الفهرس

الموضوع	الصفحة
المقدمة	**3**
1- الفصل الأول: الدراسة الجيولوجية لحقل الشاعر	**4**
1 -1 – المقطع الجيولوجي لتركيب الشاعر	**4**
1-2- التشكيلات النفطية والغازية المأمولة في حقل الشاعر	**6**
2- الفصل الثاني : الدراسة التحليلية لعمليات تدعيم الآبار في حقل الشاعر	**8**
2-1- تقويم عمليات ومشاكل الحفر	**8**
2-1-1 البئر 106	**8**
2-1 -2 البئر107	**9**
2-1-3-البئر 110	**10**
2-1-4- البئر 113	**12**
2-2- تقويم عمليات تدعيم الآبار في حقل الشاعر	**13**
3-الفصل الثالث: تدعيم الآبار	**17**
3 -1 -تغليف الآبار	**17**
3-1-1-وظائف مواسير التغليف	**17**
3-1-2-أنواع مواسير التغليف	**18**
3-2-تصميم برنامج التغليف	**20**
3-3-تصميم مواسير التغليف	**22**
3-4- سمنتة الآبار	**23**
3-4-1-أهمية عملية السمنتة	**23**
3-4-2-حسابات عملية السمنتة بمرحلة واحدة	**34**
3-4-3-حسابات عملية السمنتة بمرحلتين	**37**
4-الفصل الرابع: الحسابات التصميمية لتدعيم بئر في حقل الشاعر	**38**

4-1-مراحل التغليف	**38**
4-2-الحسابات التصميمية لمواسير التغليف	**40**
4-3-حسابات عملية السمنتة	**43**
النتائج والمقترحات	**49**
المراجع العلمية	**51**

المقدمة

شهدت الصناعة النفطية تطوراً كبيراً في الآونة الأخيرة، وبدأ التطور سريعاً عندما أصبح النفط ومشتقاته المادة الأساسية للصناعات الكيميائية، والعصب الحساس للصناعة بمختلف فروعها، ولما يتمتع به النفط والغاز من تأثير كبير على تطور الاقتصاد الوطني ورفع المستوى المادي والحضاري للإنسان المعاصر.

ويشغل حفر الآبار حيزاً كبيرا من هذا التطور، كونه يشكل الحلقة الأساسية والمهمة التي لابد منها في سلسلة الصناعة النفطية، ونلحظ ذلك من خلال الأساليب الحديثة والتكنولوجيا المتطورة والمتجددة في مجال حفر آبار النفط والغاز.

وفي قطرنا العربي السوري شملت عمليات الاستكشاف والحفر كافة أنحاء القطر وهي في توسع مستمر، بهدف استثمار ما أمكن من الثروة النفطية والغازية، وذلك باستخدام أحدث الأساليب العلمية. ويهدف هذا المشروع إلى إجراء دراسة تقنية لعمليات تدعيم الآبار في حقل الشاعر، ومن ثم نقوم بإجراء دراسة تصميمية لحفر بئر جديدة نموذجية في هذه المنطقة.

ولتحقيق هذا الهدف فإن هذا المشروع يتضمن أربعة فصول:

1-الفصل الأول: يتضمن هذا الفصل الدراسة الجيولوجية لحقلالشاعر من حيث دراسة المقطع الليتولوجي والإمكانيات النفطية والغازية في هذا الحقل.

2-الفصل الثاني: ويتضمن هذا الفصل الدراسة التحليلية لعمليات تدعيم الآبار في حقل الشاعر.

3-الفصل الثالث: ويتضمن هذا الفصل دراسة أهمية تدعيم الآبار (التغليف والسمنتة) بالإضافة الى العلاقات المستخدمة في تدعيم الآبار.

4-الفصل الرابع: قمنا في هذا الفصل بإعداد وتصميم برنامج تدعيم (تصميم برنامج التغليف، تصميم مواسير التغليف و حسابات عمليات السمنتة) لبئر نموذجية *في حقل الشاعر*

وخلصنا في النهاية إلى مجموعة من النتائج والمقترحات التي توصلنا إليها بنتيجة هذه الدراسة

ونحن إذ نقدم هذه الدراسة، فإننا نأمل أن نكون قد حققنا هدفنا الذي وضعناه، وأن نقدم لطلبتنا وللاختصاصيين، وللعاملين في هذا المجال كل ما هو مفيد، وذلك خدمةً لصناعتنا النفطية والغازية المتنامية.

الفصل الأول

الدراسة الجيولوجية لحقل الشاعر

1-1-المقطع الليتولوجي لتركيب الشاعر[3] :

يتكون المقطع الليتولوجي لحقل الشاعر من التشكيلات الآتية:

1- تشكيلة رماح: تتألف بشكل عام من حجر كلسي وحجر كلسي غضاري، يتدرج إلى حجر كلسي شيريتي أو سيليكاتي، مع تداخلات على شكل طبيقات من الشيرت وتعاقبات من الحجر الغضاري، وتبدأ هذه التشكيلة بالحجر الكلسي مع تداخلات من الشيرت والغضار حيث تزداد نسبة الحجر الغضاري أسفل التشكيلة

تتراوح سماكة هذه التشكيلة بشكل وسطي بين 150-200m، وهي متكشفة على السطح ومعرضة لعمليات التجوية والتعرية مما يؤثر على سماكتها.

2- تشكيلة الجوديا: تتألف من ثلاث أقسام:

أ- القسم العلوي: وتتألف من حجر كلسي قليل الدلمتة مع الأنهدريت وآثار من الشيرت وحجر كلسي دولوميتي قاسي وأنهدريتي وأحياناً بيريتي.

ب- القسم الأوسط: يتألف من حجر كلسي دولوميتي مع أنهدريت يليه تعاقبات من الحجر الرملي والسلتي مع حجر كلسي ودولوميت وأنهدريت، كما ويوجد فيه الحجر الغضاري أو الشيل.

ت- القسم السفلي: يتألف من تعاقبات من الشيل والأنهدريت مع الدولوميت والحجر الكلسي المدلمت.

تختلف سماكة هذه التشكيلة بين أطراف الحوض الرسوبي ومركزه حيث تصل سماكتها إلى 350-400m في المركز وتقل في المرتفعات.

3- تشكيلة حيان: وهي عبارة عن دولوميت أنهدريتي وأحياناً غضاري تتخللها طبيقات رقيقة من الأنهدريت وخاصة في قسمها العلوي وأحياناً نجد حجر كلسي بدل الدولوميت، وتنتهي غالباً بالحجر الغضاري . وفي حقل الشاعر تدمج مع الجوديا (القسم السفلي) وتوصف على أنها تتألف من الدولوميت الأنهدريتي إلى الغضاري وأنهدريت وحجر غضاري.

4- تشكيلة الغونا: وتتألف من طبقتين من الشيل الغلوكونيتي بسماكات وسطية تتراوح من 30- 50m يتخللها طبقات من الدولوميت أو الحجر الكلسي المدلمت بسماكات تتراوح بين 15- 40m، وهي تعتبر تغير سحني أفقي لتشكيلة الرطبة لم تميز بشكل أكيد في حقل الشاعر إلا أنه يوجد طبقة من الدولوميت اسفل طبقة الأنهدريت في تشكيلة الجوديا والحيان تقارب في وصفها تشكيلة الغونا تعقبها طبقة من الغضار وبعض المجالات من الحجر الرملي الناعم.

5- تشكيلة الرطبة: سماكتها الوسطية 350m وتتألف من تعاقبات من الحجر الرملي والحجر الغضاري، يتخللها أحياناً طبقة رقيقة من الدولوميت الغضاري والذي يتدرج إلى دولوميت مارلي، وتبدأ بطبقة من الحجر الرملي الرمادي و أحياناً رمل أصفر إلى برتقالي ثم طبقة من الغضار الأخضر الشاحب إلى الرمادي الفاتح والرمادي ،أحياناً بني إلى بني محمر أو قرميدي.

6- تشكيلة السيرجيلو: سماكتها بحدود 60m، تتألف من تعاقبات من الشيل أو الغضار و الدولوميت أو الحجر الكلسي المدلمت وبعض التوضعات من السلت (تداخلات من الصخور الدولوميتية الكتيمة ذات الألوان الغامقة وحجر كلسي مدلمت أحياناً مترافقة في الغالب مع الأنهدريت وطبقات من الشيل الأخضر الرمادي أو الرمادي والبيريتي وقد تحوي عقد حديدية).

7- تشكيلة العلان: تكون بسماكة تقارب ال 40m، وتبدأ بطبقة من الدولوميت عالي الكلسية ومتوسط الغضارية مقارنة مع دولوميت السيرجيلو أو كلس مدلمت ومن ثم تليها طبقة من الغضار أو الشيل كما هو موصوف في السيرجيلو وتنتهي بطبقة من الغضار أو الشيل لها نفس صفات شيل السيرجيلو لذلك يصعب تمييزها أثناء الحفر.

8- تشكيلة الموس: تتراوح سماكتها من 100m-50، توصف بشكل عام على أنها طبقات من الدولوميت وآثار من الأنهدريت، وتحتوي هذه التشكيلة على المياه في معظم المناطق.

9- تشكيلة الآدايا: سماكة هذه التشكيلة بحدود 50m، تتألف من تعاقبات من الشيل والأنهدريت والدولوميت الذي يتحول إلى كلس مدلمت أسفل التشكيلة.

10- تشكيلة البطمة: سماكتها الوسطية 170m، وتتألف من تعاقبات من الحجر الكلسي الدولوميتي وغضار مع دولوميت وشيل وأنهدريت.

11- تشكيلة الكوراشينا أنهدريت: سماكتها بحدود550m، تتألف هذه التشكيلة في حقل الشاعر من تعاقبات من الحجر الغضاري والأنهدريت في الأعلى ثم تعاقبات من الحجر الكلسي والدولوميتي إضافة للأنهدريت والغضار. أسفل التشكيلة مكون من تعاقبات من الحجر الغضاري والملح والأنهدريت وتنتهي بحجر كلسي وغضار.

12- تشكيلة الكوروشينا دولوميت: سماكتها الوسطية 500m-300، وتتألف هذه التشكيلة في حقل الشاعر من الحجر الكلسي والحجر الغضاري مع تعاقبات من الأنهدريت والملح والدولوميت في القسم العلوي ثم من الدولوميت والحجر الكلسي الدولوميتي في الوسط وتتحول في قسمها

السفلي إلى تعاقبات من الحجر الغضاري والحجر الكلسي الدولوميتي أحياناً وتنتهي بالحجر الغضاري في إشارة لبدأ تشكيلة الأمانوس شيل.

13- تشكيلة الأمانوس شيل: تبلغ سماكة هذه التشكيلة حولي 80m،وتتألف بشكل رئيسي من الحجر الغضاري (الغضار الصفحي مع تداخلات قليلة من الحجر الكلسي) الدولوميت والحجر الرملي. هذه التوضعات كلسية في الجزء العلوي من التشكيلة (الحجر الكلسي المدلمت). بالنسبة للحجر الغضاري معتدل إلى رمادي فاتح عند سطح التشكيلة أما في الجزء السفلي فمعتدل إلى بني ضارب للأحمر القاتم. بشكل عام طري إلى صلب. صفيحي إلى عشوائي، تحت انشطاري إلى انشطاري.

14- تشكيلة الأمانوس رمل: مؤلفة من الحجر الرملي (متوسط القساوة إلى قاسٍ, وضعيف المسامية)، والحجر السلتي (ذو ملاط غضاري, ومتوسط القساوة)، والغضار الصفحي (قليلا مدلمت, ومتورق)، والحجر الغضاري (سلتي وطري).

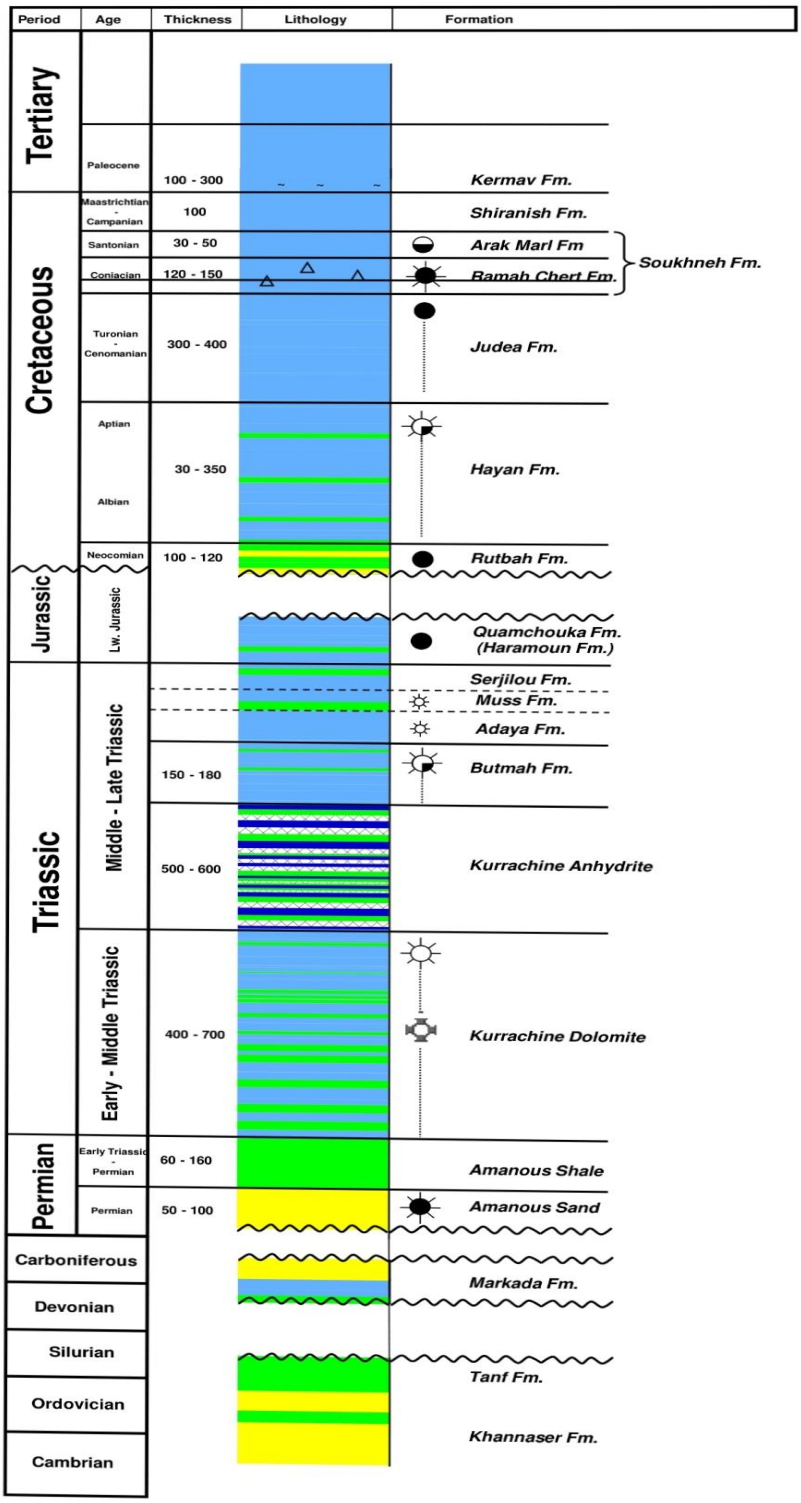
1-2-التشكيلات النفطية والغازية المأمولة بحقل الشاعر:

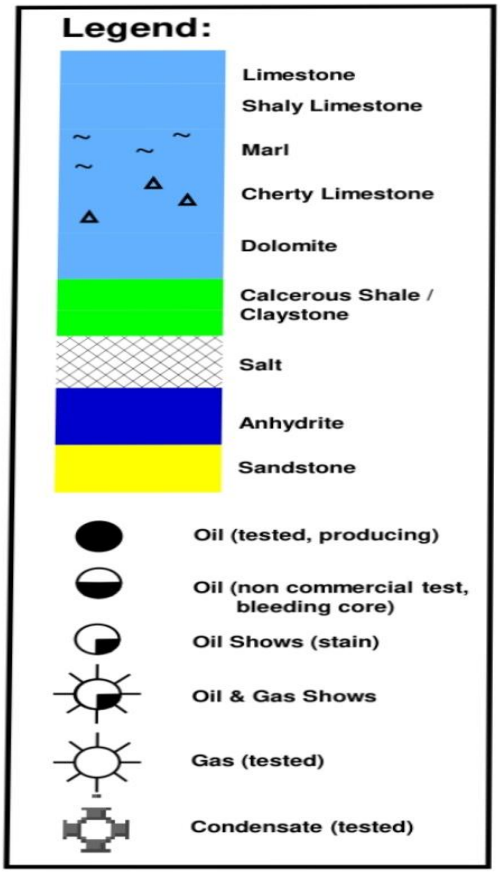
1- تشكيلة الجوديا: هذه التشكيلة حاملة للمركبات الهيدروكربونية : في حقل الهول حاملة للنفط والغاز، وفي وادي عبيد حاملة للنفط، وفي منخفض الفرات تحمل النفط في القسم الكلسي من التشكيلة لحقل جرنوف وفي حقل البرغوث في الحجر الرملي، أما في حقل الشاعر فهي غير حاملة للهيدروكربونات.

2- تشكيلة الكوروشينا أنهدريت: تكمن أهميتها النفطية بأنها تشكل غطاء رسوبي جيد للمكمن.

3- تشكيلة الكوروشينا دولوميت: الأهمية النفطية لهذه التشكيلة كبيرة فهي خزان للغاز في الجبسة الأكرم، حريث،نجيب، البلعاس، الرسم، غرب تويناں، الشريفة، الشاعر وتحتوي على النفط والغاز في الرصيف، شمال الحسين، ديلع، نور، تويناں، أكرم، السخنة. وتحتوي على النفط في عمالة، وهاب، زينا، شمال الحسين (قبة شرقية)، شمال عويج، صفيح، تل أصفر. وفي مديرية حقول الحسكة تحتوي على النفط: في سويدية، حمزة، رمليان، عودة، خربت، ناعور، غدير.

4- تشكيلة الأمانوس شيل: تكمن أهميتها النفطية بكونها صخر مولد محتمل للنفط في السلسلة التدمرية.


Period
Age
Thickness
Lithology
Formation
Tertiary
Cretaceous
Jurassic
Triassic
Permian
Carboniferous
Devonian
Silurian
Ordovician
Cambrian
Paleocene
Maastrichtian - Campanian
Santonian
Coniacian
Turonian - Cenomanian
Aptian
Albian
Neocomian
Lw. Jurassic
Middle - Late Triassic
Early - Middle Triassic
Early Triassic - Permian
Permian
100 - 300
100
30 - 50
120 - 150
300 - 400
30 - 350
100 - 120
150 - 180
500 - 600
400 - 700
60 - 160
50 - 100
Kermav Fm.
Shiranish Fm.
Arak Marl Fm
Ramah Chert Fm.
Soukhneh Fm.
Judea Fm.
Hayan Fm.
Rutbah Fm.
Quamchouka Fm.
(Haramoun Fm.)
Serjilou Fm.
Muss Fm.
Adaya Fm.
Butmah Fm.
Kurrachine Anhydrite
Kurrachine Dolomite
Amanous Shale
Amanous Sand
Markada Fm.
Tanf Fm.
Khannaser Fm.


Legend:
Limestone
Shaly Limestone
Marl
Cherty Limestone
Dolomite
Calcerous Shale / Claystone
Salt
Anhydrite
Sandstone
Oil (tested, producing)
Oil (non commercial test, bleeding core)
Oil Shows (stain)
Oil & Gas Shows
Gas (tested)
Condensate (tested)

الفصل الثاني

الدراسة التحليلية لعمليات تدعيم الآبار في حقل الشاعر

تلعب عمليات تدعيم الآبار (التغليف والسمنتة) دوراً أساسياً في عمليات إنجاز الآبار، سواءً خلال عمليات الحفر، أو خلال فترة استثمار البئر، أو أثناء عمليات إصلاح وتحسين الآبار.

وتعتبر المشاكل الناتجة عن عدم وصول السائل الإسمنتي إلى الارتفاع المخطط له في الفراغ الحلقي نتيجة تهريب السوائل الإسمنتية في الطبقات، ووجود ترابط سيء للحجر الإسمنتي مع كل من مواسير التغليف من جهة، ومع الصخر من جهة أخرى، بالإضافة إلى المشاكل الناتجة عن وجود كسر في مواسير التغليف أو تآكلها أو انقطاعها نتيجة ضعف معدن المواسير من أهم المشاكل التي تواجهنا، وهي عموماً تشكّل القاسم المشترك بين آبار الحقول النفطية والغازية في الحقول الوسطى في الجمهورية العربية السورية.

ونظراً لارتباط جودة عمليات تدعيم الآبار بعمليات الحفر ومشاكلها ومجرياتها، وكيفية التعاطي مع هذه المشاكل، فإننا سوف نقوم بدراسة تحليلية لكل من عمليات الحفر ثم عمليات التدعيم لآبار حقل الشاعر.

2-1-تقويم العمليات ومشاكل الحفر:

تمكنّا من الحصول على معلومات حول عمليات الحفر ومشاكلها في حقل الشاعر لأربعة آبار هي: 106،107،110، 113

2-1-1-البئر 106:

1-المرحلة السطحية:

لا يوجد فيها مشاكل

2-المرحلة الوسطية الأولى:

وجود عمليات تهريب بمعدل يتراوح من 2-5bbl\h على أعماق مختلفة.

عند العمق 1240m حدث تلبد لرأس الحفر فتم ضخ 50bbl (5ppb من قشور الجوز، و4ppb من الصودا الكاوية) لتنظيف رأس الحفر وتم إكمال الحفر ولم تحصل أي مشاكل أثناء عمليتي التغليف والسمنتة.

3-المرحلة الإنتاجية:

على عمق 2888m حدث استعصاء لمواسير الحفر نتيجة وجود الملح، وتم استخدام المطارق الهيدروليكية ثلاث مرات والسحب بقوة 300klbs فتحررت المواسير.

2-1-2-البئر 107:

1-المرحلة السطحية:

على عمق 198m حدث استعصاء لمواسير التغليف لذلك تم شدها بقوة شد 290klbs فلم تتحرر المواسير، فتم ضخ 100bbl من الديزل وتم تركه لفترة للسماح للديزل بالتغلغل وتم الشد بقوة 375klbs وتم تحرير المواسير.

أثناء حفر هذه المرحلة استمر التهريب حتى الوصول للعمق النهائي للمرحلة بمعدل 50bbl/h فتم ضخ 150bbl من خلطة عالية اللزوجة ثم رفعت التشكيلة من البئر للتحضير لعمليات التغليف بدون إجراء عمليات قشط للبئر، فتم إنزال 15وصلة من مواسير التغليف ("20 من نوع k-55) فحدث احتكاك شديد مع جدران البئر ولم يتم التمكن من إنزال بقية المواسير فتم سحب المواسير من البئر والنتيجة كانت تضرر الشرار لخمس وصلات، وفقدت ثلاثة من الحلقات حول المواسير داخل البئر، فتم إنزال طاحن لطحن المواد العالقة ضمن البئر ودفعها إلى قاع البئر، ولوحظ أثناء إنزاله وجود تضيق عند عمق 45m، ثم أنزل مغناطيس لالتقاط البقايا المعدنية الصلبة. أثناء إنزال مواسير التغليف للمرة الثانية حدث استعصاء على عمق 198m وأصبح الدوران غير ممكن فتم ضخ 100bbl من الديزل وسمح له بالتغلغل وتم رفع وإنزال المواسير بقوة 375klbs للرفع و25klbs للإنزال ومع استمرار الرفع والإنزال تحررت المواسير وتم إكمال الإنزال حتى عمق 420m حيث حدث استعصاء مرة أخرى لكن بقي الدوران ممكناً فتم ضخ 250bbl من كلور البوتاسيوم في الفراغ الحلقي مع الرفع بقوة 220klbs للأعلى والإنزال بقوة 165klbs للأسفل فلم تتحرر المواسير، فتم ضخ 280bbl من الديزل في الفراغ الحلقي، ثم تم الرفع والإنزال لستة أشواط بقوة 275klbs للأعلى و 190klbs للأسفل فتحررت المواسير وأنزلت للعمق النهائي وتم إكمال العملية.

2-المرحلة الوسطية الأولى:

على عمق 954m حدث تهريب بمعدل 168bbl/h وتم ضخ 200bbl من المواد السادة للسيطرة على التهريب وانخفض المعدل إلى 36bbl/h.

وعند العمق 1040m حدث تهريب كلي فتم ضخ 300bbl من المواد السادة ومع ذلك بقي التهريب بمعدل 300bbl/h وعند العمق 1042m ازداد التهريب إلى 400bbl/h فتم ضخ 50bbl من المواد السادة وسحب رأس الحفر إلى عمق 986m لترك المواد ضمن البئر لمدة ساعة، ثم أكمل الحفر ولوحظ عدم وجود تهريب.

على الأعماق 1059m–1057m–1054m لوحظ تهريب بمعدل 175bbl/h فتم ضخ 30bbl من المواد السادة على كل عمق من الأعماق السابقة فانخفض التهريب إلى 30bbl/h مع ازدياد بطيء مع الوقت.

على العمق 1062m يوجد تهريب كلي فتم ضخ 35bbl من المواد السادة بالفراغ الحلقي وتركت للتغلغل وانخفض التهريب إلى 40bbl/h مع استئناف الحفر ازداد التهريب إلى 185bbl/h فتم ضخ 30bbl من المواد السادة مرة أخرى وانخفض التهريب إلى 60bbl/h واستمر الحفر إلى العمق 1072m وعندها رفعت التشكيلة لتشكيل سدادة إسمنتية لمعالجة التهريب، تمت مصادفة مشكلة التهريب الكلي على الأعماق 1216m –1236m–1233m–1126m–1114m 1241m–1288m

وفي كل مرة يضخ أحجام مختلفة من المواد السادة للسيطرة على التهريب.

على العمق 1587m تم صب جسر إسمنتي بسبب التهريب أيضاً، وعلى العمق بين (1605m–1685m) تراوح التهريب بين (25bbl/h–136bbl/h) وتمت المعالجة بضخ أحجام مختلفة من المواد السادة حيث انخفض التهريب إلى 40bbl/h.

تهريب كلي على عمق 1764mو 1805m وتمت المعالجة بضخ 25bbl من المواد السادة.

على العمق 1819m–1816m حدث تهريب كلي وتمت المعالجة بضخ 50bbl من خلطة عالية اللزوجة واستمر الحفر إلى العمق 1868m مع ضخ 30bblمن خلطة عالية اللزوجة و30bbl مواد سادة كل ساعتين لتقليل التهريب.

3-المرحلة الإنتاجية: لا يوجد مشاكل.

2-1-3-البئر 110:

1-المرحلة السطحية:

في بداية الحفر كان معدل التهريب 10bbl/h وعند العمق 97m زاد التهريب إلى 300bbl/h فتم ضخ 20bbl من المواد عالية اللزوجة كل 30min، وعند العمق 126m حدث تهريب كلي وبعد ضخ العديد من المواد السادة واللزجة وبأحجام مختلفة انخفض التهريب إلى 15– 30bbl/h.

وعلى العمق (517–520m) زاد التهريب إلى 375bbl/h فتم ضخ خلطة عالية اللزوجة فانخفض معدل التهريب إلى 35bbl/h فتم إكمال الحفر ومع زيادة العمق بدأ الراجع يزداد تدريجياً حيث انخفض معدل التهريب إلى 25–40bbl/h حتى الوصول إلى العمق النهائي للمرحلة.

2-المرحلة الوسطية الأولى:

على العمق 879m بدأ التهريب يزداد إلى 27bbl/h وعند العمق 1012m حدث تهريب كلي فتم ضخ 40bbl من المواد السادة، وتم إكمال الحفر إلى العمق 1174m مع وجود تهريب بمعدل 40bbl/h وعند هذا العمق حدث تهريب كلي فتم ضخ مواد سادة عالية اللزوجة للسيطرة على التهريب.

على العمق (1110m-1136m) لوحظ وجود تضيق فتم رفع التشكيلة لتبديل رأس الحفر والقشط، ثم ضخ 40bbl مع سائل عالي اللزوجة.

على العمق 1148m-1152m حدث استعصاء فتم الشد بقوة 190klbs لتحرير المواسير، وعند العمق 1159m حدث استعصاء فتم الرفع إلى العمق 1145m بقوة شد 95-185klbs وتم تشغيل المطارق الهيدروليكية بقوة 220klbs وتم ضخ 75bbl من سائل عالي اللزوجة.

على العمق 1487m كان التهريب بمعدل 35bbl/h فتم ضخ 28bbl

من المواد السادة عالية اللزوجة.

على العمق 1536m حدث تهريب كلي بمعدل 60-120bbl/h فتم ضخ 45bbl من المواد السادة عالية اللزوجة كل 45min، على العمق 1740m حدث تهريب كلي فتم ضخ 40bbl من مواد سادة عالية اللزوجة مع 100bbl من نوع (Bore Plug) وتمت إزاحتها بالماء بحجم 88bbl وسحبت التشكيلة إلى العمق 1580m وتركت لمدة 4hours لتصلب السدادة.

3-المرحلة الوسطية الثانية:

على العمق 2125m حدث استعصاء حيث كان 5-10% من المواسير حرة من 2013m-2103m، فتم تثقيب مجموعة المواسير بين العمود القصير والممركز القريب من الدقاق على العمق 2120.5m فلوحظ ارتفاع الضغط إلى 4000psi، وبدأ سائل الحفر بالدوران وعند 400GPM ازداد وزنه النوعي من 9ppg إلى 9.2ppg وكان مجموع ما ضخ من الماء 180bbl مع الشد بقوة 200klbs وضخ 77bbl من المازوت وتركه ل 4hours ليتغلغل ثم ضخ 25bbl من الماء ثم أنزل جهاز تثقيب CCL وتم التثقيب في ست نقاط على الأعماق 2041.85m-2041.86m-2060m-2078.4m-2096.62m-2036.2m وعند الرفع حدث انقطاع للتشكيلة عند العمق 2036m فوق المطارق الهيدروليكية، فتم تجهيز تشكيلة مزودة بجهاز اصطياد مع تشغيل المطارق وتم إنزالها للعمق 2036m، فلم تتحرك الأنابيب فتم إنزال مواسير مرنة مع كبل مجهز بشحنة إلى العمق 2119m لأول مرة فلم يحدث تغير بالوزن ولا بحركة الأنابيب، وفي المرة الثانية أنزلت الشحنة إلى العمق 2078m وتم التفجير، عندئذ لوحظ انخفاض بالوزن من 400k إلى 190k فأصبحت بداية الاصطياد على العمق 2078m ولكن لم ينجح الأمر لذلك تم رفع التشكيلة و تشكيل سدادة إسمنتية على العمق 2078m ثم تم

إنزال تشكيلة حفر جديدة مع موجه بقطر انحناء 1.83 درجة حيث تم حفر الإسمنت من العمق 1995m إلى 2028m وبعدها اعتمد الاتجاه الجانبي حتى عمق 2056m وكان الراجع يشير إلى 5% فتاتات من الطبقة والباقي إسمنت، فتم سحب مجموعة المواسير وتجهيزها بموجه بقطر انحناء 2.6 درجة وتم إكمال الحفر حتى عمق 2061m وزادت نسبة الفتاتات في الراجع إلى 100% عند العمق 2068m فتم سحب التشكيلية وإعادة الموجه 1.83 درجة ومتابعة الحفر المائل حتى 2126m حيث حدث استعصاء وتم تشغيل المطارق الهيدروليكية فتحررت وتم متابعة الحفر حتى العمق النهائي للمرحلة 2275m.

4-المرحلة الإنتاجية: لا يوجد فيها مشاكل

2-1-4-البئر 113:

1-المرحلة السطحية:

على العمق 72.4m حصل تهريب لسائل الحفر بمعدل يتراوح بين 10-100bbl/h وتمت المعالجة بضخ 30-50bbl من المواد السادة لتقليل التهريب.

أثناء إنزال مواسير التغليف حدث تهريب بحجم 88bbl من سائل الحفر وبحجم 15bbl من السائل الإسمنتي أثناء السمنتة والإزاحة.

2-المرحلة الوسطية الأولى:

على العمق 863m حدث تهريب بمعدل 2-5bbl/h

عند العمق 1091m رفعت التشكيلة لتشكيل سدادة إسمنتية فتم ضخ 165bbl من الإسمنت بمعدل 6bbl/min وتمت الإزاحة بحجم 14.5bbl من المياه العذبة و27bbl من سائل حفر ذو كثافة 8.9ppg وتم حدوث تهريب 8bbl/h أثناء الإزاحة، وأثناء حفر الإسمنت من 865- 1089m حدث تهريب بمعدل 25bbl/min وتم حفر آخر مترين مع وجود التهريب، فتم ضخ 100bbl من المواد السادة لمعالجة التهريب.

أثناء حفر المجال 1483-1717m كان التهريب يتراوح بمعدل ما بين 0-18bbl/hوعند العمق 1718m حدث تهريب كلي واستمر الحفر حتى عمق 1719m فتم ضخ 20bbl من المواد السادة فقل التهريب ثم ضخ 25bbl من المواد السادة مرة ثانية.

أثناء إنزال مواسير التغليف على عمق 1996m حدث تهريب بمعدل 47bbl/h ثم انخفض إلى الصفر.

3-المرحلة الإنتاجية:

أثناء حفر المجالات من 2016-2125m حدث تهريب بمعدل 0-5bbl/h والمجال 2126- 2266m حدث تهريب بمعدل 0-2bbl/h والمجال 2305-2389m حدث تهريب بمعدل 0- 3bbl/h والمجال

2430–2501m بمعدل 0–3bbl/h والمجال 2531–2648m بمعدل 3–10bbl/h.

من الدراسة السابقة نلاحظ أن المشكلة الأساسية والأهم التي تعترض عمليات الحفر في حقل الشاعر هي تهريب سائل الحفر، وما يتبعه لاحقاً من تهريب السائل الإسمنتي، وبالتالي عدم وصول السائل الإسمنتي إلى الارتفاع المخطط له في الفراغ الحلقي، وبالتالي فشل العملية الإسمنتية، وفشل عملية استثمار البئر لاحقاً. كما أن معظم مشاكل التعليق والاستعصاء التي تحدث أثناء الحفر سببها هروب سائل الحفر في الطبقات وتهدم وانتفاخ الطبقات الضعيفة الثبوتية. ونتيجةً لتهريب السوائل الإسمنتية في الطبقات ذات النفوذية العالية والطبقات المتكهفة فإنه يتم استهلاك كميات كبيرة جداً من السوائل الإسمنتية لصب الجسور الإسمنتية، لاسيما وأن نجاح الكثير من هذه الجسور غير مضمون، حيث يتكرر فشل صب الجسور الإسمنتية، الأمر الذي يؤدي إلى عدم وصول السائل الإسمنتي إلى الارتفاع المقرر في الفراغ الحلقي، وبالتالي ترك عمود من سائل الحفر خلف مواسير التغليف، وهذا لا يتوافق مع التوجهات الحديثة لتكنلوجية بناء الآبار، خصوصاً الغازية منها، حيث تتعرض مواسير التغليف في الجزء غير المعزول بالإسمنت للتآكل مع الزمن، وبالتالي يجعل هذه الآبار مرشحة لعمليات السمنتة الإصلاحية (ذات الكلفة العالية، والتي تتطلب إيقاف البئر عن الإنتاج).

بناءً على ما سبق ولحل المشاكل التي واجهتنا في الدراسة السابقة لحقل الشاعر فإننا نقترح استخدام خلطات إسمنتية مخففة، ذات وزن نوعي قليل أو قليل جداً، أي استخدام مواد وزنها النوعي أقل بكثير من الوزن النوعي للإسمنت، وهي تحقق الأهداف التالية:

1- حل مشاكل تهريب السوائل الإسمنتية في الطبقات ذات النفوذية العالية، والطبقات المتكهفة، والطبقات المتشققة، والطبقات ذات الضغوط الطبقية المنخفضة، وما ينتج عن ذلك من التقليل من الكلفة العالية نتيجة التخفيض في هدر الإسمنت والغضار أثناء عمليات تدعيم مواسير التغليف، وأثناء صب الجسور الإسمنتية، وبالتالي التقليل من كلفة عمليات الإصلاح.

2- الحفاظ على الخواص الخزنية للطبقات المنتجة ذات الضغوط الطبقية المنخفضة، وذلك من خلال التقليل من التلوث الشديد للطبقة نتيجة الضغط الهيدرواستاتيكي القليل للخلطات الإسمنتية المخففة مقارنةً مع الخلائط الإسمنتية النظامية.

2-2- تقويم عمليات تدعيم الآبار في حقل الشاعر:

بالنظر إلى التقارير السابقة نلاحظ أن الهدف من عمليات حفر الآبار في حقل الشاعر هو الوصول إلى الطبقة المنتجة وهي طبقة الكوروشينا دولوميت الحاملة للغاز. كما نلاحظ أن المشاكل الأساسية عند حفر جميع الآبار المدروسة، والتي شكلت العقبة الأكبر عند محاولة الوصول لهذه الطبقة هي تهريب سائل الحفر أثناء الحفر، ولاحقاً تهريب السائل الإسمنتي أثناء

تنفيذ العمليات الإسمنتية، وما تبعه من صب جسور وسدادات إسمنتية لمعالجة هذه المشاكل، حيث أنه من الطبيعي تسرب السائل الإسمنتي ذو الوزن النوعي الكبير في الطبقات التي هرب فيها سائل الحفر ذو الوزن النوعي الأقل بكثير، وقد تكرر صب الجسور الإسمنتية كثيراً، مما زاد من كلفة وزمن إنجاز البئر، وتضرر الطبقة المنتجة وصعوبة استثمارها لاحقاً.

والجدول (2-1) يبين برنامج التغليف المطبق في البئر 106

المرحلة	أقطار رؤوس الحفر		أقطار مواسير التغليف	
	Mm	in	mm	in
سطحية	660.4	26	508	20
وسطية أولى	444.5	17 1/2	339.7	13 3/8
وسطية ثانية	311.15	12 1/4	244.47	9 5/8
إنتاجية liner	215.9	8 1/2	177.8	7

الجدول (2-1) : برنامج التغليف المطبق في البئر 106

وفي الجدول (2-2) يبين مواصفات مواسير التغليف المستخدمة في البئر 106

المرحلة	قطر مواسير التغليف		نوع مواسير التغليف	وزن واحدة الطول Lbf/ft	عمق الإنزال m
	mm	in			
سطحية	508	20	X-56	133	0-752
وسطية أولى	339.7	13 3/8	L-80	72	0-2129
وسطية ثانية	244.47	9 5/8	P-110	53.5	0-2477
إنتاجية liner	177.8	7	L-80 13Cr	32	2385.20-2885

الجدول (2-2) :مواصفات مواسير التغليف المستخدمة في البئر 106

وفي الجدول (2-3) نبين برنامج التغليف المستخدم في البئر 107

المرحلة	أقطار رؤوس الحفر		أقطار مواسير التغليف	
	Mm	in	mm	in
سطحية	660.4	26	508	20
وسطية أولى	406.4	16	339.7	13 3/8
وسطية ثانية	311.15	12 1/4	244.47	9 5/8
إنتاجية liner	215.9	8 1/2	177.8	7

الجدول (2-3) : برنامج التغليف المستخدم في البئر 107

وفي الجدول (2-4) يبين مواصفات مواسير التغليف المستخدمة في البئر 107

المرحلة	قطر مواسير التغليف		نوع مواسير التغليف	وزن واحدة الطول Lbf/ft	عمق الإنزال m
	mm	in			
سطحية	508	20	K-55	133	0-731
وسطية أولى	339.7	13 3/8	L-80	72	0-2048
وسطية ثانية	244.47	9 5/8	L-80 TN-95	47 54	0-2088 2088-2552
إنتاجية liner	177.8	7	VM-80 13Cr	32	2453-2932

الجدول(2-4) : مواصفات مواسير التغليف في البئر 107

وفي الجدول (2-5) نبين برنامج التغليف المستخدم في البئر 110

المرحلة	أقطار رؤوس الحفر		أقطار مواسير التغليف	
	Mm	in	mm	in
سطحية	660.4	26	508	20
وسطية أولى	406.4	16	339.7	13 3/8
وسطية ثانية	311.15	12 1/4	244.47	9 5/8
إنتاجية liner	215.9	8 1/2	177.8	7

الجدول (:(2-5) :برنامج التغليف المستخدم في البئر 110

وفي الجدول (2-6) يبين مواصفات مواسير التغليف المستخدمة في البئر 110

المرحلة	قطر مواسير التغليف		نوع مواسير التغليف	وزن واحدة الطول Lbf/ft	عمق الإنزال m
	mm	in			
سطحية	508	20	K-55	133	0-731
وسطية أولى	339.7	13 3/8	L-80	72	0-2048
وسطية ثانية	244.47	9 5/8	L-80 TN-95	47 54	0-2088 2088-2552
إنتاجية liner	177.8	7	Vm-8013Cr	32	2453.8-2932

الجدول (2-6) : مواصفات مواسير التغليف في البئر 110

وفي الجدول (2-7) نبين برنامج التغليف المستخدم في البئر 113

المرحلة	أقطار رؤوس الحفر		أقطار مواسير التغليف	
	Mm	in	mm	in
سطحية	406.4	16	339.7	13 3/8
وسطية أولى	311.15	12 1/4	244.47	9 5/8
وسطية ثانية	215.9	8 1/2	177.8	7
إنتاجية liner	152.4	6	88.9	3 1/2

الجدول (:(2-7) : برنامج التغليف المستخدم في البئر 113

وفي الجدول (2-8) يبين مواصفات مواسير التغليف المستخدمة في البئر 113

المرحلة	أقطار مواسير التغليف		نوع مواسير التغليف	وزن واحدة الطول Lbf/ft	عمق الإنزال m
	mm	in			
سطحية	339.7	13 3/8	L-80	72	0-856.3
وسطية أولى	244.47	9 5/8	L-80	47	0-2009.9
وسطية ثانية	177.8	7	P-110	32	1914.5-2648
إنتاجية liner	88.9	3 1/2	L-80	9.2	2610.5-2740.4

الجدول (:(2-8) : مواصفات مواسير التغليف في البئر 113

من خلال دراسة هذه البرامج وخواص وتصميم مواسير التغليف المنزلة في هذه الآبار يمكننا تسجيل الملاحظات التالية:

1- برامج التغليف في جميع الآبار متشابهة ومتقاربة، وتكاد تكون متطابقة في عدد مراحل التغليف وعمق إنزال كل مرحلة منها، وأقطار مواسير التغليف ورؤوس الحفر المستخدمة، حيث تم إنزال أربع مراحل في كل بئر (سطحية، وسطية أولى، وسطية ثانية، إنتاجية) ، وجميعها من النوع الكامل ماعدا المرحلة الإنتاجية في جميع الآبار حيث تم إنزالها من نوع مواسير ضائعة أو Liner، كما كانت المرحلة الوسطية الثانية في بئر 113 من نوع Liner.

2- كانت المواسير الضائعة في جميع الآبار من نوعية عالية الجودة،

(Vm-80; L-80; P-110) وهي ذات كلفة عالية، واستخدامها غير مبرر، حيث أن العامل المهم في قيام مواسير التغليف بوظيفتها هو وجود حجر إسمنتي مقاوم خلفها.

الفصل الثالث

تدعيم الآبار

3-1- تغليف الآبار:

تعتبر عمليات تدعيم الآبار (التغليف و السمنتة) من أهم العمليات التي تهدف إلى زيادة عمر البئر. وتأتي أهمية التدعيم كونها تمثل المرحلة الأساسية في بناء أو انجاز البئر، كونها تمثل المرحلة النهائية للحفر، والقاعدة التي تبدأ منها مرحلة الإنتاج ، وكلما كانت أكثر إيجابية وأقل كلفة كانت أكثر نجاحاً .

3-1-1- وظائف مواسير التغليف [2]:

تعتبر مواسير التغليف الجزء البنائي الرئيسي للآبار، وهي مواسير (أنابيب) اسطوانية ذات قطر كبير، تصنع من خلائط من الفولاذ، تنزل في البئر المفتوح ، وتسمنت في مكانها . ومع زيادة عمق البئر من الضروري تغليف جدران البئر بمجموعة متداخلة (تلسكوبية) من الأنابيب المعدنية ، اتفق على تسميتها مواسير التغليف .

تشكل كلفة مواسير التغليف جزءاً لا بأس به تقدر بحوالي 20% من الكلفة الإجمالية للبئر. لذلك فإن اختيار قطرها ونوعها وعمق إنزالها هي من الاعتبارات الهندسية والاقتصادية الهامة جداً. ويمكن تلخيص الوظائف الهامة لمواسير التغليف كما يلي :

1- الحفاظ على ثبوتية جدران البئر، أي تؤمن دعم الطبقات الضعيفة والمتشققة ، ومنع تكهف جدران البئر خلال عمليات الحفر.

2- عزل الطبقات المسامية التي تحتوي على موائع طبقية ذات خواص فيزيائية مختلفة وتتواجد ضمن شروط طبقية مختلفة . وينجز ذلك من خلال العمل المشترك لعمليات التغليف و السمنتة .

3- منع تلوث الطبقات القريبة من السطح والحاملة للمياه العذبة .

4- تشكل قناة لمرور السوائل الهيدروكربونية ، حيث أن معظم عمليات الإنتاج تتم من خلال مواسير الإنتاج التي تنزل داخل مواسير التغليف .

5- تؤمن التحكم بالآبار كونها تشكل قاعدة متينة ومحكمة لتثبيت المعدات المختلفة (أجهزة منع الانفجار BOPs التي تجهز بها فوهة البئر أثناء الحفر) ، أو كشجرة الميلاد ومواسير الإنتاج أثناء الإنتاج .

6- تؤمن بئراً بقطر وعمق مناسبين يمكنان من إنزال أجهزة الاختبار وتجهيزات الإنهاء للآبار .

3-2-1- أنواع مواسير التغليف [2] :

تصنف مواسير التغليف اعتماداً على الوظائف الأساسية لمجموعة مواسير التغليف ، والتي تستخدم بشكل متكرر على الشكل التالي .

- **مواسير التغليف الموجهة (الدليلة) :**

تنزل مواسير التغليف الموجهة من السطح إلى عمق قليل، وذلك لحماية الطبقات الغير متماسكة القريبة من السطح ، وعزل الطبقات الحاملة للمياه العذبة من التأثر بسائل الحفر، كما تؤمن عودة سائل الحفر من البئر إلى خزانات سائل الحفر.

يتراوح عمق إنزال مواسير التغليف الموجهة من 100ft-400 ، أما قطرها الذي يستخدم في الشرق الأوسط ("5/8 18 أو "20) ، أما في بحر الشمال فإن قطرها يكون عادةً "26 أو "30 تسمنت مواسير التغليف الدليلة إلى السطح .

- **مواسير التغليف السطحية :**

تعتبر مواسير التغليف السطحية المجموعة الأولى التي تنزل بشكل إلزامي في البئر، والتي يجب أن تدعم بشكل جيد (تسمنت بكاملها) ، وهي تشكل الركيزة الأساسية في بناء البئر، ويجب أن تحقق الوظائف الآتية :

1- منع تكهف الطبقات الضعيفة التي يمكن أن تصادف عند الأعماق الضحلة وهذه المواسير يجب أن تثبت في طبقة قاسية (مثل الحجر الكلسي القاسي) ، وهذا يحمي الطبقات المتواجدة عند حذاء مواسير التغليف من التشقق عند الضغوط الهيدرواستاتيكية العالية التي تصادف أثناء الحفر.

2- عزل الطبقات السطحية الغير متماسكة ، الطبقات التي تؤدي تهريب سوائل الحفر.

3- حماية الطبقات السطحية الحاملة للمياه العذبة ومنع تلوثها بسائل الحفر.

4- تشكل قاعدة لتثبيت أجهزة منع الانفجار على فوهة البئر.

5- تؤمن إجراء اختبار منع التسرب (Leak- off test)

إن عمق إنزال مواسير التغليف السطحية يتغير بشكل كبير، ويحدد بحيث تنزل قبل الوصول إلى أي طبقة خازنة للمركبات الهيدروكربونية . ويتراوح عمق انزالها من 200 قدم إلى عدة آلاف من الاقدام. أما قطرها فيتراوح عادةً ("20-"5/8 18) .

- **مواسير التغليف الوسطية :**

تنزل مواسير التغليف الوسطية وتعرف أيضاً بمواسير الحماية إلى بداية أو نهاية الطبقات ذات الضغوط الطبقية العالية ، وذلك لحماية مواسير التغليف للمرحلة السطحية من التعرض للضغوط الطبقية المرتفعة أثناء حفر الطبقات الحاوية على النفط والغاز، أو لعزل طبقات التي تؤدي إلى تهريب شديد لسائل الحفر، أو تلك التي تتأثر بشدة بسائل الحفر (الطبقات الملحية ، طبقات الشيل) . أي أن الهدف من إنزالها هو السماح بتعميق البئر، وذلك بعزل كل الطبقات الضعيفة ، التي يمكن أن تسبب تكهفاً لجدران البئر، أو تسرباً لسائل الحفر.

يتراوح عادةً عمق إنزال مواسير التغليف الوسطية (8000ft - 3000) ، أما قطرها يتراوح بين ("3/8 13- "5/8 7) . ولكن معظم الأقطار الشائعة لهذه المواسير هي ("3/8 13 أو "5/8 9) .

- **مواسير التغليف الإنتاجية :**

وهي المجموعة النهائية الأخيرة من مجموعة مواسير التغليف ، والتي تنزل عادةً حتى نهاية الطبقة المنتجة ، ويمكن أن تنزل إلى بداية الطبقة المنتجة وتنزل هذه المرحلة لعزل كل الطبقات الأخرى عن الطبقة المنتجة ، كما تؤمن التحكم بالضغط داخل البئر أثناء إنتاج الموائع الطبقية ، وتمكن من الاستثمار الانتقائي (المنفصل) للمجالات الخازنة للموائع الطبقية ، إجراء عمليات تحسين نفوذية المناطق المجاورة للبئر (تحميض ، تشقيق هيدروليكي) .

تتراوح أقطار المواسير الإنتاجية بين ("7 - "1/2 4) ، ولكن القطر الأكثر استخداماً هو "7 .

- **مواسير التغليف الضائعة :**

وهي مجموعة المواسير التي لا تصل إلى السطح (طولها أقل من عمق البئر) ويتم تعليق مواسير التغليف الضائعة بواسطة أجهزة تعليق مناسبة داخل مواسير التغليف للمرحلة السابقة .

3-2- تصميم برنامج التغليف [1] :

يشمل برنامج التغليف تحديد العناصر الآتية :

1 – تحديد عدد مراحل التغليف التي يستعان بها لإنجاز البئر و عمق إنزال كل مرحلة . و ذلك اعتماداً على العمود الجيولوجي المقترح مصادفته أثناء الحفر . يجب أن تؤخذ في الاعتبار مجموعه العوامل الفنية – التقنية و الاقتصادية .

2 – تحديد نوع رؤوس الحفر (أو رؤوس التلبيب) وفقا لنوعية الصخور .

3 – تحديد أقطار مواسير الحفر و كذلك رؤوس الحفر لكل مرحلة من مراحل التغليف.

ينطلق في حساب برنامج التغليف من قطر مواسير التغليف الإنتاجية و ينتهي بمواسير التغليف للمرحلة السطحية (عكس التنفيذ) حيث يتم اختيار قطر مواسير التغليف للمرحلة الإنتاجية (و هو الأساس الذي يعتمد في تصميم برنامج التغليف) اعتمادا على الإنتاجية المتوقعة من البئر ، و نوع المكمن (نفط أو غاز) و كذلك طرق الإنتاج المحتمل اعتمادها أثناء استثمار محتويات المكمن و أخيرا عدد مراحل التغليف و عمق البئر

أي يمكن القول بأن تحديد قطر مواسير التغليف للمرحلة الإنتاجية يجب أن يتم اعتماداً على الإنتاجية المتوقعة من الطبقة والعوامل الاقتصادية معاً بحيث ننجز بئراً بأقل كلفة ممكنة ولكنها تمكن من استثمار محتويات المكمن باللجوء إلى استخدام مختلف طرق الإنتاج (الذاتي, الرفع بالغاز ,الضخ.. الخ)

بعد اختيار قطر مواسير التغليف للمرحلة الإنتاجية يحسب قطر مجموعة رؤوس الحفر لهذه المرحلة وذلك بالعلاقة الآتية:

$$D_B = D_{ecsg}' \times f \qquad (1\text{-}3)$$

D_B: قطر رأس الحفر الحسابي في المرحلة الإنتاجية للبئر.

f : عامل يأخذ قيم تتراوح بين (1.4 – 1.1) تبعاً لدرجة ثبوت الصخور المتوقع اختراقها و درجة تأثرها بسائل الحفر المستخدم ، طول المجال المفتوح من البئر (غير المغلق) قطر مواسير التغليف وأخيراً مجموعة من العوامل تتعلق بخواص سائل الحفر .

تستخدم القيم القريبة من النهاية الصغرى عندما تكون شروط الحفر عادية والطبقات الجيولوجية المفتوحة لا تتسبب أية مشاكل هامة أما عند الحفر ضمن شروط جيولوجية معقدة مع احتمال كبير لحدوث مشاكل خطره يجب استخدام القيم الأكبر لنسبة الفراغ الحلقي الشعاعي .

إن القيم المثالية لنسبة الفراغ الحلقي الشعاعي(f) هي القيمة الصغرى التي تمكن من تغليف البئر دون صعوبات تذكر، مع تأمين عزل محكم وتام للطبقات المفتوحة أثناء تثبيت مواسير التغليف بالإسمنت .

تتأثر نسبة الفراغ الحلقي الشعاعي بسلسلة من العوامل مثل : طول المجال المفتوح من البئر ، قطر ونوع مواسير التغليف ، خصوصية البئر في المجال الذي سيغلق (الدرجة الشاقولية , الوضع العام للبئر – نوعية الصخور– سائل الحفر المستخدم وخواصه .. الخ) تستخدم القيم الكبيرة لنسبة الفراغ الحلقي الشعاعي عند تغليف مجالات طويلة و تضم طبقات تتسبب في بعض المشاكل (تهدم – تضيق – استعصاء ..... الخ) .

بعد تعيين قيمة المعامل (f) اعتماداً على نسبة الفراغ الحلقي المختارة يحسب قطر رأس الحفر للمرحلة الإنتاجية . ثم يختار القطر الحقيقي / الصناعي / الأقرب من جداول رؤوس الحفر .

يتم تصميم مواسير التغليف للمرحلة الوسطية بحساب القطر الداخلي الأصغري الذي يمكن من إمرار رؤوس الحفر للمرحلة الإنتاجية و ذلك بالعلاقة الآتية :

$$D_{min} = D_B + 2\,a \qquad (2\text{-}3)$$

حيث :

D_B : قطر رأس الحفر الحقيقي للمرحلة الإنتاجية (m . m) .

a : معامل الفراغ الحلقي الشعاعي بين رأس الحفر و القطر الداخلي لمواسير التغليف .

تعتمد قيمة هذا المعامل على نوع رأس الحفر المعتمد و قطر مواسير التغليف و شكل و اتجاه البئر (عمودي أو مائل) عند استعمال رؤوس حفر بتروس مخروطية أو الماسية تختار قيمة المعامل (a) ضمن المجال mm (4 --- 2) .

يبحث في جدول مواسير التغليف عن الأنابيب التي لها قطر داخلي أصغري الأكبر مباشرة أو على الأقل المساوي للقطر الداخلي الحسابي (D_{min})

يؤخذ القطر الخارجي عند الرأس لهذه المواسير (أيضا من جداول المواسير) ثم يحسب قطر رأس الحفر للمرحلة الوسطية . تكرر هذه العمليات الحسابية حتى الوصول إلى تحديد قطر مواسير التغليف للمرحلة السطحية و رؤوس الحفر لهذه المرحلة .

3-3- تصميم مواسير التغليف [1]:

المقصود بتصميم مواسير التغليف تحديد سماكة الجدار و نوعية المعدن و نوع نقاط الوصل .

عادة يتم تصميم مواسير التغليف على أساس جهد الشد و الضغط الخارجي المؤثرين بشكل منفصل في الآبار الضحلة وبشكل موحد في الآبار العميقة .

- **تصميم مواسير التغليف اعتماداً على جهد الشد فقط :**

يتم تصميم مواسير التغليف (السطحية , الوسطية) وفق هذه الطريقة عند التأكد من عدم تعرض مواسير التغليف للضغط الخارجي (عدم حدوث تهريب لسائل الحفر في الطبقة ، الوزن النوعي لسائل الحفر الذي يستخدم خلال متابعة الحفر من خلالها أكبر أو على الأقل مساوياً للوزن النوعي لسائل الحفر الذي استخدم قبل إنزالها) في أي مرحلة من مراحل العمل داخل البئر.

- **تصميم مواسير التغليف على أساس جهد الشد والضغط الخارجيً :**

يمكن اعتماد هذه الطريقة في تصميم مواسير التغليف الوسطية والانتاجية حيث تؤخذ القيمة العظمى للضغط الخارجي (الناتج عن عمود سائل الحفر) الذي تتعرض له المواسير وذلك في حال الإفراغ الكامل لها (إنزالها بنهاية مغلقة وعدم تعبئتها) وبما أن الضغط الخارجي يزداد مع زيادة عمق البئر لذا يجب أن يكون الضغط الخارجي الحرج (P_{cr}) الذي يمكن أن تتحمله مواسير التغليف أكبر من قيمة الضغط الخارجي الفعلي الذي سوف تتعرض له والناتج عن عمود سائل الحفر(P_{mud}) وذلك في أي نقطة من المواسير , أي يجب أن يتحقق الشرط الآتي

$$P_{cr} / Sf \geq P_{mud} \qquad (3-3)$$

$$P_{cr} / Sf = Had. \gamma_f /10 \qquad (4-3)$$

Sf : عامل أمان يتعلق بنوع المعدن

Had: العمق الذي يمكن أن تنزل إليه مواسير التغليف .

من العلاقة السابقة نلاحظ أن لكل نوع من مواسير التغليف عمق محدد H_{ad} يمكن أن تستخدم عنده حيث .

$$H_{ad} = (10.p_{cr}) / (Sf . \gamma_f) \qquad (5-3)$$

إن طول القسم الأول من مواسير التغليف (سماكة جدار كبيرة أو ذات نوعية جيدة) يعتمد على العمق الذي يمكن أن تنزل إليه مواسير النوع التي تليها مباشرة (ذات السماكة الأقل أو ذات الجودة الأقل للمعدن) (Had_2) , يحدد طول القسم الأول على النحو التالي :

$$L_1 = H - Had_2 \qquad (6-3)$$

أما مواسير القسم الثاني فيعتمد بدوره على العمق الذي يمكن أن تنزل غليه مواسير النوع الثالث أي:

$$L_2=Had_2 - Had_3 \qquad (7-3)$$

وهكذا حتى نصل إلى العلاقة العامة التالية :

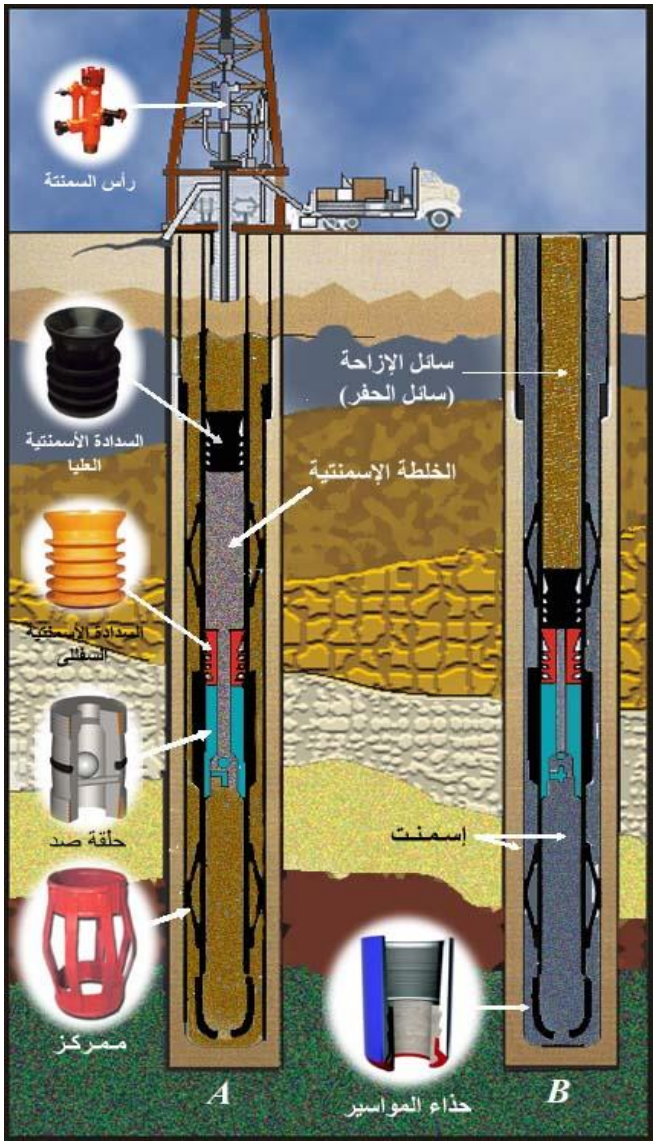
$$L_n = Had_n - Had_{n+1} \qquad (8-3)$$

بعد ذلك يتم التحقق من جهد الشد حيث تلغى الأقسام التي لا تتحمل جهد الشد ويعاد تصميم الجزء الملغى اعتماداً على جهد الشد فقط .

3-4- سمنتة الآبار[2] :

3-4-1- أهمية عملية السمنتة :

تعرف عملية السمنتة بأنها ضخ السائل الإسمنتي داخل مواسير التغليف ، ثم إزاحته إلى الفراغ الحلقي بواسطة سائل الإزاحة . وفي ا لشكل (1) : نبين رسماً تخطيطياً لعملية سمنتة آبار النفط



الشكل (1) :عملية السمنتة

و تشكل عملية السمنتة و التغليف ما يسمى تدعيم آبار النفط و الغاز . إن بقاء سائل الحفر في الفراغ الحلقي خارج مواسير التغليف يجعل هذه الأخيرة عرضة لإجهادات شتى و التي تودي إلى إنقاص تدريجي لمقاومتها ، أي التقليل من عمرها و عمر البئر و تأتي أهمية عملية السمنتة كونها تشكل المرحلة الختامية لعمليات إنجار الآبار وأن أي فشل في عملية السمنتة سوف يجعل عمليات الاستثمار تجري ضمن ظروف غير ملائمة .

و يمكن تلخيص أهمية السمنتة بالنقاط التالية :

1 – تدعيم مواسير التغليف من خلال ربطها مع الجدران الصخرية للبئر

2 – حماية مواسير التغليف من التعرض للتأثير التآكلي لمحتويات بعض الطبقات الجيولوجية

3 – إبعاد تأثير سائل الحفر أو فاقد الرشح على الطبقات التي تتأثر ثبوتيتها بالماء

4 – عزل الطبقات الجيولوجية عن بعضها البعض حيث نغلق الطريق أمام الموائع للانتقال بين الطبقات ذات الضغوط المختلفة .

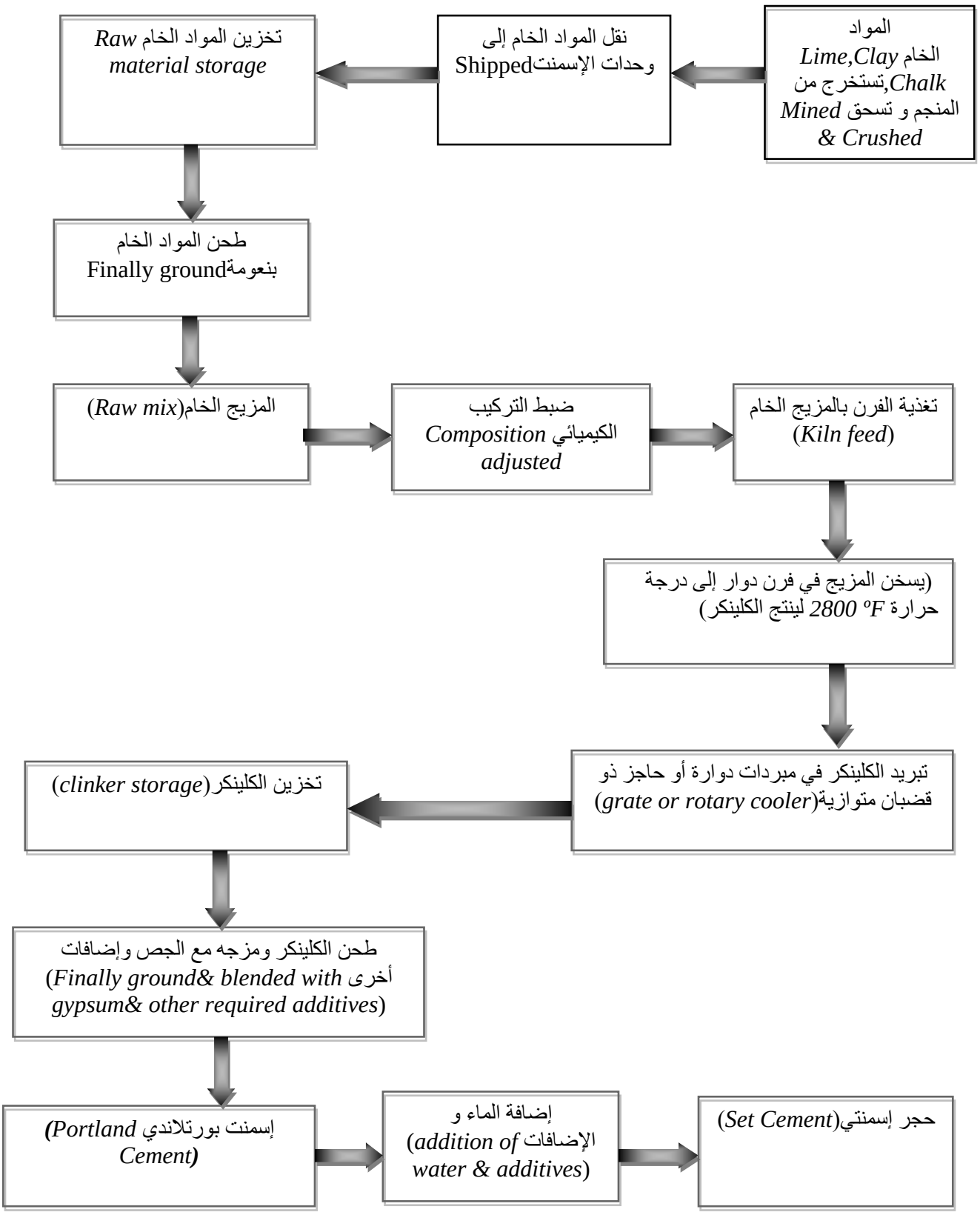
3-4-2-المواد المستخدمة في تحضير السائل الإسمنتي

3-4-2-1-مسحوق الإسمنت:

الإسمنت هو عبارة عن مسحوق مكون من مزج عدة مواد ذات تركيب معدني معين مطحونة بشكل ناعم (finely ground)، و يتصف بخاصية التصلب عند مزجه مع الماء وتركه ساكناً لبعض الوقت والذي يحافظ حتى بعد عملية التصلب على مقاومته وثبوتيته حتى تحت الماء .

ويعد الإسمنت البورتلاندي من أهم الأنواع الشائعة، والأكثر استخداما في أنحاء كثيرة من العالم يتألف الإسمنت البورتلاندي بشكل رئيسي من أكسيد الكالسيوم (Lime)(CaO) و أكسيد السيلكون Silica(SiO_2) وأكسيد الألمنيوم (Alumina)(Al_2O_3) وأكسيد الحديد (Fe_2O_3) (Ferric Oxide) بالإضافة إلى بعض الأكاسيد الأخرى، التي توجد بنسب ضئيلة كشوائب مرافقة مع المواد الخام والتي تطحن بنعومة مناسبة (Suitable Fineness)، حيث يتم حرق هذا المزيج داخل الفرن ليحدث الاتحاد الكيميائي، وينتج ما يسمى الخبث الحراري أو الكلينكر (Clinker)، والذي تضاف إليه أثناء الطحن كمية قليلة من الجص، وذلك بهدف التحكم بزمن التصلب (Setting time)، حيث ينتج في النهاية مسحوق رمادي (gray powder) يدعى مسحوق الإسمنت (Fine powder cement).

و في الشكل (2) نبين مراحل تصنيع الإسمنت البورتلاندي [2]:



الشكل (2) مراحل صناعة الإسمنت البورتلاندي

3-4-2-2-تركيب الإسمنت (Cement composition):

يتألف الإسمنت (تتراوح قطر جسيمات حبة الإسمنت من 1-100 µm) من أربعة مركبات أساسية يسهم كل واحدٍ منها بطرق مختلفة في التأثير على خواص السائل الإسمنتي أو خواص الحجر الإسمنتي, وفي الجدول (6-1)نبين تركيب الإسمنت وخواصه

الاسم والصيغة	الرمز المختصر	الخواص
$3CaO.SiO_2$ سيليكات الكالسيوم الثلاثية (Tri –calcium silicate)	C_3S	ينتج من التفاعل بين أكسيد الكالسيوم وأكسيد السليسيوم ويشكل مركب رئيسي في أبار النفط . ويسهم في كل مراحل نمو المقاومة الميكانيكية للجر الإسمنتي يتميز بسرعة تصلبه والمقاومة الميكانيكية الجيدة للجر الإسمنتي .
$2CaO.SiO_2$ سيليكات الكالسيوم الثنائية Di–calcium silicate	C_2S	ينتج من تفاعل أكسيد الكالسيوم وأكسيد السليسيوم. يتميز بتصلبه ببطء جداً(يستخدم المسحوق الإسمنتي المكون من هذا المعدن في سمنتة الآبار العميقة) ولكن يسهم فقط في المقاومة الميكانيكية النهائية للحجر الإسمنتي المتشكل . كما يتصف الحجر للإسمنتي المتشكل بمقاومته الجيدة لتأثير شوارد الكبريتات
ألومينات الكالسيوم الثلاثية $3CaOAl_2O_3$ (Tri–calcium Aluminates)	C_3A	ينتج من تفاعل أكسيد الكالسيوم مع أكسيد الألمنيوم. عملية التصلب تتم بسرعة.(زمن شك صغير جدا) وهذا سبب هام لنمو مقاومة ميكانيكية بصورة مبكرة .مقاومته لتأثير شوارد الكبريتات ضعيفة ,لذلك يستخدم المسحوق الإسمنتي ذو التركيز المرتفع من C_3A في سمنتة الآبار الضحلة أو المراحل السطحية والوسطية قليلة العمق من الآبار العميقة

الاسم والصيغة	الرمز المختصر	الخواص
ألومينات وحديد رباعي الكالسيوم $4CaO.Al_2O_3\ Fe_2O_3$ (Tetra- calcium Alumina (Ferrite)	C_4AF	ينتج من اتحاد أكاسيد الحديد والألمنيوم والكالسيوم . ويؤثر بشكل كبير على عملية الإماهة للإسمنت (تصلب بطي أي زمن شك كبير) ولكن يتميز بمقاومة ميكانيكية جيدة للحجر الإسمنتي وبثبوت كبير ضد التأثير التآكلي للمياه الطبقية الكبريتية

الجدول (6-1) :تركيب الإسمنت وخواصه

- من أجل تأخير التصلب ، وهذا يطبق في الآبار التي تتميز بشروط طبقية عالية (HPHT)، ويتم ذلك من خلال إنقاص محتوى C_3S و محتوى C_3A ويجب أن يكون ناتج الطحن لحبيبات كلينكر الإسمنت اسمنتاً خشناً.
- من أجل إماهة بحرارة قليلة ، وهذا يطبق في المناطق المتجمدة (Permafrost applications)، ويتم ذلك بزيادة محتوى C_3S و C_3A.

3-4-3-تصنيف الإسمنت وفق معهد البترول الأمريكي(API Classification)[2]:

يصنف إسمنت آبار النفط والغاز وفقا لمعهد البترول الأمريكي إلى الأصناف المبينة في الجدول () وكل صنف يستخدم تبعا لعمق الآبار، ودرجة الحرارة ، ومدى مقاومته لتأثير الكبريتات .

نوع الإسمنت حسب API	كثافة الإسمنت Ppg	عمق الاستخدام (m)	درجة الحرارة (°C)	الخواص وأهداف الاستخدام
A	15.6	0-2000	80-170	وهو ذو مقاومة ضعيفة لتأثير شوارد الكبريتات حيث يستخدم في الآبار الضحلة والمرحل السطحية للآبار العميقة،
B	15.6	0-2000	8-170	يستخدم لأهداف عامة، ولا يتطلب خواص معينة متوفر بأنواع ذات مقاومة متوسطة، ومقاومة عالية لتأثير شوارد الكبريتات ،

نوع الإسمنت حسب API	كثافة الإسمنت Ppg	عمق الاستخدام (m)	درجة الحرارة (°C)	الخواص وأهداف الاستخدام
C	14.8	0–2000	8–170	ذو مقاومة مبكرة عالية ، ومتوفر بأنواع ذات مقاومة ضعيفة ومقاومة عالية لتأثير الكبريتات
D	16.4	2000–3000	77–110	وهو إسمنت مؤخر لتصلب السائل الإسمنتي ومتوفر بمقاومة (MSR) ومقاومة (HSR) .
E	16.4	3000–5000	110–145	وهو إسمنت مؤخر للتصلب، ومتوفر بنوعيه، ذات المقاومة المتوسطة العالية لتأثير .
F	16.4	3000–5000	145–160	وهو إسمنت مؤخر للتصلب ومتوفر بمقاومة (MSR) ومقاومة (HSR) .
G	15.8	0–2500	حتى 195	وهو متوفر بمقاوماته المتوسطة والعالية لتأثير للكبريتات. ويطحن بشكل ناعم
H	16.5	0–2500	حتى 195	يستخدم لأهداف عامة، وهو متوفر بأنواعه ذات المقاومة المتوسطة والمقاومة العالية لتأثير الكبريتات ، وهو يشبه النوع G ولكن يختلف عنه بأن النوع H أكثر خشونة .

الجدول (6–2): مواصفات إسمنت آبار النفط والغاز وفقا لمعهد البترول الأمريكي

إن أنواع الإسمنت D,E,F تحتوي على إضافات مؤخرة (مبطئة) لتصلب السائل الإسمنتي وتستخدم في الآبار العميقة، إن الأنواع G و H هما من أكثر أنواع الإسمنت انتشاراً في حقول النفط ، حيث يستخدم النوع H في أمريكا بشكل عام ، أما خارج أمريكا فإن النوع G هو الأكثر استخداما

5-3- طرق السمنتة (Method of cementing)[2] :

1 – **السمنتة الأولية (Primary cementing)** : تشمل السمنتة الأولية كل عمليات تثبيت مواسير التغليف أو المواسير الضائعة (*liner*) في جدار البئر المحفورة حديثا ، حيث يتوضع السائل الإسمنتي

الفراغ الحلقي بين مواسير التغليف وجدار البئر بسبب إزاحته لسائل الحفر الموجود في الفراغ الحلقي بشكل كامل، ليسمح بترابط كاف لمواسير التغليف والطبقة نتيجة نمو خواصه العازلة .

2- السمنتة الثانوية أو الإصلاحية (secondary or Remedial cementing)

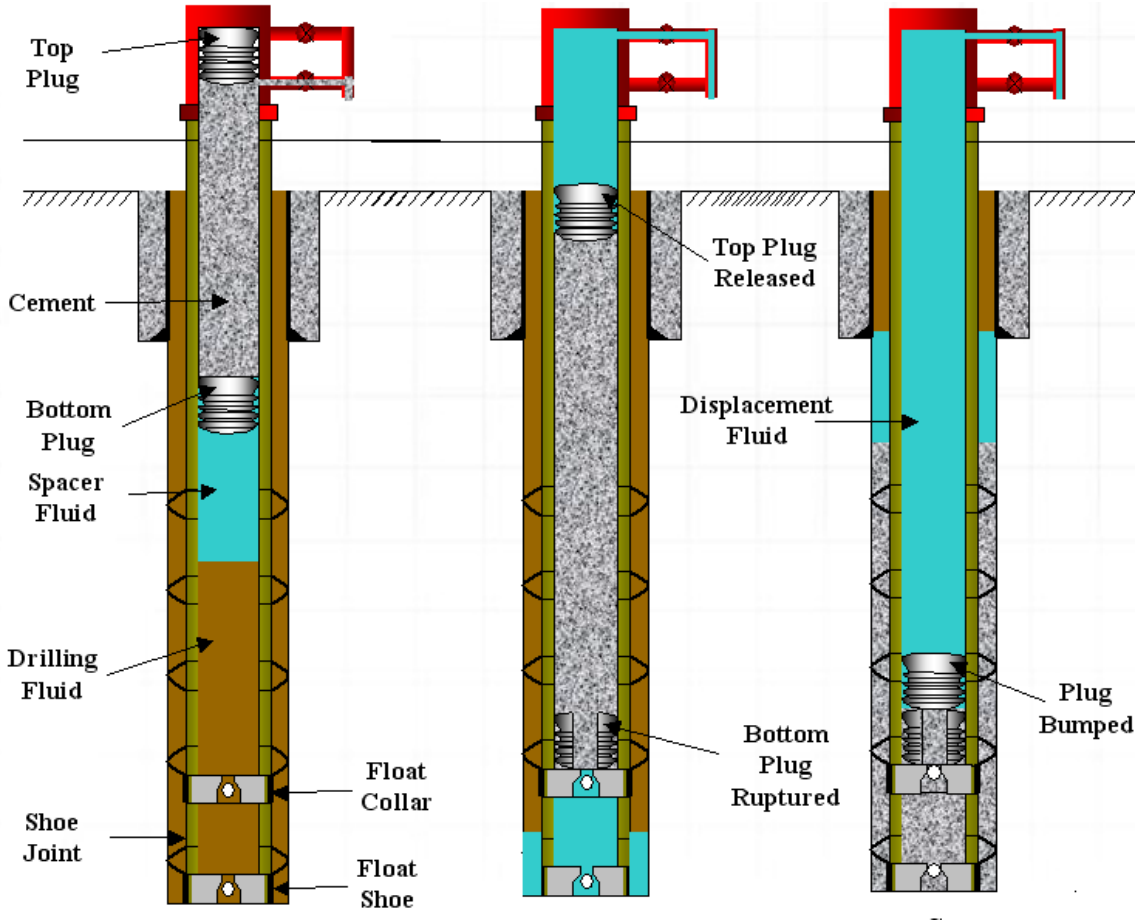
تستخدم السمنتة الثانوية لإغلاق الطبقات غير المنتجة، أو الطبقات المستنزفة، وكذلك لمعالجة مناطق تسرب سوائل الحفر، ولإصلاح التسرب في مواسير التغليف، وأحيانا لإصلاح عمليات السمنتة الأولية.

3- السمنة الخاصة :إن الهدف الرئيسي لعملية السمنتة الخاصة هو بشكل عام عزل طبقات معينة مفتوحة على البئر قد تقع على القعر أو بعيدة عنه، وكذلك عزل جزء من البئر ويحقن الإسمنت إما تحت الضغط (*Squeeze job*)، أو بعدم باستخدام ضغط ضخ كبير كما في إنشاء الجسور و السدادات الإسمنتية (*Plug – Back cementation*) داخل الآبار.

السمنتة الأولية (Primary cementing) وتشمل :

1-السمنتة بمرحلة واحدة (Single stage cementing):

تستعمل عادة هذه الطريقة لسمنتة مواسير التغليف الموجهة ومواسير التغليف السطحية ، حيث يتم تحضير الخلطة الإسمنتية وضخها داخل مواسير التغليف. يبين الشكل () عملية السمنتة بمرحلة واحدة . بعد إنزال مواسير التغليف داخل البئر يتم إجراء دوران لسائل الحفر الموجود داخل البئر بهدف تجانسه، ومن ثم ينزل الفاصل الإسمنتي الأول (السفلي) ويضخ سائل الفصل (spacer) والسائل الإسمنتي على التوالي. وباستمرار الضخ يدفع السائل الإسمنتي الفاصل الإسمنتي داخل مواسير التغليف حتى يصل إلى مقعده على حلقة الصد. ومع استمرار الضخ أيضاً يتمزق الغشاء المركزي في الفاصل الإسمنتي، وبذلك يسمح للسائل الإسمنتي بالمرور من خلاله باتجاه الفراغ الحلقي. وعند الانتهاء من ضخ الحجم الكلي للسائل الإسمنتي، ينزّل الفاصل الإسمنتي الثاني (العلوي)، وذلك من خلال حل مسمار حفظ الفاصل في رأس السمنتة)، ويباشر بضخ سائل الحفر(سائل الإزاحة)، الذي يدفع الفاصل العلوي باتجاه الأسفل، سامحاً للسائل الإسمنتي بالتوضع خلف مواسير التغليف في الفراغ الحلقي. تعتبر عملية السمنتة منتهية عندما يستقر الفاصل الإسمنتي العلوي فوق الفاصل الإسمنتي السفلي . يغلق البئر ويترك السائل الإسمنتي ليتصلب في الفراغ الحلقي.



الشكل (3): عملية السمنتة بمرحلة واحدة

2-السمنتة متعددة المراحل (Multi-stage cementing)

تستخدم السمنتة متعددة المراحل في سمنتة مواسير التغليف التي يتعذر فيها رفع السائل الإسمنتي إلى الارتفاع المحدد له عند إجراء عملية السمنتة بمرحلة واحدة، وتستخدم بهدف .

1-تقليل ضغط الضخ الكلي، وذلك عند سمنتة الآبار العميقة التي تتطلب ضخ كميات كبيرة من السائل الإسمنتي، لأن زمن عملية السمنتة يكون كبيراً، وقد يزيد عن زمن بدء التصلب للسائل الإسمنتي، خاصة عند الضخ بمعدلات قليلة، ولا توجد إمكانية لزيادتها، لأنها تتطلب ضغوطاً مرتفعة، قد تؤثر سلباً على جدار البئر، وقد تسبب تسريباً شديداً للسائل الإسمنتي فيها، كما أن ذلك يتطلب استخدام مضخات ذات استطاعة كبيرة. وبالإضافة إلى ذلك فإن الضخ بضغط مرتفع يعرّض مواسير التغليف لضغط داخلي مرتفع لا تقدر على تحمله.

2-تقليل الضغط الهيدرواستاتيكي الناتج عن ارتفاع عمود السائل الإسمنتي على الطبقات الضعيفة والقابلة للتشقق، وبالتالي تقلل من احتمال تشققها.

3-عند سمنتة الآبار ذات درجة الحرارة العالية، والتي تقلل من زمن بدء تصلب السائل الإسمنتي.

4–عندما يتطلب استخدام عدد كبير من وحدات الضخ في آن واحد، إما بسبب عدم توفر العدد اللازم لإنجاز عملية السمنتة بمرحلة واحدة، أو عدم إمكانية تنظيمها حول جهاز الحفر.

5–عند حدوث تسرب للسائل الإسمنتي في الطبقات أثناء عملية السمنتة العادية ، ولم يرتفع السائل الإسمنتي في الفراغ الحلقي إلى المكان المحدد له.

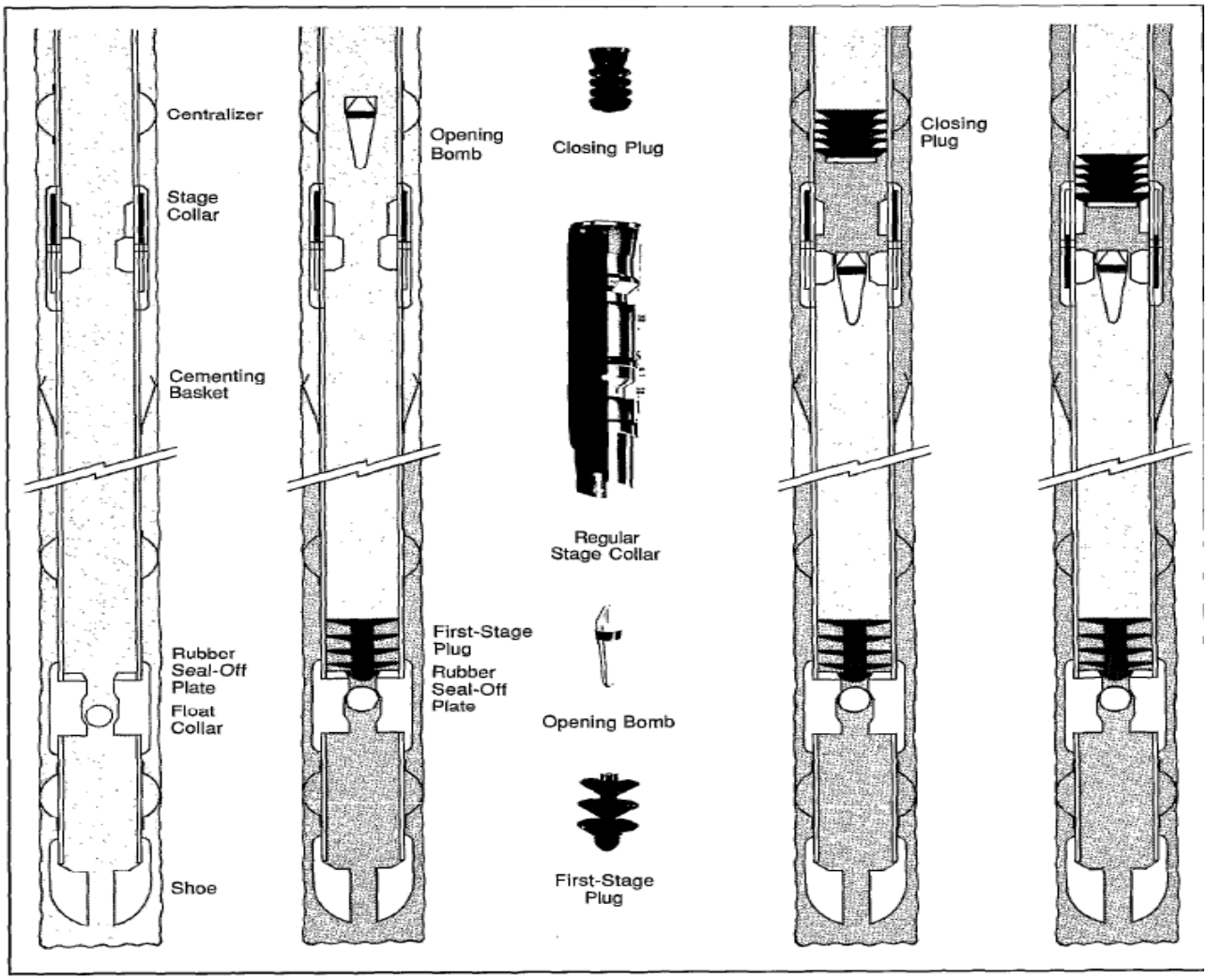
6–عند سمنتة الطول الكامل لمواسير التغليف.

تتم عملية السمنتة على مرحلتين من خلال استخدام وصلة مثقبة تدعى الوصلة الإسمنتية Stage cementing collars)، التي يتم اختيار عمق تثبيتها اعتماداً على ارتفاع عمود السائل الإسمنتي، وعلى مقاومة الطبقات. يتم تثبيت وصلة السمنتة بمرحلتين على ارتفاع يتراوح بين (50-150 m) فوق الطبقة الضعيفة. بعد إنزال مواسير التغليف إلى قاع البئر يتم إجراء دوران لسائل الحفر بحجم مساوٍ لضعف حجم البئر، وذلك بهدف التأكد من عمل معدات الطفو (حذاء مواسير التغليف, حلقة الصد) بصورة ملائمة وكذلك لتحديد ضغط الدوران.

يتم تنفيذ المرحلة الأولى من عملية السمنتة بنفس أسلوب تنفيذ عملية السمنتة بمرحلة واحدة، حيث تكون الوصلة الإسمنتية مغلقة في هذه الحالة، ولكن ارتفاع عمود السائل الإسمنتي ينتهي أسفل الوصلة الإسمنتية مباشرة.

تبدأ المرحلة الثانية من عملية السمنتة بإنزال فاصل أو قذيفة الفتح (opening bomb) من السطح، حيث تبدأ مرحلة ضخ السائل الإسمنتي للمرحلة الثانية. بعد وصول فاصل الفتح إلى المسند السفلي للوصلة الإسمنتية (مقعد الفتح) يطبق ضغط بحدود 1200-1500 psi فوق ضغط الدوران بهدف كسر مسمار حفظ لوحة تغطية الثقوب (shear pins)، وبذلك يتحرر المسند السفلي lower sleeve ويهبط مع فاصل الفتح، مؤدياً إلى فتح ثقوب الوصلة الإسمنتية، عند ذلك يبدأ السائل الإسمنتي بالعبور من خلال هذه الثقوب إلى الفراغ الحلقي.

بعد الانتهاء من ضخ السائل الإسمنتي للمرحلة الثانية يدفع بفاصل الإغلاق(closing plug), ويتبع بضخ سائل الإزاحة، وتستمر عملية الضخ هذه حتى وصول فاصل الإغلاق إلى الوصلة الإسمنتية (يطبق عليه ضغط قدره 1500 psi إضافة إلى الضغط اللازم لتدوير سائل الحفر)، حيث يدفع أمامه المسند العلويupper sleeve للوصلة الإسمنتية ويغلق ثقوبها، ويمنع الاتصال بين داخل مواسير التغليف والفراغ الحلقي، وبذلك تنتهي عملية السمنتة، والتي تلاحظ بالارتفاع الحاد للضغط عند متابعة الضخ. يبين الشكل () مخطط عملية السمنتة على مرحلتين.



الشكل (4): عملية السمنتة على مرحلتين.

في حال تنفيذ عملية السمنتة على ثلاث مراحل تستعمل وصلتان إسمنتيتان (Tow stage cementing) حيث يتم تنفيذ المرحلة الأولى من خلال حذاء مواسير التغليف(casing shoe)، أما المرحلة الثانية فتتم من خلال الوصلة الإسمنتية الأولى، بينما المرحلة الثالثة فتنجز من خلال الوصلة الإسمنتية الثانية.

❖ **حسابات عمليات السمنتة بمرحلة واحدة [1]:**

1 – حساب حجم السائل الإسمنتي (Vfc)

$$V_{fc} = \left[(k_1 {D_B}^2 - {d_e}^2).H_C + {d_i}^2.h\right] \qquad (9\text{-}3)$$

D_B : قطر البئر المفترض أنه يساوي قطر رأس الحفر

D_i , D_e : القطر الخارجي ثم الداخلي لمواسير التغليف

h : ارتفاع حلقة الصد عن حذاء مواسير التغليف

K_1 : عامل الاحتياطي , وهو يؤخذ بالاعتبار تزايد قطر البئر بسبب الانزلاقات والتهدمات عن جدرانه , وفي حال عدم أجراء قياس لقطر البئر قبل التغليف يمكن أخذ القيم الآتية لهذا المعامل (k_1=1.1 – 1.2)

2 – حساب كمية مسحوق الاسمنت :

$$G_C = K_2.g_C.V_{fc} \qquad (10\text{-}3)$$

K_2 : عامل احتياط لتغطية الهدر في مسحوق الاسمنت على البئر أو أثناء تعبئة جهاز النقل والخلط من محطة تخزين الإسمنت ويمكن أن نأخذ لهذا المعامل القيم المحصورة بين K_2 = (1.05 --- 1.1)

g_c : كمية الاسمنت الأزمة لتحضير $1m^3$ للسائل الإسمنتي

$$g_C = \frac{\gamma_C.\gamma_W}{m.\gamma_C + \gamma_W} \qquad (11\text{-}3)$$

γ_c : الوزن النوعي للمسحوق الإسمنتي

γ_w : الوزن النوعي للماء

γ_{fc} : الوزن النوعي للسائل الإسمنتي

m : نسبة الماء إلى مسحوق الاسمنت

$$m=\frac{\gamma_W(\gamma_C-\gamma_{fc})}{\gamma_C(\gamma_{fc}-\gamma_W)} \qquad (12\text{-}3)$$

3 – حساب حجم الماء :

$$V_w = \frac{K_3.\ m\ .g_C.V_{fc}}{\gamma_W} \qquad (13\text{-}3)$$

K_3 : عامل يأخذ بالاعتبار الهدر في الماء أثناء تحضير الخلطة الإسمنتية (k_3=1.5…1.1)

4 – حساب حجم سائل إزاحة :

إن حجم سائل الإزاحة الذي يضخ بعد إنزال الفاصل الإسمنتي الثاني خلف السائل الاسمنتي يساوي عند استخدام طريقة السمنتة بفاصلين و لمرحلة واحدة – يساوي إلى الحجم الداخلي لمواسير التغليف من حلقة الصد حتى السطح ،وهو يعين باستخدام العلاقة التالية:

$$V_{fd} = \frac{\pi}{4} . d_i^{\,2} \ (H - h) \qquad (14\text{-}3)$$

عند استخدام مواسير تغليف بسماكات جدار مختلفة يؤخذ قطر داخلي وسطي أو تحسب سعة المتر الطولي لكل قسم منها(القسم الذي يتألف من مجموعة مواسير متساوية في سماكة الجدار ثم الحجم الداخلي له (سعة المتر الطولي × طول القسم) . تجمع حجوم الأقسام إلى بعضها فنحصل على الحجم الكلي لسائل الإزاحة.

$$V_m = \sum_{i=1}^{n} V_i \times \ell_i \qquad (15\text{–}3)$$

حيث أن:

V_i : الحجم الداخلي لمتر واحد (m^3/m) من القسم (i) .

n : عدد أقسام مجموعة مواسير التغليف .

ℓ_i : طول القسم I

حساب ضغط الضخ الأعظمي :

تعتمد قيمة الضغط الذي تتعرض له اجهزة الضخ على وضع السوائل في البئر(المكان الذي يتواجد عنده كل من سائل الحفر و السائل الإسمنتي وسائل الإزاحة) وكذلك على نوع جريانها (كتلي– خطي – مضطرب) ويحسب بالعلاقة التالية :

$$P_{pmax} = P_{\gamma max} + P_C + P_{fr} \qquad (16\text{-}3)$$

$P_{\gamma (max)}$: الضغط الناتج عن الفرق في الأوزان النوعية بين السوائل الموجودة داخل وخارج مواسير التغليف ويحسب بالعلاقة الآتية :

$$P_{\gamma max} = 0.1[(H_C - h)(\gamma_{fC} - \gamma_f)] \qquad (17\text{-}3)$$

P_c : ضغط الجريان وينتج عن الاحتكاك الداخلي للسوائل مع بعضها ومع جدران البئر والسطوح الخارجية والداخلية لمواسير التغليف ويمكن اعتماد العلاقة الآتية :

$$P_c = 0.02\ H + (\ 8 \text{ or } 16\ )\ at \qquad (18\text{-}3)$$

حيث أن :H : عمق البئر

إذا كان :

$$H \leq 2000\ m \rightarrow P_c = 0.02\ H + 8\ at \qquad (19\text{-}3)$$

$$H > 2000\ m \rightarrow P_c = 0.02\ H + 16\ at \qquad (20\text{-}3)$$

P_{fr} : الضغط الإضافي اللازم لمقاومة احتكاك السوائل في حذاء مواسير التغليف والتجويف المركزي للفاصل الإسمنتي الأول وفي رأس السمنتة و أنابيب وصله مع وحدات الضخ وأخيراً لدفع الفواصل الإسمنتية للحركة داخل مواسير التغليف . وتقدر قيمة هذا الضغط تبعاً لنوعية العناصر المذكورة سابقاُ وهي بحدود (5at) .

6 – حساب عدد أجهزة الضخ :

يحسب عدد الأجهزة من العلاقة التالية :

$$n = \frac{t_C}{t_{ad}} + 1 \qquad (21\text{-}3)$$

t_c : الزمن الذي تستغرقه عملية السمنتة بفاصلين عند استخدام جهاز ضخ وحيد ويعين من العلاقة التالية :

$$t_C = t_{fC} + t_{fd} + t_d \qquad (22\text{-}3)$$

t_{fc} : الزمن اللازم لضخ السائل الإسمنتي .

t_{fd} : الزمن اللازم لضخ سائل الإزاحة .

t_d : الزمن اللازم لإنزال الفاصل الإسمنتي الثاني ويعتمد على نوع رأس السمنتة المستخدم . وتتراوح قيمة هذا الزمن بين (t_d = 15 – 10 min)

t_{ad} : الزمن الذي يمكن خلاله متابعة دفع السائل الإسمنتي للحركة في الفراغ تؤخذ قيمة هذا الزمن مساوية لثلاث أرباع زمن التصلب ($t_{ad} = 0.75\ t_p$)

يوجد عدة طرق لحساب t_{fd} و t_{fc} و منها الطريقة البيانية التي تعتمد على رسم منحنى تغير الضغط الذي تتعرض له أجهزة الضغط كتابع لحجم السائل المضخوخ وذلك عند استخدام جهاز ضخ بعدة سرع :

$$t_{fc} + t_{fd} = \sum_{i=1} V_i / Q_i \qquad (22\text{-}3)$$

V_i : الحجم الذي يضخ عند تشغيل الجهاز بالسرعة i

Q_i : غزارة جهاز الضخ عند تشغيله بالسرعة i

n : عدد السرع المستخدمة أثناء عملية السمنتة .

3-4-3- حسابات عمليات السمنتة بمرحلتين : أن العنصر الأساسي الذي يميز عملية السمنتة بمرحلتين (مقارنة مع حسابات عملية السمنتة بمرحلة واحدة) هو تعيين الارتفاع الذي تثبت عنده الوصلة الاسمنتية .أما بقية عناصر عملية السمنتة فتحسب بشكل مشابه تماما للسمنتة وحيدة المرحلة .

اذا كانت عملية السمنتة مقررة لرفع السائل الاسمنتي حتى السطح تعين قيمة ($\alpha = A_a/Ai$)

فاذا كانت : $\alpha \geq 1 \quad \Rightarrow \quad h_m = (H+H_c)/3 \qquad (23\text{-}3)$

$\alpha \leq 1 \quad \Rightarrow \quad h_m=[(1+\alpha)/(2+\alpha)]\times H_C \qquad (24\text{-}3)$

حيث أن :

Aa:مقطع الفراغ الحلقي خلف مواسير التغليف .

Ai:المقطع الداخلي لمواسير التغليف فوق الوصلة الاسمنتية .

h_m :ارتفاع الوصلة الاسمنتية .

H_C:ارتفاع السائل الاسمنتي خلف مواسير التغليف.

الفصل الرابع

الحسابات التصميمية للبئر المقترحة

بعد الاطلاع على الدراسة الجيولوجية لحقل الشاعر ودراسة العمود الليتولوجي لهذا التركيب والدراسة التحليلية التي قمنا بها من هذا المشروع وبعد الاطلاع على برامج تدعيم عدد من الآبار في هذا الحقل ,سنقوم في هذا الفصل بتصميم برنامج تدعيم (تغليف وسمنتة) لبئر نموذجية في حقل الشاعر.

4-1- مراحل التغليف، أعماقها ومبررات إنزالها:

نقترح إنزال أربع مراحل تغليف، وهي على الشكل التالي :

1- المرحلة السطحية : تنزل إلى عمق 150 m وذلك قبل الوصول إلى طبقات أراك مارل والرماح ذات الضغط المرتفع والحاوية على مركبات هيدروكربونية, حيث لم تركب أجهزة منع الاندفاع بعد على فوهة البئر.

2-المرحلة الوسطية الأولى :وتنزل إلى العمق 856 m وذلك لتغليف الطبقات التالية الحاملة للمركبات الهيدروكربونية: أراك مارل، رماح ،جوديا ،حيان، الرطبة، كما تغطي هذه المرحلة مناطق التهريب الكلي والجزئي في هذا المجال

3-المرحلة الوسطية الثانية : وتنزل إلى العمق 2010 m وذلك لتغليف طبقة الكوراشينا أنهدريت التي تشكل الطبقة المغطية للطبقة المنتجة , وتحتوي على الملح الزاحف والغضار اللدن, والتي تسبب في حدوث مشاكل الاستعصاء والتعليق لمجموعة مواسير الحفر والتغليف .

4-المرحلة الإنتاجية : وتنزل إلى العمق 2748 m وذلك لتغليف طبقة الكوراشينا دولوميت المنتجة للغاز. وتنزل على شكل مواسير تغليف ضائعة بطول 838m من القاع إلى داخل المواسير السابقة (الوسطية الثانية) على ارتفاع 100 m من نهايتها السفلى.

4-2- تصميم برنامج التغليف للبئر المقرحة

1- حساب قطر مواسير التغليف وقطر راس الحفر للمرحلة الإنتاجية :

قطر مواسير التغليف للمرحلة الإنتاجية : $D_{ecsg} = 7\ '' = 177.8\ m$

$D_{ecsg}' = 194.5\ mm$

وباستخدام العلاقة (3-1): نحسب فطر رأس الحفر:

$D_{Bp} = D_{ecsg}' \times f = 194.5 \times 1.14 = 221.73\ mm$

و بالتالي سيكون قطر رأس الحفر القياسي : $D_{Bps} = 8\ ½'' = 215.9\ mm$

2- حساب قطر مواسير التغليف وقطر راس الحفر للمرحلة الوسطية الثانية :

من العلاقة (3-2): نحسب القطر الداخلي الأصغري :

$D_{min} = D_{Bps} + 2\,a = 215.9 + 2.3 = 221.9$ mm

$D_i = 244.5 - 2 \times 11.05 = 222.4$ mm

وبالتالي فإن القطر الخارجي لمواسير التغليف للمرحلة الوسطية الثانية :

$D_{i\,scsg} = 9\ ⅝'' = 244.5$ mm

$D_{i\,scsg}{}' = 269.9$mm

- حساب قطر رأس الحفر للمرحلة الوسطية الثانية :

من العلاقة (3-1): نحسب قطر رأس الحفر للمرحلة الوسطية الثانية :

$D_{Bi} = D_{i\,scsg}{}' \times f = 269.9 * 1.2 = 323.88$ mm

و بالتالي من جداول رؤوس الحفر يكون قطر رأس الحفر القياسي :

$D_{Bs} = 12\ ¼'' = 311.2$ mm

1- حساب قطر مواسير التغليف وقطر رأس الحفر للمرحلة الوسطية الأولى :

من العلاقة (3-2): نحسب القطر الداخلي الأصغري :

$D_{min} = D_{Bps} + 2\,a = 311.2 + 2.2 = 315.2$ mm

$D_i = 339.7 - 2 \times 12.19 = 315.32$ mm

وبالتالي فإن القطر الخارجي لمواسير التغليف للمرحلة الوسطية الأولى :

$D_{i\,scsg} = 13\ 3/8'' = 339.7$ mm

$D_{i\,scsg}{}' = 365$mm

- حساب قطر رأس الحفر للمرحلة الوسطية الأولى :

من العلاقة (3-1): نحسب قطر رأس الحفر للمرحلة الوسطية الأولى

$D_{Bi} = D_{i\,scsg}{}' \times f = 365 * 1.25 = 456.24$ mm

و بالتالي من جداول رؤوس الحفر يكون قطر رأس الحفر القياسي :

$D_{Bs}\ 17\ 1/2 = 444.5$ mm

2-حساب قطر مواسير التغليف وقطر راس الحفر للمرحلة السطحية :

من العلاقة (3-2): نحسب القطر الداخلي الأصغري :

$$D_{i\ min} = D_{Bs} + 2\ a = 444.5 + 2 \times 2 = 448.5\ mm$$

$$D_{i} = 508 - 2 \times 16.13 = 475.74\ mm$$

وبالتالي فإن القطر الخارجي لمواسير التغليف للمرحلة السطحية:

$$D_{i\ scsg} = 20" = 508\ mm$$

القطر الخارجي عند الرأس $D_{i\ scsg}{}' = 533.4mm$

- حساب قطر رأس الحفر للمرحلة السطحية :

من العلاقة (3-1): نحسب قطر رأس الحفر للمرحلة السطحية

$$D_{BS} = 533.4 \times 1.3 = 693.42\ mm$$

و يكون قطر رأس الحفر القياسي :

$$D_{BSt} = 26'' = 660.4\ mm$$

وفي الجدول (4-1) بين حسابات برنامج التغليف للبئر المقترحة

الجدول (4-1): برنامج التغليف للبئر المقترحة

المرحلة	أقطار رؤوس الحفر		القطر الخارجي لمواسير التغليف		القطر الخارجي عند الرأس	القطرالداخلي الأصغري
	Mm	in	mm	in	mm	mm
سطحية	660.4	26	508	20	533.4	475.74
وسطية-1	444.5	17½	13 ⅜	339.7	365	315.32
وسطية-2	311.2	12 ¼	244.5	9 ⅝	269.9	222.4
إنتاجية	219.5	8 ½	177.8	7	194.5	-

4-2ً- الحسابات التصميمية لمواسير التغليف :

1- الحسابات التصميمية لمواسير التغليف الانتاجية (لاينر) بقطر "7و بعمق 2748m .

نختار مواسير التغليف من النوع (10.36, L-80) وبطول يساوي 838 m

2- الحسابات التصميمية لمواسير التغليف الوسطية الثانية بقطر"9 5/8 وبعمق 2010 m من العلاقة (3-5):نحسب أعماق إنزال مواسير التغليف .

Had (K – 55 , 8,94) = 1159 m

Had (K – 55 , 10,03)= 1466 m

Had (K – 55, 11,05) = 1855 m

Had (L – 80, 11,05) = 2118m

من العلاقة (3-8): نحسب طول كل نوع من أنواع مواسير التغليف

L_1 (L – 80, 11,05) = 155 m

L_2 (K– 55 , 11,05) = 389 m

L_3 (K – 55 , 10,03)= 307 m

L_4 (K – 55 , 8,04) = 1159 m

التحقق من تحمل جهد الشد:

- نحسب وزن كل قسم من أقسام مواسير التغليف:

G = [1159×36+307×40+389×43.5+155×43.5]×1.488= 115569.9Kgf

F(K-55,9.65)/ Sf ≥G

G <251000/1.75 =143428.5

وفي الجدول (4-2): نلخص نتائج تصميم مواسير التغليف ذ ات القطر"9 5/8)

طول كل قسم m	نوع الخليطة المعدنية وسماكة الجدار mm
1159	K-55,8.94
307	K-55,10.03
389	K-55,11.05
155	L-80,11.05

3- الحسابات التصميمية لمواسير التغليف الوسطية الأولى بقطر "$13\frac{3}{8}$ وبعمق 856 m من العلاقة (3-5):نحسب أعماق إنزال مواسير التغليف .

Had (K – 55 , 9,65) = 10×78 /(1.05×1.12)=663 m

Had (K – 55 , 10,92) =10×106 /(1.05×1.12)= 901m

من العلاقة (3–8): نحسب طول كل نوع من أنواع مواسير التغليف

L_1 (K – 55 , 10,92) = 856 – 663 = 193 m

L_2 (K – 55 , 9,65) = 663m

التحقق من تحمل جهد الشد:

- نحسب وزن كل قسم من أقسام مواسير التغليف .

G = [663×54.5+ 193 X61] X 1.488 = 71285 Kgf

F(K–55,9.65)/ Sf ≥G

G < 243×1000/ 1.75=138857 Kgf

فهو إذاً يتحمل جهد الشد .

وفي الجدول (4–3): نلخص نتائج تصميم مواسير التغليف ذ ات القطر"3/8 13)

طول كل قسم m	نوع الخليطة المعدنية وسماكة الجدار mm
663	K-55.9.65
193	K-55,10.92

4– الحسابات التصميمية لمواسير التغليف السطحية بقطر "20 وبعمق 150 m

من العلاقة (3–5):نحسب أعماق إنزال مواسير التغليف .

Had (k – 55 , 11,13) =10×36/ (1.05×1.08)=317m

من العلاقة (3–8): نحسب الطول اللازم من مواسير التغليف

L (k – 55 , 11 , 13) = 150 m

نحسب وزن المواسير : G = 150 x 94 x 1,488 = 20980.8 Kgf

التحقق من تحمل جهد الشد:

F(K–55,11.13)/ Sf ≥G

G < 366×1000/ 1.75=202142.857 Kgf

وبالتالي يكون طول ونوع المعدن المصنوعة منه مواسير التغليف للمرحلة السطحية هو :

L(K–55,11.13)=150m

3-4-حسابات عملية السمنتة للبئر المفتوحة :

1- حسابات عملية السمنتة للمرحلة السطحية بقطر 20" :

H = Hc = 150 m

γ_{fc}= 1,85 gf/ cm^3

γ_c = 3,15 gf/ cm^3

γ_f = 1,08 gf/ cm^3

h = 20 m

m = w / c = 0,485

k_1 = 1,2 k_2 = 1,05

d_e = 508

D_B = 660,4

d_i = de – 2t = 508 – 2 x 11,13 = 485,74 mm

– حساب حجم الخلطة لإسمنتية:

من العلاقة (3-9) : يكون حجم السائل الإسمنتي:

$V_{fc} = 0.785 \times [(1.2 \times 0{,}6604^2 - 0.508^2) \times 150 + 0.48574^2 \times 30]$

$V_{fc} = 36. m^3$

– حساب كمية الإسمنت اللازمة لتحضير الخلطة الإسمنتية :

باستخدام العلاقة(3-11):

g_c = 1,85 / 1,485 = 1,245 tonf / m^3

من العلاقة(3-10) نحسب كمية الاسمنت :

G_c = 1,05 x 1,245 x 36.8 = 48.11 tonf

وبالتالي فإن عدد أكياس الإسمنت:

n_c = (48.11x 10^3) / 50 = 963 sack

– حساب حجم الماء اللازم لتحضير الخلطة الإسمنتية :

من العلاقة(3-13) :نحسب حجم الماء .

$V_w = 1.05 \times 36.8 \times (1.3/2.15) = 23.64\ m^3$

– حساب حجم سائل الإزاحة :

من العلاقة(3−14) :.يكون حجم سائل الازاحة

$V_{fd} = 0.785\times(0.48574)^2\times(150-30)=22.24\ m3$

– حساب ضغط الضخ الأعظمي :

من العلاقة (3−17): نحب الضغط الناتج عن الفرق في الأوزان للسوائل داخل وخارج مواسير التغليف.

$P_{\gamma max} =0.1\times [(150-30)\times(1.85-1.08)]= 9.24\ at$

من العلاقة (3−18): –نحسب الضغط الناتج عن جريان للسوائل داخل وخارج مواسير التغليف

$$P_c = 0.02 \times 150 + 8 = 11\ at$$

$P_{pmax} =9.24+ 11 + 5 =25.24\ at$

وبالتالي يكون جهاز الضخ من نوع Ac – 300 , ϕ = 4“

– حساب عدد أجهزة الضخ:

نحسب زمن ضخ السائل الاسمنتي وزمن ضخ سائل الازاحة :

$$t_{fc} + t_{fd} = \frac{(215{,}37+33{,}35).10^3}{635} = 123{,}96\ min$$

باستخدام العلاقة(3−18): يكون زمن عملية السمنتة:

$t_c = 123{,}96 + 10 = 133{,}96\ min$

$$t_{ad} = \frac{3}{4}.60 = 45\ min$$

نحسب عدد أجهزة الضخ باستخدام العلاقة(3−21)

$$n_a = \frac{123{,}96}{45} + 1 = 4 \text{ جهاز}$$

2 – حساب عملية السمنته المرحلة الوسطية الأولى بقطر $13\frac{3''}{8}$

$\gamma_{fc} = 1{,}85\ gf / cm^3$

$\gamma_c = 3{,}15\ gf / cm^3$

$m = 0{,}485$

$K_1 = 1{,}15 \qquad K_2 = 1{,}05$

$d_e = 339{,}7\ mm$

$D_B = 444{,}5\ mm$

$H = Hc = 856m$

نحسب السماكة الوسطية لمواسير التغليف

t_m =(663×9.65+193×10.92)/856 =9.937 mm

d_{im} = 339,7 – 2 x 9.937 = 319,82 mm

– حساب حجم السائل الإسمنتي :

V_{fc} = π / 4 [(1,12 0.4445^2−0.3397^2)×706+(0.451^2 −0.33971^2) ×150 +(0.31982^2 ×30)]=71.5 m^3

– حساب كمية الإسمنت اللازمة لتحضير الخلطة الإسمنتية :

G_c = 1,05 x 1,245 x 71.5= 93.47 tonf

وبالتالي فإن عدد أكياس الإسمنت

n_c = (93.47x 10^3) / 50 = 1870 sack

– حساب حجم الماء اللازم لتحضير الخلطة الإسمنتية :

V_w=1.05×71.5×1.3/2.15=45.40 m^3

– حساب حجم سائل الإزاحة :

V_{fd} = 0.785×0.31982^2×(856−30)=66.36 m^3

–حساب ضغط الضخ الأعظمي :

P_{pmax} 25.12 +60.3+8 =93.42 at

نختار جهاز الضخ ZAN – 500 , ϕ = 4”

– حساب عدد أجهزة الضخ

t_{fc} + t_{fd} =[(71.5+66.63)×10^3]/897=154 min

t_c = 154 + 10 = 164 min

$t_{ad} = 68\ min$

n_{p1} =(164/68)+1= 3 أجهزة

3 – حساب عملية السمنته للمرحلة الوسطية الثانية بقطر $9\frac{5''}{8}$

D_B = 311,2 mm

d_e = 244,5 mm

H_C = H = 2010 m

نحسب السماكة الوسطية لمواسير التغليف : t_m = 9.68 mm

بالتالي فان القطر الداخلي الوسطي:

d_{im} = 244,5 – 2 x 9.68= 225.14 mm

من العلاقة: (3−23) نحسب قيمة α :

$$\alpha=(1.12\times0.3112^2-0.2445^2)/0.22514^2=0.961$$

وبالتالي فإن ارتفاع الوصلة الإسمنتية يكون :

$$H_m=(1+0.961)/\ (2+0.961)\ \times2010=1331m$$

3−1−حساب مؤشرات السمنتة للمرحلة الوسطية الثانية (السفلى) بقطر $9\frac{5''}{8}$

− حساب حجم السائل الإسمنتي :

$$V_{fc1} = \pi / 4\ [(\ 1{,}12\ x0.3112^2-0.2445^2)\times1154 +(0.31982^2\ -0.2445^2\ \times (\ 1331-1154)+(\ 0.22514^2\ \times30)\ ]=51.23m^3$$

− حساب كمية الإسمنت اللازمة لتحضير الخلطة الإسمنتية :

$$G_{c1} = 1{,}05\ x\ 1{,}245\ x\ 51.23 = 66.97\ tonf$$

وبالتالي فإن عدد أكياس الإسمنت

$$n_{c1} = (\ 66.97x\ 10^3)\ /\ 50 = 1340\ sack$$

− حساب حجم الماء اللازم لتحضير الخلطة الإسمنتية :

$$V_{w1=}\ 32.525\ m^3$$

− حساب حجم سائل الإزاحة :

$$V_{fd1} = 0.785\times0.22514^2\times(1331-30)=51.79\ m^3$$

−حساب ضغط الضخ الأعظمي:

$$P_{pmax} = 111.66\ at$$

نختار جهاز الضخ $\phi = 3\frac{1}{2}''$, Ac – 500

− حساب عدد أجهزة الضخ

$$t_{fc} + t_{fd} =[\ (51.23+51.793)\times10^3]/717=143.69\ min$$

$$t_c =\ 143.69 + 15 = 158.69\ min$$

$$t_{ad} = 0.75\ t_p=0.75\times90=68\ min$$

$$n_{p1} =(158.69/68)+1= 3\ Units$$

3−2−حسابات مؤشرات السمنتة المرحلة الوسطية الثانية (العليا) بقطر $9\frac{5''}{8}$

− حساب حجم السائل الإسمنتي :

$V_{fc2} = \pi /4 [(0.31982^2 - 0.2445^2) \times (2010 - 1331)] = 22.67 m^3$

– حساب كمية الإسمنت اللازمة لتحضير الخلطة الإسمنتية :

$G_{c2} = 1{,}05 \times 1{,}245 \times 22.667 = 29.63$ tonf

وبالتالي فإن عدد أكياس الإسمنت

$nc_2 = (29.631 \times 10^3) / 50 = 593$sack

– حساب حجم الماء اللازمة لتحضير الخلطة الإسمنتية :

$V_{w2} = 14.391\ m^3$

– حساب حجم سائل الإزاحة :

$V_{fd2} = 0.785 \times 0.22514^2 \times (2010 - 1331) = 27.03\ m^3$

–حساب ضغط الضخ الأعظمي وتحديد نوع جهاز الضخ :

$P_{c2} = 0.02(H - h_m) = (0.02 \times 679) + 8 = 21.58$ at

$P_{\gamma max} = 0.1 \times [(2010 - 1331) \times (1.85 - 1.15)] = 47.53$ at

$P_{p2max} = P_{c2} + P_{\gamma max} + Pfr = 47.53 + 21.58 + 8 = 77.11$ at

نختار جهاز الضخ AC– 500 ,ϕ = 3 1/2 “

– حساب عدد أجهزة الضخ

$t_{fc} + t_{fd} = [(22.667 + 27.01) \times 1000] / 717 = 69.314$

$t_c = 69.314 + 15 = 84.314$ min

$np_2 = (84.314/68) + 1 = 3$ Units

4–حساب عملية السمنتة للمرحلة الإنتاجية بقطر 7"

– حساب حجم الخلطة الإسمنتية :

$V_{fc} = \pi / 4 [(1{,}12 \times 0.2159^2 - 0.1778^2) \times (2748 - 2010) + (0.2224^2 - 0.1778^2) \times 100 + (0.1571^2 \times 20] =$

$v_{fc} = 13.73\ m^3$

– حساب كمية الإسمنت اللازمة لتحضير الخلطة الإسمنتية :

$G_c = 1{,}05 \times 1{,}245 \times 13.726 = 17.943$ tonf

وبالتالي فإن أكياس الإسمنت

$n_c = (17.943 \times 10^3) / 50 = 359$ sack

– حساب حجم الماء اللازمة لتحضير الخلطة الإسمنتية :

$V_{w=} 8.71\ m^3$

- حساب حجم سائل الإزاحة :

$V_{fd} = 0.785 \times [d_i^{\,2} [L-h) + d_{ip}^{\,2} (H-L)] =$

$V_{fd} = 0.785[0.1571^2(838-20) + 0.1086^2 \times 1910]$

$V_{fd} = 33.55\ m^3$

- حساب ضغط الضخ الأعظمي :

$P_{pmax} = 0.1[(838-20)\times(1.85-1.231.08)]+(0.02 \times 2748)+16+8 =$

$P_{pmax}\ 129.68\ at$

نختار جهاز الضخ " 3 1/2 = ϕ , AC – 500

- حساب عدد أجهزة الضخ

$t_{fc} + t_{fd} = [(13.726+33.548)\times 1000]/717 = 65.93\ min$

$t_c = 65.93 + 10 = 75.93 min$

$n_{p1} = (75.93/68)+1 =$ 3 أجهزة

النتائج والمقترحات

1- من خلال دراسة الصعوبات والمشاكل التي حدثت خلال عمليات الحفر ، أو أثناء عمليات تدعيم الآبار في حقل الشاعر[3],نلاحظ أن المشكلة الأكثر مصادفة هي تهريب سائل الحفر، ومن الطبيعي أن يحدث تهريب السائل الإسمنتي ذي الوزن النوعي الأكبر بكثير من الوزن النوعي لسائل الحفر الذي استخدم في اختراق الطبقات المؤدية إلى التهريب. وللتقليل من احتمال حدوث تهريب للسائل الإسمنتي يجب :

- معالجة وإغلاق الطبقات التي أدت إلى تهريب سائل الحفر أثناء الحفر، ومن المفضل في هذه الحالة ضخ كمية من الإسمنت سريع التصلب في الطبقة بعد معالجتها بالمواد السادة.
- استخدام خلطات اسمنتية مخففة، إذا سمحت شروط البئر بذلك .

2-المشكلة الأخرى الأكثر مصادفة هي الاستعصاء والتعليق لمجموعة مواسير الحفر، والتي تلعب دوراً كبيراً في عرقلة وفشل عمليات التدعيم. لذلك نقترح اختراق تشكيلة الكوراشينا أنهدريت المغطية للطبقة المنتجة، والمكونة من الملح والغضار، بسائل حفر ذي أساس نفطي مضاف إليه الماء المشبع بالملح, الأمر الذي يمكّن من السيطرة على زحف الغضار من جهة ، والتقليل من ظاهرة الضغط الحلولي من جهة أخرى, والتي ينتج عنها زحف وانتفاخ الغضار.

3-نقترح تصميم برنامج تدعيم بئر في حقل الشاعر تنزل فيه أربع مراحل تغليف عل النحو التالي

الجدول (5-1) : برنامج التغليف المقترح للبئر الجديدة

المرحلة	أقطار رؤوس الحفر		القطر الخارجي لمواسير التغليف		القطر الخارجي عند الرأس	القطر الداخلي الأصغري
	mm	in	mm	In	mm	mm
السطحية	660.4	26	508	20	533.4	475.74
الوسطية الأولى	444.5	17 ½	339.7	13 ⅜	365	315.32
الوسطية الثانية	311.2	12 ¼	244.5	9 ⅝	269.9	222.4
الإنتاجية	219.5	8 ½	177.8	7	194.5	-

4-من خلال الاطلاع على مواصفات ونوعية المواسير التغليف المستخدمة في تغليف الآبار في حقل شاعر، نلاحظ استخدام مواسير تغليف بنوعيات عالية الجودة(vm-80 P-110) وجميعها ذات كلفة عالية ,واستخدامها غير مبرر، لأن العامل الأساسي في

قيام مواسير التغليف بوظائفها هو وجود حجر اسمنتي خلفها يتمتع بخواص ميكانيكية جيدة لذلك نقترح استخدام مواسير تغليف من نوعية أقل جودة وبالتالي أقل كلفة

5-أما بالنسبة **لعملية السمنتة للبئر المقترحة:** تم إجراء عملية السمنتة الوسطية الثانية على مرحلتين وذلك لتلافي ضغوط الضخ الكبيرة والتي تؤدي حدوث تهريب للسائل الإسمنتي في الطبقات الضعيفة أو الطبقات ذات الضغوط الطبقية المنخفضة أما بقية المراحل فيمكن سمنتتها على مرحلة واحدة. وفي الجدول (5-2) نبين نتائج حساب عمليات السمنتة للبئر الجديدة المقترحة.

الجدول (5-2): نتائج حسابات عملية السمنتة للبئر المقترحة

المرحلة	السطحية	الوسطية الأولى	الوسطية الثانية		الإنتاجية
عمق المرحلة,m	150	856	2010		2748
			السفلى	العليا	
حجم السائل الإسمنتي, m^3	36	71.5	51.23	22.67	13.73
كمية الإسمنت, tonf	48.11	93.47	66.97	29.63	17.94
عدد أكياس لإسمنت, Sk	963	1870	1340	593	359
حجم الماء , m^3	23.64	54.40	32.53	14.39	8.71
حجم سائل الإزاحة m^3	22.24	66.36	51.79	27.03	33.55
ضغط الضخ الأعظمي at ,	25.24	93.42	111.66	77.11	129.68
نوع جهاز الضخ	AC-300 ,ϕ=4"	ZAN-500 ϕ=4"	AC-500, ϕ=3 ½"	AC-500 ϕ=3 ½"	AC-500 " ϕ=3 ½"
عدد أجهزة الضخ	4	3	3	3	4

المراجع

- **باللغة العربية :**

1-نصور. طاهر , هندسة الحفر-2 منشورات جامعة البعث.

2- فرج ,يوسف , 2012, **تحسين جودة سمنتة وعازلية الآبار باستخدام خلطات اسمنتية مخففة ومتوسعة خلف مواسير التغليف** , أطروحة دكتوراه ,منشورات جامعة البعث

3-تقارير حفر وتدعيم الآبار في شركة إيبلا

- **باللغة الإنكليزية :**

4-H.R.,**well engineering and construction** ,2010