

تأثير غاز ثاني أكسيد الكربون ومخفضات التوتر السطحي على الصفات الفيزيائية للنفط الطبقى

د. جورج عبدالله عبد الأحد
م. أحمد عقل سعيد

ملخص البحث

يهدف البحث إلى معرفة تأثير ثاني أكسيد الكربون (CO_2) على صفات النفط الطبقى مثل ضغط اشباع ، عامل غازي ، عامل حجم نطف ، كثافة و لزوجة عند نسب مختلفة منه على هذا النفط في خلية ال P.V.T كما يهدف لدراسة تأثير بعض المواد الكيميائية على لزوجته عند درجة حرارة الطبقة .

حضر النفط في المخبر بشكل مشابه للنفط الطبقى في حقل عليان _ طبقة الماسيف بحيث يكون العامل الغازي (GOR) نفسه من خلال اضافة حجماً محدداً من الغاز فصل من إحدى محطات التجميع للحقل إلى النفط المفصول من تلك المحطة ثم تمت دراسة تأثير غاز CO_2 بنسب مختلفة على صفات هذا النفط قبل و بعد اضافة مخفض التوتر السطحي Servo المستخدم في الحقل .

كما حضر نطف مشابه للنفط الطبقى من حيث اللزوجة و الكثافة بإضافة الكيروسين بنسب مختلفة إلى النفط المفصول من تلك المحطة ، و تم دراسة تأثير بعض المواد الكيميائية على لزوجته عند درجة حرارة الطبقة .

The effect of Carbon Dioxide and Surfactants on Physical Properties of Layer Oil

Summary

This research aims to knowing the effect of Carbon Dioxide(CO_2) on layer oil Properties such as : saturation pressure, Gas factor, oil volume factor, Density and viscosity theoretically and knowing its effects on it practically at different ratios of CO_2 on this oil in P.V.T. cell.

Also it aims to study of some chemicals effect on its viscosity was done at layer temperature.

This oil was prepared in laboratory like the layer oil in Alian Field – Massive on basis that gas factor(GOR) should be the same through adding a certain volume of gas that is separated from one of the field collecting stations to the oil separated from this station, then the study of CO_2 effect was done by different ratios on this oil properties before and after adding the servo surfactant that is used in the field.

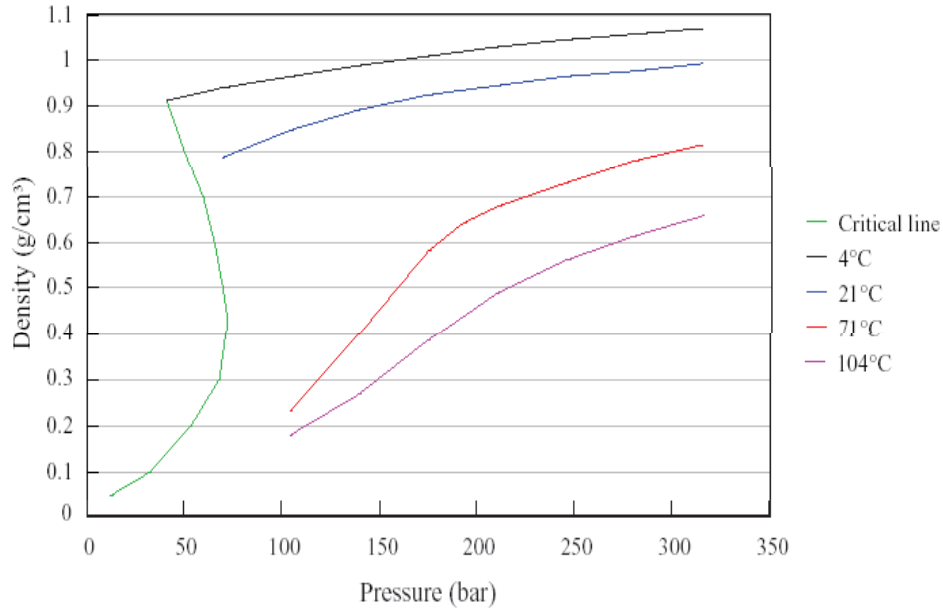
Also another oil that was similar to layer oil in viscosity and density was prepared by adding kerosene in different ratios to the oil separated from that station. the study of some chemicals effect on its viscosity was done at layer temperature.

القسم النظري:

1-1- الخواص الفيزيائية لغاز CO₂:

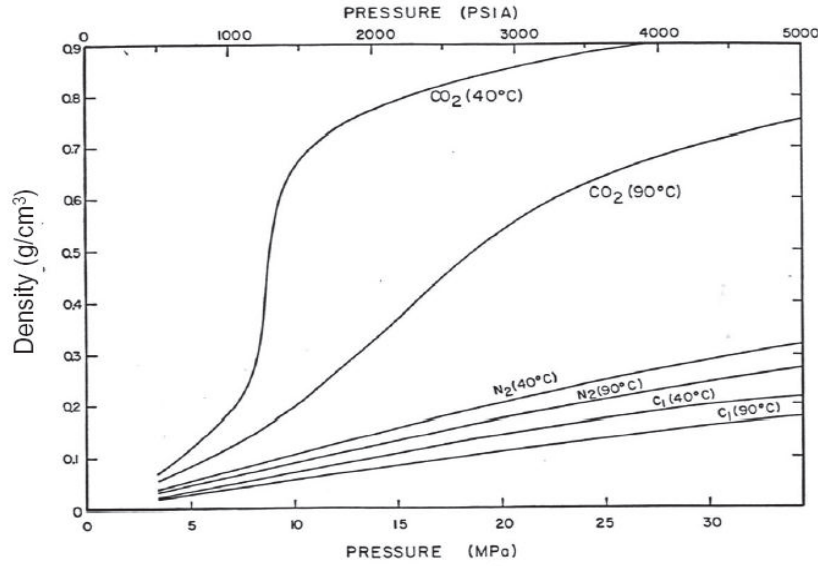
يعتبر غاز ثاني أكسيد الكربون غاز لا لون له و لا رائحة في الشروط العادية ،و يتحول إلى غاز سام إذا زادت نسبته في الجو عن 10%. و تمثل كتلته المولية كتلة واحد مول منه و المساوية 44,01 g/mole. يعتبر غاز CO₂ غازاً في الشروط العادية و يمكن أن يصبح سائلاً عند ضغوط أعلى من الضغط الحرج 73 Kgf/Cm^2 و حرارة أقل من 31°C .

تتعلق كثافة غاز CO₂ بالضغط و الحرارة ، الشكل رقم (1-1)، والشكل (2-1) .



الشكل (1-1) تغير كثافة غاز CO₂ بدلالة الضغط و الحرارة

تأثير غاز ثاني أكسيد الكربون ومخفضات التوتر السطحي على الصفات الفيزيائية للنفط الطبيعي



الشكل (2-1) تغير كثافة غاز CO₂ وبعض الغازات الأخرى بدلالة الضغط و الحرارة يمكن حساب كثافة غاز CO₂ كتابع للضغط و الحرارة من العلاقة التالية :

$$(1-1) \quad \rho = \frac{P}{Z \cdot R \cdot T}$$

حيث أن :

ρ : الكثافة (g/cm³) . P : الضغط (pas.) . T : درجة الحرارة (k) .

R : ثابت الغاز (j/kg. k) و يساوي من أجل غاز CO₂ R=188 j/ kg. K

Z : معامل انضغاطية غاز CO₂ و يحسب بدلالة الضغط و الحرارة المصغرين كما

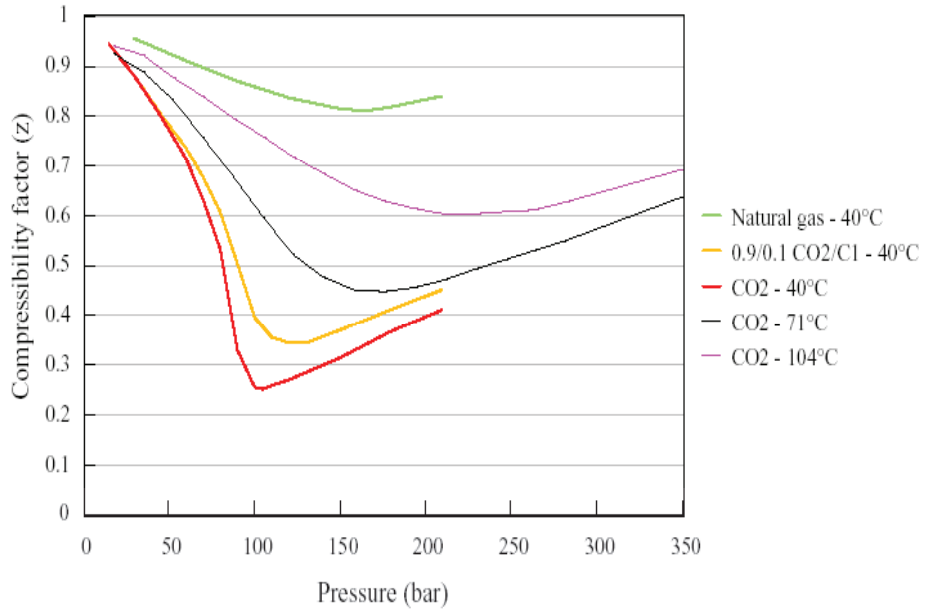
يظهر من الشكل رقم (3-1) .

يتحول غاز CO₂ النقي إلى الحالة السائلة كما ذكرنا عند درجة حرارة 31°C أما إذا احتوى

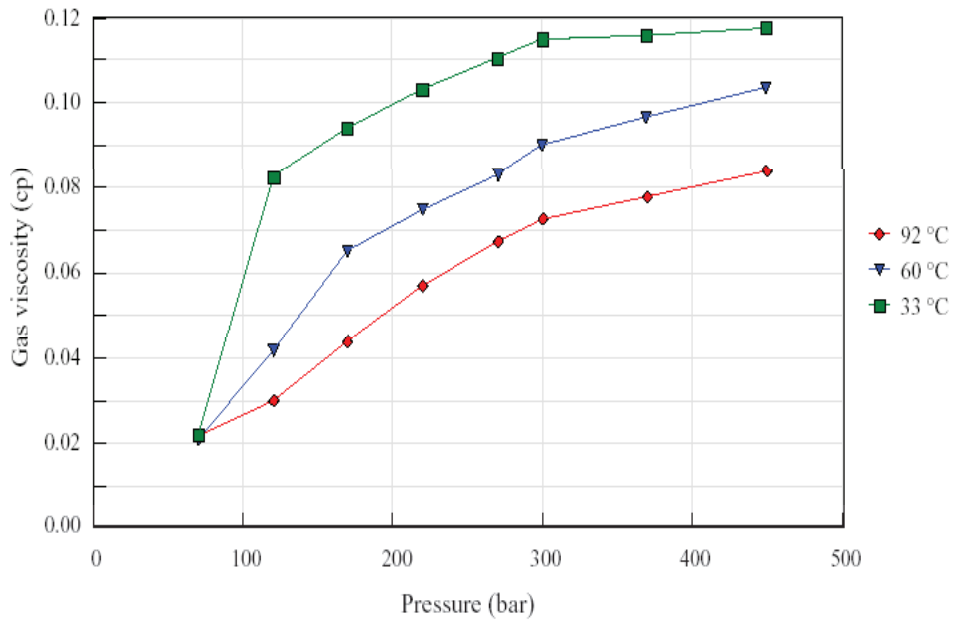
على بعض الغازات الهيدروكربونية فإن هذه الدرجة ترتفع و تصبح 40 °C

تتعلق لزوجة غاز ثاني أكسيد الكربون بالضغط و الحرارة كما يظهر من الشكل (4-1)،

وتزداد بازدياد الضغط عند درجة حرارة ثابتة كما هو موضح في الشكل رقم (4-1) .



الشكل (3-1) عامل انضغاطية لكل من غاز CO_2 ومزيج من الميثان و غاز CO_2 عند الدرجة $40^\circ C$



الشكل (4-1) علاقة لزوجة غاز CO_2 بالضغط و الحرارة

2-1- الخواص الذوبانية لغاز ثاني أكسيد الكربون:

بنيت الأبحاث و التجارب أن هناك ثلاثة عوامل تتحكم بذيوبان غاز ثاني أكسيد الكربون في النفط و هي الضغط و درجة الحرارة و تركيب النفط الخام ، وتبين أن ذوبانية ثاني أكسيد الكربون في النفط تزداد بازدياد الضغط ، و تتناقص بازدياد درجة الحرارة [1]. تفوق ذوبانية غاز ثاني أكسيد الكربون في النفط ذوبانيته بالماء ب 4-10 مرات، و تفوق أيضا ذوبانية غاز الميثان .

يمكن تقييم ذوبانية غاز ثاني أكسيد الكربون في النفط بالعلاقة التالية حسب ستيندينغ [2]:

$$(2-1) \quad R_s = C_1 \cdot \bar{d} \cdot p^{C_2} \exp \{C_3 \cdot [\rho_o / (t + 460)]\}$$

حيث : R_s : ذوبانية غاز ثاني أكسيد الكربون في الشروط النظامية C_{f3}/bbI

\bar{d} : الوزن النوعي النسبي للغاز . p : الضغط (Psia) . ρ_o : كثافة النفط الأولي

(API) . t : درجة الحرارة (F) . C_1, C_2, C_3 : ثوابت تتعلق بكثافة النفط .

فمن أجل النفط ذو الكثافة الأولية $\rho_o \leq 30 API$ (أي $\rho_o \leq 876,2 Kg/m^3$)

فإن $C_1=0.0362$ ، $C_2=1,0937$ ، $C_3=25,724$

أما من أجل النفط ذو الكثافة الأولية $\rho_o > 30 API$ (أي $\rho_o > 876,2 Kg/m^3$)

فإن $C_1=0.0178$ ، $C_2=1,187$ ، $C_3=23,931$

كذلك قام باحثون آخرون بوضع علاقات لتحديد ذوبانية CO_2 في النفط نذكر منهم

Emera and Sarma : نميز هنا حالتين

1- عندما يكون CO_2 في الحالة الغازية لدرجة حرارة أعلى من $t^\circ C$ (عند كافة الضغوط

) و درجات حرارة أقل من $t^\circ C$ و الضغط أقل من ضغط CO_2 السائل فإن الذوبانية تعطى

بالعلاقة التالية [6] :

$$(3-1) \quad R_s(\text{mole fraction}) = 2.238 - 0.33y + 3.235 \cdot y^{0.6474} - 4.8 \cdot y^{0.25656}$$

$$Y = \gamma(0.006897 \times (1.8T + 32)^{0.8} / Ps) \exp(1/Mw)$$

2- عندما يكون CO_2 في الحالة السائلة لدرجة حرارة أقل من $t^\circ C$ و الضغط أعلى من

ضغط CO_2 السائل فإن الذوبانية تعطى بالعلاقة التالية :

$$Rs(\text{mole fraction}) = 0.033 + 1.14y^2 - 0.7716y^3 + 0.217y^4 - 0.02183.y \exp((1.8T+32)/Mw) \quad (4-1)$$

3-1- تأثير غاز ثاني أكسيد الكربون على النفط الطبقي:

1-انتفاخ النفط : يعني انتفاخ النفط زيادة حجمه من خلال ذوبان ثاني أكسيد الكربون فيه ويعتمد معامل الانتفاخ على الضغط و درجة الحرارة و تركيب النفط الخام [1] .

يعتبر انتفاخ النفط من الأمور الهامة لسببين :

1- يؤدي إلى زيادة ظاهرية في درجة تشبع الفراغات المسامية بالنفط (ظاهرة التوضع) و بالتالي يزداد الضغط في الفراغات المسامية مما يؤدي إلى دفع كميات النفط المتبقية إلى آبار الإنتاج.

2- يدفع الماء خارج الفراغات المسامية فتزداد النفوذية الفعالة للنفط و تصبح الطبقة أكثر ملائمة لتمرير النفط .

و بناءً على الأبحاث التي تم إجراؤها من قبل فرانك ت.ه. تشونغ و نوماس.ي.بور شفيد فإن انتفاخ النفط لدى ذوبان غاز ثاني أكسيد الكربون فيه يمكن أن يقيم بالعلاقة التجريبية التالية:

$$SF = 1 + 6.2335E - 4 \times Rs \quad (5-1)$$

2-الكثافة : يلاحظ زيادة بسيطة لكثافة المزيج النفط المشبع بCO₂ و من ثم يلاحظ انخفاضها وترتبط الزيادة البسيطة في كثافة النفط باستخلاص أو نقصان المركبات الطيارة في النفط بينما يعود انخفاضها إلى زيادة حجم النفط نتيجة ذوبان غاز ثاني أكسيد الكربون فيه ، كون غاز ثاني أكسيد الكربون أقل كثافة من النفط تعطى كثافة النفط المشبع ب CO₂ بالعلاقة التالية [3] :

$$\rho_o = \frac{\rho_{osc} + \frac{R_{so} \cdot M}{2130,3}}{B_o} \quad (6-1)$$

حيث أن :

ρ_o - كثافة النفط المشبع (Lb / Ft³) . M- الوزن الجزيئي للغاز .

$$\rho_{osc} - \text{كثافة النفط الميت و تساوي} \quad (7-1) \quad \rho_{osc} = 62,4 \left(\frac{141,5}{131,5 + API} \right)$$

تأثير غاز ثاني أكسيد الكربون ومخفضات التوتر السطحي على الصفات الفيزيائية للنفط الطبقي

B_0 - معامل حجم النفط المتشكل و هو النسبة بين الحجم بالظروف الطبقيّة مقدرا بالبرميل و الحجم بالظروف السطحية مقدرا بـ : STB أي برميل نفط سطحي (STB / bbL).
 R_{os} - ذوبانية الغاز و تقدر بالقدم المكعب القياسي (SCF) لكل برميل نفط سطحي (STB) و تعطى بالعلاقة التالية :

$$(8-1) \quad R_{os} = \frac{(Y_{CO_2}) \cdot (379,4)}{(1 - Y_{CO_2}) \cdot (Moil) / (\rho_{osc}) \cdot (5,615)}$$

حيث أن :

Y_{CO_2} - الكسر المولي لثاني أكسيد الكربون في المزيج (نفط - CO_2) .
 $Moil$ - الوزن الجزيئي للنفط .

- حسب (Emera and Sarma (2006) تحسب الكثافة من العلاقة التالية :

$$(9-1) \quad \rho = \rho_i - 0.10276y^{0.608} + 0.1407y^{0.6133}$$

حيث أن :

$$y = (\gamma \times P_i (P_s - P_b)^{1.25}) / (1.8 \times t + 32)$$

ج- اللزوجة : تتناقص لزوجة النفط لدى تشبعه بغاز ثاني أكسيد الكربون و تكون قيمة التناقص أكبر كلما كانت لزوجة النفط الأولية أكبر [2] . يتعلق معدل انخفاض لزوجة النفط نتيجة ذوبان غاز ثاني أكسيد الكربون فيه بالإضافة إلى تركيب النفط الخام الأولي بالضغط و الحرارة .

تعطى لزوجة النفط المشبع بغاز ثاني أكسيد الكربون بعلاقة ي . ي . دوينوشكين التالية :

$$(10-1) \quad \mu_o = A(q) * \mu_i^{b(q)}$$

حيث أن :

μ_i : لزوجة النفط الأولية (CP) .

q^* : النسبة الوزنية ل CO_2 في النفط .

$A(q), b(q)$: ثوابت تجريبية يحسبان كما يلي :

$$A(q) = 0.22 / [0.22 + (q^*)^2]$$

$$b(q) = [0.362 / (0.28 + q^*)] 0.295$$

- حسب (Emera and Sarma (2006)

$$(11-1) \quad \mu = y \times \mu_i + A(Sol(molefraction) / \mu_i)$$

حيث أن :

$$Y = X^B$$

$$A=-9.5, B=-0.732, C=3.14129, D=0.23$$

4-1- ضغط الامتزاجية الأصغري: Minimum Miscibility Pressure

هو أصغر ضغط يتم عنده الامتزاج و نحصل منه على أعلى مردود . و قد جرت عدة محاولات من قبل عدد من الباحثين لتحديد ضغط الامتزاجية الأصغري و ذلك لأن حدوث الامتزاج ضروري جداً لكي يتم الكسح ضمن الطبقة و السمة العامة لمعظم الدراسات تشير إلى أنه بزيادة كثافة النفط فإن MMP يزداد و بشكل عكسي عند تقليل محتوى تبخير الهيدروكربونات في النفط الخام .

استنتج الباحثان (Pollin – Johnson) عام 1981 أن ضغط الامتزاجية الأصغري و بالتالي تغيرات الامتزاجية تتعلق بـ : كثافة النفط – الوزن الجزيئي للنفط – درجة حرارة الوسط تركيب غاز الحقن [5] .

و قد توصل الباحثون (Holm – Yellig – Josendal) إلى أن ضغط الامتزاجية الأصغري يتعلق بدرجة حرارة الوسط و تركيب النفط و لا سيما الوزن الجزيئي لأجزاء C5+ في النفط كما يظهر في [6] .

و قد أظهرت التجارب أن المركبات الأخرى التي يمكن أن يتضمنها غاز الحقن CO₂ مثل الأزوت و الميثان و كبريت الهيدروجين تستطيع أن تغير الضغط المطلوب للحصول على الامتزاجية و قد توصل عدد من الباحثين إلى علاقات تجريبية لتحديد ضغط الامتزاجية الأصغري نذكر منهم :

1- معهد استعادة البترول ، كندا [7] Petroleum Recovery Institute,

$$(12-1) \text{ MMP}=1071.82893*10^{(b)}$$

$$b=[2.772-(1519/T)] \quad \text{حيث أن :}$$

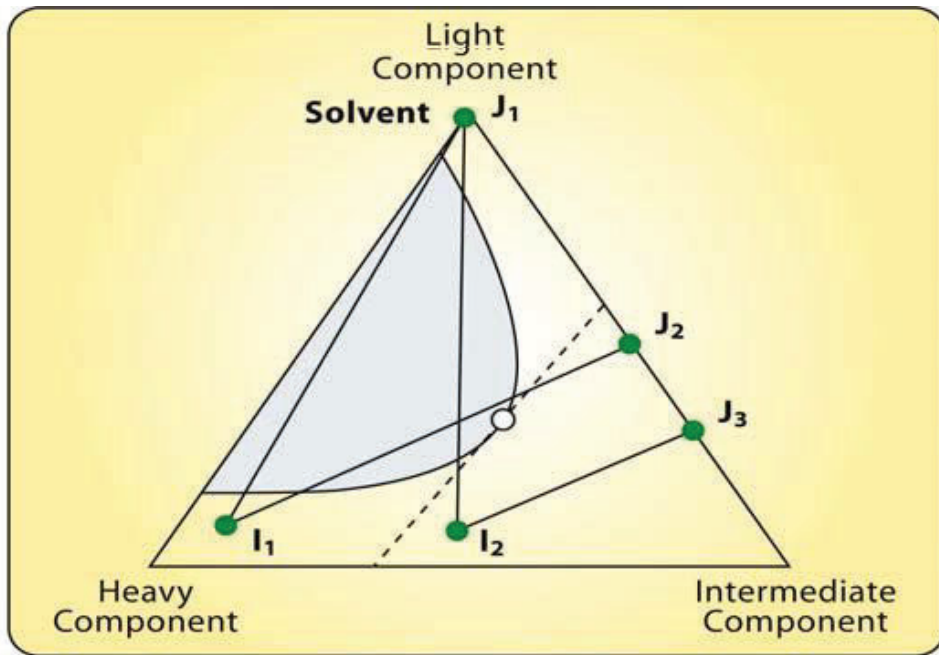
T : درجة حرارة الطبقة بالرانكين . MMP : Psi

1-5- دراسة السلوك الطوري: تحدد امتزاجية الموائع من خلال المثلث ثلاثي التركيب (Clark, 1958) . يكون تمثيل التركيب بنسبة المركبات الثلاثة في النظام يوضح

الشكل (1-5a,b) المثلث الثلاثي الطور للهيدروكربونات عند (p ,t) ثابتين .

تأثير غاز ثاني أكسيد الكربون ومخفضات التوتر السطحي على الصفات الفيزيائية للنفط الطبقي

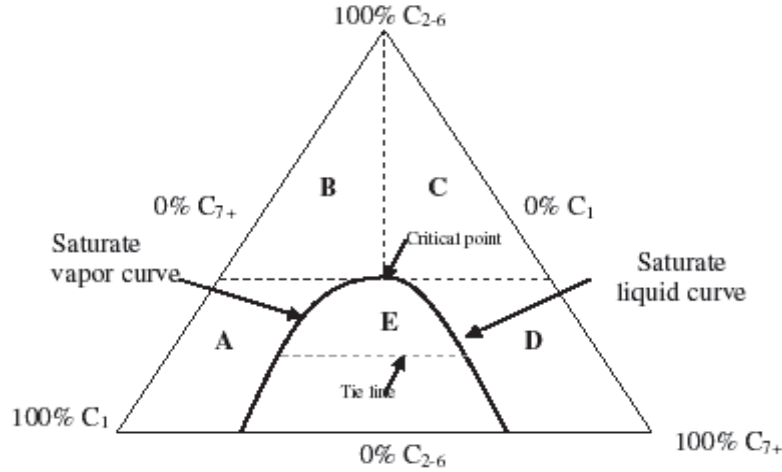
في الشكل (a-5-1) فإن الخط (J_3-I_2) لا يمر من خلال المنطقة ثنائية الطور و خط الربط الحدي يشكل الإزاحة الامتزاجية عند التماس الأول أما الخط $(I_1 - J_1)$ فيتمدد بكليته في المنطقة الثنائية الطور فيشكل الإزاحة اللامتزاجية . أما عندما يكون التركيب والحقن على الجانب المعاكس فإن الإزاحة تكون إما من خلال دفع غاز التبخير (I_2-J_1) أو من خلال دفع غاز التكثيف (I_1-J_2) .



الشكل (a-5-1) المثلث الثلاثي الطوري للهيدروكربونات

يتألف نظام الهيدروكربونات من :

الميثان C_1 و المركبات المتوسطة C_2-C_6 و المركبات الثقيلة C_{+7} .
أي نقطة في داخل المثلث تظهر تركيب هذه المركبات الثلاثة . في كل رأس يكون التركيب مثلاً بين C_1 و C_7 لا يوجد $C_2 - C_6$.
تظهر المنطقة A في الشكل (b-5-1) تركيب طور الغاز الكلي أما المنطقة D تظهر طور السائل الكلي . المنطقة الحرجة تظهر عند B,C و التي تضم كل من الغاز السائل . في المنطقة B تكون المركبات ممتزجة مع المزيج في منطقة الغاز الجاف . أما المنطقة C فتضم مزائج تكون ممتزجة مع المزيج في منطقة النفط ، أما في المنطقة E فلا يوجد امتزاج .



الشكل (b-5-1) المثلث الثلاثي الطوري للهيدروكربونات

تنتهي خطوط الربط عند النقاط التي تظهر التشبع بالغاز و التشبع بالنفط ،ويكون النظام مشبعاً و في حالة توازن في ذلك الموضع حيث يمر منحنى التشبع، مثلاً فوق منحنى التشبع بالبخار فان الغاز يكون مشبعاً ببخار النفط وتتحرك التركيب من A إلى اليسار (خلال C_7) يؤدي لظهور الكوندسيت و النظام يصبح طورين. من جهة أخرى يتحول السائل في المنطقة الثنائية الطور إلى طور غازي عندما تجتاز المركبات منحنى تشبع بالبخار.

يحدث نوعان من الامتزاجية عند استخدام CO_2 هما :

1- الامتزاجية عند التماس الأول : تحدث هذه الامتزاجية إذا تشكل طوراً وحيداً عند امتزاج CO_2 مع النفط الخام بكل النسب عند ضغط و حرارة محددة .لتحقيق مثل هذه الامتزاجية فإن الضغط يجب أن يكون أكبر من قيمة تسمى الكريكوندينبار ، حيث أن كل مزيج النفط و المذيب فوق هذا الضغط يكون في طور واحد . يختلف خط الكريكوندينبار بحسب نوعية المذيب إذا كان سائلاً عنه إذا كان غازاً ضمن شروط الخزان فإذا كان المذيب سائلاً فان خط الكريكوندينبار سيكون أعلى من ضغطي نقطتي التبخر لكل من نפט الخزان والمذيب وإذا كان المذيب غازاً فإن خط الكريكوندينبار ربما يحدث في المزيج الوسطي بين النفط و الغاز النقيين . يسمى الضغط الأصغري الذي يجعل النفط و الغاز المحقون يمتزجان بكل النسب بالضغط الإمتزاجي الأصغري عند التماس الأول وقد تبين أن هذه الامتزاجية لا تحدث عند أغلب الظروف

تأثير غاز ثاني أكسيد الكربون ومخفضات التوتر السطحي على الصفات الفيزيائية للنفط الطبقي

2- الامتزاجية المتعددة التماس (الامتزاجية الديناميكية): تحدث هذه الامتزاجية عندما ظروف الامتزاجية متحسنة في الموقع خلال تعديل طوري كل من CO_2 و النفط الخام ، حيث يتحرك CO_2 خلال الخزان و هذه الامتزاجية فعالة بالنسبة لاستعادة النفط ، كما أظهرت التجارب ، وتتجز هذه الامتزاجية بواسطة نقل كتلة من العناصر الناتجة من التماس المتعدد بين النفط و المائع المحقون ، تحدث عند هذه الامتزاجية ثلاث عمليات : تبخير الغاز ، تكثيف الغاز ، تبخير و تكثيف للغاز . [8]

يحتاج CO_2 إلى ضغط عال ليصل إلى الكثافة التي تجعله مذيباً للهيدروكربونات الخفيفة الموجودة في النفط الخام ويعرف هذا الضغط بالضغط الإمتزاجي الأصغري (MMP) الذي يؤدي لحدوث الامتزاجية بين CO_2 و النفط الخام بكل النسب من خلال عملية التماس المتعدد .

أشار الباحثان Holm and Josendal [9] إلى أن دفع الغاز المحلول CO_2 يؤدي إلى انتفاخ النفط و نقصان لزوجته و استخلاص الهيدروكربونات إلى طور CO_2 مما يؤدي إلى زيادة فعالية الإزاحة الميكروسكوبية . و بينا أن امتزاجية CO_2 في النفط تتعلق بكثافة CO_2 و التي يجب أن تكون على الأقل 0.42 g/Cm^3 و ختماً أن القيمة الحديّة لها 0.468 g/Cm^3 والتي تحقق استعادة نفط %94 و أكثر [10]. كما أظهر هذان العالمان أن (MMP) تابع لكل من درجة الحرارة وكمية المادة المستخلصة من C_5 - C_{30} للهيدروكربونات الموجودة والوزن الجزئي للهيدروكربونات C^{5+} في النفط ووجود الحلقات العطرية أيضا . [11]

القسم العملي:

يتضمن القسم العملي دراسة المواضيع التالية :

1- تركيب عينة نفطية أخذت بشروط الفاصل بحيث يكون العامل الغازي (GOR) مساوياً لما هو موجود بالشروط الطبقيّة .

2- دراسة تأثير غاز CO_2 و الإضافات على خواص النفط في خلية ال P.V.T .

3- تحضير النفط بالمواصفات الفيزيائية لحقل عليان - طبقة الماسيف اللازم لعمليات الإزاحة.

4- دراسة تأثير بعض الإضافات على لزوجة النفط المحضر .

1-1- تركيب العينة النفطية بشروط الفاصل :

أدخلت عينة نفطية مأخوذة بشروط الفاصل إلى خلية ال P.V.T عند ضغط 6000 Psi و أجريت عليها القياسات اللازمة لعملية التركيب و هي ضغط الإشباع والفضل و النفط المبيت و حصلنا على النتائج المبينة في الجدول (1-1) :

الجدول (1-1) نتائج القياسات على العينة النفطية بشروط الفاصل

الحجم الأولي للعينة, Cm ³	ضغط الإشباع Psi عند t=30 °C	حجم النفط المبيت Cm ³ ,	حجم الغاز المفصول و المصحح, Cm ³	GOR, Scf/bbl
20.2	186	20	95	27

إن العامل الغازي في الطبقة هو : $GOR=28.8 \text{ Cm}^3/\text{Cm}^3=163 \text{ scf/bbl}$ لذلك تم تحضير النفط بإضافة نسبة معينة من غاز الحقل المأخوذ بشروط الفاصل بحيث يتم الحصول على نفس العامل الغازي السابق ، وأدخلت عينة من النفط المحضر و أجريت عليها قياسات ضغط الإشباع عند درجتي الحرارة (30,70 c) علماً أن الدرجة 70 هي درجة حرارة الطبقة و كانت نتائج القياس كما في الجدول (2-1) :

الجدول (2-1) ضغط الإشباع للعينة المركبة

T=30 C	ضغط الإشباع, PSI, عند	T=70 C	ضغط الإشباع, PSI, عند
	768		953

2-1- دراسة تأثير CO₂ على خواص النفط الطبقي المركب :

تمت دراسة تأثير CO₂ بنسب مختلفة حجماً على النفط المركب في خلية ال p.v.t وذلك عند حرارة الطبقة و أجريت عليه عملية فصل الفلاش وكذلك استخدم جهاز لزوجة النفط الطبقي لمعرفة اللزوجة عند حرارة الطبقة و كانت نتائج القياس كما في الجدول (3-1) ، ونتائج تحليل الغاز عند نفس النسب فكانت كما هي مبينة في الجدول (4-1) . وقد تم تمثيل هذه النتائج كما هو مبين في المنحنيات اللاحقة .

تأثير غاز ثاني أكسيد الكربون ومخفضات التوتر السطحي على الصفات الفيزيائية للنفط الطبقي

الجدول (3-1) نتائج قياس تأثير CO₂ بنسب مختلفة حجماً على النفط المركب

نسبة CO ₂ %	SP, psi t=30 °C	SP, psi t=70 °C	GOR, Scf/bll	B _o	$\rho, g / Cm^3$	μ, cp
0	768	953	163	1.09	0.89	8.8
5	939	1156	231	1.12	0.899	6.6
10	1089	1374	298	1.16	0.907	5.28
20	1414	1786	439	1.24	0.923	4.4

الجدول (4-1) نتائج تحليل الغاز مع نسب CO₂ المختلفة

النسبة % المركبة	0	5	10	20
C ₁	41.4	28.91	22.34	16.63
C ₂	14.1	13.8	13.41	12.95
C ₃	15.6	14.6	13.9	13.01
i-C ₄	2.8	2.67	2.51	2.34
n-C ₄	6.6	6.3	6.20	5.9
i-C ₅	2.34	2.32	2.31	2.3
n-C ₅	2.5	2.5	2.5	2.5
C ₆	1.9	2.2	2.2	2.2
N ₂	4.8	4.8	4.8	4.8
H ₂ S	2.95	2.96	2.96	2.96
CO ₂	5.01	18.94	26.87	34.41

3-1- تأثير مخفض التوتر السطحي SERVO على خواص النفط الطبقي المركب :

أضيف إلى النفط المركب في خلية ال P.V.T نسبة من المخفض حددت بناء على القيمة الدنيا للتوتر السطحي التي يعطيها هذا المخفض عند التركيز 0.05% وكانت نتائج القياس كما هو مبين في الجدول (5-1) و المخفض Servo عبارة عن اتحاد مركبات منشطة للسطح (أنيونية)، مظهره أصفر نقي درجة حموضته عند تركيز (1%) منه تساوي (PH=7) و كثافته عند الدرجة 20 °C هي 1000 kg/m³ و تبلغ لزوجته الحركية (60.10⁻² st) عند تلك الدرجة ، انحلاليته جيدة جدا في حمض الخل و الحموض الأخرى و الماء ، ثباتيته جيدة عند درجة الحرارة (80) درجة مئوية . أما نتائج تحليل الغاز عند نفس النسب مع المخفض بنسبة 0.05% حجماً فكانت مبينة في الجدول (6-1) . الجدول (5-1) نتائج قياس تأثير المخفض SERVO بنسب 0.05% حجماً على النفط المركب .

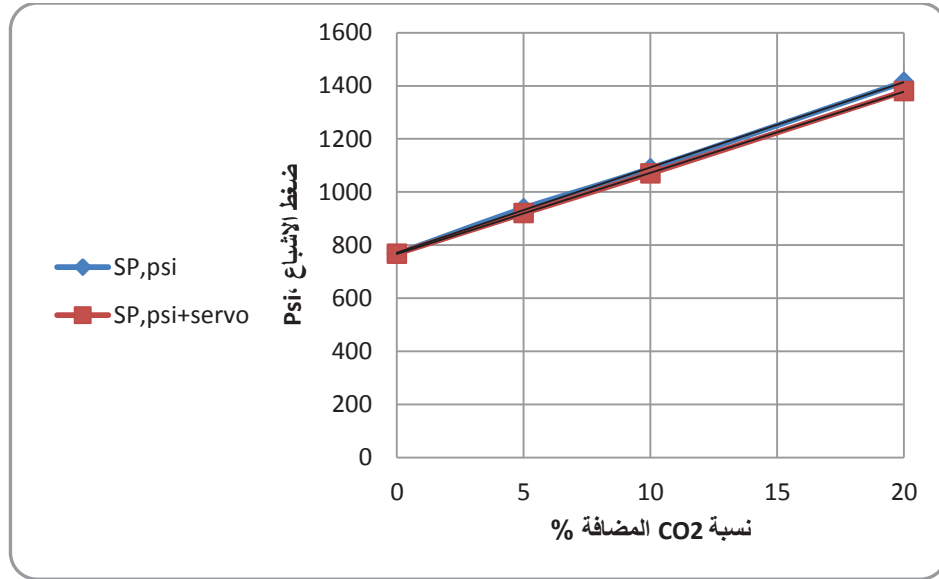
نسبة CO2%	SP ,psi T=30 C	SP ,psi T=70 C	GOR, Scf/bll	Bo	$\rho, g / Cm^3$	μ, cp
0	768	953	161	1.07	0.915	8.802
5	920	1120	220	1.09	0.919	7.35
10	1070	1350	285	1.12	0.923	5.88
20	1379	1792	423	1.18	0.931	4.9

الجدول (6-1) نتائج تحليل الغاز مع نسب CO₂ المختلفة مع المخفض

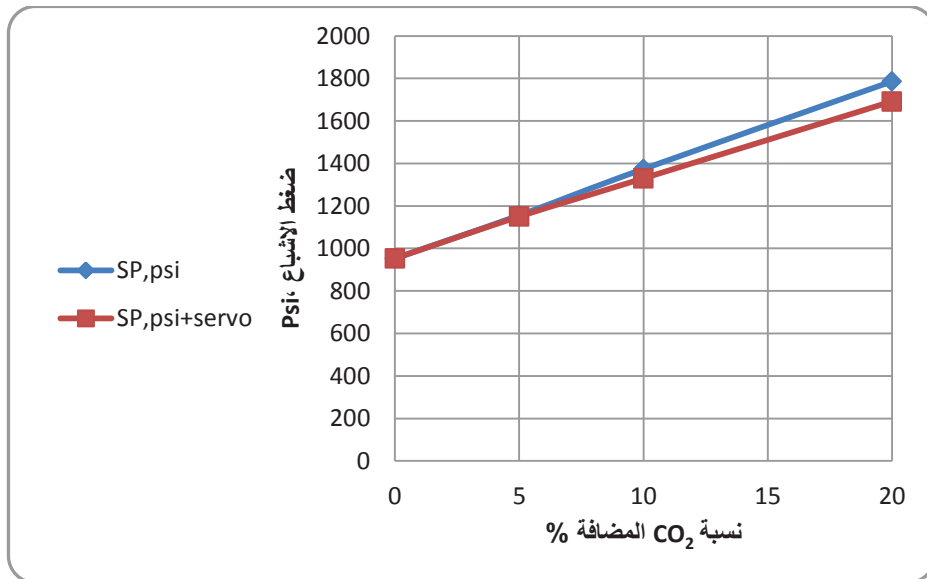
النسبة % المركبة	0	5	10	20
C ₁	40.73	28.18	23.55	17.86
C ₂	16.02	15.52	14.88	14.2
C ₃	14.8	14.62	14.37	13.95
i-C ₄	2.84	2.66	2.52	2.34
n-C ₄	6.3	6.28	6.24	6.2
i-C ₅	2.3	2.29	2.25	2.22
n-C ₅	2.6	2.57	2.54	2.50
C ₆	3.32	3.35	3.38	4.1
N ₂	4.8	4.8	4.8	4.8
H ₂ S	2.95	2.96	2.96	2.96
CO ₂	3.34	16.77	22.51	28.87

تم تمثيل العلاقة خواص النفط المدروس عند كافة نسب CO₂ المضافة مع و بدون إضافة المخفض وقد حصلنا على الأشكال التالية :

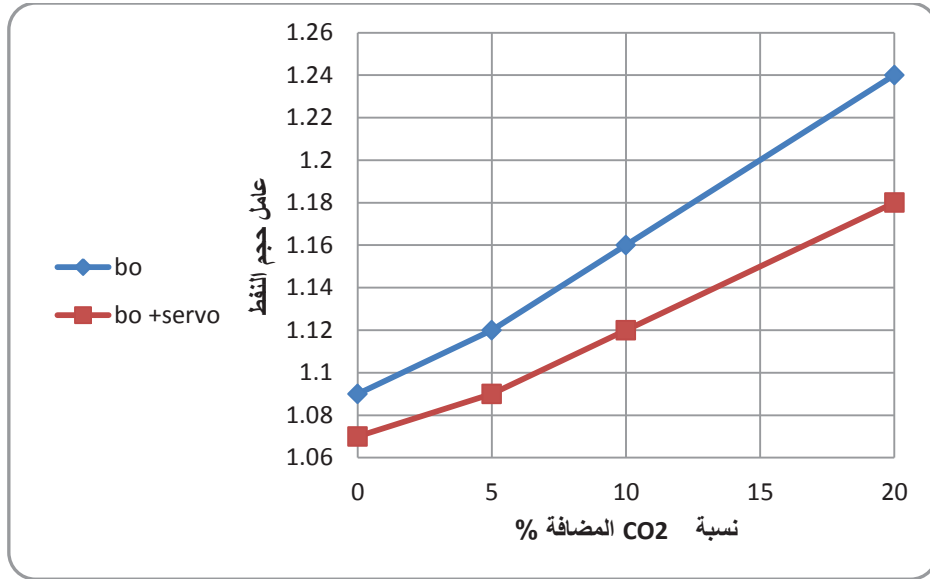
تأثير غاز ثاني أكسيد الكربون ومخفضات التوتر السطحي على الصفات الفيزيائية للنفط الطبقي



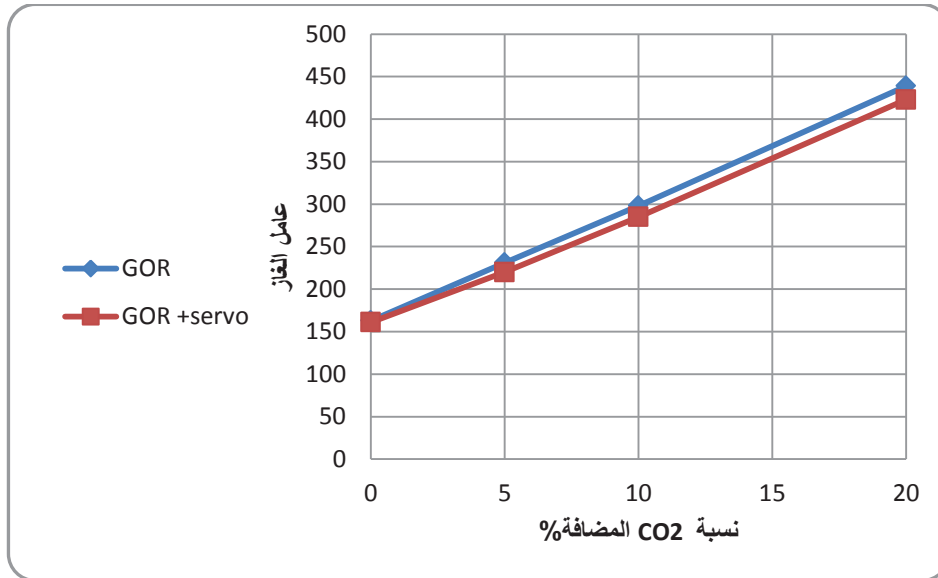
الشكل (6-1) تغير ضغط الإشباع عند الدرجة 30 °C بالعلاقة مع نسبة المضافة للنفط



الشكل (7-1) تغير ضغط الإشباع عند الدرجة 70 C بالعلاقة مع نسبة المضافة للنفط

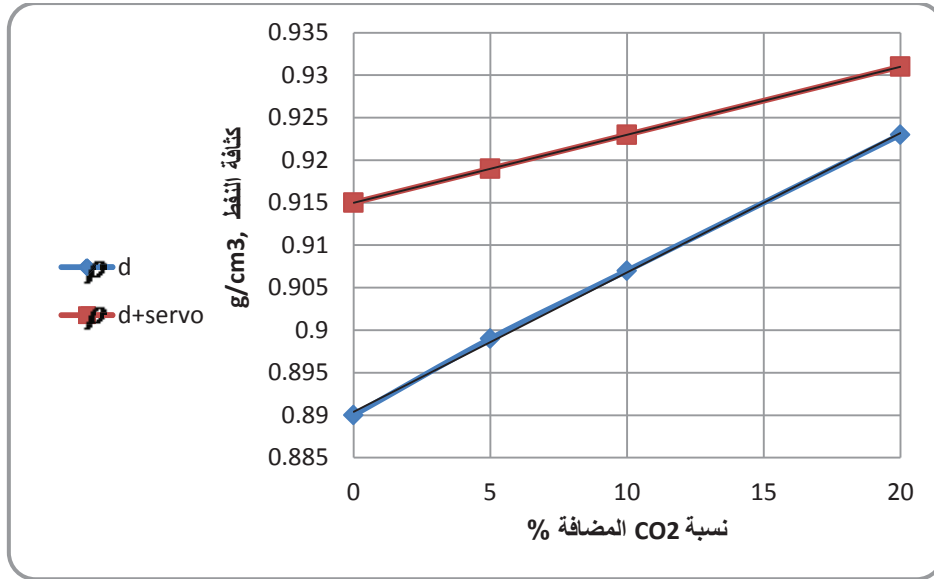


الشكل (8-1) تغير عامل حجم النفط عند الدرجة 70 C بالعلاقة مع نسبة المضافة للنفط

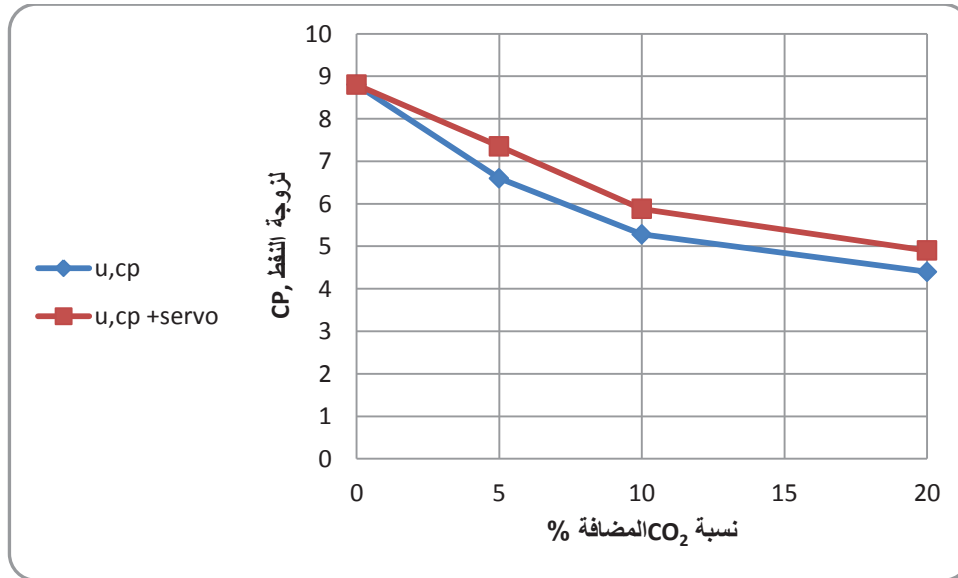


الشكل (9-1) تغير عامل الغاز عند الدرجة 70 C بالعلاقة مع نسبة المضافة للنفط

تأثير غاز ثاني أكسيد الكربون ومخفضات التوتر السطحي على الصفات الفيزيائية للنفط الطبقي



الشكل (10-1) تغير كثافة النفط عند الدرجة 70 C بالعلاقة مع نسبة المضافة للنفط



الشكل (11-1) تغير لزوجة النفط عند الدرجة 70 C بالعلاقة مع نسبة المضافة للنفط

7-1- تحضير النفط بالموصفات الفيزيائية لحقل عليان – طبقة الماسيف :

تم في المخبر تحضير النفط بنفس الصفات الفيزيائية للنفط الطبقي لحقل عليان الذي يستخرج من طبقة الماسيف ، و ذلك من حيث اللزوجة و الكثافة بطريقة المعايرة الوزنية ، باستخدام الكيروسين لتخفيض لزوجته ، حيث استخدم نفط أخذ من محطة تجميع النفط لحقل عليان ، وقد تم أخذ نسب مختلفة من الكيروسين وأضيفت إلى النفط و قيست كل من الكثافة و اللزوجة عند درجة حرارة الطبقة البالغة 70°C و التوتر السطحي للمزيج عند درجة الحرارة (15°C) حتى تم التوصل إلى الكثافة و اللزوجة المناسبين ،جدول (7-1)

الجدول (7-1) نتائج المعايرة الوزنية لتحضير النفط

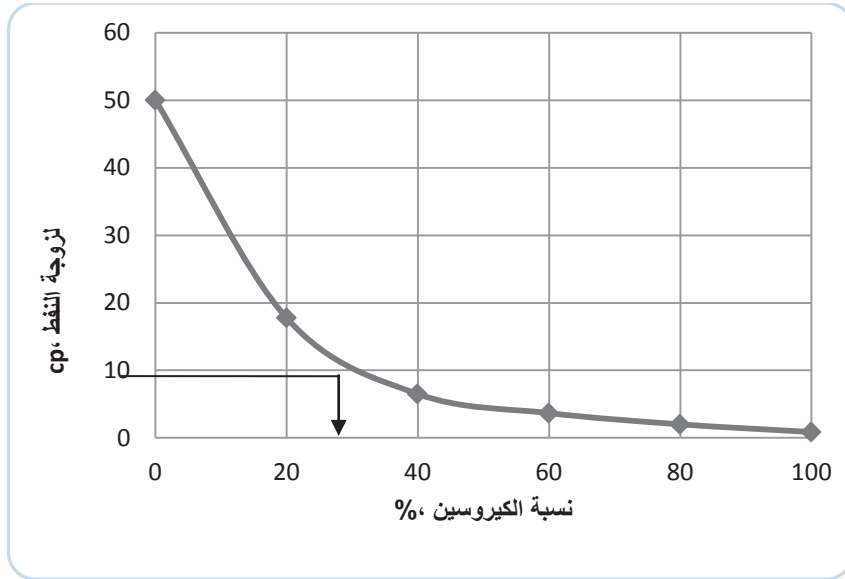
نسبة الكيروسين %	لزوجة النفط, cp	كثافة النفط , g/cm^3	التوتر السطحي mN /m
0	50	0,9238	29
20	17,75	0,8873	27,9
40	6,5	0,8508	26,9
60	3,67	0,8162	26,4
80	2,01	0,7798	26,1
100	0,87	0,7431	25,8

نتيجة لهذا العمل رسمت العلاقة بين لزوجة النفط المحضر و نسبة الكيروسين بحيث نستطيع تحديد نسبة الكيروسين اللازمة المقابلة للزوجرة المطلوبة ، و باعتبار أن لزوجة نفط حقل عليان – طبقة الماسيف $8,8 \text{ Cp}$ ، لذلك نجد من خلال الشكل (11-1) أن نسبة الكيروسين هي ($33\% \text{ gr}$) .

8-1- دراسة تأثير بعض الإضافات على لزوجة النفط المحضر :

أضيفت عدة مواد كيميائية بنسب مختلفة إلى النفط المحضر لمعرفة تأثيرها على لزوجة هذا النفط و تم قياس لزوجته عند درجة حرارة الطبقة بواسطة جهاز قياس اللزوجة الدوار الموجود في مخبر فيزياء الطبقة النفطية و الغازية في كلية الهندسة الكيميائية و البترولية و كانت النتائج كما هي موضحة في الجدول (8-1) و الشكل (12-1) .

تأثير غاز ثاني أكسيد الكربون ومخفضات التوتر السطحي على الصفات الفيزيائية للنفط الطبقي

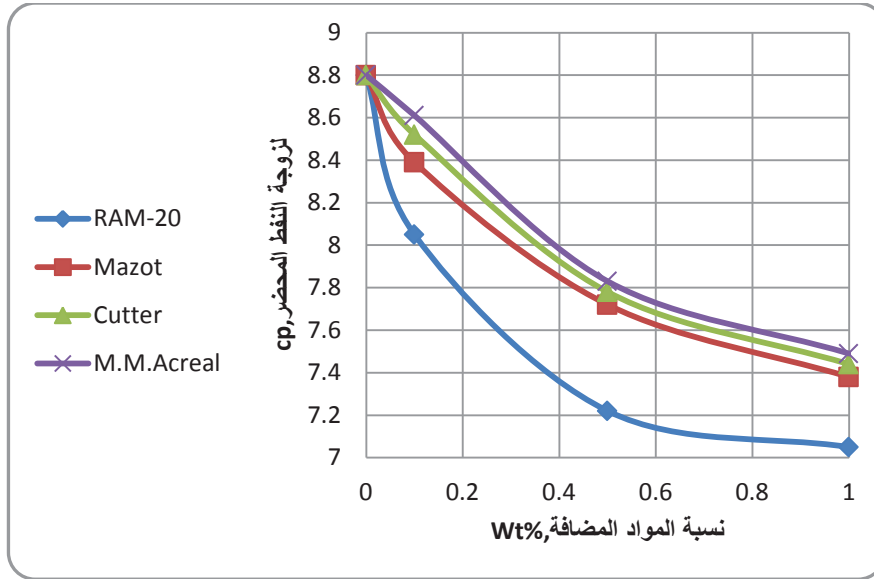


الشكل (11-1) لزوجة النفط المحضر بالعلاقة مع نسبة الكيروسين

الجدول (8-1) نتائج تغير لزوجة النفط مع النسب المختلفة للمواد المضافة عند حرارة الطبقة

W,%	M.M.Acreal	Cutter sloe	Mazot	RAM-20
0	8.8	8.8	8.8	8.8
0.1	8.61	8.52	8.39	8.05
0.5	7.83	7.78	7.72	7.22
1	7.49	7.44	7.38	7.05

- RAM-20: مركب زيتي القوام ، عديد المركبات ، كثافته 0,92-0,94 g/Cm³ ينحل بالنفط بكل النسب و ينتشر ضمنه بشكل سريع و متجانس . [12]
- Cutter sloe: مادة تستخدم لتقليل لزوجة النفط الثقيل .
- M.M.Acreal أكريل ميتيل الميثان .



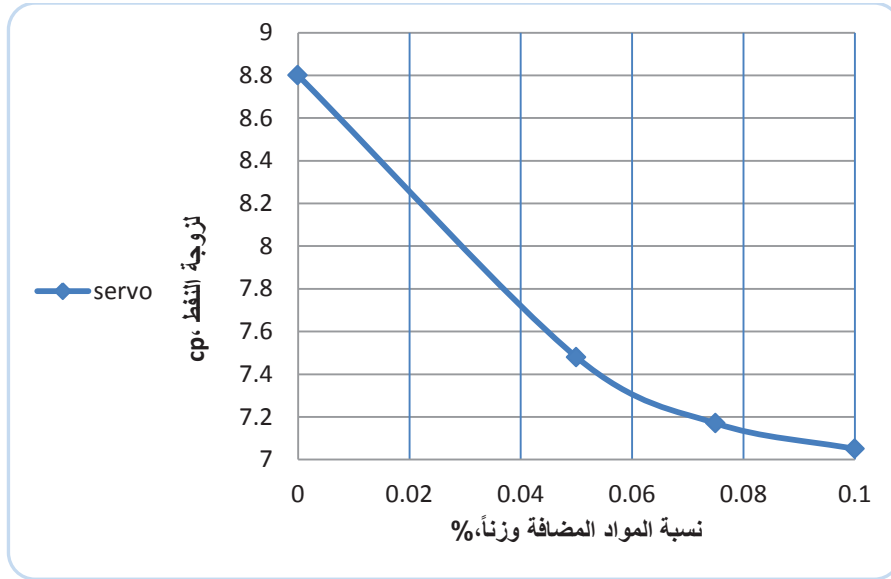
الشكل (12-1) لزوجة النفط المحضر بالعلاقة مع نسبة المواد المضافة

كما أضيف مخفض التوتر السطحي Servo بنسب مختلفة إلى هذا النفط وقيست لزوجته عند حرارة الطبقة و كانت النتائج كما في الجدول (9-1) و الشكل (13-1) .

الجدول (9-1) نتائج تغير لزوجة النفط مع النسب المختلفة للمخفض المضاف عند حرارة الطبقة

نسبة المخفض Servo, W%	0	0.05	0.075	0.1
اللزوجة, Cp	8.8	7.48	7.17	7.05

تأثير غاز ثاني أكسيد الكربون ومخفضات التوتر السطحي على الصفات الفيزيائية للنفط الطبقي



الشكل (13-1) لزوجة النفط المحضر بالعلاقة مع نسبة المخفض Servo

النتائج:

- 1- لدى إضافة مخفض التوتر السطحي للعينه النفطية فلا يلاحظ تغير في ضغط الإشباع ، لكن يلاحظ انخفاض بسيط في عامل حجم النفط وزيادة قليلة في كل من الكثافة و اللزوجة و هذا يعود لزيادة قوى الترابط بين الغازات و النفط التي تؤدي لتقارب جزيئات العينه النفطية و بالتالي يصبح حجمها أقل و هذا ما ينعكس على قيم العوامل السابقة . كما يلاحظ انخفاض في GOR و الذي يفسر بزيادة انحلالية الغازات في النفط .
- 2- لدى إضافة مخفض التوتر السطحي للعينه النفطية المضاف إليها CO₂ ، يلاحظ انخفاض في GOR ، كما يلاحظ انخفاض في عامل حجم النفط وزيادة في كل من الكثافة و اللزوجة، لنفس الأسباب السابقة .
- 3- إن إضافة مخفض التوتر السطحي للعينه النفطية المضاف إليها CO₂ أدى لتقليل ضغط الإشباع وهذه نتيجة ايجابية ، حيث أنها تزيد من إمكانية تخفيض الضغط أثناء الاستثمار .
- 4- من خلال تحليل العينات الغازية للعينه النفطية المضاف إليها CO₂ قبل إضافة المخفض و بعدها تبين نقصان نسبة CO₂ بعد إضافة المخفض و هذا يدل على زيادة انحلالية CO₂ في النفط.

5- بالنسبة لدراسة السلوك الطوري تحدث العمليات الثلاث وهي دفع غاز التبخير ، دفع غاز التكثيف ، ودفع غاز التبخير و التكثيف معاً، و التي ينتج من خلالها عمليات النقل المتبادل بين طوري النفط و غاز CO₂ و هذا ما تعكسه نتائج تحليل المركبات الهيدروكربونية.

6- يلاحظ من الشكل (1-12) انخفاض واضح في لزوجة النفط المحضر عند درجة حرارة الطبقة المدروسة و ذلك عند إضافة المواد المختلفة بنسب مختلفة ، حيث يلاحظ تقارباً في النتائج عند إضافة المواد (المازوت و أكريل ميتيل الميتان والمادة Cutter sloe) أما المادة RAM-20 فتعطي قيمة أقل عند نفس التراكيز المضافة .

7- يلاحظ من خلال مقارنة الشكلين (1-13) (1-12) أن إضافة المخفض Servo و بتراكيز أقل فإنه يعطي لزوجة أقل و يعطي نفس القيمة عند استخدام RAM-20 و لكن بتركيز أقل . إن انخفاض اللزوجة نتيجة إضافة المواد المختلفة يعود لانحلال هذه المواد ذات اللزوجة الأقل بالنفط و العمل على إضعاف الروابط بين جزيئات النفط .

المراجع العلمية :

المراجع باللغة العربية :

- 1-د. عبد الأحد، جورج، د. نوفل، عماد 1997- بحث دراسة التأثير المتبادل بين النفط الطبقي الثقيل و المواد المخفضة للتوتر السطحي و CO₂ ، مجلة جامعة البعث.
- 1- د. نوفل ، عماد 1991- أطروحة الدكتوراه "تصميم طريقة للإزاحة للمياه المكرينة في الصخور المتشقة " .

المراجع الأجنبية :

- 3 – Emera, M.K., Sarma, H.K. Genetic Algorithm (GA) – based correlations offer More Reliable Prediction of CO₂ Oil Physical Properties, Canadian International Petroleum Conference, Calgary, Alberta, Canada, June 13 – 15, 2006.
- 4 - International Symposium Co2 Enhanced Oil Recovery Proceedings 8-11 March . 1983, Budapest .
- 5 – Johnson, J.P. and Pollin, J.S., Measurement and Correlation of CO₂ Miscibility Pressures; SPE 9790, presented at the 1981 SPE/DOE Joint Symposium on Enhanced Oil Recovery held in Tulsa, Oklahoma, April 5-8, 1981.
- 6 – Holm, L.W.&Josendal ,V.A., Effect of oil composition on miscible type it is placement by carbon dioxide . Soc. Petroleum Engineersj.,87-98-22(1)(1982).
- 7 – Emera, M.K., Sarma, .K. Genetic algorithm (GA) – based correlations offer More Reliable Prediction of (MMP), Canadian International Petroleum Conference,CalgaryAlberta,Canada,June7-9,2005,
- 8- Zick, A.A.: "A Combined Condensing / vaporizing Mechanism in the Displacement of Oil by Enriched Gases," paper SPE 15493 presented at the 1986 SPE Annual Technical Conference and Exhibition, New rieans,LA, October 5-8.
- 9- Holm, L.W. and Josendal, V.A.: "Mechanisms of Oil Displacement By Carbon Dioxide," paper SPE 4736 presented at the 1974 SPE-AIME Improved Oil Recovery Symposium, Tulsa, OK, April 22-24.
- 10- Holm, L.W. and Josendal, V.A.: "Effect of Oil Composition on Miscible-Type Displacement by Carbon Dioxide," paper SPE 8814

presented at the 1980 SPE-DOE Enhanced-Oil Recovery Symposium, Tulsa, OK, April 20-23.

11-agedorn, K.D. and Orr Jr., P.M.: "Component Partitioning in CO₂/Crude Oil Systems: Effects of Oil Composition on CO₂Displacement Performance," paper SPE 25169 presented at the 1993 SPE International Symposium on Oilfield Chemistry, New Orleans, March 2-5.

12- د. مرهج، أحمد ، د. الصالح، رياض، 2010- محسن جريان و مانع تجمد نفطي

RAM-20 تصنيع محلي كلية الهندسة الكيميائية و البترولية ، جامعة البعث ، حمص .