استخدامات الطرق الحرارية للرفع من مستوى مردود الطبقات النفطية

م . عادل أحمد الطويل*

مقدمة : -

ان ازدياد أهمية النفط فى الاقتصاد العالمى ادى الى نمو مضطرد فى أنتاج النفط المستخرج فى العالم ، هذه الزيادة التى اصبحت فيها كمية النفط المستخرج تعادل حوالى 3 مليار طن فى سنة 1991 [1] ، بالاضافة الى ان وثائر الاستعدادات للحصول على احتياطى من نفط اقل من سرعة التطور الذى يرافق استخراج هذا النفط وذلك يعود للظروف الصعبة التى ترافق البحث عن اماكن تواجد النفط من جهة ، ومن جهة اخرى لأن الأحتياطى العالمى للنفط والغاز اصبح محدودا .

وحتى فترة قريبة فان نسبة الاستخلاص التى يمكن الحصول عليها من جراء الانتاج بالطرق الطبيعية (الاولية) أو بواسطة حقن الماء أو الغاز للمحافظة على الضغط داخل المكمن (الثانوية) ، لاتزيد فى الغالب على ثلث ما تحتويه المكامن من نفط بينما يبقى الثلثان الاخران دون أستخلاص .

وتعتبر عملية الاستخلاص الثانوى والثالثى التى تطورت بشكل ملحوظ فى العشرين سنة الماضية جزءا من عملية التطوير الشامل التى تشهدها هندسة المكامن والانتاج فى الوقت الحاضر . ويرجع التكثيف الحالى لزيادة الاستخلاص من مادة النفط والغاز الى الثورة العلمية والتقنية الحالية فى محاولتها لتوفير الطاقة لسد احتياجات العالم .

وتجدر الاشارة هنا انه من الصعب التفريق أو عدم الربط بين ما يجرى حاليا من محاولات لأستخلاص اكبر كمية ممكنة من النفط الخام باستخدام كل الوسائل المتاحة ، وعملية تطوير بدائل اخرى للطاقة مثل الطاقة الشمسية والنووية ، وطاقة الرياح وغيرها . واستغلال هذه البدائل يعتمد الى حد كبير على ما توفره المادة النفطية من طاقة .

ومن هنا يمكن القول بأنه يجب البحث عن كل الوسائل التى يمكن بواسطتها استخلاص اكبر كمية من المادة النفطية خاصة وان احتياطيات الاقطار العربية من النفط لاتقل عن 2 . 1 تريليون برميل (1991) ، ويمكن استخلاص ما لايقل عن 630 بليون برميل منها بالتقنيات الحالية ، (على أعتبار ان نسبة معامل الاستخلاص بالطرق الأولية والثانوية تبلغ حوالى 30٪ من الاحتياطى الجيولوجى المكتشف من النفوط التقليدية) ، ويشكل هذا الرقم حوالى 62٪ من الاحتياطى العالمى القابل للأستخلاص .

وبالرجوع الى الكمية المتبقية غير القابلة للاستخلاص بالوسائل الحالية والتى تقدر بحوالى 1 . 47 تريليون برميل ، فأنه يجب ايجاد الوسائل والطرق التى تمكن من استغلالها . فعلى سبيل المثال لو امكن أستغلال 20٪ فقط من هذه الكمية ، فانها سوف تكفى لتغطية استهلاك العالم من النفط الخام لمدة 13 سنة ، علما بأن الاستهلاك السنوى العالمى قد بلغ 23 بليون برميل فى عام 1991 . ومن الناحية الاقتصادية ، فان نسبة ال 20٪ والتى تقدر بحوالى 294 بليون برميل ، سوف تدر على الاقطار العربية دخلا مقداره 9 . 5 تريليون دولار على افتراض ان سعر البرميل لن يتجاوز 20 دولارا ، وان نسبة تكلفة الانتاج الى سعر البيع لم تتغير . وبذلك يكون الدخل السنوى حوالى 45 . 0 تريليون

* مركز بحوث النفط

دولاراً . وهو مبلغ هائل يمكن استغلاله فى تطوير مصادر الطاقة الاخرى وفى خلق مصادر دخل بديلة للنفط فى الوطن العربى .

تعتبر عملية استخلاص النفط من المكامن البترولية من اكثر العمليات النفطية تعقيدا ، وذلك نظرا للتركيب المعقد لصخور المكامن وللاختلاف البين فى خصائص المادة السائلة ، والعلاقة الهيدروديناميكية بين فراغات الصخر وتركيب السائل . وينعكس تأثير هذا التعقيد وذلك الاختلاف بصورة مباشرة على مقدار وتكاليف كمية المنتج من النفط الخام . ويتلخص مبدأ طرق الأستخلاص المدعم بزيادة الطاقة الأولية للمكمن والتأثير على المواصفات الطبيعية للنفط والمكمن التى تقف عقبة أمام رفع نسبة الأستخلاص بالطرق الأولية والثانوية .

مراحل استخلاص النفط [3]

1 ـ مرحلة الاستخلاص الاولى

وهى مرحلة الاستخلاص التى يتم فيها انتاج النفط من المكامن عن طريق الطاقة الطبيعية الكامنة فى صخورها وسوائلها وتنتهى مرحلة الاستخلاص الاولى عندما تتناقص الطاقة الطبيعية للمكمن الى الحد الذى قد يتوقف عنده الانتاج أو عندما يفقد الانتاج جدواه الاقتصادية .

2 ـ مرحلة الاستخلاص الثانى

ويتم انتاج النفط من المكامن خلال هذه المرحلة عن طريق دعم طاقة المكمن بوسائل حقن الماء ويدخل ضمن هذه المرحلة كذلك انتاج الخام بواسطة الغمر الطوعى بالماء . وتعتبر

هذه المرحلة أسهل وأرخص طرق الاستخلاص المدعم فى العالم ويشكل الخام المنتج بهذه الطريقة نسبة تفوق 70 ٪ من الانتاج فى الجماهيرية العظمى (3) .

3 ـ مرحلة الاستخلاص الثالث

تشمل مرحلة انتاج الخام باستعمال الطرق الحديثة وعادة تعقب مرحلة الاستخلاص الثانى أو تحل محله تحت ظروف فنية واقتصادية معينة كالحقن المزجى بالغازات والسوائل المختلفة والمواد الكيماوية وكذلك الطرق الحرارية كالحرق والازاحة بواسطة السوائل الساخنة .

بناء على ما تقدم وعلى ما يحتاجه العالم من تقنيات لزيادة استخلاص الخام ، فإننا سنستعرض فيما يلى اهم طرق الاستخلاص المدعم المطبقة الان فى العالم ، وهى الطريقة الحرارية لأستخلاص النفط ويؤكد فعالية هذه الطريقة المعطيات التالية :

فقد استخلص بهذه الطريقة فى عام 1975 54 ٪ من جميع النفط المستخرج عالميا ، وفى عام 1977 حوالى 60 ٪ وفى عام 1980 , 75 ٪ تقريبا (أنظر جدول رقم 1) .

ان الميزة الرئيسية لأستخدام الطرق الحرارية تعود لكون هذه الطريقة ترفع كفاءة الاستخلاص بالمقارنة للطرق الحديثة الاخرى لتصل الى 60 ٪ وأكثر [3] . أن الطرق الحرارية لأستخلاص النفط تعتمد بالاساس على تخفيض لزوجة النفط نتيجة تسخينه ، أى انها ترفع من سرعة حركة النفط داخل الطبقات النفطية وتستعمل الآن اربعة طرق ، و هى [2] :-

جدول ـ 1 النفط العالمى المنتج بأستخدام طرق الاستخلاص المدعم (5)
1000 برميل / يوم

القطر	الطرق الحرارية	بأستخدام الغازات	بأستخدام المواد الكيميائية	المجموع
الولايات المتحدة	465	150	22.5	637.5
كندا	13	115	17.5	145.5
فنزويلا	207	9	-	216
الاتحاد السوفيتى	20	90	50	160
بلدان أخرى	107	280*	1.5	388.5
المجموع	812	644	91.5	1547.5

* معظم الانتاج من حاسى مسعود بالجزائر وحقل انتصار بالجماهيرية العظمى

أنواع الطرق الحرارية : -

1 - طريقة التحفيز بالبخار (شكل 1)

تتميز هذه الطريقة بأستخدامها البئر نفسها للحقن والانتاج ، وتعتمد على حقن البخار تحت ضغط عال الى المنطقة المنتجة مباشرة لمدة زمنية محدودة (2 - 3 أسابيع) ثم تترك البئر فترة تمتد لعدة أيام أو أسابيع حتى يتمكن المكمن من امتصاص الطاقة الحرارية الجديدة ، وخلال هذه الفترة يتكاثف البخار ويتحول الى مياه حارة ، ونتيجة تسخين النفط والصخور المحيطة بالبئر ، يتدفق النفط باتجاه البئر بسهولة ، وبعد انقضاء هذه الفترة ، تفتح البئر من جديد وتوضع على الانتاج الذى يستمر حتى تتبدد الطاقة الحرارية المحقونة ، ثم تعاد العملية من جديد ، وتتراوح كميات النفط المستخلصة بهذه الطريقة بين 50 - 65% من الاحتياطى الجيولوجى المكتشف فى باطن الارض . ومن عيوب هذه الطريقة ان كمية الانتاج المستخلص تقل عند أعادة حقن البخار المشبع عند كل مرة .

2 - طريقة حقن الماء الساخن

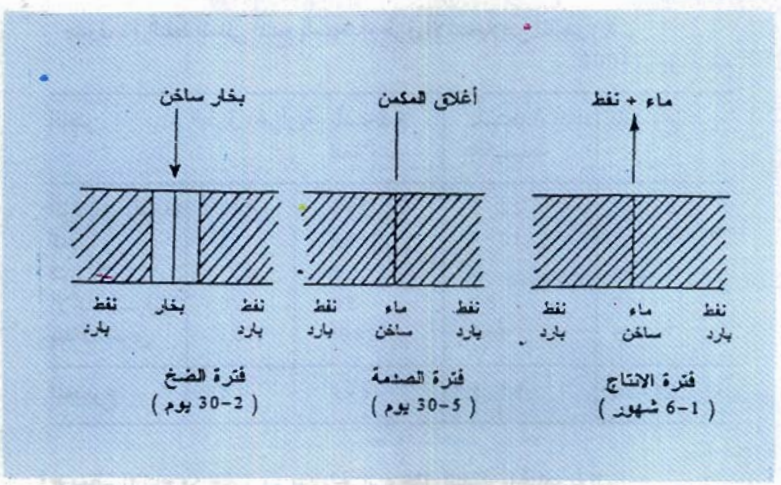
تعتبر هذه الطريقة من أقدم أنواع طرق الاستخلاص الحرارية التى تم استخدامها حيث تعتمد هذه الطريقة على حقن الماء الساخن خلال المكمن وذلك لغرض خفض لزوجة الزيت الخام وبالتالى تساعد فى عملية انسيابه بسهولة ، الا أن استعمال هذه الطريقة قد أصبح محدودا الآن وذلك لأن الماء الساخن يحتوى على كميات قليلة من الطاقة ويستغرق وقتا طويلا لتسخين النفط والصخور المحيطة ببئر الحق ، مما يؤثر فى كفاءة حجم الاستخلاص زيادة على ذلك وجود كمية كبيرة من الماء مع الخام المنتج مما يجعل عملية الاستخلاص غير ذات جدوى اقتصادية .

3 - طريقة الغمر بالبخار (شكل 2)

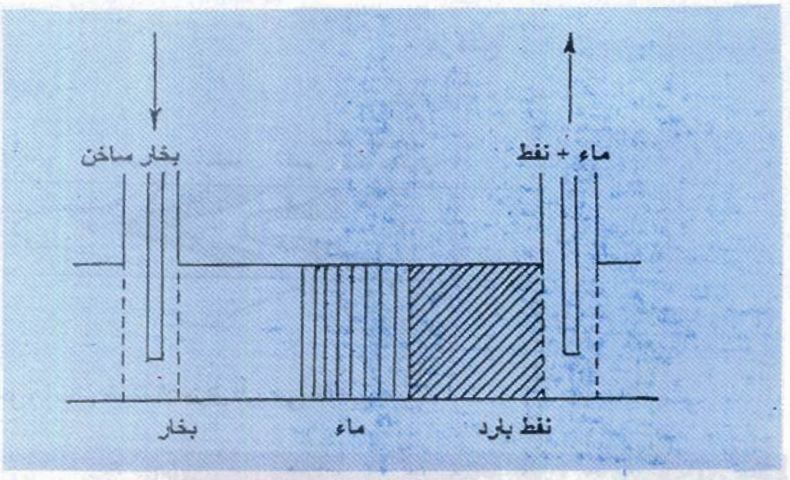
تعتمد هذه الطريقة على حقن البخار الساخن خلال عدد من آبار الضخ بينما تتم عملية الانتاج من خلال ابار أنتاجية اخرى . عند حقن البخار الساخن فى المكمن تتكون طبقة مشبعة بالبخار بالقرب من بئر الضخ وتكون درجة حرارتها مساوية تقريبا لحرارة البخار الساخن وعند انتقال هذه الطبقة الساخنة الى بقية ارجاء المكمن تبدأ درجة حرارتها فى الانخفاض وتتمدد نتيجة لأنخفاض الضغط . يتكثف البخار الساخن بعد مسافة معينة من بئر الحقن مكونا حوضا من الماء الساخن حيث تحدث تغيرات فى طبيعة الخام وفى صخور المكمن النفطى تنتج عنها زيادة فى كمية الانتاج . من التغيرات التى تحدث تمدد النفط الخام حراريا وأنخفاض فى نسبة لزوجته وزيادة فى معامل نفاذيته ، حيث عند تسخين الطبقات الصعبة الاختراق والتى تحمل فى ثناياها نفطاً ترتفع قابلية هذه الطبقات على أخراج النفط المتواجد بها وتتحول هذه الطبقات لطبقات مسامية عالية قابلة الاختراق حيث يتسرب منها النفط بسهولة ، وتبلغ نسبة الاستخلاص بهذه الطريقة حوالى 60٪ من الاحتياطى الجيولوجى المكتشف .

من عيوب هذه الطريقة هو ان كمية الحرارة الناتجة من البخار الساخن لاتستعمل كليا لتسخين النفط وانما يتم فقد نسبة منها خلال الصخور وفى جوانب المكمن ولهذا وقبل تطبيق هذه الطريقة على أى مكمن يجب دراسة النواحى الفنية والتقنية المتعلقة بخواص المكمن وطبيعة السوائل الموجودة فيه دراسة عميقة حتى تكون زيادة الاستخلاص امرا يمكن تنفيذه بصورة اقتصادية . ويوضح الجدول - 2 الطرق الحرارية المتبعة الان فى العالم وشروط تطبيقها على المكامن النفطية ، وبشكل عام يمكن القول بأن أى خطأ فى اختيار الطريقة المناسبة للأستخلاص قد يؤدى الى نفقات مالية ضخمة وضياع للاحتياطات الممكن اضافتها كلا أو جزءا .

من الجدول رقم - 2 يتضح ان من



شكل رقم (1) طريقة التحفيز بالبخار



شكل رقم (2) طريقة الغمر بالبخار

جدول رقم (2)

مواصفات الخام والمكمن النفطى الانسب عند تطبيق الطرق الحرارية للاستخلاص المدعم (6)

مواصفات الخام والمكمن النفطى	الوحدة	التحفيز بالبخار	الغمر بالبخار	الحرق الموضعى
الكثافة النوعية للنفط	API	10-25	10-25	10-45
لزوجة النفط	Cp	100<	1-10000	2-10000
عمق المكمن	Feet	5000>	3200>	500<
سمك الطبقة النفطية	Feet	20<	20<	10 <
درجة حرارة المكمن	F	NC	NC	NC
ضغط المكمن	psi	-	1500>	2000>
المسامية	%	18<	18<	18<
النفاذية	md	100<	100 <	100<
نسبة الاملاح فى المكمن	ppm	-	-	-
كمية النفط المتواجد عند تطبيق الطريقة	Fraction	-	0.10<	0.08<
نوعية صخور المكمن	-	Sandstone or Carbonate		

العقبات التى تحد من استعمال هذه الطريقة عمق المكمن وسمك الطبقة المشبعة بالنفط حيث اثبتت التجارب التى اجريت على هذه الطريقة بأنها ناجحة عندما يكون عمق المكمن أقل من 3200 قدم وسمكه أكبر من (20 قدما) .

4 ـ طريقة الحرق الموضعى

تعتمد هذه الطريقة على توليد الطاقة الحرارية نتيجة حرق بعض النفط الموجود فى الصخور المكمنية ، عن طريق تكوين منطقة احتراق يتم تزويدها بغاز يحتوى على الاوكسجين . يحقن الى المكمن عبر آبار حقن موزعة بشكل مناسب ، ويمكن التحكم بكميات النفط المحترقة ، وكميات الحرارة المولدة ، عن طريق التحكم بكميات الاوكسجين المحقونة . تؤدى الحرارة المولدة الى تبخر المركبات الهيدروكربونية الخفيفة ، ودفعها فى مقدمة الجبهة المحترقة المتحركة ببطء نتيجة احتراق المركبات الهيدروكربونية الأثقل والمركبات غير المتبخرة ، كما تؤدى الحرارة الى تبخير المياه فى المنطقة المحترقة ، ويساعد هذا كله على دفع النفط باتجاه الآبار المنتجة ، وتتراوح كميات النفط المستخلصة بهذه الطريقة بين 5 ـ 10٪ من الاحتياطى الجيولوجى المكتشف .

وتعتبر هذه الطريقة من الطرق المعقدة وهى مازالت فى طور التجربة وكذلك طور التجارب الانتاجية وسبب ذلك يفسره ان هذه الطريقة من الصعب السيطرة عليها وضبطها وخاصة فى الطبقات النفطية الغير متجانسه الا ان الرغبة فى أستعمال هذه الطريقة لم يتناقص وعلى العكس فإن من العلماء والبحاثة من يرون ان مستقبل هذه الطريقة إيجابى .

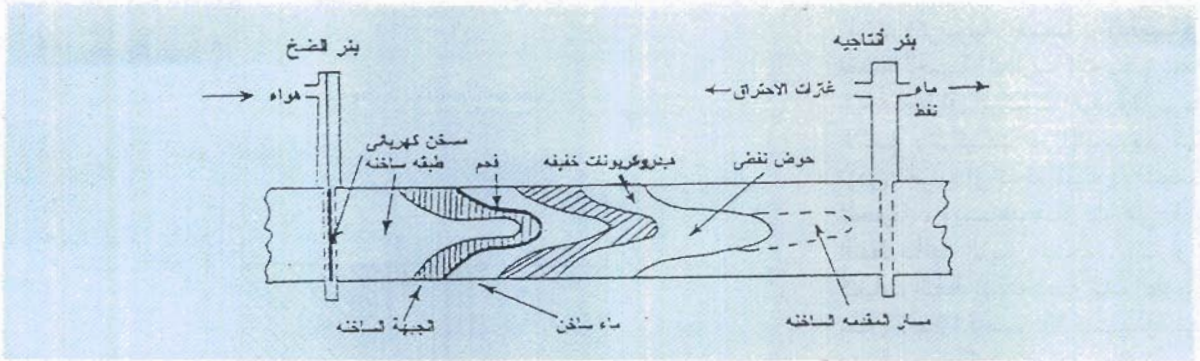
تنقسم طريقة الاحتراق الموضعى الى قسمين :

1 ـ الاحتراق الموضعى الامامى (شكل أ ـ 3)

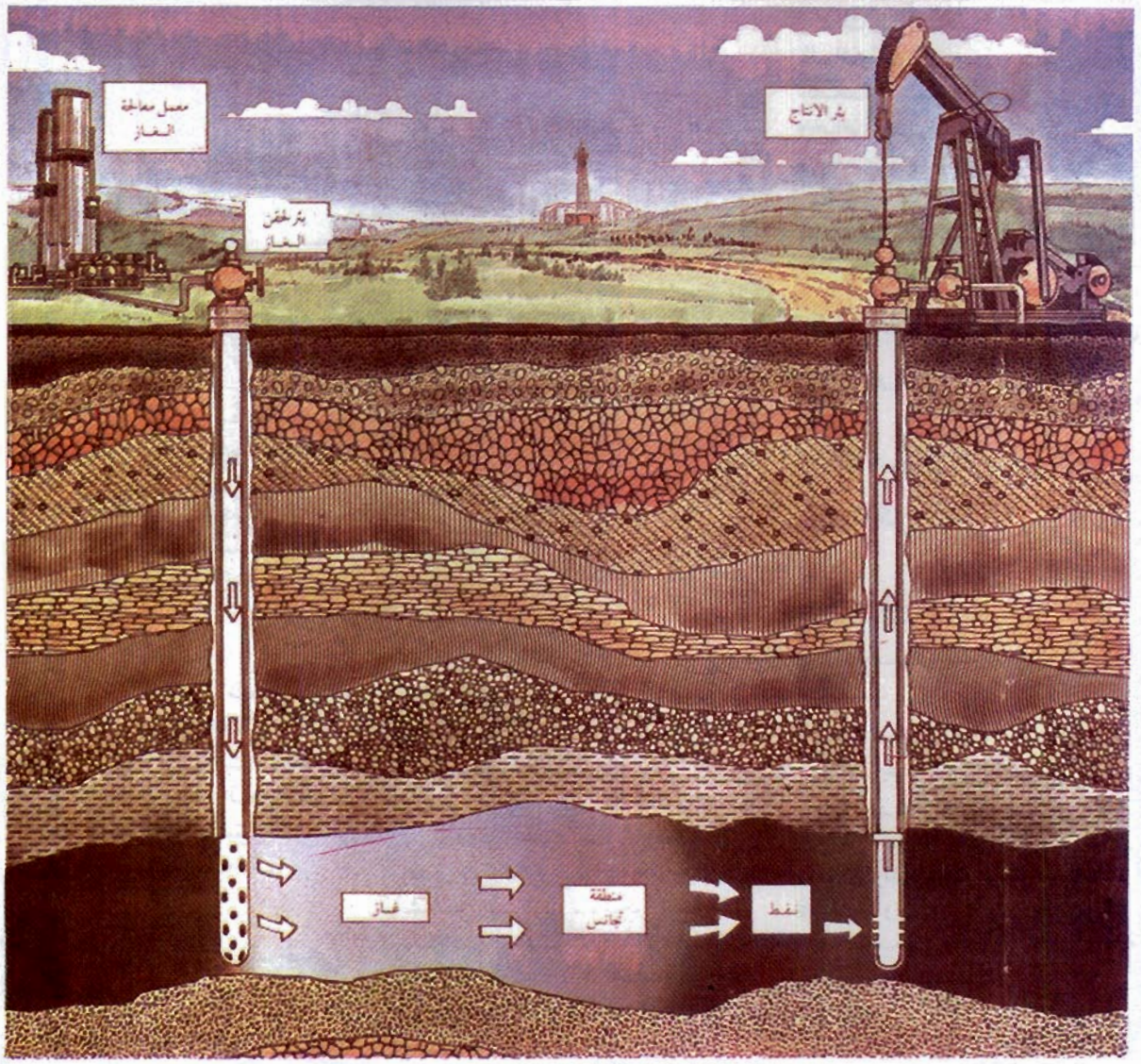
أ ـ الاحتراق الموضعى الامامى الجاف

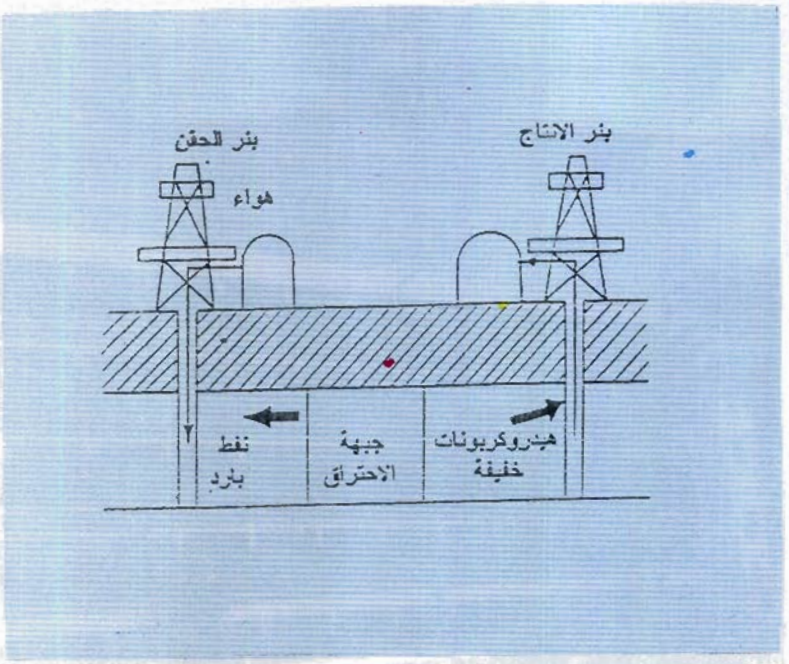
ب ـ الاحتراق الموضعى الامامى الرطب

فالطريقة الاولى تعتمد على اتحاد الاوكسجين الموجود بالهواء مع الطبقة النفطية الساخنة لتوليد جبهة احتراق متحركة تولد حرارة عالية تستخدم فى تخفيض لزوجة الزيت وسرعة انسيابه . ومن عيوب هذه الطريقة ان الجبهة المحترقة عند أنتقالها من بئر الحقن إلى بقية المكمن وحتى بئر الانتاج تخلف وراءها كمية من الحرارة يتم فقدها



شكل (أ ـ 3) طريقة الاحتراق الموضعى الامامى





شكل (ب ـ 3) طريقة الاحتراق الموضعى العكسى

خلال صخور المكمن والطبقات الارضية السفلية والعلوية .

ولتحسين فعالية هذه الطريقة يتم حقن الماء مع الهواء للاستفادة من الحرارة المتبقية فى المنطقة الموجودة خلف منطقة الاحتراق ، والتحول الى بخار ، وبالتالى يقوم هذا البخار بنقل الحرارة الثقيلة المتبقية خلف جبهة الاحتراق ونقلها الى بقية أرجاء المكمن وهذا مايسمى بالاحتراق الموضعى الرطب .

2 ـ الاحتراق الموضعى العكسى (شكل ب ـ 3)

تتشابه طريقة الاحتراق الموضعى العكسى مع طريقة الاحتراق الموضعى الامامى الا فى ناحية واحدة وهى ان جبهة الاحتراق تتحرك فى أتجاه معاكس لإتجاه ضخ الهواء . تعتمد هذه الطريقة على تسخين طبقة المكمن النفطى بالقرب من بئر الانتاج ويتم حقن الهواء عبر أبار حقن أخرى . فى هذه الحالة تنتقل جبهة الاحتراق من بئر الانتاج وعبر المكمن وحتى بئر الحقن أى عكس اتجاه حركة الهواء المحقون حيث تتعرض هذه الجبهة الى درجات حرارة عالية 1400 F – 1000 ينتج عنها تكسير للمركبات الثقيلة وينتج عن ذلك إنتاج خام خفيف ذو لزوجة أقل من الخام الاصلى الموجود فى المكمن ، وفى هذه الحالة لاتحتاج جبهة الاحتراق المتحركة لأن تستهلك كل السوائل التى فى مقدمتها . وحتى الان لاتوجد اى تجربة عملية ناجحة لهذه الطريقة وذلك نتيجة لحدوث جبهة احتراق أخرى بالقرب من بئر الحقن تسير فى اتجاه مضاد للجبهة العكسية المحترقة تقوم بمنع وصول الاوكسجين عنها مما يؤدى الى انخفاض درجة حرارتها وبالتالى الى موت الجبهة العكسية ونهاية احتراقها [4] .

الخلاصة :

ان طرق الاستخلاص الحرارى المدعم واستخداماتها مرتبطة بعدة عوامل تتعلق بصفات المكمن ، والامكانات الفنية والمالية المتاحة ، وقد برهنت هذه الطريقة على أمكانية استخدامها الاقتصادى للحصول على اكبر نسبة استخلاص ممكنة حتى فى ظروف أسعار النفط الحالية وذلك مقارنة بطرق الاستخلاص البترولى المدعم الاخرى . وتهدف الابحاث الحالية الى خفض النفقات للتوسع فى استخدام هذه الطريقة

المراجع

1– OPEC Annual Statistical Bulletin, 1991.

2– Lababidi, M. "Enhanced Oil Recovery : A General View" Oil and Arab Cooperation, Volume 14, Issue 50, Winter 1988.

3 ـ « الاستخلاص المدعم وأمكانية تطبيقه فى الاقطار العربية » تقرير قطرى للجماهيرية العظمى ـ ندوة الاستخلاص البترولى المدعم ـ الدوحة ، قطر ، 26 نوفمبر ـ 1 ديسمبر ، 1983 صفحة 171 .

4– Emmanul O. Egbogah "Fundamentals of Enhanced Oil Recovery, EMEG. Engineering Limited Publication , Calgary , Alberta, Canada, Chapter 5,P.29.

5– Simandoux, P. and Valentin, E. "Constraints on Enhanced Oil Recovery" Paper Presented at the 1st Technical Symposium on Enhanced Oil Recovery in Great jamahiriya, Sponsored by NOC, Tripoli, May 1&2, 1990.

6– Thermal Methods of Oil Recovery, LFP Publications, 1985, PP.398–399