شكل (6-6) يبين عملية الحرق في الطبقة

ب- الحرق العكسي :

يبدأ بنفس الأسلوب المتبع في الحرق المتقدم ولكن بعد احتراق مسافة قصيرة من بئر الاشتعال فإن حقن الهواء يقلب إلى بئر أخرى جانبية . هذا يقود النفط باتجاه بئر الاشتعال والحرق سابقا .

ويمكن تمييز طريقتين لحرق الطبقة هما : الحرق الجاف والحرق الرطب .

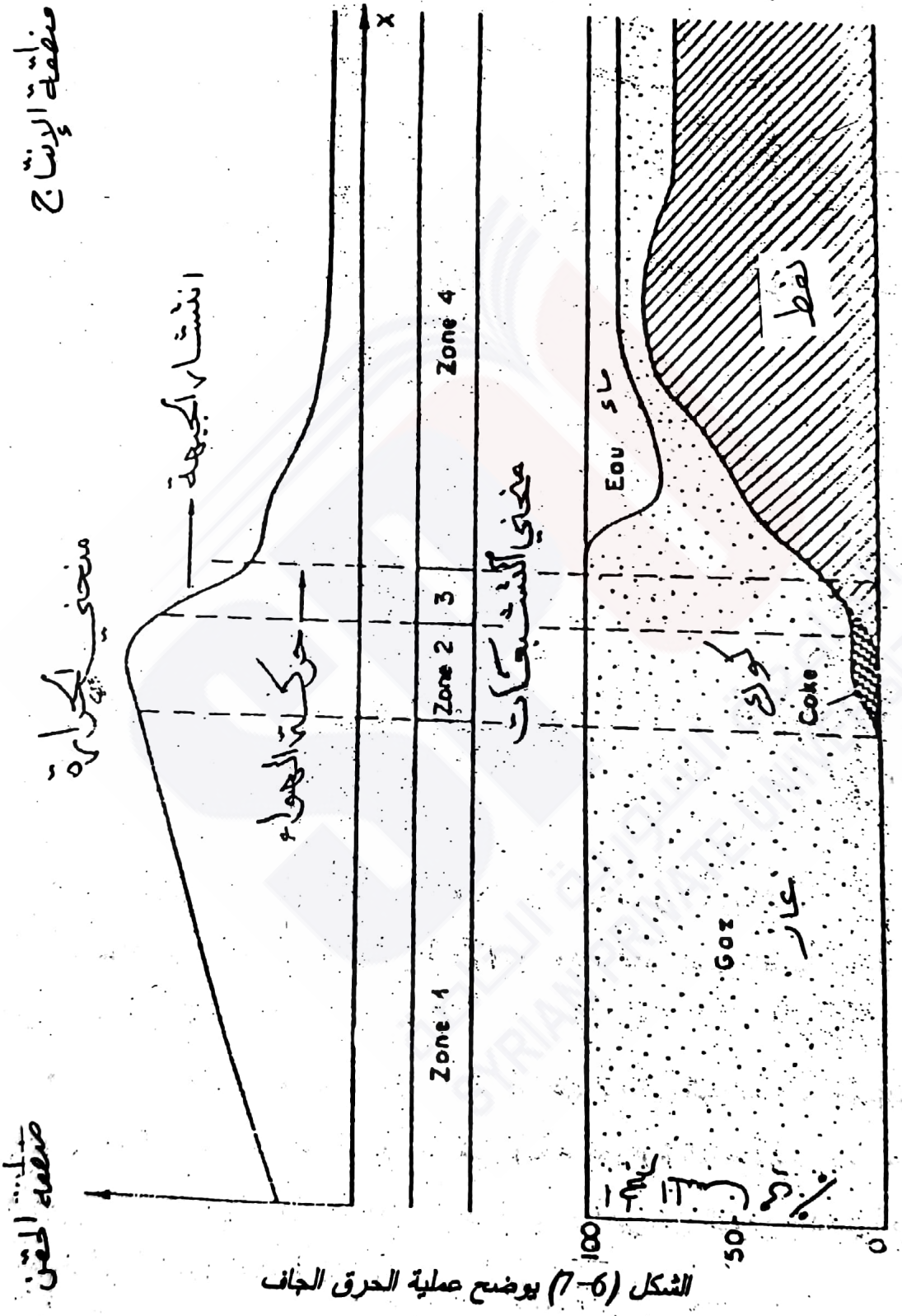
يحقن الهواء في البئر الحاقنة بالضواغط الهوائية وبواسطة جهاز تسخين كهربائي ترتفع حرارته إلى درجات حرارة عالية قد تصل إلى 600 درجة مئوية، يتم التحكم في عملية الاحتراق داخل الطبقة عن طريق مراقبة محتويات الغازات المرافقة في الآبار المنتجة المجاورة للبئر الحاقنة .

يتأكسد النفط في أثناء مرور الهواء في الطبقة وترتفع درجة حرارة الطبقة من جراء ذلك ، ويزداد الزمن نظرا للمساحة المتأكسدة باتجاه البئر المنتجة . إلا أنه في تلك المناطق التي أزيح منها النفط يبقى الصخر خازنا لكميات حرارية كبيرة ولا يستفاد منها بعد الإزاحة ، وحتى يستفاد من هذه الطاقة الحرارية بشكل أمثل يستعمل الحرق الرطب حيث يحقن مع الهواء في الطبقة كميات محدودة من المياه تصل إلى 2 متر مكعب لكل 1000 متر مكعب هواء ، تتبخر المياه المحقونة وتمتص جزءا من حرارة المنطقة المزاحة لتزيد من مساحة المنطقة المسخنة .

Scanned by CamScanner

6-3-2-3- الحرق الجاف وصف طريقة الحرق الجاف

تقسم المنطقة التي يحدث فيها الاحتراق إلى أربعة أقسام أو مناطق أساسية مرقما من الأعلى إلى الأسفل كما هو مبين في الشكل (6-7) .



الشكل (6-7) يوضح عملية الحرق الجاف

Scanned by CamScanner

المنطقة الأولى :

الاحتراق حدث مسبقا في هذه المنطقة من الطبقة التي تكون نظيفة تماما، والهواء المحقون يسخن بالتماس مع المادة الأساسية ، في هذه المنطقة يحصل نوع من التبادل الحراري ودرجة الحرارة تتزايد باتجاه التقدم .

المنطقة الثانية :

منطقة الاحتراق حيث يستهلك الأوكسجين من قبل تفاعل احتراق المركبات الهيدروكربونية المترسبة والفحم المتوضع على الصخر .

درجة الحرارة التي تصل إليها المنطقة تعتمد على نوعية وكمية المواد الصلبة والسائلة والغازية الموجودة في واحدة الكتلة .

المنطقة الثالثة :

منطقة تشكل الفحم الأجزاء الثقيلة التي لم تخضع للانتقال ولم تتبخر ستتعرض للتحلل الحراري وتتحطم . وهي ظاهرة التكسير بالأكسدة (عندما لا يستهلك الأوكسجين كليا في منطقة الاحتراق) .

المنطقة الرابعة :

عندما تنخفض درجة الحرارة بشكل كاف لا يحدث أي تكسير كيميائي واضح في هذه المنطقة من قبل الغازات المتصاعدة والسوائل المنتقلة وفيها نلاحظ الظواهر التالية .

في المنطقة الأقرب لمنطقة التفاعلات يحدث فيها تبخرات وتكثفات متتالية للأجزاء الخفيفة من النفط وكذلك لبخار الماء الموجود سابقا في الصخر وماء الاحتراق ويتم التكاثف بشكل متساو .

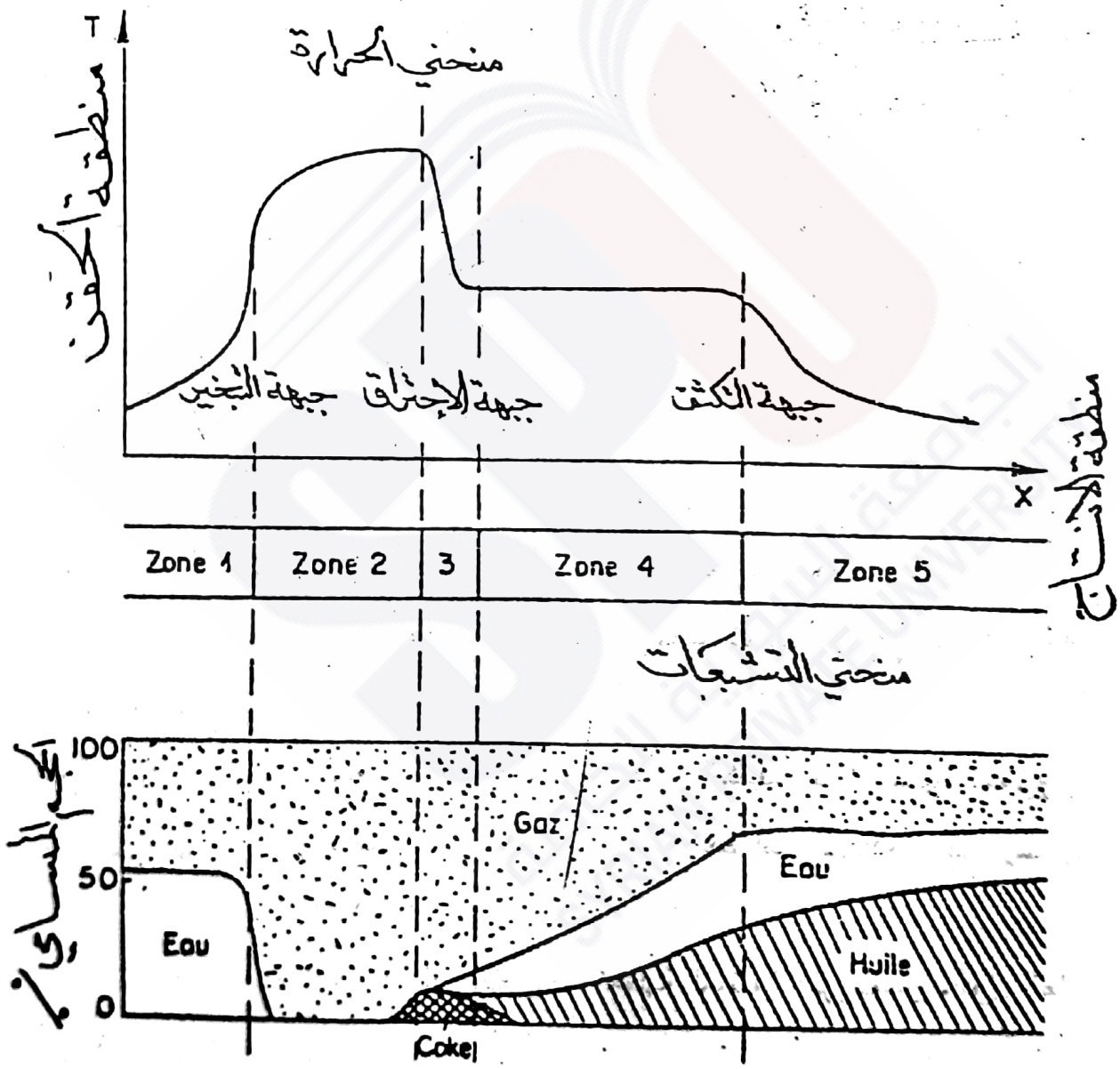
ظواهر التكثف تتسارع لتعطي الحرارة إلى السائل النفطي البعيد عن جبهة الاحتراق (انتقال الحرارة نحو السائل) ، في درجة الحرارة المنخفضة بالنسبة لدرجة حرارة تكثف الماء نلاحظ منطقة مشبعة بالماء أكبر من التشبع البدائي للطبقة هذه المنطقة تقوم بدفع النفط أمامها بقوة .

Scanned by CamScanner

والتي تزيد من تشبع المنطقة أمامها أكبر من التشبع الأولي بالنفط حيث مكان التجميع ، هاتان المنطقتان يكونان منطقة تشكل ضياع كبير للحرارة بعيدا عن مكان تجمع البترول ، ونجد المنطقة تدريجيا في مواصفاتها البدائية.

6-3-2-4- الحرق الرطب :

يطبق الاحتراق بنسب ماء – هواء متغيرة (الاحتراق الرطب) ، والشكل (6-8) يوضح هذه الطريقة .



الشكل (6-8) يوضح عملية الحرق الرطب

Scanned by CamScanner

تقسم المنطقة حيث وجود العملية إلى خمس مناطق :

المنطقة الأولى :

هذه المنطقة التي غمرتها جبهة الاحتراق تحوي قليلا أو لا تحوي على المركبات الهيدروكربونية لكن درجة الحرارة تكون أقل من درجة تبخر المـــاء ، المســامات تكون مشبعة بالماء السائل ، الحجم المتبقي يكون مملوءا بالغاز المحقون .

المنطقة الثانية :

الماء يكون بحالة بخار في هذه المنطقة والمسامات تكون مشبعة بالهواء المحقون وبخار الماء ، جبهة تبخر الماء المحقون توجد على الحدود بين المنطقـــة الأولـــى والثانية .

المنطقة الثالثة :

منطقة الاحتراق ، الأوكسجين يكون قـــد اســتهلك بعمليـــة حـــرق المركبـــات الهيدروكربونية والفحم المتوضع على الصخر تشكل في الجزء العلوي للمنطقة .

المنطقة الرابعة :

منطقة التبخر والتكثف ، درجة الحرارة في هذه المنطقة تختلف قليلا عن درجـــة حرارة منطقة تبخر الماء ، ويحدث هنا إعادة تكثيف تصاعدي لبخار المـــاء ومـــاء الاحتراق ، عندها تكون جزيئات خفيفة ومتوسطة قد تبخرت وحملت إلى الأعلـــى ، وإذا كان المستوى الحراري كافيا يمكن أن تحدث تفاعلات كيميائية في هذه المنطقة.

المنطقة الخامسة :

نلاحظ في أعلى المنطقة المغمورة بعملية التبخر والتكثيف ضياع شديد للمخزون الحراري الذي يعود إلى وجود قاعدة الماء ثم قاعدة النفط أما بعد هذه الحدود يستعيد الصخر تدريجيا خواصه الأولية .

وإذا أخذنا بعين الاعتبار النتائج النظرية والعملية المطبقة على بعض حقول العالم لطريقة حرق الطبقة ، يمكن القول :

لن هذه الطريقة قد لا تكون فعالة لدى استخدامها للطبقات التي تزيد أعماقها عن

Scanned by CamScanner

800 - 1200 متر حسب الطريقة جافة أو رطبة ، وللنفط الذي تزيد لزوجته عن 1000 ميلي باسكال × ثانية .

تستخدم هذه الطريقة بكثافة آبار عالية في الولايات المتحدة ، حيث يستخدم حرق الطبقة ، وتصل شبكة الأبار إلى 6.2 هكتار / بئر وهي تستخدم بنجاح في حقل دلافر تشيلدس .

أما في الاتحاد السوفييتي فقد أثبتت هذه الطريقة فعاليتها في حقول كراسنادراسكي كراي وحقول خرساني في أذربيجان .

وعمليات الاحتراق في الموضع قد نفذت أو في طريق التنفيذ في بلدان أخرى مختلفة وخاصة في رومانيا وكندا وفنزويلا .

في رومانيا مثلا : يقوم الرومان بتطبيق الحرق في الطبقة بنجاح في حقل Surplacu de Barau وذلك بالتعاون مع الفرنسيين . حيث تضع الطريقة حاليا في العمل 38 بئر حقن و205 بئر إنتاجي ، خضعت بعض الطبقات للاحتراق الرطب أما بالنسب لبقية آبار المنطقة المعنية تلجأ للاحتراق الجاف المتبوع بحقن ماء .

كمية الهواء المحقون تصل إلى 1.8 مليون م^3/جول وهي تسمح بإنتاج ما يقارب 300000 م^3 من النفط في السنة .

نتائج الاحتراق في الموضع ترتبط بشكل أكيد بخصائص المكمن ونسبة الهواء المضغوط إلى النفط المنتج التي حصل عليها في العمليات الحقلية وهي بشكل عام محصورة بين 1500 - 4000 ن م^3 / م^3 في الاحتراق الجاف وبين 500 - 2000 ن م^3 / م^3 في الاحتراق الرطب .

معدل الإنتاج يمكن أن يصل أو حتى يتعدى الـ 50 % .

6-4- طرق التسخين الحديثة :

مازالت طرق التسخين الحديثة تشغل اهتمام الباحثين في استخدام الطرق

Scanned by CamScanner

الحرارية لاستخراج النفط الثقيل وذلك نظرا للصعوبات التي تعترض الطرق الحرارية التقليدية . والتجارب التي تجري الآن تشمل عددا من الطرق وأهمها :

6-4-1- القذف الإلكتروني النبضي :

تبدو هذه الطريقة قابلة للتطبيق لاستخراج نفوط الشيست وذلك بسبب قدرة الإلكترونات على التسخين السريع لحجوم هائلة من الصخر ولكن يلاحظ في هذه الطريقة أن الإلكترونات لا تدخل ضمن الصخر بشكل كاف ولا تتبع الشقوق . ومن سيئات هذه الطريقة أنها مرتفعة التكاليف .

6-4-2- استخدام الليزر :

طرحت فكرة استخدام الليزر للمزيج الغازي $CO_2 — N_2$ منذ عام 1968 لتسخين النفط في مكانه ضمن الطبقة . حيث يستخدم لذلك غاز العادم وتم الاستفادة من الطاقة الحرارية الناتجة عن محرك احتراق عادي . وبها يتم نزع الماءات من الغاز حتى الحصول على مزيج مؤلف من حجم واحد من CO_2 وثمانية أحجام من N_2 ويحقن في قاع البئر بنواقل موصولة مع أقطاب مغذاة بتيار كهربائي ذي تردد راديوي (ميغاهرتز) وبتأثير هذا التردد ينشأ عامل لايزر عادي ترتفع درجات الحرارة في المناطق المسامية إلى 540 م° وهذه الحرارة كافية لتخفيض اللزوجة بشكل كبير مما يسهل عملية استثمار النفط .

6-4-3- استخدام الميكروويف :

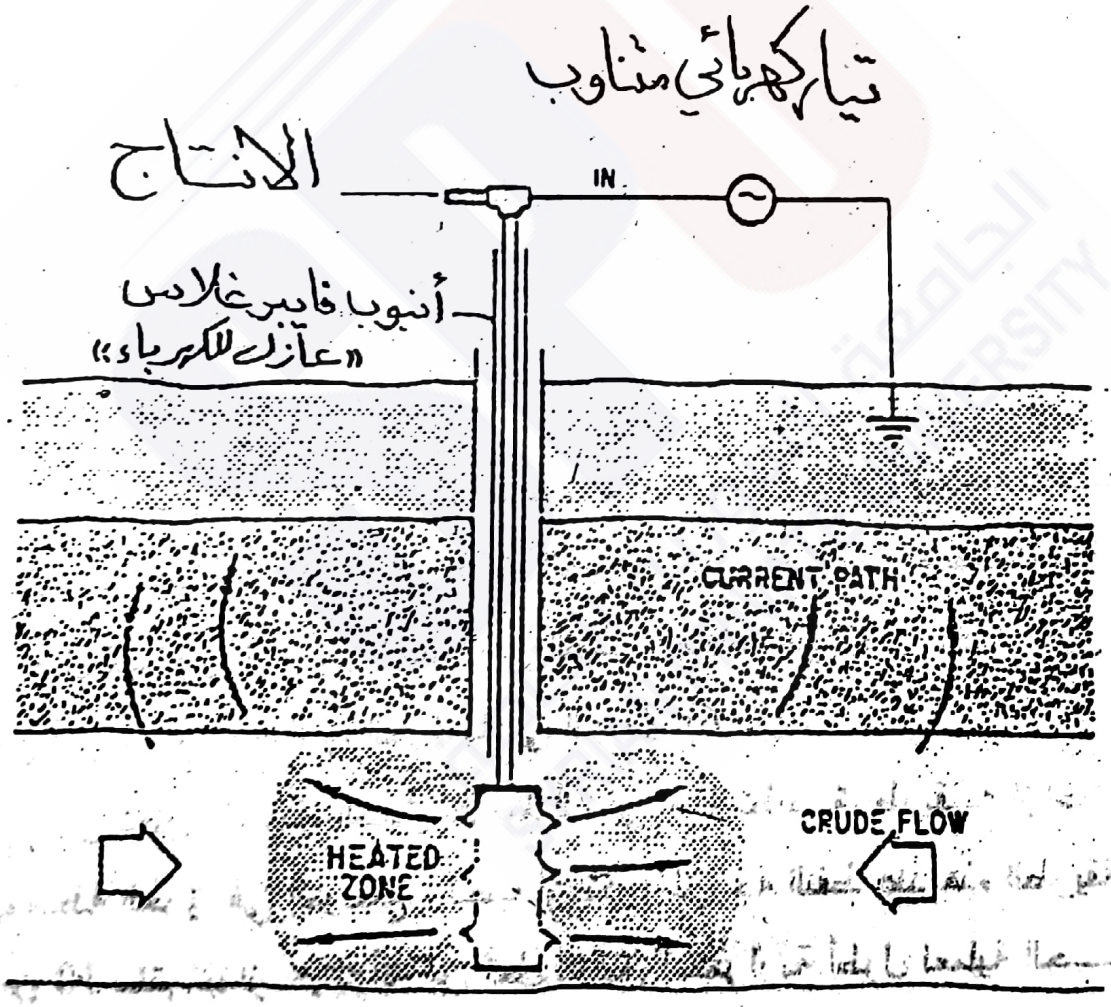
اقترح هذه الطريقة باحثون كنديون في عام 1977 وذلك بعد استخدامهم لها على القطران والشيست البيتوميني وحتى الفحم من أجل ذلك تستخدم آبار عمودية وأفقية ووشائع ثلاثية الأقطاب مغذاة بتيار كهربائي بتردد راديوي وعن طريق امتصاص موجات الراديو من قبل الفلزات يتم تسخين الصخور . وحسب الظروف العملية

Scanned by CamScanner

يمكن تسخين وتبخير الهيدروكربونات وتشكل فحم الكوك المتبقي .

6-4-4- استخدام التيار الكهربائي :

تشير النتائج المخبرية التي نشرت حتى الآن إلى أن هذه الطريقة تبدو جيدة في حالة فشل الطرق الحرارية التقليدية . وتعتمد هذه الطريقة على إنتاج فعل جول الناتج عن مقاومة الطبقة وهذا بدوره يؤدي إلى تسخينها . ومن أجل ذلك يتم تطبيق توتر كهربائي وحيد الطور على ناقل معدني ذي نهاية قطبية تسمح بإعادة التيار المرسل في الطبقة وبالتالي الاستفادة من الطاقة الحرارية الناتجة في تخفيض لزوجة النفط .



الشكل (6-9) يوضح عملية تسخين الطبقة باستخدام التيار الكهربائي

Scanned by CamScanner

كيفية اختيار الطريقة المناسبة :

الجواب على هذا السؤال ليس سهلا دائما لذلك فإن اختيار الطريقة من أجل استخدامها في حقل محدد وفي ظروف استثمار معينة بحيث تحقق أكبر زيادة في إنتاج النفط في ظل مؤشرات اقتصادية ملائمة . حيث أنه يمكن استخدام أكثر من طريقة للحقل المحدد ومن أجل اختيار أفضل الطرق يجب معرفة ما يلي :

1- إشباعية الطبقات بالنفط وبالغاز وبالماء أو درجة استنزافها أو اماهتها .

2- خصائص النفط والمياه الطبقية (اللزوجة نسب الكبريت، البرافين، الاسفلت، الرماد والأملاح) .

3- عمق الخزان ، خصائص الخزان (رملي ، كلسي - نسبة الغضار المتواجد في الصخور النفوذية السماكة ، التجانس ، استمرار الطبقات وانقطاعها) .

4- نظام دفع المكمن .

5- توزع الآبار المحفورة ووضعها الفني .

6- توفر الوسائل المادية والفنية ، نوعها ، مواصفاتها وثمنها .

7- أسعار النفط .

8- الحاجة إلى زيادة الإنتاج .

وعلى أساس نتائج الدراسات المخبرية والتجارب الحقلية والتجارب العملية لزيادة المردود التي تمت في العالم فقد تم الحصول على جملة من المعطيات والتصورات حول المقاييس التي تميز خصائص النفط والطبقات التي يمكن أخذها بعين الاعتبار من أجل استخدام الطرق الحرارية في الجدول (6-1) .

ومن تحليل الجدول السابق نلاحظ أنه في حالة تطبيق طريقة إزاحة النفط بواسطة الحرق في الموضع . يجب أن تكون لزوجة النفط عند هذه الطريقة أكثر من 10 سنتي بواز حيث أنه من أجل تحقيق استمرارية أطول لعملية الحرق في الطبقة يجب أن تحتوي هذه الطبقة على كمية كافية من البارافينات .

Scanned by CamScanner

المؤشرات	الحرق الموضعي	الإزاحة بالبخار	الحقن الدوري
اللزوجة في الظروف الطبقية – سنتي بواز	أكبر من 10	أكبر من 50	أكبر من 100
الاشباعية النفطية %	أكبر من 50	أكبر من 50	أكبر من 50
الضغط الطبقي	———	———	———
النفوذية – دارسي	أكبر من 0.1	أكبر من 0.2	———
السماكة – متر	أكبر من 3	أكبر من 6	أكبر من 6
الشقوق	غير ملائمة	غير ملائمة	غير ملائمة
العمق – متر	أقل من 1200 جاف وأقل من 1800 رطب	أقل من 1200	أقل من 1200
نسبة الغضار في الطبقة %	غير محدود	———	10 – 5
كثافة شبكة الآبار هيكتار / بئر	أقل من 16	أقل من 6	غير محدود

الجدول (6- 1) يبين المقاييس الأساسية لاستخدام الطرق الحرارية لزيادة مردود الطبقات

وكذلك يجب أن تتوضع الطبقة على عمق كاف بحيث يصبح بالإمكان التحكم بعملية الحرق من جهة ولضمان عدم خروج نواتج الاحتراق إلى السطح من جهة أخرى .

أما لدى إزاحة النفط بالبخار فإنه لا يمكن استخدام هذه الطريقة في الطبقات التي تكون سماكتها أقل من 7 متر وذلك لأسباب اقتصادية ، حيث أنه يحصل في مثل هذه السماكات ضياعات حرارية من خلال أعلى وأسفل الطبقة وهذا بدوره يؤدي إلى نقصان الفعالية الاقتصادية للطريقة .

Scanned by CamScanner