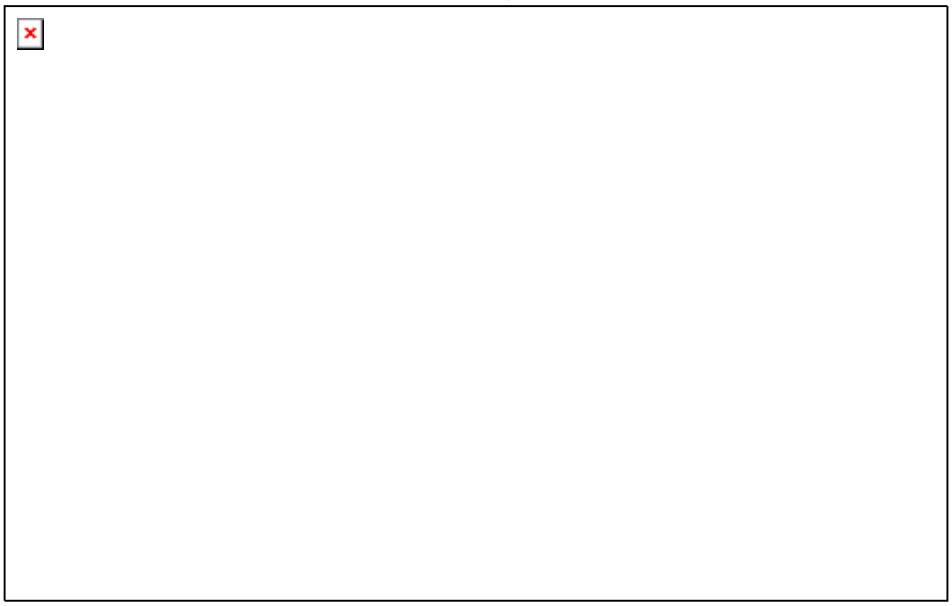
الشكل(9) يبين علاقة إجهاد القص الأولي مع الشدة المغناطيسية لنفط وادي عبيد



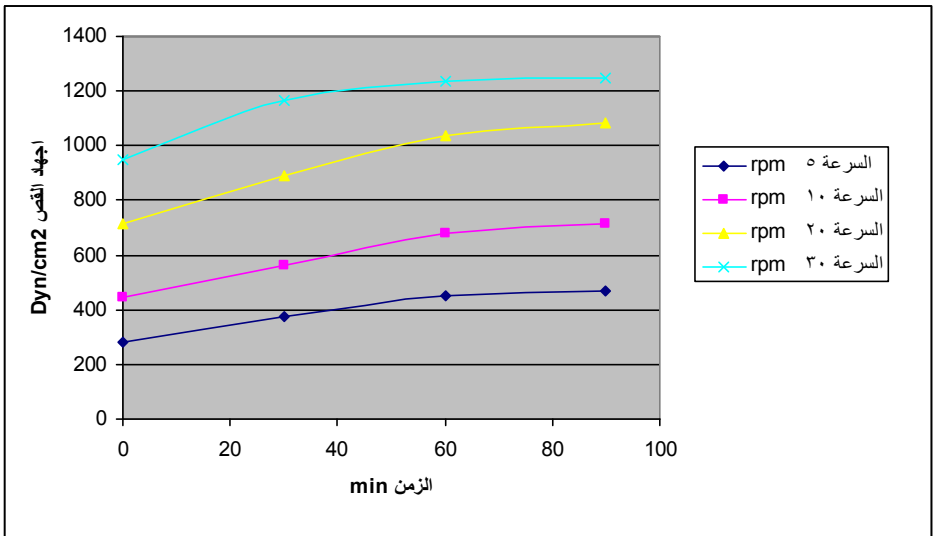
الشكل(10) يبين قيم لزوجة نفط خام وادي عبيد بعد أزمنة مختلفة من الإمرار عبر مجال مغناطيسي شدته 0.162 ميلي تسلا بالعلاقة مع معدل القص



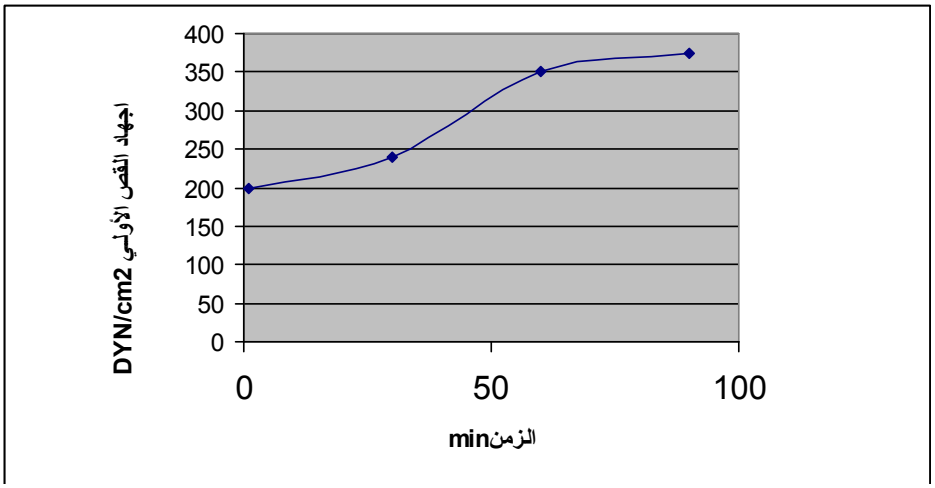
الشكل(11) يبين قيم إجهاد القص لنفط خام وادي عبيد بعد أزمنة مختلفة من الإمرار عبر مجال مغناطيسي شدته الشدة 0.162 ميلي تسلا بالعلاقة مع معدل النقص



الشكل(12) يبين قيم اللزوجة بعد أزمنة مختلفة من الإمرار عبر مجال مغناطيسي شدته 0.162 ميلي تسلا لنفط خام وادي عبيد عند سرع مختلفة



الشكل(13) يبين قيم إجهاد القص بعد أزمنة مختلفة من الإمرار عبر المجال المغناطيسي شدته 0.162 ميلي تسلا لنفط خام وادي عبيد عند سرع مختلفة



الشكل(14) يبين قيم إجهاد القص الأولي بعد أزمنة مختلفة من الإمرار عبر مجال مغناطيسي شدته 0.162 ميلي تسلا لنفط خام وادي عبيد

مناقشة النتائج :

1-إن نفط خام وادي عبيد هو نفط غير نيوتوني و من النوع البنغامي (البلاستيكي) حيث أن الخطوط البيانية لا تبدأ من الصفر و هي خطية و هذا ماهو ملاحظ في الشكل (2)

2- يؤدي إمرار النفط الخام ضمن مجال مغناطيسي إلى تقليل لزوجة النفط كما يظهر الشكل(1) فمثلا عند معدل قص SR=10,2 1/sec كانت لزوجة نفط خام وادي عبيد (15310 CP) عند(t = 7C̊) أصبحت (8516 CP) بعد الإمرار ضمن المجال المغناطيسي كما يلاحظ انه بإمرار النفط الخام ضمن المجال المغناطيسي ينخفض معدل تزايد جهد القص بالعلاقة مع معدل القص كما ينخفض جهد القص الأولي (جهد الخضوع) وهذا يعني تحسين خصائص النفط الحركية وهذا ما هو ملاحظ في الشكل(2) فمثلا عند معدل القص (SR=10,2 1/sec) كان إجهاد القص للنفط الخام Dyn/cm^2 1561,62) (أصبح (Dyn/cm^2 868,632) بعد الإمرار ضمن المجال المغناطيسي و بالنتيجة أدى تعريض النفط الخام الثقيل إلى مجالات فيزيائية (حقل مغناطيسي) إلى تحسين الخواص المرنة و الانسيابية بشكل واضح ، حيث اقتربت خصائص النفط غير النيوتوني من خصائص النفط النيوتوني.

3- لدى الإمرار الأول وبتأثير المجال المغناطيسي أدى إلى انتظام لمسار الجزيئات لتأخذ منحى معين مما أدى إلى انخفاض اللزوجة و بعد الإمرار لمرة ثانية لوحظ تراجع في تأثير المجال المغناطيسي ، وربما يعود ذلك إلى التشويش في كيفية تأثر الجزيئات بالمجال المغناطيسي ، وهذا ما هو ملاحظ في الشكل(1) و الشكل(2).

4- بزيادة شدة الحقل المغناطيسي يزداد انخفاض لزوجة النفط الخام كما هو ملاحظ في الشكل(7) . فمثلا عند معدل قص (SR=10,2 1/sec)كانت اللزوجة (5250 CP) عند (t=14,4C̊)بدون إمرار أصبحت (4566 CP)عند الشدة

(ميلي تسلا0,024) و أصبحت (4150 CP)عند الشدة (ميلي تسلا 0,162).

5- بزيادة شدة الحقل المغناطيسي يزداد انخفاض إجهاد القص للنفط الخام و هذا ماهو ملاحظ في الشكل(8) فمثلا عند معدل القص (SR=10,2 1/sec)كان الإجهاد القص (535,5 Dyn/cm^2)بدون إمرار .أصبح (465,732 Dyn/cm^2) عند الشدة(ميلي تسلا0,024) و أصبح (423,3 Dyn/cm^2) عند الشدة(ميلي تسلا0,162) .

6- بزيادة شدة الحقل المغناطيسي يزداد انخفاض إجهاد القص الأولي كما هو ملاحظ في الشكل (9)حيث كانت قيمته(138 Dyn/cm^2) بدون إمرار أصبحت(110 Dyn/cm^2) عند الشدة (ميلي تسلا0,024) و أصبحت (67 Dyn/cm^2) عند الشدة (ميلي تسلا0,162) .

7- و كنتيجة أدت زيادة شدة الحقل المغناطيسي من (ميلي تسلا 0,024) إلى (ميلي تسلا 0.162) إلى نتائج ايجابية في تحسين خواص نفط وادي عبيد الثقيل من حيث تخفيض اللزوجة ، تخفيض إجهاد القص ، تحسين العلاقة بين معدل القص و إجهاد القص من ناحية و من ناحية أخرى بين معدل القص و اللزوجة .

8- في حال وجود عدة شدات للمجال المغناطيسي يمكن تحديد المجال الأمثل بحيث تكون النتائج ايجابية و مثالية .

9- يلاحظ أنه بعد الإمرار الأول ضمن المجال المغناطيسي انخفضت لزوجة النفط الخام وبعد أزمنة مختلفة من الإمرار بدأت اللزوجة تزداد تدريجيا لتعود تقريبا إلى قيمها قبل الإمرار حيث بعد ساعة و نصف من الإمرار بدأت قيم اللزوجة تعود تقريبا إلى قيمها الأولية قبل الإمرار كما هو ملاحظ في الشكل(12) كما أن معدل تزايد إجهاد القص بالعلاقة مع معدل القص انخفض بعد الإمرار الأول وبعد أزمنة مختلفة من الإمرار بدأت هذه القيم تتزايد لتعود تقريبا إلى قيمها قبل الإمرار و هذا ماهو ملاحظ في الشكل (11).

مثال :عند معدل القص (SR=3,4 1/sec)

(=809.2 Dyn/cm^2) , (=23800 CP) قبل الإمرار

(=445,4 Dyn/cm^2) , (= 13100 CP) بعد الإمرار (قياس مباشر)

(= 714 Dyn/cm^2) , (= 21000 CP) بعد ساعة ونصف من الإمرار

10- يلاحظ في الشكل(14) أن الإجهاد القص الأولي ينخفض بعد الإمرار الأول إلى قيمة معينة و بعد أزمنة مختلفة من الإمرار تأخذ قيم إجهاد القص الأولي بالتزايد لتصل إلى القيمة الأولية . فلقد كان (=400 Dyn/cm^2) قبل الإمرار أصبح(=200 Dyn/cm^2) عند (T= 1min) و أصبح

(= 375 Dyn/cm^2) عند (T= 90 min)

11- تتأثر العملية بالعوامل التالية : سرعة السائل ، شدة الحقل المغناطيسي زمن التعرض السائل للتأثير (زمن المكوث) ، نوعية النفط و صفاته الفيزيائية و الكيميائية.

References

1.Gomes, M.G.F.M., Pereira, F. B., Lino, A.C.F. "Solution and Procedures to Assure the Flow in Deepwaters Condition", paper OTC 8229 presented at the 1996 Offshore Technology Conference, Houston, Texas, 1996,

2.Donaldson, J. D. "The Application of Magnetic Devices to Control Scale". Tube International. 1988, 39

3.Baker, S.B., Judd. S.J. "Magnetic Amelioration of Scale Formation", Wat. Res. Vol. 30, No. 2 pp 247-260, 1996

4.Castellan, G. W.: Physical Chemistry, Addson Wesley Publishing Company, Inc. 1971.

5.Modell. M. Reid, R.C. Thermodynamics and if Applications. Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, N.J. (1974)

6.Burguer, E. Striegler, T.K."Studies of Paraffin Deposition in the Trans Alaska Pipeline". JPT, 1986(6), 1075-1086

7.Mansoori , G.A. :"Deposition and Fouling of Heavy Organic Oils and Other Compounds", P.P.210-223, Proceed. of the 9th Inter. Conf. on Properties and Phase Equilibria for Product and Process Design (PPEPPD 2001), Okayama, JAPAN, May 20-25, 2001"

8. Mansoori , G.A. : "Cause and effect of deposition and fouling of heavy organics and other compounds in fuel and petrochemical processes", P.P. 1-17 KU Int'l J Sci. & Tech., 2002.

9. Tuttle, R.N. "High pour-point and asphaltic crude oils in condensates", P.P 1192- 1196, Journal of Pet. Tech., June 1983.

10 . Petroleum transportation Handbook , M.C GRAW-HILL BOOK ,New York 1989.

11- د. ماهر سعادة / نقل وتخزين وتوزيع النفط والغاز .

منشورات جامعة البعث .حمص /1998-1997/ .

12. Keshmirizadeh E., Modarress H.:" A new theory for polymer/solvent mixtures based on hard-sphere limit", P.P.1141-1150 ,European Polymer Journal, Volume 39, Issue 6, , June 2003.

13. Marques, L.C.C. Vieira, L. C., Machado, A. L. C., Oliveira. R. C. G. Louvisse A. M. T., "A Field Case of Paraffin Deposition Control by Continuo-s Injection of Chemicals", In: First International Symposium on Colloid Chemistry in Oil Production: Asphaltenes and Paraffin Deposition, Proc., I, 160-167, 11(1995), Rio de Janeiro

14 Biao, W. & Lijian, D. "Paraffin Characteristics of Paraffinic Crude Oils in China and the Methods of Paraffin Removal and Inhibition", paper SPE 29954 presented at the 1995, Beijing, 1995

15.Khalil. C.N. Rocha. N.O. Silva. E.B. "Detection of Formation Damage Associated to Paraffin Deposition in Reservoir of the Reconcavo Baiano, Brazil", paper SPE 37238 presented at the 1997 SPE Oilfield Chemistry Symposium, Houston. 1997, Feb.28-21

16- أعمال المؤتمر الدولي السادس لهندسة المناجم والبترول والفلزات .

مجلد /2/ هندسة البترول ، كلية الهندسة – جامعة القاهرة ، 20 –24 ، فبراير 1999 .

17. Busch, Kenneth W., Marianna A. Busch, Deborah Parker, James L. McAtee, and Ralph Darling, Magnetic Water Treatment Devices: The Results of a University Study, Presented to 45th Annual Water Conference, Pittsburgh, Pennsylvania, October 22-24, 1984, 22 pp.

18. Donaldson, John and Sue Grimes, "Lifting the Scales from Our Pipes," New Scientist, February 18, 1988, 5 pp.

19.Benson, R.F., B.B. Martin, and D.F. Martin. 1994. "Management of Scale Deposits by Diamagnetism. A Working Hypothesis." Journal Environmental Science and Health, A29(8):1553-1564.

20.Parsons, S.A., Bao-Lung Wang, S.J. Judd, and T. Stephenson. 1997. "Magnetic Treatment of Calcium Carbonate Scale -- Effect of pH Control." *Water Research*, 31(2): 339-342.

21.Marth, R.A. 1997. A Scientific Definition of the Magnetic Treatment of Water: Its Subsequent Use in Preventing Scale Formation and Removing Scale. Research Conducted for Descal-A-Matic Corporation.