بسم الله الرحمن الرحيم

بحث بعنوان

تكنولوجيا حفر الآبار

Drilling Technology

إعداد

محمد كمال شجاع

مهندس حفر وإنتاج بترول

كلية هندسة البترول والتعدين بالسويس

قسم هندسة البترول – جامعة قناة السويس

(١٤٤٤ هـ - ٢٠٢٣ م)

بِسْمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحْمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

﴿ فَأَمَّا ٱلزَّبَدُ فَيَذْهَبُ جُفَآءً وَأَمَّا مَا يَنفَعُ ٱلنَّاسَ فَيَمْكُثُ فِي ٱلْأَرْضِ ﴾

الرعد: ١٧

صدق الله العظيم

قال رسول الله صلى الله عليه وسلم

لا يزال المرء عالما ما طلب العلم فإن ظن أنه علم فقد جهل

صدق رسول الله

إهـــداء

اهدى هذا البحث

إلى روح والدى ..

المرحوم الحاج / **كمال سيد عبد العظيم شجاع**

وإلى روح والدتى

المرحومة الحاجة / **حسنية سيد أحمد على الجندى**

الذين قاموا على تربيتى على أحسن ما يكون وتنشأتى النشأة الإسلامية وتعليمى أمور دينى.

وأنفقوا على تعليمى الكثير من أجل أن أكون مهندسا .

وورثت عنهم الأدب والاحترام والطيبة والسماحة وحسن الخلق والقناعة والتواضع وحب الناس ومساعدة الضعيف واحترام الكبير .

رضى الله عنهم وأدخلهم الله فسيح جناته وحشرهم الله مع الأنبياء والصديقين والشهداء والصالحين وحسن أولئك رفيقا وجزاهم الله عنى خير الجزاء .

م / محمد كمال شجاع

التخطيط للنجاح

لا يمكنك أن تقرر ما يجب عليك عمله اليوم
إلا إذا كنت تعرف ما تريد أن تصل إليه غدا

والتخطيط الناجح يشتمل على :

١- تحليل الأهداف .

٢- تحديد الأولويات .

٣- تحديد نماذج العمل .

٤- استخدام آلات تنظيم الوقت وأدواته .

٥- التفكير بإيجابية .

المفاهيم الأساسية في هندسة حفر الآبار

Basic conceptions in drilling engineering

مقدمة :

تستخدم في الوقت الحاضر تقنيات حفر الآبار لاستخراج كميات كبيرة وهامة من الموارد والخامات الطبيعية (النفط - الغاز - المعادن الثمينة) وغيرها من باطن الأرض، وأهم المجالات التي تحفر من أجلها الآبار هى :-

١. استخراج النفط والغاز الطبيعي من المكامن النفطية والغازية.
٢. التنقيب والاستكشاف، وذلك بهدف اكتشاف المكامن الجديدة للخامات الهامة، أو بهدف تحديد المكامن التي سبق اكتشافها، وحساب مخزون هذه المكامن من الثروات.
٣. حفر الآبار المائية، وذلك بهدف استخدامها للأغراض البشرية، والزراعية، والصناعية.
٤. حفر الآبار المنجمية، وذلك لاستخدامها كمنافذ للتهوية، أو كوسائل لنزح الماء المتدفق في المناجم ، أو كممرات للإسعاف السريع وغيرها من الاستعمالات المتعلقة بصناعة المناجم.
٥. دراسة التربة، وذلك بهدف إنشاء العمارات والأبراج العالية والسدود والطرق السريعة والسكك الحديدية. والممرات تحت الأرض والمنشآت الصناعية، وغيرها من الأعمال الإنشائية.

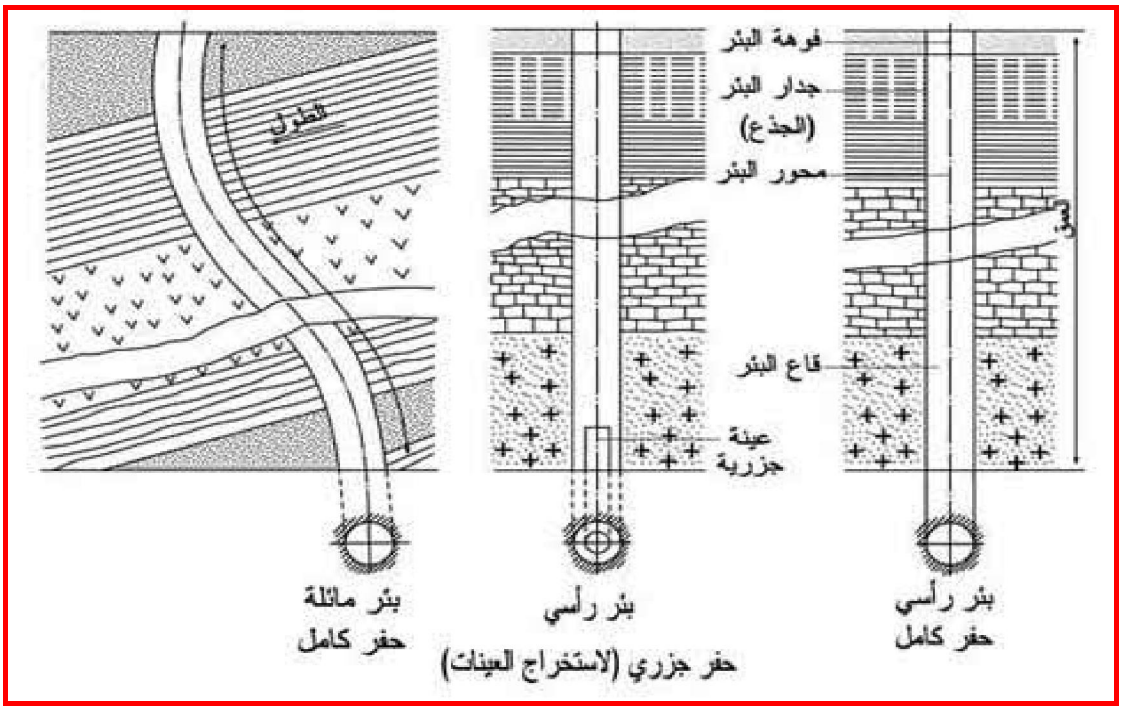
وبالرغم من تعدد مجالات تطبيق أعمال حفر الآبار، فإن تطور تقنيات حفر الآبار اعتمدت أساساً على أعمال التنقيب والاستكشاف والاستثمار لحقول النفط والغاز ، وذلك لأن معظم الآبار المحفورة وأكثرها

عمقاً تم حفرها لاستخراجها . ومع ذلك فهناك الكثير من العناصر المشتركة بين أعمال الحفر المستخدمة للأغراض المختلفة .

مفهوم البئر :

تعرف البئر بأنها بناء معدني خاص، وذات شكل أسطواني، تحفر دون إنزال الإنسان فيها ، قطرها أقل بكثير من طولها [٣.٦] . وعناصر البئر هي الآتية (الشكل ١) :

- فوهة البئر: وهي الفتحة الواقعة في الجزء العلوي من البئر على السطح .
- قاع البئر: وهي الطرف السفلي من البئر.
- جدران البئر : وهي عبارة عن السطح الأسطواني الواصل بين فوهة البئر وقاعها .
- محور البئر: وهو الخط الوهمي الذي يصل بين مركز فوهة البئر ومركز القاع ، وقد يكون المحور مستقيماً شاقولياً، أو مائلاً، أو منحنياً، أو متعرجاً .



شكل رقم (١) : رسم تخطيطي للآبار

- عمق البئر: وهو المسافة الشاقولية بين الفوهة والقاع، أي أنه مسقط محور البئر على الشاقول ، ويتغير عمق البئر في مجال واسع ، من عدة عشرات من الأمتار حتى عدة آلاف من الأمتار، وذلك حسب الهدف من حفرها.
- طول البئر : وهو المسافة بين الفوهة والقاع وفق محور البئر ، أي أن طول البئر أكبر دوماً من عمقها .
- قطر البئر : تحفر البئر على مراحل ، ويتناقص قطر البئر من مرحلة لأخرى بدءاً من السطح . القطر الأول للبئر (على السطح) لا يزيد عادة عن ٩٠٠ m m ، والقطر الأخير (المرحلة السفلى) نادراً ما يكون أقل من ١٤٠ mm .

يتم إنجاز البئر بالحفر، الذي هو عبارة عن مجموعة الأعمال التي يتم بواسطتها اختراق الطبقات الصخرية بدءاً من سطح الأرض وحتى العمق المقرر للبئر . وتشمل هذه الأعمال تفتيت الصخور عند القاع ، ورفع نواتج الحفر إلى السطح ، ثم تغليف البئر وسمنتتها . تفتيت الصخور عند القاع يمكن أن يكون كاملاً، وهو ما يسمى بالحفر العادي، أو يكون جزئياً، ويسمى عندئذ بالحفر التلبيبي ، وذلك بهدف الحصول على عينات أسطوانية من الطبقات الصخرية ترفع بشكل دوري إلى السطح لدراسة هذه الطبقات بشكل دقيق ومفصل.

تحفر الآبار على اليابسة وفي البحار، وذلك بواسطة أجهزة حفر (وحدات الحفر)، وعند الحفر في البحار تثبت هذه الأجهزة على منصات ثابتة أو عائمة، أو سفن حفر بحرية.

Drilling Technology

تكنـــولـــوجيـــا الحفـــــر

الحفر Drilling بصفة عامة يستخدم لهدفين :

الهدف الأول

وهو عمل فتحة Bore Hole فى طبقات الأرض المتفاوتة الصلابة عن طريق الحفر بإحدى الطرق الثلاث :

١- الحفر الدقاق Cable tool drilling ٢- الحفر الرحوي Rotary drilling

٣- الحفر التوربينى Turbine drilling

الحفر السائد والمستخدم حاليا هو الحفر الرحوى Rotary dilling ويستخدم فيه الدقاق الثلاثى Tricone ذات الصلابات المختلفة ويصل عمق الحفر إلى أكثر من ٤٠٠٠ قدم وذلك للوصول إلى Oil Bearing Formation (Reservoir) وذلك لاستخراج البترول Petroleum . وقد يصل عمق هذه الفتحة إلى ٢٠٠٠ قدم للوصول إلى Water Bearing Formation (aquifer) . وذلك لاستخراج المياه Water .

الهدف الثانى

وهو الحصول على العينات اللبية Core Sample عن طريق الحفر بإحدى الطرق الثلاث

١- الحفر التقليدى Conventional drilling

٢- الحفر السلكى Wireline drilling

٣- الحفر الدورانى العكسى Reverse circulation drilling (RC)

الهدف الأول

شرح طرق الحفر المختلفة القديم منها والحديث وذلك لحفر ابار البترول وآبار المياه .

طرق الحفر المختلفة :

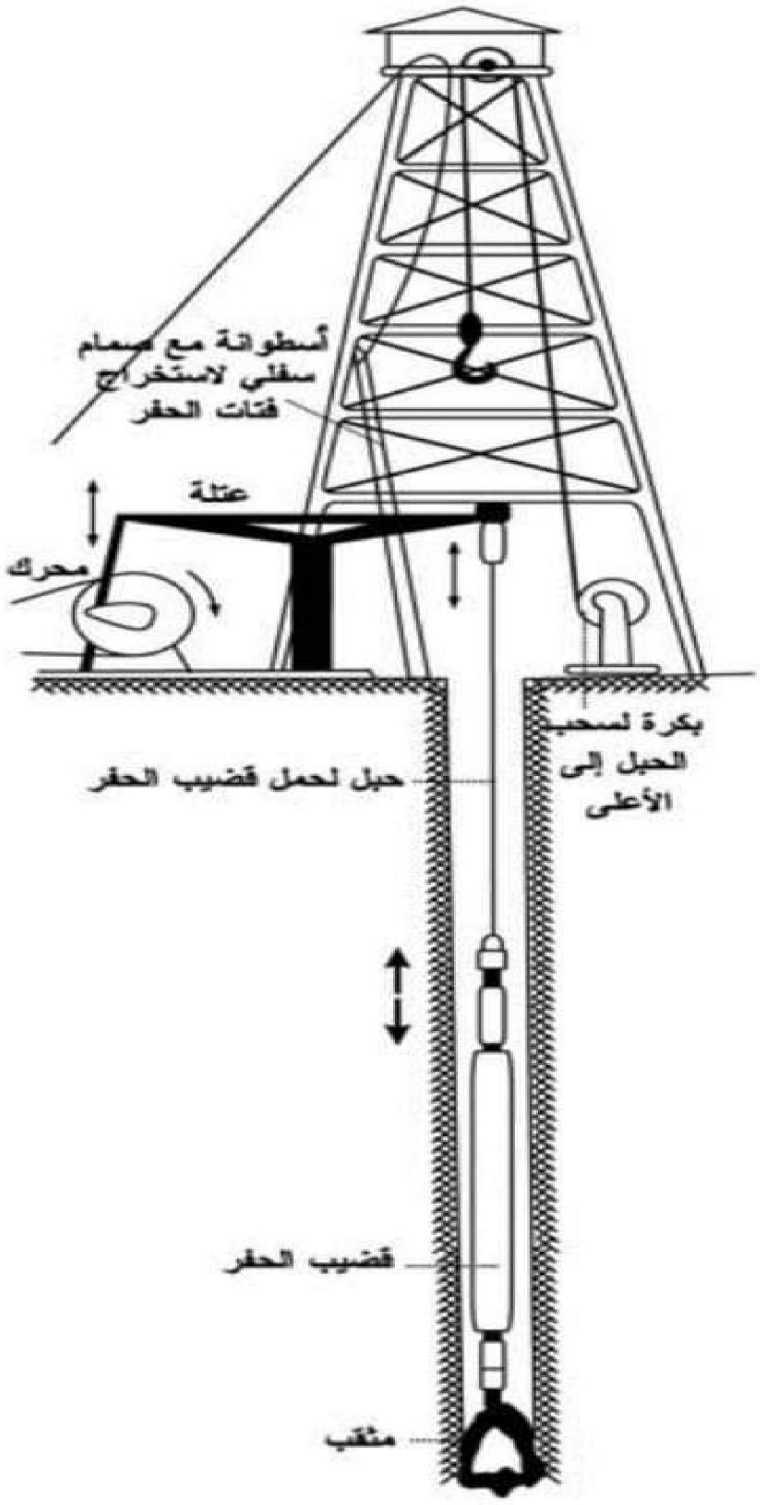
١- الحفر الدقاق Cable tool drilling ٢- الحفر الرحوي Rotary drilling

٣- الحفر التوربينى Turbine drilling

أولاً : الحفر الدقاق Cable tool drilling :

جهاز الحفر الدقاق بسيط في هيكلة وفي بداية الأمر كان نظام الرفع فية يتكون من برج خشبي له أربعة أرجل ويصل ارتفاعه ما بين ٢٢ متر إلى ٢٧ متر (أي ٧٢ قدم في ٨٧ قدم) ويدار نظام الرفع والخفض بمحرك بخاري وتطور الأمر بعد ذلك ليشمل أجهزة أكثر حداثة وتقوم طريقة الحفر الدقاق أساسا على إحداث ضربات متكررة يسددها مثقب (دقاق) Bit مربوط بعمود حفر وعمود الحفر هو عبارة عن قطعة طويلة من الصلب معلقة فى طرف كابل معدنى وهذا العمود له ثقل لزوم دفع المثقب لإحداث ثقب في الأرض .

وهذا الثقب يبقى فارغاً وبه قليل من الماء في قاعة وبعد حفر عدة أمتار يتم سحب المثقب (دقاق) Bit من البئر لاستخراج ما تراكم بها من نواتج الحفر في التكوينات الصخرية Rock Cuttings بواسطة دلو Bailer وهو عبارة عن أنبوب مفتوح في طرفه الأسفل صمام وأثناء حفر البئر وعند عمق معين يتم تبطين وتغليف البئر بمواسير تبطين Casing Pipe وذلك لتحول دون تهدم جوانب البئر وتمنع الماء من الشرب إليها انظر الشكل رقم (١) .



شكل رقم (٢) يوضح جهاز الحفر الدقاق Cable tool drilling Rig

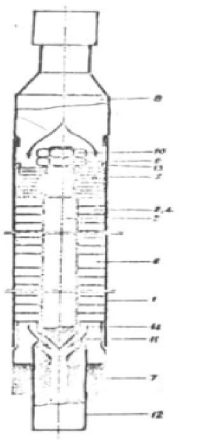
ثانيا : الحفر الرحوي Rotary drilling

الحفر الرحوي الدوار يختلف جذرياً عن الحفر الدقاق فبدلاً من أن يتحرك عمود الحفر صعود ونزولاً فإنه في هذة الطريقة يتم تحريك عمود الحفر المضلع Kelly بواسطة طاولة رحوية Rotary table وفي هذة الطريقة يتم إستخدام سائل الحفر Drilling Fluid عن طريق طلمبات ضخ تقوم بضخ سائل الحفر الطيني إلى داخل البئر بصورة مستمرة لإخراج نواتج الحفر من التكوينات الصخرية Rock Cuttings من داخل البئر للخارج .

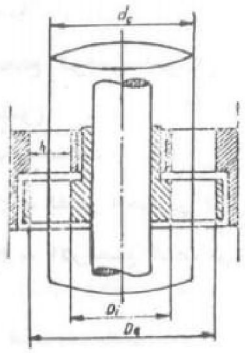
ثالثا : الحفر التوربيني Turbine drilling

وهذه طريقة أخرى من طرق حفر الآبار وهي تعتمد على دوران المثقب (الدقاق) Bit من خلال محرك يستمد قوته من سرعة تدفق سائل الحفر الطيني . وفى هذه الطريقة لا يتم دوران عمود الحفر المضلع Kelly .

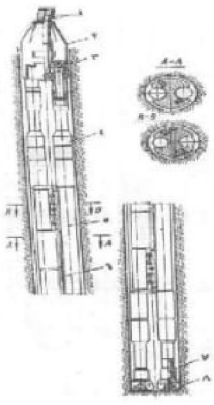
وتمتاز هذه الطريقة بسرعة إختراق المثقب لطبقات الأرض إلا أن سحب المثقب من البئر على فترات قصيرة يسبب تلف المثقب السريع مما يجعل الفعالية الإجمالية لهذة الطريقة أقل وخاصة في الآبار العميقة .



الشكل (5 – 1): رسم توضيحي لتوربين حفر بسيط.



الشكل (5 – 3) مقطع طولي في طابق من توربين الحفر .



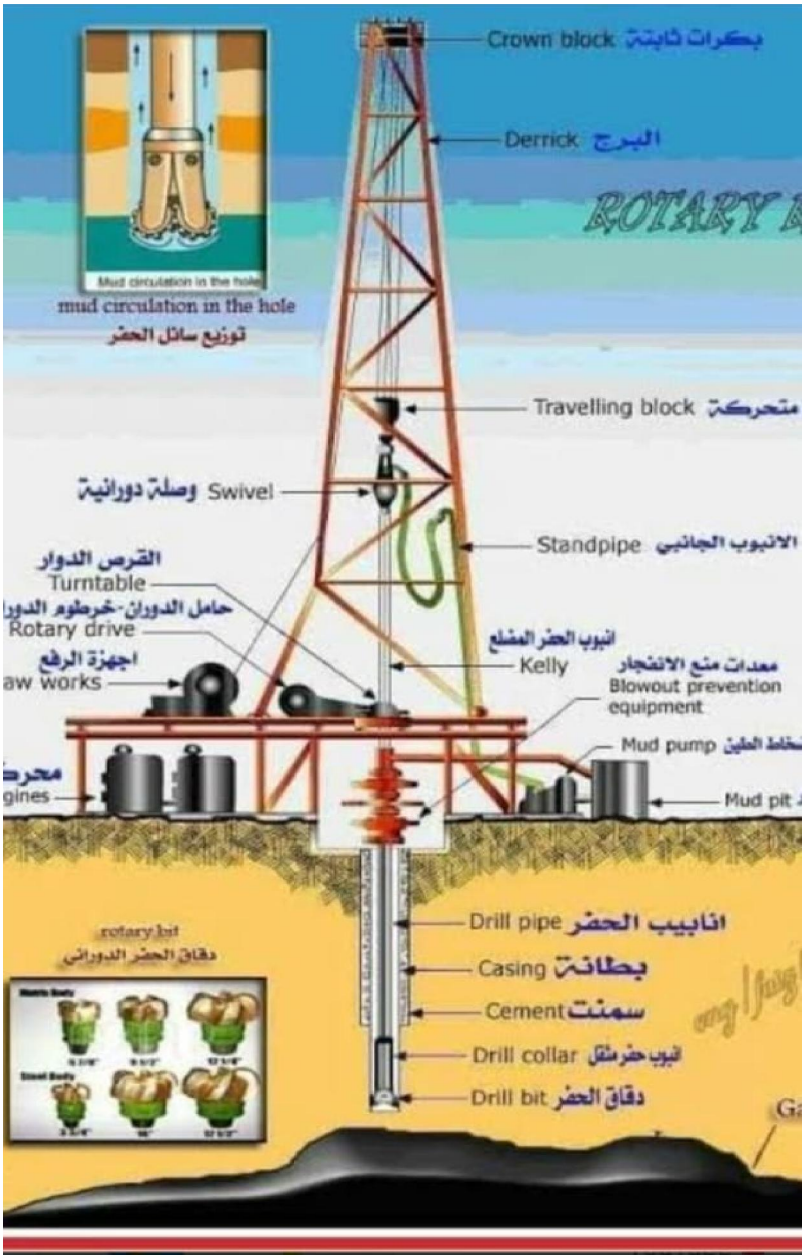
الشكل (5 – 2) : توربين الحفر النفاث المزدوج .

شكل رقم (٣) يوضح شكل التوربينات

الحفر الرحوي Rotary drilling

نظرا لأن طريقة الحفر الرحوي Rotary drilling هى الطريقة الأكثر شيوعا في حفر آبار البترول والمياة لذا سوف نتناول شرح تفصيلي لهذة الطريقة

جهاز الحفر ومكوناتة الأساسية Components of Rotary Drilling Rig



شكل رقم (٤) يوضح جهاز الحفر الرحوى Rotary Drilling Rig

يتكون جهاز الحفر الرحوى الدوار Rotary drilling Rig من :

أولا : خط الحفر Drilling String : انظر الشكل رقم (٣)

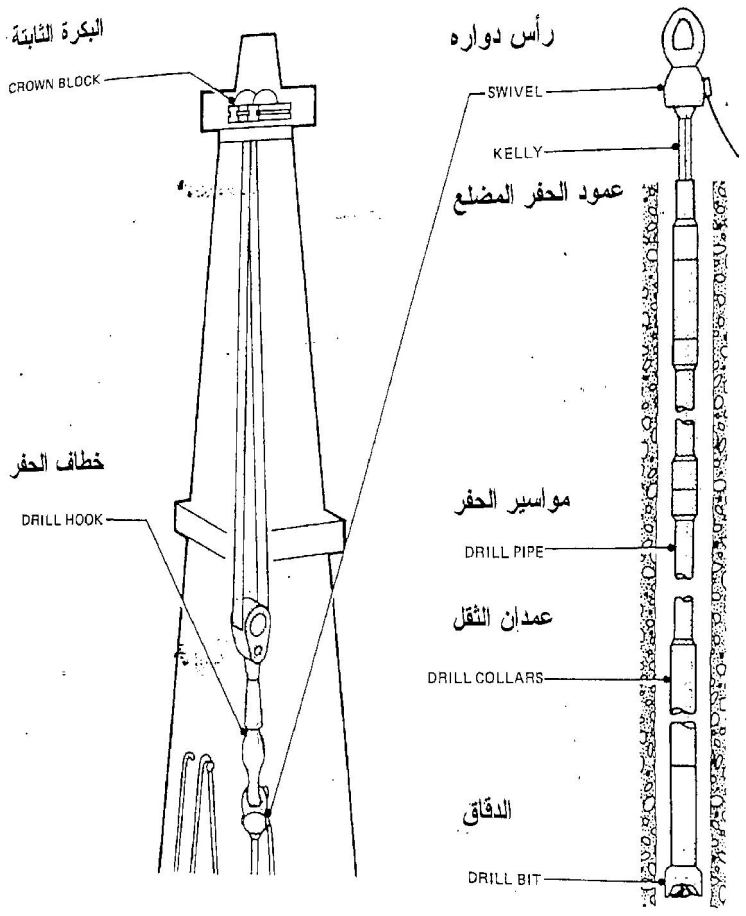
١- المثقب (الدقاق) Bit .

٢- عمدان الثقل Drill collar .

٣- مواسير الحفر Drill pipes .

٤- عمود الحفر المضلع Kelly .

٥- رأس دوارة Swivel .



شكل رقم (٣) يوضح خط الحفر Drilling string

شكل رقم (٥) يوضح خط الحفر Drilling String

♌ المثقب (الدقاق) Bit

هو رأس الحربة في جهاز الحفر وهو يشق طريقة إلى أعماق بعيدة تحت سطح الأرض مخترقاً تكوينات من الصخور متباينة في صلابتها بين الرخوة إلى الشديدة الصلابة انظر الشكل رقم (٤)

شكل رقم (٦) يوضح أنواع المثاقب (الدقاقات) Bits

ويعتبر المثقب ثلاثي المخروط Tricone Bit من أكثر المثاقب شيوعا واستخداما والمثاقب ذات الأسنان الطويلة تستخدم للتكوينات من الصخور الرخوة والمثاقب ذات الأسنان الصغيرة المستخدم للتكوينات من الصخور الصلبة .

وكذلك هناك مثاقب ذات اسنان مرصعة ومحشوة بمادة التنجستين كربيد الشديدة الصلابة Tangisten Carbid Bit كما أن هناك أيضا مثاقب

مرصعة ومحشوة بقطع من الماس Diamond Bit وهذة المثاقب تستخدم في التكوينات من الصخور شديدة الصلابة وأقطار المثاقب تتراوح بين ٩.٥ سم إلى ٦٦ سم (٣.٧٥ بوصة إلى ٢٦ بوصة) وتدور بمعدل ٥٠ إلى ١٠٠ لفة / الدقيقة .

♌ عمدان الثقل Drill Collars

ويوجد عند الطرف الأسفل وفوق المثقب مواسير ثقيلة سميكة الجوانب تسمى عمدان الثقل Drill Collars .

هذه عمدان الثقل تعطى حمل من وزنها يتراوح من ٧٠ إلى ٨٠% على المثقب (الدقاق) Bit وذلك حتى يساعد المثقب فى اختراقه للتكوينات الصخرية المختلفة ، كما أن النسبة الباقية والتى تتراوح بين ٢٠ : ٣٠% هى التى تجعل خط الحفر Drill String مستقيم وتحميه من عملية الالتواء التى ينتج عنها كسر لخط الحفر Drill Pipes ، وعمدان الثقل Drill Collars تجعل خط الحفر Drill String عمودية ويمنع خط الحفر من الحركة البندولية Pendulum والتى بدورها تغير من اتجاه الحفر Direction Of Drilling وكذلك تعرض خط الحفر Drill String للاستعصاء Stuck .

ويحدد عدد عمدان الثقل Drill Collars المحملة على المثقب (الدقاق) Bit إلى مدى المثقب (الدقاق) Bit على التحمل .

ويعلو هذه العمدان الثقل سلسلة من مواسير الحفر Drill pipes وهذه المواسير مصنوعة من صلب خاص طول الواحدة منها ١٠ أمتار (٣٠ قدم) وقطرها فى العادة ٥ بوصة وأحياناً ٣.٥ بوصة أو أقل .

ويتم توصيل مواسير الحفر بشكل محكم مانع للتسرب كما يمكن فكها وتركيبها مرة أخرى بسرعة وأمان ويعلو مواسير الحفر Drill pipes عمود الحفر المضلع Kelly والذى يمر عبر طاولة رحوية Rotary Table والتي تستمد

حركتها عن طريق عدة تروس متصلة بمحرك وهذة الطاولة الرحوية تدور حول نفسها فتنقل قوة وعزم الدوران إلى عامود الحفر المضلع Kelly ويصنع هذا العمود على هيئة مضلعة رباعية أو سداسية الشكل وهو من الصلب العالي الجودة ويبلغ طوله مابين ١٤ متر إلى ١٦.٥ متر (٤٠ قدم إلى ٥٠ قدم) وتربط بالطاولة الرحوية مجموعات من البكرات لها بيت خاص يدعى جلبة عمود الحفر المضلع Kelly Bushing .

وتشكل مجموعات البكرات الموجودة داخل الجلبة فتحة ذات شكل مربع او مسدس يمر عندها عمود الحفر المضلع Kelly الذى يدور مع الطاولة الرحوية وهكذا يتيسر لعمود الحفر المضلع دفع يكاد يكون خاليا من الإحتكاك عندما يتم إنزاله قبل بداية الحفر كما تقوم الرأس الدوارة Swivel عن طريق المعدات الرافعة Hoisting Equipment بحمل خط الحفر Drilling String وتسمح بدورانه .

♌ ثانياً : المعدات الرافعة Hoisting Equipment

تتكون من :

١- خطاف Hook ٢- البكرة المسافرة Travelling Block

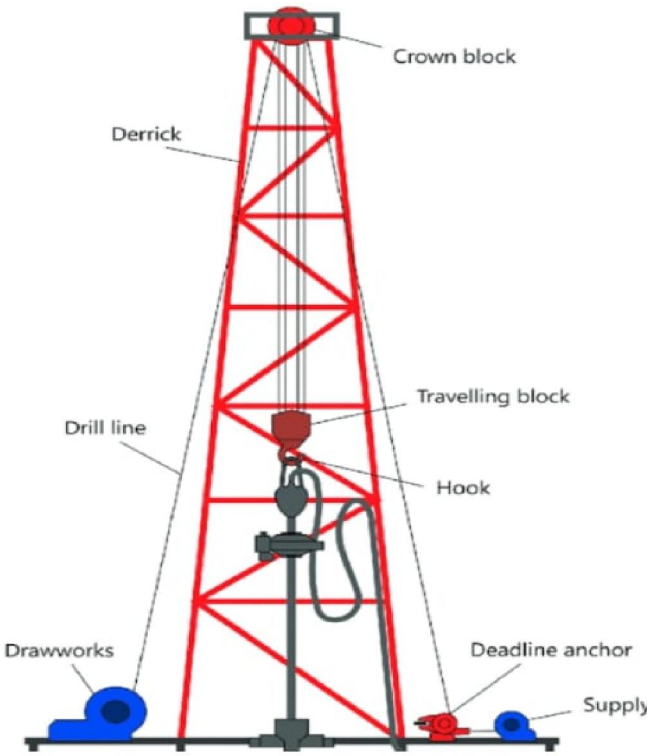
٣- البكرة الثابتة Crown Block ٤- برج الحفر Derrick

وتستخدم المعدات الرافعة عندما تقتضى الحاجة إلى رفع خط الحفر Drilling String من البئر لتغيير المثقب (الدقاق) Bit المتآكل بأخر جديد وذلك عن طريق نظام الرفع Hoisting System والذي يتكون من البكرة الثابتة Crown Block والبكرة المسافرة Travelling Block ذات خطاف Hook معلق بها ويتصل هذا الخطاف بالرأس الدوارة Swivel والتي تسمح لخط الحفر Drilling String بالدوران .

ويوجد حول إسطوانة الرفع حبل ملفوف Hoisting Line من السلك الصلب المتين يمر في البكرة الثابتة Crown Block والبكرة المسافرة Travelling Block ويربط طرف الحبل المقابل للمرفع بقاعدة البرج Derrick .

ويثبت الجهاز الرافع Draw works بإحكام عند مستوى أرضية البرج وهو يتكون من الصلب وأعمدة وسلاسل وعجلات مسننة وقوابض الغاية منها تهيئة قوة للدفع على نسب بديلة مختلفة .

ويحتوى الجهاز الرافع أيضاً على آليات للفرملة تحت جهاز التحكم اليدوي الذي في متناول حفار Driller كما يحتوى على حافظات اعمدة لتشغيل الات مناولة المواسير ولوحة مجمع زيت في الآلات وأذرعة التحكم ومقابض تشغيل المحركات والأجهزة الرافعة سواء باليد أو بالكهرباء أو بالهواء المضغوط انظر الشكل رقم (٥)



شكل رقم (٧) يوضح المعدات الرافعة Draw works

ثالثاً: الطاولة الرحوية Rotary table

يدار عمود الحفر المضلع Kelly وبالتالي عمود الحفر بواسطة الطاولة الرحوية الدوارة Rotary table الموضوعة في وسط أرضية برج الحفر عن طريق جلبة عمود الحفر المضلع وتدار الطاولة رحويا عبر ترس لتخفيض السرعة بواسطة محرك كهربائي ويتدلى عمود الحفر المضلع Kelly وخط الحفر من الخطاف Hook المعلق أسفل البكرة المسافرة Traveling Block بواسطة وصلة الرأس الدوارة Swivel وتجرى حركة الطاولة الرحوية Rotary table وعمود الحفر المضلع Kelly وجلبة عمود الحفر المضلع كوحدة واحدة وفي اتجاه عقارب الساعة .

رابعا : المحركات الأساسية Prime Movers

يعمل جهاز الحفر وملحقاتة بواسطة مجموعة من المحركات الأساسية التي تشكل مصادر الطاقة المحركة وفي الماضي كان المحرك البخاري شائع الاستخدام وحلت محركات الديزل والتي تدار بالديزل أو المحركات التي تدار بالغاز أو المحركات التي تدار بالكهرباء وفي حفر الآبار العميقة يتكون جهاز توليد الطاقة من ثلاثة أو أربعة محركات طاقة المحرك الواحد منها ٥٠٠ حصان انظر الشكل رقم (٦)

شكل رقم (٨) يوضح جهاز رحوى

رافع للحفر على اعماق تتراوح بين ١٣٠٠٠ – ٢٠٠٠٠ قدم

سائل الحفر Drilling Fluid

الطفلة أو طين الحفر Drilling Fluid كما يطلق عليها أحيانا - هي الشريان الرئيسي لعمليات حفر آبار البترول، فهي لا تزال إلى الآن أفضل وسيلة يمكن استخدامها في عمليات الحفر الرحوى Rotary Drilling التى تجرى على نطاق واسع في جميع أنحاء العالم تقريبا.

إذ أن حوالى ٩٠% من إجمالي الأبار التي تحفر سنوياً تستعمل جميعها طين الحفر بينما النسبة الضئيلة الباقية يقوم بها الهواء أو الماء .

وتجدر بنا الإشارة إلى أنه بالرغم من أن الإنسان قد استخدم الطين في حفر آبار النفط منذ أوائل هذا القرن فقط، إلا أنه كان على دراية بكثير من الجوانب والمهام التطبيقية للطين منذ الآف السنين .

وتذكر لنا كتب التاريخ أنه منذ عام ٢٥٩ قبل الميلاد كان الصينيون يستخدمون قطعة ثقيلة من المعدن تعلق في عمود من الخشب ويدكون بها سطح الأرض فتهشم صخورها وتتفتت وكانوا يسكبون الماء كل فترة داخل الحفرة الناتجة وذلك لبعثرة قطع الصخور الصغيرة لتتحول إلى مادة طينية رقيقة أو خليط ممزوج بالماء يمكن انتشالة بواسطة دلو معدنى ينزل إلى قاع الحفرة .

وبالرغم من أن الصينيين قد استعملوا هذة الطريقة في بحثهم وتنقيبهم عن الملح الصخرى إلا أن ذلك التكنيك قد اتبع في العمليات الأولى من الحفر حيث ساعد استخدام الوسائل المستعملة أثناء إجراء عمليات حفر آبار البترول على إزالة وانتشال الصخور التي فتتت من جراء سقوط الثقل المعدنى عليها .

وفي وادى النيل كان الفلاح المصري يستخدم الماء والطين في دهان قنوات الري وسد الشقوق بها لمنع تسرب المياه من هذة القنوات ولايزال الفلاحون يطبقون هذه الطريقة إلى الآن وهي نفس الطريقة التي تستخدم الآن

في عمليات الحفر الرحوى حيث يساعد طين الحفر أو الطفلة على تبطين جدران البئر المحفورة ومنع تسرب المياه من خلالها أو عبرها .

وقد بدأ استخدام الطفلة في حفر آبار البترول في شهر أكتوبر عام ١٩٠٠ في بئر (سبندلتوب) الأسطورية التي تقع في منطقة تبعد حوالي ٧٥ ميلا شمال شرق مدينة هيوسن الامريكية جنوب نهر المسيسبي وفي البداية كان الماء هو السائل المستخدم في عملية الحفر إلى أن أصطدم مثقب الحفر برمال سريعة الانهيار وحينئذ إنهالت الرمال تحت ضغط مثقب الحفر ونتج عن ذلك تزحزح القاع فى الحفرة مما هدد بإنهيار البئر بأكمله وحسبما تذكر التقارير في ذلك الوقت ، فقد تذكر أحد أعضاء فريق الحفر أنه سمع بطريقة قرص الترشح في تقوية جدران الآبار ، فسارع إلى الاستفادة من مستنقع كان يتم فيه جمع الماء المستخدم في عمليات الحفر وقام الحفارون بدفع كمية من الطين من هذا المستقع فى البئر المحفورة أدت الى تثبيت الرمال السريعة الانهيار وإلى السماح بمواصلة عملية الحفر .

وكانت هذه البداية التى يتم فيها استخدام الطين في عمليات الحفر الرحوى ، وبعد ذلك أدخلت بعض التحسينات والإضافات إلى طين الحفر ، حتى يمكن له أن يمنع اندفاع الغازات والسوائل البترولية من الطبقات الجوفية إلى سطح الأرض ، خاصة وأنه قد حدثت مجموعة من الأنفجارات فى بعض الآبار البترولية بالولايات المتحدة الأمريكية وغيرها من البلدان .

♌ مكونات سائل الحفر The Composition of Rotary Drilling Fluid

تتكون الطفلة أو طين الحفر من عدد كبير من المواد والمركبات الكيميائية تبلغ المئات من أهمها ما يلي :

١) الباريوم Barium وهو أحد الفلزات الأرضية القلوية يستخدم كمادة مثقلة نظرا لكثافته العالية وثقل وزنه .

٢) الباريت Barite وهو مركب كيميائى قوامة كبريتات الباريوم، وهو صخر يستخدم مطحونا لزيادة ثقل طين الحفر وتبلغ كثافتة ٤.٢ وهذا يعني أنه أثقل من الماء بهذا القدر.

٣) البنتونيت Bentonite وهي مادة تزيد من كثافة أو لزوجة الطفلة وتساعد على بقاء الباريت معلقا فى محلول السائل وتمنعه من الترسب في البئر أثناء عملية الحفر ، والبنتونيت نوع من الطفل الرغوى يتكون من معدن المنتموريللونيت ، وهو طفلة توجد في الطبيعة تتضخم وتنتفخ حين تخلط بالماء .

٤) سلفونات الخشب Ligno Sulphonat وهي مادة تستخدم لكى تمنع تكتل جزيئات البنتونيت في المحلول

٥) اللجنيت Lignite وهو أحد أنواع الفحم الحجري، ويستخدم أيضاً لمنع تكتل البنتونيت بالإضافة إلى دوره في تقليل استهلاك الماء

٦) الصودا الكاوية وهي تستخدم لمنع تآكل مواسير الحفر ، وتساعد سلفونات الخشب واللجنيت في أداء عملها .

٧) الألمنيت وهو خام الحديد التيتانيومي ويستخدم أيضا في بعض الآبار لزيادة ثقل الطين ، وقد بين فريق من الباحثين أن هذا الخام يساعد على زيادة معدل الحفر بمقدار ٢٥ % عن الباريت، وقد قامت شركة باروید Baroid باستخدام الالمنيت في حفر ٥٠ مترا في كلا من الولايات المتحدة الأمريكية وبحر الشمال خلال عام ١٩٧٨ ولقد أدت هذه الزيادة المثيرة في معدل الحفر إلى اختزال تكاليف عملية الحفر بصورة ملموسة .

٨) إضافات اخرى ككلوريد الكالسيوم والنشا وزيت الديزل والأسمنت والألياف وغير ذلك .

♌ وظائف سائل الحفر Functions of drilling Fluid

تضخ الطفلة إلى داخل البئر المحفور عادة لكي تقوم بعمل قوة مضادة للضغوط الأرضية ولضغط المواد البترولية التي قد تكون موجودة في

المكامن الجوفية ويجب تغيير كثافة الطفلة عند الأعماق المختلفة وتنويع مكوناتها بما يتناسب مع نوع الطبقات الصخرية التي يتم الحفر فيها ومع الضغوط الناتجة عن السوائل والمواد داخل هذا الطبقات واثناء عملية الحفر تقوم الطفلة بعدة وظائف هامة مثل :

١- ازالة فتات الصخور من قاع البئر حتى يتمكن مثقب الحفر (الدقاق) Bit من الإستمرار في أداء مهمتة .

٢- حمل فتات الصخور إلى خارج البئر من خلال الفراع الإسطواني Annular Space الموجود بين مواسير الحفر وجدران البئر المحفورة وتزداد قدرة الطفلة على القيام بهذه العملية كلما زادت سرعتها ولزوجتها وكثافتها لإتمام ذلك على أكمل وجه يجب ألا تقل سرعة صعود سائل الحفر من ١٢٠ إلي ١٨٠ قدم في الدقيقة .

٣- تبريد وتشحيم مثقب الحفر (الدقاق) Bit حتى لا يتأكل من الحت الميكانكي الذي ينتج عن حركتة وحركة المواسير .

٤- دعم جوانب البئر ووقايتها من الإنهيار وذلك لان ضغط عمود الطفلة على جدران البئر من شانه أن يحول دون انهيارها بالإضافة إلى ذلك أن سائل الطفلة عند ضخه في البئر يؤدي إلى ترسيب قشرة طينية Mud Cake أمام الطبقات المسامية مما يساعد على عدم تسرب الطفلة أثناء الحفر

٥- إبقاء فتات الصخر معلقا في طين الحفر عندما تتوقف عملية ضخ الطفلة إلى البئر كما هو الحال عند استبدال المثقاب (الدقاق) Bit المتأكل ولهذا السبب يجب أن يكون طين الحفر ذا خاصية هلامية عندما يكون ساكنا وأن يعود إلى حالة السيولة عند تشغيله .

٦- التحكم في ضغط الطبقات الجوفية الأرضية .

٧- السماح باستخلاص المعلومات الخاصة بالطبقات التي تم ثقبها أثناء عملية الحفر فى حين تصل الطفلة إلى السطح محملة بفتات الصخور المهشمة ويتم فصل هذا الفتات في جهاز خاصة على جهاز الحفر الغربال الهزاز

Shale Shaker ويمكن لمهندس الطفلة أن يأخذ عينات من هذه الفتات ويفحصها ليستنتج ما إذا كانت هناك توجد شوائب بترولية في طين الحفر أم لا .

ولكى يحقق طين الحفر Drilling Fluid هذه الأغراض فيجب أن يعد ويخلط حسب مواصفات دقيقة تبعا لنوع الطبقات الصخرية التى تتم فيها عملية الحفر ويضخ السائل الطفلة بضغط يصل إلى ٤٠٠٠ رطل / بوصة مربعة عبر الأنابيب إلى ثلاث فواهات Nozzels توجد فى مثقب الحفر (الدقاق) Bit وينطلق السائل من خلال هذه الفواهات منظفا ومبرداً الحواف المسننة للمثقب ثم يدفع الشوائب وفتات الصخر إلى الأعلى حتى يصل إلى سطح جهاز الحفر ليتم فصله مما علق به ويعاد ضخه من جديد إلى البئر.

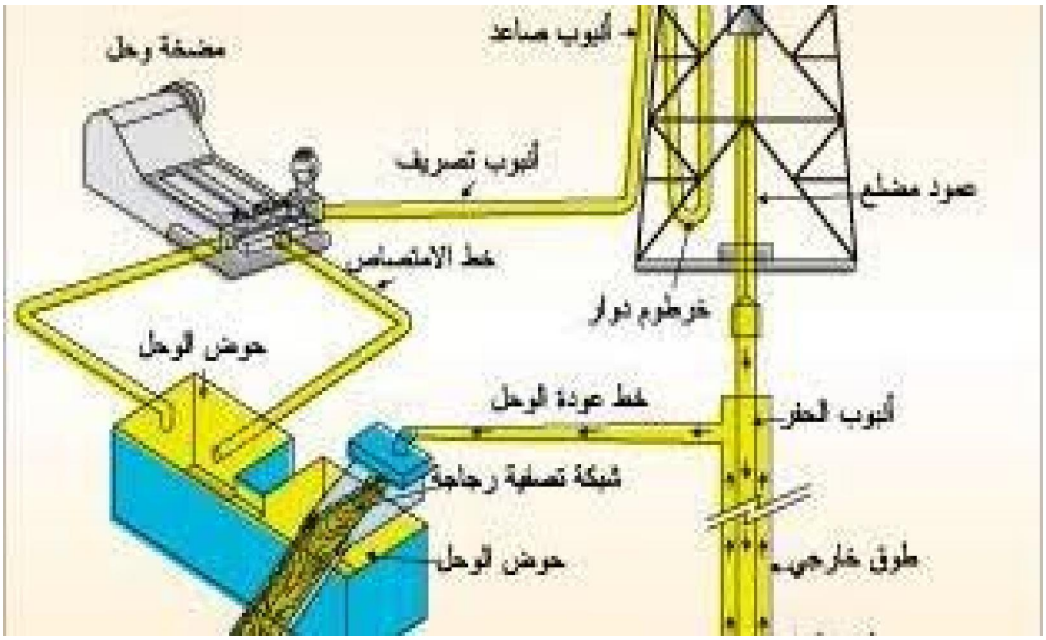
وفى بعض الأحيان حينما تخترق الطفلة طبقات شديدة المسامية والنفاذية يتسرب جزء منها أو تتسرب كلها داخل المسامات والشقوق الأرضية ولمكافحة هذه المشكلة تضاف إلى الطفلة مواد ليفية أو حبيبية مثل ألياف الأسبيستوس أو ورق السيلوفان أو قشرة الجوز .

وبالرغم من أنه قد استحدثت طرق جديدة للحفر إلا أن الطفلة لا تزال هى الأفضل ولا تزال الأبحاث تجرى فى بعض الشركات المتخصصة من أجل تحسين صفاتها واكتشاف مواد كيميائية جديدة تضاف إليها وترفع من جودتها وتقلل من تكاليف استخدامها فى حفر أبار البترول .

♌ دورة سائل الحفر Drilling Fluid Circulation System :

يتم حفر البئر بسائل الحفر Drilling Fluid أو طين الحفر Drilling Mud ويضخ هذا السائل تحت ضغط عالى بواسطة مضخة الطين Mud Pump وهى عبارة عن مكبس ترددى ثنائى أو ثلاثى تصنع من مواد صلبة فائقة المتانة من خزان السحب Suction Tank الموجود بجوار برج الحفر صعوداً فى ماسورة قائمة عند زاوية البرج Stand Pipe وعبر خرطوم Mud Hose والرأس الدوارة Swivel إلى داخل عمود الحفر المضلع Kelly وخط مواسير الحفر

Drill Pipes وخط عمدان الثقل Drill Collars وبعد أن يخترق سائل الحفر مثقب الحفر (دقاق) Bit حاملا معه ناتج الحفر Rock Cuttings يصعد إلى السطح عبر الحيز الحلقى Annulus Space بين خط مواسير الحفر وجدار البئر وعند فوهة البئر يمر سائل الحفر بماسورة الراجع Mud Return Pipe إلى غربال واسع سريع الاهتزاز Shale Shaker الذى يقوم بفصل معظم ناتج الحفر Cuttings ومنه إلى Desander الذى يقوم بفصل الرمل Sand ومنه إلى الـ Desilter الذى يقوم بفصل الــ Selt الأقل حجما من الرمال ومنه إلى الـ Degasser والذى يقوم بفصل الغازات ومنه إلى خزان السحب Suction Tank وغالبا تكون العودة عن طريق خزان وسيط يستعمل لأغراض المعالجة .



شكل رقم (٩) يوضح دورة وسائل الحفر

Drilling Fluid Circulation System

رحلة الحفر Making a trip

♌ رحلة الحفر

حفر البئر عملية متواصلة ليل نهار تستمر عادة دون انقطاع منذ اللحظة التي يبدأ فيها حفر أول قدم (بدء الحفر) حتى إنجاز البئر فيتعاقب على العمل تحت إشراف مراقب الحفر ثلاث فرق تضم كل واحدة حفاراً وأربعة عمال على ثلاث نوبات تعمل كل منها ثماني ساعات ويتولى اختصاصي ميكانيكي أمر المحركات ويستدعى غيره من الاختصاصين كلما دعت الحاجة .

في حين تقع مسئولية أعمال الحفر الميكانيكية على الحفارين ، يجب على المهندس المسئول أن يتأكد من أن تنفيذ برنامج الحفر يجرى على أنفع وجه وله أن يفحص مادة الحفارة والعينات المستخرجة من البئر قبل أن يرسلها إلى المختبر لفحصها بمزيد من التفصيل وله أن يشرف على اختبارات الإنتاج في التكوينات التي يمكن تكون منتجة وأن يختبر سائل الحفر تكرارا للتأكد من ثبات تركيبه وتأديته للعمل على الوجه الصحيح ولإعطائه أى معالجة كيميائية أو ميكانيكية لأزمة . وهذا أمر على أعظم جانب من الأهمية ، إذ أن من شأن الطين إذا أهمل أو عولج معالجة غير صحيحة أن يعيق التقدم جديا ، بل قد يؤدى إلى فقدان التحكم فى البئر أو إلى استعصاء خط الحفر Stuck أو إلى أخطار جدية مماثلة .

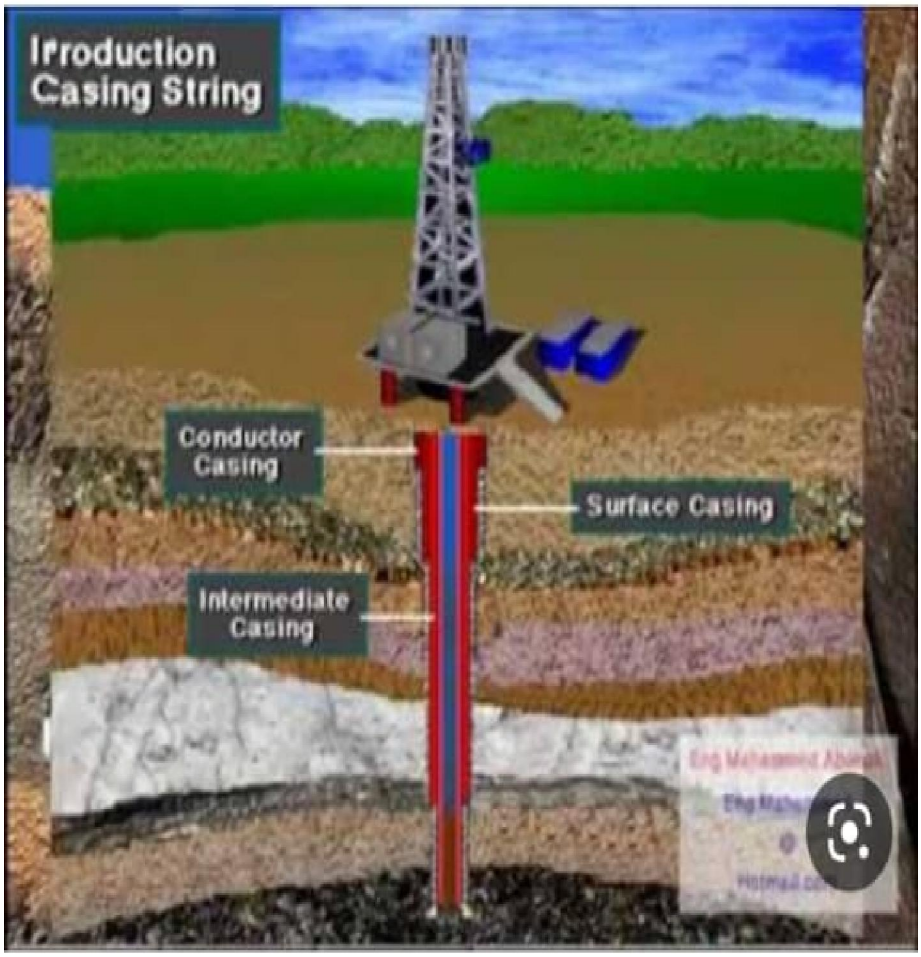
وبعد إنزال خط الحفر إلى قاع البئر Bottom وربط عبود الحفر المضلع Kelly حيث بدأ تشغيل مضخات الطين وإذا تبين أن الطين ينساب بشكل جيد ومنتظم في دورته يبدأ تشغيل الطاولة الرحوية Rotary Table وتبدأ عملية الحفر شيئا فشيئا حتى يتم إنزال عامود الحفر المضلع Kelly إلى

أخره ثم بعد الانتهاء من حفر هذا الجزء يتم سحب عمود الحفر المضلع Kelly حتى ظهور أول وصلة للمعدات فوق الطاولة الرحوية Rotary Table فندق في الفتحة أوتاد (كلابات) من حول خط الحفر لتحمل ثقل خط الحفر وهذه الأوتاد تستقر في فجوات مطابقة لها في الطاولة الرحوية Rotary Table تسمى جلبة الطاولة وعندئذ يفك عمود الحفر المضلع Kelly بواسطة ملاقط تدار ميكانيكيا ويوضع عند أحد جوانب برج الحفر ويتم تركيب وصلة من مواسير الحفر ثم يعاد عمود الحفر المضلع إلى مكانه ويستانف الحفر وعند الحاجة إلى استبدال مثقب الحفر (دقاق) Bit يتم سحب خط الحفر ويفكك عمود الحفر إلى مقاطع Stands وكل مقطع عبارة عن ثلاثة مواسير حفر وتصف في وضع قائم تقريبا عند أحد جوانب أرضية برج الحفر بمساعدة عامل البرج Derrickman وهذه الرحلة تسمى Tripping Out ثم يعاد إنزالها من جديد وهذه الرحلة تسمى Tripping in .

♌ تغليف البئر Casing :

يبدأ حفر البئر بثقب واسع نسبيا يتراوح قطره لأكثر من ٣٠ بوصة فى أقرب وقت ممكن بمواسير من الفولاذ ، وقد يكتفى فى الأبار الاستغلالية الضحلة بتغليف جوانب الثقب إلى عمق يتجاوز ١٥٠ قدما ، غير أن الأبار العميقة وخاصة الأبار التنقيبية قد تحتاج إلى تغليف حتى عمق ألف قدم أو أكثر قبل مباشرة المرحلة التالية من الحفر. ومن شأن هذا التغليف أن يحول دون انهيار جوانب البئر العليا ودون دخول الماء إليها أو خروج الطين منها .

وهو أيضا يوفر قاعدة ومقرا ثابتين لمعدات منع التفجر Blow Out Preventor ومواسير التغليف الطويلة التي قد يجرى إدخالها في ما بعد لتبطين القسم الأسفل من البئر ويشار على مواسير التغليف بقطرها الخارجية فيقال أنبوب قطره ١٣ ٣/٨ بوصة أو ١٠ ٣/٤ بوصة أو ٩ ٥/٨ بوصة ، وهذه تسميات مشتقة خارجيا من المقاييس الداخلية الإسمية لمواسير التبطين وهي ١٣ بوصة و١٠ بوصة و ٩ بوصة انظر الشكل رقم (٨)



شكل رقم (١٠) يوضح أنواع مواسير التبطين Casing String

التسميت Cementing Job

وتثبت مواسير التغليف في مكانها تثبيتا محكماً يملأ الحيز بينها وبين جوانب البئر بالاسمنت ، فتلقم مواسير التغليف بخليط من الاسمنت السائل وتوضع فوقها سداده من المطاط ثم يضخ فيها سائل الحفر فيدفع هذا الأسمنت إلى النزول دخل المواسير ثم إلى الصعود في الفراغ الموجود بينها وبين جوانب البئر Annular Space وعندما تبلغ السدادة القعر يتوقف الضخ ويترك البئر ١٢ ساعة أو أكثر حتى يجف الأسمنت ويتماسك ، ثم يستأنف الحفر باستخدام مثقب أصغر قياسا فيستخدم عبر التغليف الذى قطره ٣/٨ ١٣ بوصة مثقب من قياس ١/٤ ١٢ بوصة ، وعبر التغليف الذى قطره ٣/٤ ١٠

بوصة مثقب من قياس ٨/٥ ٩ بوصة وعبر التغليف الذى قطره ٨/٥ ٩ بوصة مثقب من قياس ٢/١ ٨ بوصة فإذا كانت البئر ناجحة وعثر فيها على زيت أو غاز تثبت بالاسمنت سلسلة جديدة من مواسير التغليف تصل إلى القعر أو قريبا منه .

والتغليف عملية مرتفعة التكلفة، وقد تكون كلفته جزءا كبيراً من مجموع تكاليف البئر ، وفى الأبار الاستغلالية ، وخاصة حيث الأحوال معروفة جيدا من قبل وحيث مقادير الإنتاج لا تستوجب مواسير نهائية ذات قطر كبيرة قد يجوز اختصار التغليف وتصغير قطر مواسيره وفقا لما تشير إليه التجربة من أجل تخفيض تكاليف الاستثمار.

♌ مشاكل الحفر Proplems of Drilling

ليس حفر بئر ما بالأمر السهل دائما إذ قد يكون دونه واحد أو أكثر من المشاكل التالية :

١- التفجر Blowout

شكل رقم (١١) يوضح انفجار Blowout بئر الحفر

التفجر هو أعظم المخاطر وأشدها نكبة على الإطلاق بسبب ما ينطوي عليه من خطر اندلاع النار فقد تكون كلفة استعادة السيطرة على البئر عندئذ

باهظة جدا بالإضافة إلى ما سيهدر من كميات كبيرة من الزيت والغاز ، غير أن حوادث التفجر لحسن الحظ باتت نادرة الآن ، بفضل الأساليب المحسنة والتدريب الخاص الذي يتلقاه عمال الحفر .

ولئن أصبحت حوادث التفجر نادرة الوقوع ، فإن احتمال وقوعها لا يزال قائما لا سيما عند مصادفة زيت أو غاز تحت ضغوط تكون أعلى من الضغوط المتوقعة عادة ومثل هذه الظروف تتطلب أكبر قسط ممكن من الكد والجهد ، وغالبا ما يكون الدليل الأول على ذلك زيادة فى سرعة الحفر بسبب مصادفة ضغط عال وليس لأى سبب ظاهر أخر ولا يعنى هذا أن السيطرة قد فقدت بل يجب أن يكون بمثابة تحذير للحفار . فعلى الحفار أن يترقب باستمرار أية زيادة في سرعة عودة طين الحفر التى تبين دخول سائل غريب إلى البئر .

٢- كسر رؤوس الحفر Bits عند قاع البئر

سبب حدوث كسر رؤوس الحفر Bits :

- ☑ بسبب ضعف وشح المعلومات عند حفر الأبار الاستكشافية .
- ☑ بسبب العمل فى منطقة شديدة التكسير تكتونيا حيث لا يمكن تحديد العمود الليثولوجى بشكل دقيق .
- ☑ بسبب الاستعمال الخاطئ لرأس الحفر Bit كاستخدام رأس الحفر Bit لصخور طرية Soft فى حفر صخور صلبة Hard أو التحميل مباشرة على رأس الحفر Bit (٢٥ Ton) وبالتالى سيكسر أسنان أو تروس رأس الحفر Bit أو رولمان البلى .
- ☑ بسبب الخطأ فى اختيار نوعية مواسير الحفر Drill Pipes وبالتالى ستتعرض مواسير الحفر Drill pipes للاهتزاز Vipration عندها سيتعرض رأس الحفر Bit لأحمال متكررة صغيرة وكبيرة وبالتالى ستسقط الأسنان والتروس والرولمانات .

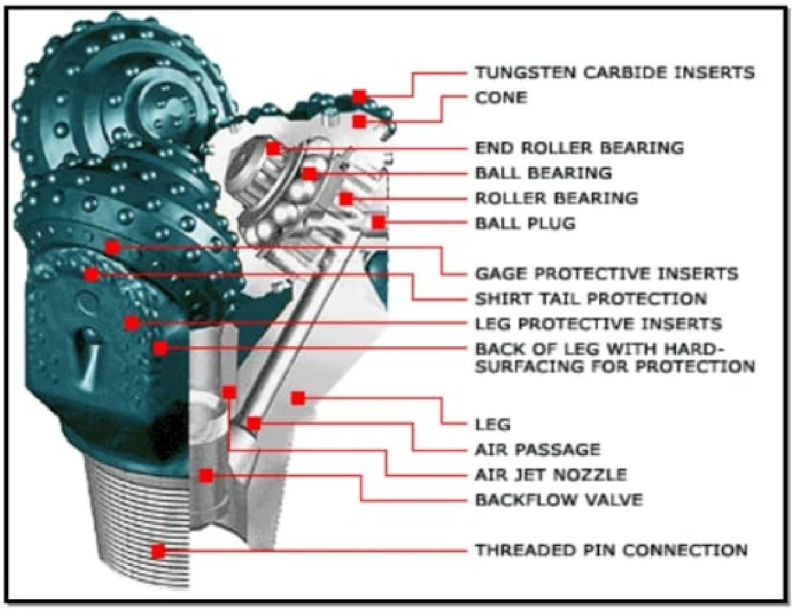
☑ بسبب استخدام رأس الحفر Bit زمن أكبر من اللازم طمعاً بحفر بضعة أمتار إضافية ، عندها سيحدث احتكاك طبيعى لقاعدة الترس مع جسم رأس الحفر Bit وبالتالى ستسقط الأسنان والتروس والرلمانات .

حل هذه المشكلة :

كل ما سبق من أسباب تؤدى إلى كسر وسقوط الأسنان والتروس والرلمانات إلى قاع البئر عندها لا يمكن متابعة الحفر برأس الحفر Bit الجديدة ومخلفات رأس الحفر القديم Bit على القاع ولهذا لابد من إخراجها عن طريق استخدام معناطيس والوصول به إلى القاع حتى ندخل الأسنان والتروس والرلمانات بالقاع وتقوم بالتدوير مع ضخ سائل الحفر Drilling Fluid لتنظيف المخلفات من الطين حتى يتمكن المغناطيس من التقاط الأسنان والتروس والرلمانات . وهكذا حتى تخرج كل مخلفات رأس الحفر القديم .

شكل رقم (١٢) يوضح آلة الصيد المغناطيسية

Magnetic Fishing Tool



شكل رقم (١٣) يوضح مقطع المثقاب الدقاق Bit

٣- Drill Pipes Sticking

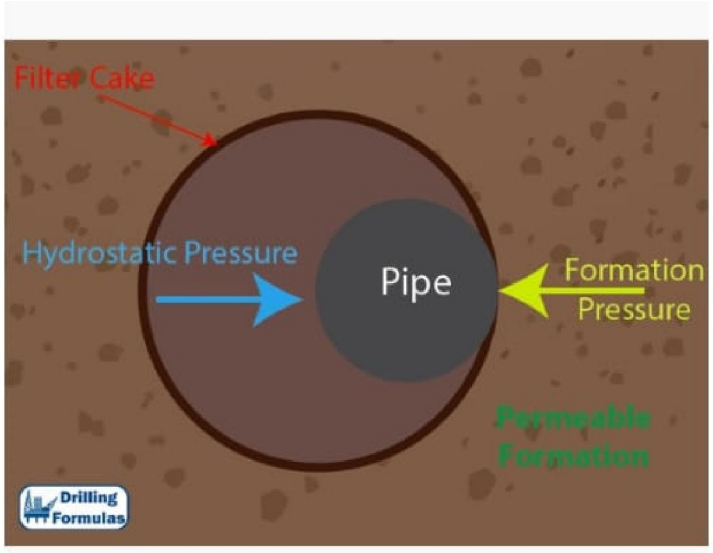
استعصاء Stuck مواسير الحفر Drill Pipes وعمدان الثقل Drill Collars يعنى منعها من الحركة العمودية والحركة الدورانية أى توقف العمل .

وسبب استعصاء Stuck مواسير الحفر Pipes وعمدان الثقل Drill Collars هى الطبقات الطرية Soft مثل الغدار Shale القابلة للانتفاخ Swelling وتكون قوة الاستعصاء Stuck تابعة لنوعية الغدار Shale وشراهيته لامتصاص الماء فكلما امتص ماء أكثر زاد حجمه أكثر وازداد الضغط على مواسير الحفر Drill Pipes و عمدان الثقل Drill Collars .

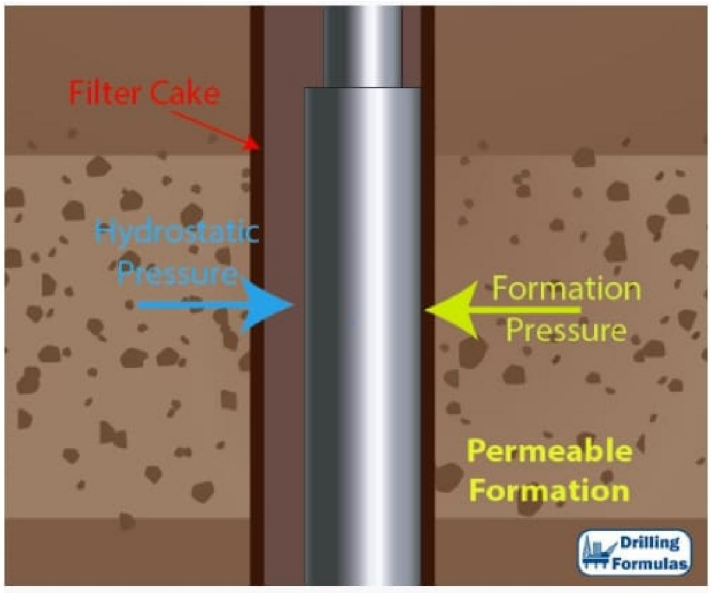
وحل مشكلة الاستعصاء Stuck هو القيام بالتدوير والشد بوزن إضافى تبعاً لأضعف نقطة فى مواسير الحفر Drill Pipes و عمدان الثقل Drill Collars .

وتتوالى عملية التدوير والشد لعدد دورات أكبر وقوة شد أكبر حتى يتم فك الاستعصاء Stuck .

ولتخفيف قوة الاستعصاء Stuck يتم تصنيع عمدان الثقل Drill Collars بحيث يكون جزء كبير من سطحها مجوف وهذا يجعل مساحة سطح التلامس بين عمدان الثقل Drill Collars وجدران البئر أقل وعليه تكون قوة الاستعصاء Stuck أقل وهذا يساعد كثيراً فى حل مشكلة الاستعصاء Stuck .



شكل رقم (١٤) يوضح الالتصاق التفاضلى (منظر علوى)



شكل رقم (١٥) يوضح الالتصاق التفاضلى (منظر جانبى)

الهدف الثانى

وهو الحصول على العينة اللوبية Core Sample ويتم الحصول عليها بثلاث طرق :

١- الحفر التقليدى Conventional Drilling

٢- الحفر السلكى Wireline drilling

٣- الحفر الدورانى العكسى Reverse Circulation drilling (RC)

أولا : الحفر التقليدى Conventional Drilling :

شكل رقم (١٦) يوضح جهاز الحفر التقليدى

Conventional Drilling Rig

يستخدم فيها الجراب المفرد Single أو الجراب المزدوج Double وبه سكينة الحفر بدلا من المثقاب (الدقاق Bit) فى نظام الحفر Rotary Drilling وذلك حسب ظروف الطبقة المراد الحصول منها على Core Sample

ويستخدم الاسبندل Spendle ذات الشوار الذى يصل إلى ٦٠ سم بدلا من الـ Kelly فى نظام الحفر Rotary Drilling .

وهذه السكاكين (شكل رقم ١٢) التى تركب فى الجراب متفاوتة الصلابة وذلك حسب صلابة الطبقة المراد أخذ العينة اللوبية Core Sample منها وبالطبع تكون صلابة السكينة أكبر من صلابة الطبقة المراد أخذ العينة منها .

وفى هذه الطريقة يتم إنزال خط الحفر وبه الجراب بالسكينة والـ Catcher وهو ماسك العينة للحصول على العينة اللوبية Core Sample ثم يتم إخراج خط مواسير الحفر بالكامل وتفريغ العينة من الجراب ووضعها ورصها فى الصناديق المعدة والخاصة بها .

ثم يتوالى انزال خط مواسير الحفر بالجراب والسكينة وماسك العينة Catcher وبعد الحصول على العينة Core Sample يتم إخراج خط مواسير الحفر بالكامل وفى هذه الطريقة قد يصل عمق الحفر إلى ١٠٠ متر.

CORE BARREL BITS

Standard Core Barrel Bits
Usage: Normal multipurpose operating conditions

Size	3.75 in (95.25 mm)	4.75 in (120.65 mm)	6 in (152.4 mm)	7 in (177.8 mm)	8 in (203.2 mm)
Part Number	22010819	22010807	22010818	22010806	22010890

Size	9 in (228.6 mm)	10.5 in (266.7 mm)
Part Number	22011251	22011222

Crowd-out Core Barrel Bits
Usage: Dry formations

Size	3.75 in (95.25 mm)	4.75 in (120.65 mm)	6 in (152.4 mm)
Part Number	22011178	22011160	22011163

Crowd-in Core Barrel Bits
Usage: Loose, wet conditions

Size	3.75 in (95.25 mm)	4.75 in (120.65 mm)	6 in (152.4 mm)
Part Number	22011179	22011161	22011164

Flapper Core Barrel Bits
Usage: Hole clean-out in slurry conditions (rotation not recommended)

Size	3.75 in (95.25 mm)	4.75 in (120.65 mm)	6 in (152.4 mm)	7 in (177.8 mm)	8 in (203.2 mm)
Part Number	22010863	22010821	22010824	22010827	22010892

Auger Core Barrel Bits
Usage: Hard, dry, layered conditions (helps prevents sample refusal)

Size	3.75 in (95.25 mm)	4.75 in (120.65 mm)	6 in (152.4 mm)	7 in (177.8 mm)	8 in (203.2 mm)
Part Number	22010862	22010822	22010825	22010828	22010891

HD Core Barrel Bit
Usage: Moderately abrasive formations

Size	3.75 in (95.25 mm)	4.75 in (120.65 mm)	6 in (152.4 mm)	7 in (177.8 mm)	8 in (203.2 mm)
Part Number	22011176	22010866	22010867	22010878	22011177

شكل رقم (١٧) يوضح أنواع سكاكين الحفر

♌ ثانيا : الحفر السلكى Wireline drilling :

شكل رقم (١٨) يوضح جهاز الحفر السلكى

Wireline Drilling Rig

وفى هذه الطريقة يتم انزال خط الحفر بالجراب ذات المواصفات الخاصة والسكينة ذات الصلابة العالية والتى تخترق الطبقات الصلبة وينتج عنها العينة اللوبية Core Sample والذى يتم استخراجها عن طريق سلك فولاذى Wireline وفى هذه الطريقة لا يتم إخراج خط الحفر فى حالة الحصول على العينة اللوبية Core Sample ويستمر الحفر بالجراب والسكينة فى اختراق الطبقات الصلبة وأخذ العينات اللوبية Core Sample ويتم اخراج خط الحفر فقط فى حالة تغيير السكينة المتأكلة بأخرى جديدة ، وفى هذه الحالة يتم الحصول على العينة اللوبية Core Sample دون عناء أو تعب .

ثالثا : طريقة الحفر بالدورة المنعكسة Reverse Circulation drilling (RC)

شكل رقم (١٩) يوضح جهاز الحفر بالدورة المنعكسة

Reverse Circultion Drilling Rig(RC)

وهذه الطريقة يتم استخدامها تحديدا فى التقييم الأولى لخام الذهب ويستخدم فى هذه الطريقة المثقاب (الدقاق Bit) ذات الصلابة العالية جدا والعينة فى هذه الطريقة تكون مفتتة Cuttings وليست Core Sample ولا يستخدم فى هذه الطريقة الجراب بالسكينة ذات الصلابة العالية كما فى طريقة الحفر السلكى Wirle line .

والمقصود بالـ Reverse Circulation هو انعكاس دورة الهواء المضغوط وبدلا من ضخه داخل مواسير الخط كما فى الطريقة التقليدية

Convertional Drilling والتى فيها يتم استخراج ناتج الحفر Cuttings بمروره بين مواسير الحفر وجدران البئر والذى يتعرض للتلوث Contamintion وهذه العينات التى يتم الحصول عليها لا تمثل تمثيل فعلى للطبقة المراد الحصول منها على العينة .

أما فى طريقة الحفر بالدورة المنعكسة (RC) Reverse Circulation drilling يكون هناك ماسورتان ماسورة داخل ماسورة أى ماسورة داخلية وماسورة خارجية ويتم ضخ الهواء المضغوط بين الماسورة الداخلية والماسورة الخارجية بحيث يخرج ناتج الحفر Cuttings من داخل الماسورة الداخلية وبذلك لا يتعرض ناتج الحفر Cuttings للتلوث باحتكاكه بجدار البئر ويكون ناتج الحفر Cuttings ممثلا تمثيلا دقيقا للطبقة المراد الحصول منها على العينة .

هذه الطريقة تسبق طريقة الحفر السلكى الـ Wireline Drilling فى البحث عن خام الذهب وتقييمه حيث أن هذه الطريقة معدل الحفر فيها كبير وقد يصل إلى حفر ٧٠ متر يوميا فضلا عن سلامة العينة من التلوث وبتحليل العينة تعطى نتائج دقيقة .

وبناء على هذه النتائج من التحاليل يتم تحديد نسبة الذهب هل هى اقتصادية أم لا وعليه يستكمل الحفر بالطريقة السلكية Wireline أم يكتفى بهذا القدر من الحفر بطريقة الدورة المنعكسة (RC) Reverse Circulation Drilling .

Core Recovery

المقصود بالـ Core Recovery هو النسبة بين طول ما يتم حفره بالجراب وطول ما يتم الحصول عليه من العينة اللوبية Core Sample وبارتفاع هذه النسبة تكون عملية الحصول على العينة اللوبية Core Sample عملية ناجحة وتقاس بالنسبة المئوية (%) .

شكل رقم (٢٠) يوضح العينات اللبية Core Sample

صلابة الصخور والخامات التعدينية

- Soft formations with sticky layers and low compressive strength, such as clay, marls.
- Soft formations with low compressive strength and high drillability, such as: marl, salt, anhydrite and shale.
- Soft-to-medium formations with low compressive strengths and interbedded with hard layers, such as: sands, shale and chalk.
- Medium-to-hard dense formations with high to very high compressive strength, but with non-abrasive or small abrasive layers, such as: shales, mudstone, sandstone, limestone, dolomite and anhydrite.
- Hard and dense formations with very high compressive strength and some abrasive layers, such as: siltstone, sand- stone and mudstone.
- Extremely hard and abrasive formations such as quartzite and volcanics.

الكتب والمراجع وشبكة المعلومات العنكبوتية العالمية

(١) كتاب Drilling Technology للخبير الروسى Brisinku .

(٢) كتاب Well Design .

(٣) كتاب دليل المبتدئين فى هندسة حفر الآبار النفطية . للمهندس العراقى / عباس راضى عباس .

(٤) شبكة المعلومات العنكبوتية العالمية :

- موقع شركة Santa Fe Drilling Company
- موقع شركة Egyptian Drilling Company
- موقع شركة Atlas Copco Drilling Company
- موقع شركة FRASTE Drilling Company
- موقع شركة Epriock Drilling Company