دراسة تأثيرالإضافات المشتركةلسيليكات الصوديوم وأكسيد المغنيزيوم على عازليةالحجر الإسمنتي في الفراغ الحلقي

م . يوسف فرج*

الملخص

تعتبر عملية السمنتة من العمليات الأساسية في تدعيم آبار النفط والغاز، حيث تلعب نوعية الإسمنتخلف مواسيرالتغليف دورا" هاما" في التأثيرعلى جودة سمنتة الآبار وعزل الطبقات وذلك طيلة فترة استثمار البئر .

يهدفهذا البحث إلى دراسة تأيثرسيليكات الصوديوم وأكسيد المغنيزيوم(كإضافات إلى مسحوق الإسمنت المستخدم لسمنتة آبار النفط والغاز) على جودة سمنتة الآبار، وذلك من خلال التحكم في الخصائص الميكانيكية للحجر الإسمنتيالمتصلب في الفراغ الحلقي للبئر، وزيادة إحكام عازلية الفراغ الحلقي من خلال زيادة متانة التصاق الحجر الإسمنتي بكل من مواسير التغليف وجدران البئر،

وقد تبين تجريبياً أنالإضافةالمشتركةلأكسيد المغنيزيوم(بنسبة وزنية 4%)وسيليكات الصوديوم (بنسبة وزنية حتى1.5%) إلى الإسمنت البورتلاندي المخصص للآبارالنفطية والغازية السورية ، تكسب الحجر الإسمنتي خواص ميكانيكية مناسبة، إضافةً إلى مردود اقتصادي كبير ناتج عن التوفير في كمية الإسمنت المستخدم في عملية السمنتة.

م . يوسف فرج : مشرف على الأعمال في قسم الهندسة البترولية في كلية الهندسة الكيميائية و البترولية في جامعة البعث .

Studying the effect of common additives of Sodium Silicates andpericlaseon the set cementisolationin the annulus

Abstract

Cementing is an integral, necessary aspect of construction oil and gas wells.

The selection of optimal cementing materials is one of the most critical to maintain formation isolation and quality well cementing for the lifetime of oil and gas wells.

This research aims atstudying the effect of Sodium Silicates, periclase(as additives to theportland cement allocated for oil and gas wells) on the quality of the cementing operations and the solidified cement slurry in the annulusand insurance good bonding between cement - casing and cement –formation.

It has been found experimentally that the addition of sodium silicates(mass percentage 1.5%) with MgO (mass percentage4%)to the Portland cement allocated for the Syrian oil and gaswells present suitable mechanical properties to the set Cement in the annulus,in addition to a big economic, resulting fromdecreasing in the amount of used cement .

1- مقدمة:

تعتبر عملية السمنتة من العمليات الأساسية في تدعيم آبار النفط والغاز، حيث تلعبنوعية الإسمنتخلف مواسيرالتغليف دورا" هاما" في التأثيرعلى جودة سمنتة الآبار وعزل الطبقات وذلك طيلة فترة استثمار البئر .

ولكنالمشاكل الناتجة عنعدم وصول السائل الإسمنتيإلى الارتفاع المخطط له في الفراغ الحلقي نتيجة تهريب السوائل الإسمنتية (ضمنالطبقات ذات النفوذية العالية ،الطبقات المتكهفة ، الطبقات المتشققة أو الطبقات ذات الضغوط الطبقية المنخفضة)،والترابط السيء بين الحجر الإسمنتي ومواسير التغليف من جهة والحجر الإسمنتي وجدران البئر من جهة أخرى سوف ينعكس سلباُ على جودة عملية السمنتة بشكل عام، ويفقد السائل الإسمنتي المتصلب في الفراغ الحلقي للبئر إحدى أهم وظائفه في تدعيم مواسير التغليف وعزل الطبقات، وما ينتج عن ذلك من حدوث تآكل لمواسير التغليف[7]، وفقدان العازلية (حدوث اتصال هيدروديناميكي بين البئر والتشكيلات الجيولوجية) يتبعه بالضرورة فقدان في الطاقة الطبقية.

2- هدف البحث:

يهدفهذا البحث إلى دراسة تأثيرسيليكات الصوديوموأكسيد المغنيزيوم ، كإضافات إلى مسحوق الإسمنت المستخدم لسمنتة آبار النفط والغازوذلك من أجل التقليل من كثافة الخلطة الإسمنتية(حل مشكلة التهريب) والتحكم في الخصائص الميكانيكية للحجر الإسمنتي المتصلب في الفراغ الحلقي للبئر، وزيادة إحكام عازلية الفراغ الحلقي من خلال زيادة متانة التصاق الحجر الإسمنتي بكل من مواسير التغليف وجدران البئر،مما يساهم في تحسين جودة عمليات سمنتة الآبار.

3- الدراسة المرجعية :

إنمعظم الأبحاث التي تهتم بدراسة الخلائط الإسمنتية المخففة][6,5,2,8تبدأ من تركيب هذه الخلائط والتي تشمل –إضافة مواد ذات الوزن النوعي القليل– إلى الإسمنت البورتلاندي المخصص لسمنتة الطبقات(ذات النفوذية العالية ، الطبقات المتكهفة ،

الطبقات المتشققة والطبقات ذات الضغوط الطبقية المنخفضة)التي لاتستطيع تحمل الضغط الهيدروستاتيكي الناتج عن استخدام خلطات اسمنتية نظامية
(1.85-1.95)gr/cm3والتي تؤثر بشكل كبير على كلفة حفر البئر ، وعلى زمن الإنتاجمن البئر.

كما أكدت هذه الأبحاث أن استخدام خلائط إسمنتية ذات مواصفات غير مناسبة (فاقد رشح كبير ، الثباتية الترسيبية القليلة ، تفلص الحجر الإسمنتي) يمكن أن تؤدي إلى تشكل قنوات صغيرة أو فراغات ميكروية عند سطوح الترابط بين الحجر الإسمنتي ومواسير التغليف ، أو بين الحجر الإسمنتي والطبقة[1]،الأمر الذي يمكن أن يسبب تشوه الترابط جزئياً أو كلياً بين الحجر الإسمنتي ومواسير التغليف ويعطي إمكانية لحركة السوائل داخل الفراغ الحلقي، أي على طول جسم الحجر الإسمنتي ونقاط تماسه (الحجرالإسمنتي –الطبقة ،الحجر الإسمنتي–جدران البئر) .

كما أكدت الأبحاث المتعلقة بمتانةالتصاق الحجر الإسمنتي مع مواسير التغليف أنه يمكن زيادة التصاق الحجر الإسمنتي مع المواسير من خلال منع تقلص الحجر الإسمنتي وذلك من خلال استخدام خلائط إسمنتية متوسعة.وقد حصل الباحث دانيوشيفسكي [12]على نتائج جيدة عند استخدام أكسيد الكالسيوم وأكسيد المغنيزيوم كإضافات موسعة، لإحداث تمدد للإسمنت حيث وجد أن تأثير التوسع يصل إلى أكثر من 1% وفي شروط خاصة حتى25% .

ويعزو الباحث دانيوشيفسكي [12]أن متانة التصاق الحجر الإسمنتي مع المواسير إلى الترابط الفيزيوكيميائي بينهما نتيجة التبادل الأيوني بين الطبقة الحدية المبللة للمواسير وبين سائل الإسمنت ، أي أن الطبقة الحدية الخاملة والمبللة للسطح المعدني للمواسير يمكن استبدالها بطبقة تتبلور مع تطور عملية التصلب ، وتنمو متانتها ومقاومتها الارتشاحية .

وتجمع الدراسات على تحسن الالتصاق بزيادة خشونة سطح المعدن ، وبازدياد نعومة طحن الإسمنت، وارتفاع درجة الحرارة الطبقية [9] . كما تتشوه منطقة التلاصق عند تقلص الحجر الإسمنتي ، وتعرضه للاهتزازات في بداية مرحلة التصلب .

وقد بينت التجارب [12] أن إضافة مسحوق الرمل إلى الخليطة الإسمنتية يرفع قوة تلاصق الحجر المتشكل عنها (بعد 7 day) من $1,4aMp_a$ إلى $2,2Mp_a$. دون أن يبدي الحجر الإسمنتي أي توسّع .

كما أن إضافة نسب قليلة من هيكسا ميتا فوسفات الصوديوم كمرقق و CMC كمقلل فاقد رشح تحسن التصاق الحجر الإسمنتي مع المعدن والصخر .

وكذلك إضافة كلور الصوديوم (حتى 5% وزنا) يعطي نتائج إيجابية على عازلية الحجر الإسمنتي بشكل عام

وتجمع الدراسات المهتمة بموضوع حل مشكلة سوء التصاق الحجر الإسمنتي مع الصخر [9,12] على أن وجود كعكة حفر على مختلف أنواع الصخور يؤدي إلى تخريب عازلية نطاق التماس مع الحجر الإسمنتي ، حيث تصل قوة التصاق الحجر الإسمنتي مع الصخور الكلسية والأنهدريتية إلى $1.8MPa$ ومع الصخور الغضارية إلى $0.8MPa$ ولدى تبلل الصخور المدروسة بطبقة من سائل الحفر تهبط قوة التلاصق إلى الصفر .

إن إضافة الرمل الناعم إلى السائل الإسمنتي يحسن التصاقه مع الصخور الكلسية و الغضارية وبشكل ملحوظ ، مع الصخور الرملية (تصل إلى $5MPa$) ، ولدى تغطية الصخر الرملي بكعكة حفر غضارية تنهار متانة الالتصاق ، ولا يمكن تأمين حد أدنى من الالتصاق دون إضافة كلور الكالسيوم ومسحوق الجير[11] .

وتتركز الأبحاث المتخصصة(في مجال الخلائط الإسمنتية المخففة والمتوسعة) في السنوات الأخيرة حول إيجاد حلول متكاملة لأكثر المشاكل شيوعاُ (تهريب السائل الإسمنتي ،التصاق الحجر الإسمنتي مع الصخر) ، نظراُ للترابط الوثيق بين مؤشرات جودة عملية السمنتة وبين أي من هذه المشاكل التي تؤدي إلى انخفاضها.

4- الدراسة المخبرية (*Laboratorytest*):

4-1- الأجهزة والموادالمستخدمة في البحث :

- جهاز قياس سيولة السائل الإسمنتي(الانتشار) : وهو عبارة عن قمع مخروطي مفتوح عند قاعدتيه مصنوع من معدن غير قابل للصدأ وبسطح داخلي مصقول

بحجم ($120\ cm^3$) وقطر علوي ($36\pm0.5mm$) و قطر سفلي ($64\pm0.5mm$) .

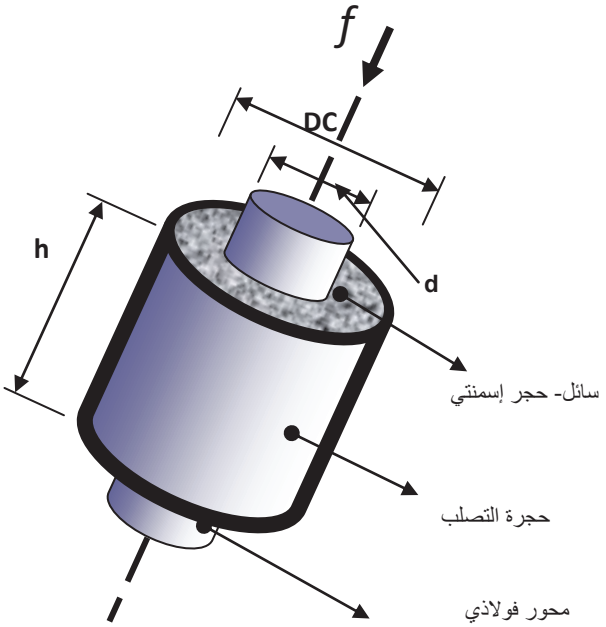
- جهاز قياس كثافة الخلطات الإسمنتية مصنع من شركة (Bariod) : وهو عبارة عن ذراع مدرجة تتوضع عليها حلقة قياس متحركة لتحديد الوزن النوعي للسائل المصبوب ضمن كاس بحجم ثابت في احد طرفي الجهاز ومن الطرف الاخر فراغ اسطواني من اجل معايرة الجهاز.
- سلندرات زجاجية قياس $250mL$ لقياس الثباتية الترسيبية للخلطات الإسمنتية .
- جهاز قياس مقاومة الحجر الإسمنتي للضغط .
- جهاز(روسكا $RUSKA$)لقياس نفاذية العينات الأسطوانية الصخرية .
- خلاطات من نوع (Hamilton)متعددة السرع (3000−60000−15000) لخلط السائل الإسمنتي.
- ميزان الكتروني حساس .
- حمامات مائية الكترونية .
- قوالب مصنعة من الحديد لصب العينات الإسمنتية و التي تصنع وفق ثلاثة نماذج:

➢ **النموذج الأول:** مكعبة الشكل بأبعاد $2''\times2''\times2''$انشلتحديدمقاومة الحجر الإسمنتي للضغط

➢ **النموذج الثاني:**بشكل أسطواني بقطر $Cm\ 2.54$وطول $3Cm$ لتحديدنفوذية العينات الأسطوانية.

➢ ***النموذج الثالث:***تم تصنيع جهاز بطريقة دفع المحور المعتمد مرجعياً[10] والذي يتكون من أسطوانة خارجية بقطر داخلي(D_C=4.8cm) ومحور بقطر (d =3.6cm)متمركز معهامن أجل تقييم متانة التصاق الحجر الإسمنتي مع معدن مواسير التغليف .

لحساب متانة الالتصاق تسجل القوة (KN)f اللازمة لدفع المحور المركزي وإزالة الالتصاق مع الحجر الإسمنتي.



الشكل (1): تقييم متانة التصاق الحجر الإسمنتي مع معدن مواسير التغليف

كما تم استخدام المواد التالية :

- إسمنت الآبار المطابق للصنف G حسب APIوالمقاوم للكبريتات ،ويبين الجدول (1) التركيب الكيميائي للإسمنت المستخدم في سمنتة الآبار.

المركب	CaO	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	SO_3	MgO	الفاقد بالحرق	المواد غير المنحلة
النسبة االمئوية	64.21	5.64	4.28	21.2	1.99	1.51	1.02	0.007

الجدول(1) :التركيب الكيميائي للإسمنت (%وزناً)

- سيليكات الصوديوم التجارية على شكل مسحوق جاف.

- أوكسيد المغنيزيوم التجاريبنعومة($3200\pm200\ cm^2/gr$)الذي تم تنشيطه من خلال رفع درجة حرارته حتى $950C^0$ ولمدة ساعة .يبين الجدول(2)التركيب الكيميائي لعينات أوكسيد المغنيزيوم.

المـركـب	النسبة المئوية
أكسيد السيليسيوم	12.75
أكسيد الحديد	0.4
أكسيد الألمنيوم	0.89
أكسيد المغنيزيوم	82.45
أكسيد الكالسيوم	1.68
الفاقد بالحرق	0.5
مواد غير منحلة	0.6

الجدول(2): التركيب الكيميائي لعينات أوكسيد المغنيزيوم.

4-2- تأثير إضافةالسيليكات وأكسيد المغنزيومعلى خواص الخلطة الإسمنتية:

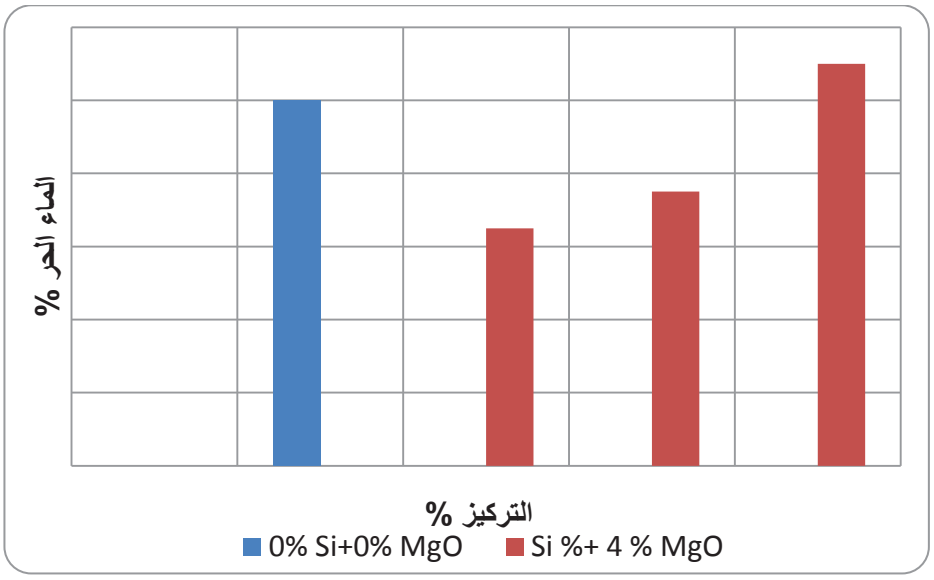
يبين الجدول(3) مواصفات الخلطة الإسمنتية (كثافتها ، انتشارها، الفصل المائي) وذلك عند إضافة سيليكات الصوديوم مع نسبة ثابتة من أكسيد المغنيزيوم (4%)لأنهذه النسبة الثابتة أعطت أفضل الخواص للخلطة الإسمنتية وللحجر الإسمنتي [4,3].

خواص الخلطة الإسمنتية	تركيزالسيليكات %MgO 4%+			
	0	1	1.5	2.5
نسبة الماء/الجزء الصلب%	0.5	0.6	0.63	0.72
الكثافة، gr/cm^3	1.84	1.62	1.6	1.56
الانتشار ،Cm	21	21	22	23
الفصل المائي, %	1	0.65	0.75	1.1

الجدول(3): مواصفات الخلطة الإسمنتية عندإضافة سيليكات الصوديومو أكسيد المغنيزيوم.

ويتضح من تحليل النتائج في الجدول (3)أنهمع زيادة تركيزسيليكات الصوديوم في الخلطة الإسمنتية ونسبة ثابتة من أكسيد المغنيزيوم (4%)تتناقص ثبوتية الخلطة الإسمنتية من خلال زيادة الفصل المائي(الماء الحر) للخلطة ،حيث أن وجود أكسيد المغنيزيوم فيها(الذي يتميز بشراهته للماء الموجود فيها) يلعب دوراً إيجابياً في ثبوتية الخلطة الإسمنتية (التقليل من الماء الحر) بالمقارنة مع الخلطة الإسمنتية المحضرة بإضافة سيليكات الصوديومفردها[7].

ويبين الشكل (2) تأثير إضافةسيليكات الصوديومأكسيد المغنيزيوم على معدل تشكل الماء الحر (الفاصل المائي).



الشكل (2): تأثيراضافةسيليكات الصوديوم وأكسيد المغنيزيوم على معدل تشكل الماء الحر

4-3-تأثيرإضافةسيليكات الصوديوموأكسيدالمغنزيومعلى الخواص الميكانيكية للحجر الإسمنتي:

4-3-1-تأثيرإضافةسيليكات الصوديوموأكسيد المغنزيومعلىمقاومة الحجرالإسمنتي للضغط:

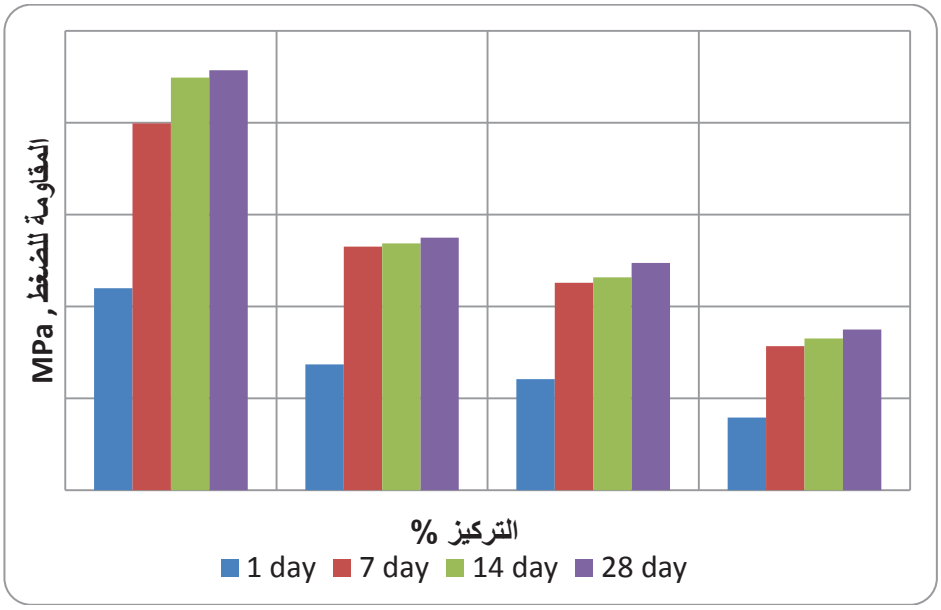
أجريت هذه السلسلة من التجارب بدرجة حرارة ثابتة تقريبا طيلة فترة عملية التصلب عند درجة حرارة T= *60 ºC* والعينات الإسمنتية المتصلبة موحدة الأبعاد *5×5 = 25*

Cm^2وفي الجدول (4) نبين تأثيرإضافةالسيليكات وأكسيد المغنزيومعلىمقاومة الحجر الإسمنتي للضغط .

زمن التصلب, يوم	مقاومة الحجرالإسمنتي للضغط ,MPa			
	تركيز السيليكات MgO% +4%			
	0	1	1.5	2.5
1	11.0	6.85	6.05	3.96
7	19.97	13.26	11.29	7.83
14	22.46	13.43	11.59	8.25
28	22.85	13.74	12.37	8.74

الجدول(4):تأثيرإضافة سيليكات الصوديوموأكسيدالمغنزيومعلى مقاومة الحجرالإسمنتي للضغط

ويبين الشكل (3) تأثيرإضافةسيليكات الصوديوموأكسيد المغنزيوم على مقاومة الحجرالإسمنتي للضغط.حيث يتضح أنه مع زيادة تركيز السيليكات عند نسبة ثابتة منأكسيد المغنيزيوم4%() تتناقص مقاومة الحجر الإسمنتي للضغط الناتج عن تصلب الخلطة الإسمنتية ولكنها تبقى أعلى من مقاومة الحجر الإسمنتي للضغط الناتج عن تصلب الخلطة الإسمنتية المحضرة باستخدامسيليكات الصوديوم[7].



الشكل (3) : تأثيرإضافة سيليكات الصوديوم وأكسيد المغنزيوم على مقاومة الحجرالإسمنتي للضغط

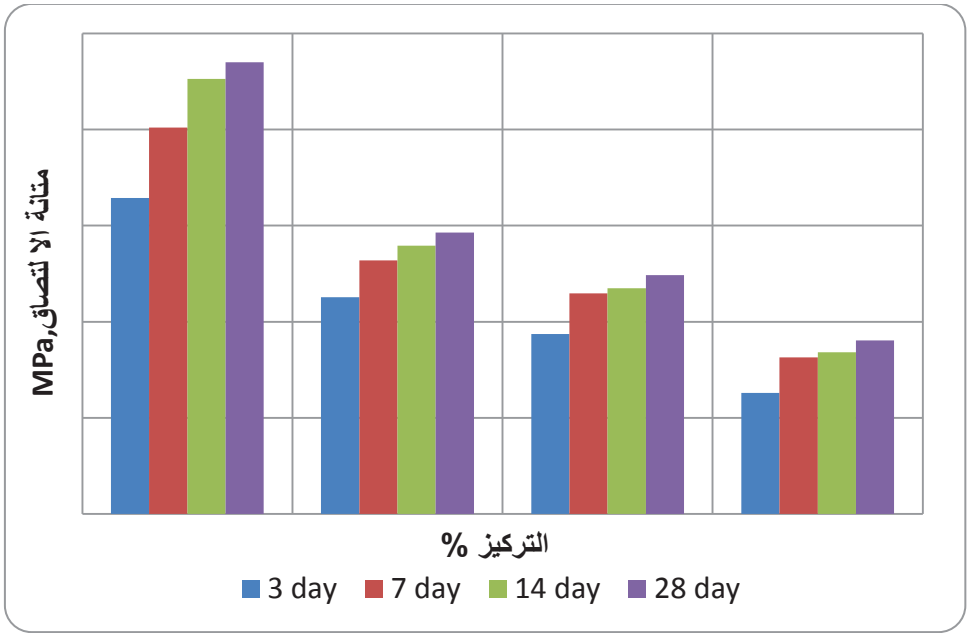
4-3-2-تأثير إضافة سيليكات الصوديوموأكسيد المغنزيوم على متانة التصاق الحجرالإسمنتي مع معدن مواسير التغليف :

أجريت هذه السلسلة من التجارب بدرجة حرارة ثابتة تقريبا طيلة فترة عملية التصلب C $T=60^{o}$ويوضح الجدول (5) نتائج دراسة تأثير إضافةسيليكات الصوديوموأكسيد المغنزيومعلى متانة التصاق الحجر الإسمنتي مع معدن مواسير التغليف باستخدام الجهاز الموضح في الشكل(1).

زمن التصلب , يوم	متانة التصاق الحجر الإسمنتي مع مواسير التغليف،Mpa تركيز السيليكات MgO% +4%			
	0	1	1.5	2.5
3	16.44	11.28	9.36	6.3
7	20.1	13.19	11.48	8.15
14	22.63	13.95	11.75	8.42
28	23.5	14.64	12.43	9.03

الجدول (5)تأثيرإضافة سيليكات الصوديوموأكسيد المغنزيومعلى متانة التصاق الحجرالإسمنتي مع مواسير التغليف.

كما يبين الشكل (4) تأثير إضافة أكسيد المغنيزيوم وسيليكات الصوديومعلىمتانة التصاق الحجر الإسمنتي مع معدن مواسير التغليف حيث يتضح إن استبدال جزء من مسحوق الاسمنت بتركيز ثابت من اكسيد المغنيزيوم وسيليكات الصوديوم معاً يؤثر سلباً على متانة التصاق الحجر الإسمنتي مع معدن مواسير التغليف. ولكن هذه المتانة تبقى أعلى منمتانة التصاق الحجرالإسمنتي مع معدن مواسير التغليفباستخدام الخلائط الإسمنتية المحضرة استخدام سيليكات الصوديومفردها[7].



الشكل (4) :تأثيرإضافةسيليكات الصوديوموأكسيد المغنزيومعلى متانة التصاق الحجرالإسمنتي مع مواسير التغليف.

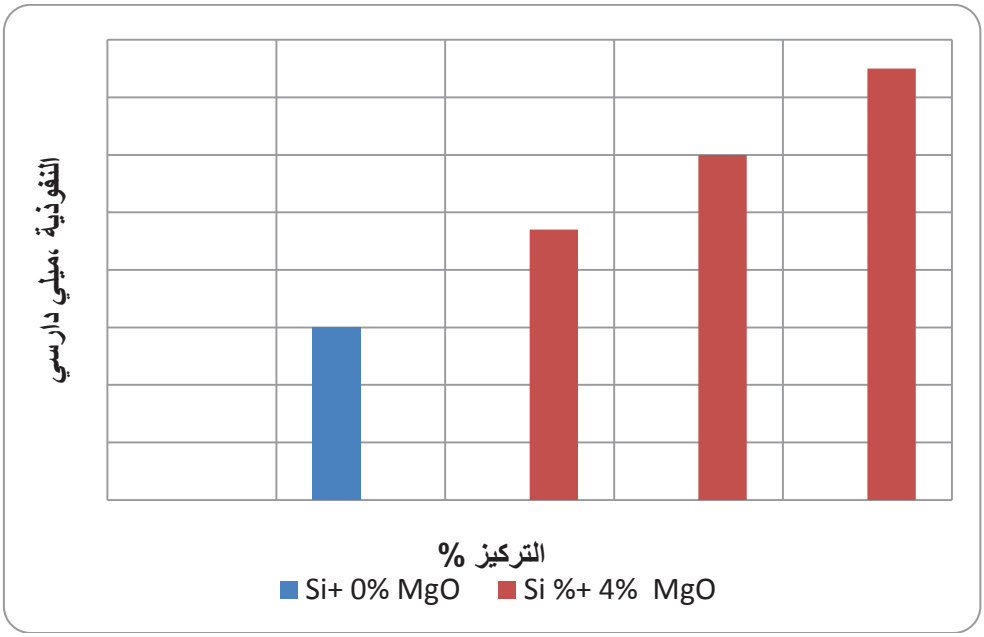
4-3-3-تأثير تأثيرإضافةسيليكات الصوديوموأكسيد المغنزيومعلى نفاذية الحجر الإسمنتي:

أجريت هذه التجارب على عينات من الحجر الإسمنتي المتصلب في درجة حرارة $T=60\ ^{o}C$ وعند فارق ضغط $1\ at$، ولزوجة الهواء الوسطية 0.01795CP. في الجدول (6) نبين تأثير إضافة سيليكات الصوديوموأكسيد المغنزيوم على نفاذية الحجر الإسمنتي

مواصفات العينة الإسمنتية	تركيز السيليكات +4% MgO%			
	0	1	1.5	2.5
طول العينة ، cm	3.05	3.01	3.03	3.03
تدفق الغاز ، m^3/s	0.29	0.44	0.54	0.63
النفوذية ، md	3.0	4.7	6.0	7.5

الجدول(6): تأثير إضافة سيليكات الصوديوموأكسيد المغنيزيومعلى نفاذية الحجرالإسمنتي

ويبين الشكل (5)تأثيرإضافةسيليكات الصوديوموأكسيد المغنزيومعلىنفاذية الحجر الإسمنتيحيث يتضح أن استبدال جزء من مسحوق الإسمنت بنسبةمتغيرة من سيليكات الصوديوم ونسبة ثابتة من أكسيدالمغنيزيوم (4%) يؤثرسلباً على نفاذية الحجر الإسمنتيالمتشكل وذلك عند كافة نسب الإضافة حيث تزداد النفوذية مع زيادة تركيزالسيليكات وعند نسبة ثابتة من أكسيد المغنيزيوم ولكن نفوذية الحجر الإسمنتي الناتج عن تصلب هذه الخلطة الإسمنتية تبقى أقل من نفوذية الحجر الإسمنتي الناتج من تصلب الخلطة الإسمنتية المحضرة إضافة سيليكات الصوديوملوحدها[7].



الشكل(5):تأثير إضافة سيليكات الصوديوم وأكسيد المغنيزيوم على نفاذية الحجرالإسمنتي

5- مناقشةالنتائج وصياغةالمقترحات :

أولاً:من خلال تأثيرإضافةسيليكات الصوديوموأكسيد المغنزيومعلى خواص الخلائط الإسمنتية لوحظ مايلي :

- إن استبدال جزء من مسحوق الإسمنت بتركيز متغير من مادة سيليكات الصوديومع نسبة ثابتة من أكسيد المغنيزيوم(4%)، يؤثر سلباً على خواص الخلطة الإسمنتية ولكن هذه الخواص تبقى أفضل من الخواص التي يتم الحصول عليها عند إضافةسيليكات الصوديوم لوحدها.

ثانياَ:من خلال دراسة تأثيرإضافةسيليكات الصوديوموأكسيد المغنزيومعلى الخواص الميكانيكية للحجر الإسمنتيلوحظ الاتي:

- إن استبدال جزء من مسحوق الإسمنت بتركيز متغيرمن مادة سيليكات الصوديوم مع نسبة ثابتة من أكسيد المغنيزيوم(4%)، يؤثر سلباً على الخواص الميكانيكية للحجر الإسمنتي المتشكل أي يؤثر سلباً على مقاومة الحجر الإسمنتي للضغطوعلى متانة التصاق الحجر الإسمنتي مع مواسير التغليف كما أن ذلك يؤدي إلى تدهور نفوذية الحجر الإسمنتيولكن هذه الخواص الميكانيكية لهذه الخلطة تبقى أفضل من الخواص الميكانيكية التييتم الحصول عليها عند إضافة سيليكات الصوديوم لوحدها [7].

المقترحات :

1- استبدال مسحوق الإسمنت بمادة سيليكات الصوديوم عند إضافته بنسبة لا تزيد عن 1.5% وزناً وعند نسبة ثابتة من أكسيد المغنيزيوم4%( ) سوف يؤدي إلى تحقيق الخواص التالية والتي تسمح بها المواصفة القياسية[10] :

- تقليلالكثافةإلىالحدودالمطلوبةتكنولوجيا حيث تم تخفيض كثافة الخلطة الإسمنتية من ($1.84\ gr/cm^3$) إلى ($1.6\ gr/cm^3$) ، وهذا يؤدي إلىالحفاظ على الخواص الخزنية للطبقات المنتجة ذات الضغوط الطبقية المنخفضة ، وكذلك حماية مواسير التغليف من التأثير التآكلي للموائع الطبقية بالإضافة إلى تقليلعدد مراحل السمنتة وما ينتج عن ذلك من توفير في الزمن و الكلفة.

2- تقليل مقاومة الحجر الإسمنتي للضغطإلىحدودتسمح بها لمثل هذا النوع من الإضافات.
3- تقليلمتانة الالتصاق إلىحدودمسموح بها لمثل هذا النوع من الإضافات.
4- زيادة ليست كبيرة في نفوذية الحجر الإسمنتي.
5- وفراقتصادي معتبر ناتج عن التوفير في كمية الإسمنت وما ينتج عن ذلك من التقليل من الكلفة العالية نتيجة التقليل من الهدر في كمية الإسمنت أثناء عملية تدعيم مواسير التغليفوأثناء صب الجسور الأسمنتية وبالتالي التقليل من كلفة العمليات الإصلاحية بالإضافة إلى التقليل من الطاقة الكبيرة (عملية الحرق بدرجات حرارة عالية وعملية طحن الكلينكر بمطاحن خاصة) اللازمة لتصنيع الإسمنت .

المراجع المعتمدة في البحث

1- باللغة الإنكليزية :

1- **"Case Studies Of Expanding Cement to Prevent MicroannularFormation "** , C. Baumgrate , M .Thiercelin , SPE ,& D .Kluas, Schlumberger Dowell 3-6October,Hoston,Texas,1999.

2- **Cementing additives 231M104**, Dowell Schlumberger 2003

3- **Cement Expansion**", A Laboratory Investigation, Moram , L.K. Murray,T.R,Moyer,W.R.,Conocoinc.7-9,April , 1991,Oklahoma city , Oklahoma .

4- GHOFRANI, R., PLACK, H-1993 .**CaO- and/or MgO- SwellingCements: A Key for Providing a Better AnnularSealing** SPE/IADC 25697.

5- Grant,W.H andchristy,RH 1989**- Field limitations of Liquid-additive cementing systems**SPE18616,LAS VEGAS

6- Romero,SNandMonroy**,**RR2006 **-Preventing lost circulation by use lightweight slurries with reticular systems,**vol.21,185-192.

7- Nilson well cement Book, **Cement additives and Mechanism of action** , Dwell Schlumberger 2003 .

2- باللغة الروسية :

8- ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНАРД СОЮЗА ССР(ГОСТ 24640-91) -КОКП 57 4325 - **ДОБАВКИ ДЛЯ ЦЕМЕНТОВ , (Additionsor*cements. Classification*)**

9- Каримов И.Н., Комлева С.Ф., Сакаев Р.М. и др. Разработка составов расширяющихся тампонажных цементов // 1рогрессивные технологии в добыче нефти: Сб. науч. тр. – Уфа: изд-во УГНТУ, 2000.- С. 83-88

10- ЦЕМЕНТ ТАМПОНАЖНЫЙ РАСШИРЯЮЩИЙСЯ ОБЛЕГЧЕННЫЙ АРКТИЧЕСКИЙ ТУ 5734-005-02066492-03

3 –باللغة العربية:

11.خضور محمد حسن ، مرهج أحمد – استخدام الفيلر في تحسين عازلية الإسمنت المتصلب في الفراغ الحلقي للبئر، مجلة جامعة البعث ، المجلد 30 ، العدد6 – 2008، ص 79–103.

12.دانيوشيفسكي ف.س1987.الدليل المرشد في مواد التبطين (باللغة الروسية) دار مير للطباعة والنشر موسكو صفحة .

13.فرج ، يوسف – نصور ،طاهر – مرهج،أحمد ، 2000,**دراسة تأثير سوائل الحفر على مواسير التغليف الإنتاجية.** رسالة ماجستير–كلية الهندسة الكيميائية والبترولية 146صفحة.