

DOI 10.25689/NP.2018.3.96-105

УДК 622.245.67

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ СКВАЖИН СНИЖЕНИЕМ КОНТРАКЦИИ ЦЕМЕНТНОГО РАСТВОРА

¹Платицын И.Е., ²Токунова Э.Ф.

¹ООО НФ РН Бурение

²Уфимский государственный нефтяной технический университет

IMPROVED QUALITY OF CEMENTING JOBS THROUGH REDUCED CONTRACTION OF CEMENT

¹Platitsyn I.E., ²Tokunova E.F.

¹ООО NF RN Bureniye

²Ufa State Petroleum Technical University

E-mail: ivanplatitsyn@mail.ru

Аннотация: Одна из актуальных проблем на сегодняшний день, это обеспечение высокого качества крепления скважин. Одной из причин отсутствия высокого качества крепления скважины является контракция, которая несет ряд негативных явлений при тампонажных работах. К ним относятся всасывание пластовых флюидов из окружающей среды в результате развития вакуума в поровой системе цементного камня, обезвоживание остатков глинистого раствора на непроницаемых породах и металле обсадных труб, твердения камня в межколонном пространстве или против непроницаемых пород может привести к усадке цементного камня, а это в свою очередь к образованию каналов по всему объему цементного камня и др. Контракция это явление уменьшения суммарного объема системы в химических или физических процессах.

Целью статьи было исследовать контракцию, изучить виды контракции, характер поведения интенсивность усадки во времени, изучить имеющиеся методы борьбы, получить новый эффективный метод

борьбы, способный исключить контракцию либо минимизировать её.

Рассматривается борьба с двумя видами контракции: молекулярной и физической. Предложенный метод борьбы основывается не на идеи компенсации объема выделяющимся газом в процессе твердения. Для борьбы с контракцией подобран комплекс добавок. Основной добавкой является газвыделяющая добавка алюминиевая пудра. Алюминиевая пудра способно равномерно распределяться по всему объему, а при взаимодействии со щелочной средой выделять кислород. Скорость выделения кислорода намного больше скорости усадки, так же кислород начинает выделяться сразу, а для подавления контракции он необходим через промежуток времени, когда тампонажный раствор будет находиться в затрубном пространстве и начнется процесс твердения. В связи с этим теоретически и практически были подобраны добавки замедляющие выделения кислорода и способные создать необходимый инкубационный период для алюминиевой пудры. При подборе добавок и экспериментальном исследовании был получен синергетический эффект, который позволил достичь желаемого результата.

Ключевые слова: *Контракция; отрицательная контракция; адсорбция; газвыделяющая добавка; тампонажный раствор; ксонолит; гидратации; цемент.*

Abstract. High quality of cementing jobs is a challenging issue today. One of the reasons for poor cementing quality is cement contraction resulting in a number of adverse effects. These include influx of reservoir fluids from the surrounding rock due to de-aeration of pore system in set cement; dehydration of clay mud residues on impermeable rock and casing walls; setting of cement in tubing-casing annulus or against an impermeable rock can result in cement shrinkage, which in turn entails channeling across the set cement, and so on. Contraction is decrease of bulk volume of material in chemical or physical processes.

This paper analyses contraction and its types, studies contraction behavior, degree of contraction over time, discusses current contraction control methods and a new efficient method to eliminate or minimize contraction. The paper analyzes two types of contraction, molecular and physical. The proposed new method is based on volume filling with gas liberated during cement setting. A number of additives have been selected to control cement contraction, and the primary agent is a gas-yielding aluminum powder. Aluminum powder can uniformly propagate over the total volume and release oxygen in alkaline environment. Rate of oxygen release is much higher than rate of contraction. Moreover, oxygen evolution starts immediately, yet oxygen is required some time later to control contraction, when the process of cement slurry thickening starts in the annulus. Hence, some additives have been selected in theoretical and practical terms to retard oxygen release and to provide the required incubation interval for the aluminum powder. Synergetic effect obtained during additives selection and research tests delivered the desired results.

Key words: *contraction, negative contraction, adsorption, gas-yielding additive, cement slurry, hydration, cement*

Эффективность строительства нефтяной и газовой скважины определяется результативностью бурения, продуктивностью скважины, герметичностью и долговечности ее крепи и др. Повышенное внимание к креплению и, особенно к его качеству, обуславливается тем, что этот процесс является завершающим этапом строительства скважин, и какие-либо неудачи при выполнении цементирования могут свести к минимуму все положительные достижения предыдущей работы.

Но, даже выполнив процесс цементирования с должным вниманием без возникновения неудач, герметичность цементируемого пространства может сильно отличаться от запланируемой. Это может произойти вследствие неотъемлемых явлений в процессе твердения. Процесс

твердения это сложный химический процесс в результате которого образуются продукты твердения в виде кристаллов различной формы и размера. Со временем количество кристаллов увеличивается, что приводит к контактированию кристаллов между собой и в дальнейшем к срастанию и твердению цементного камня. Эти процессы сопровождаются усадкой, и причиной этого является контракция. Контракцией называют явление уменьшения суммарного объема системы в химических или физических процессах. В результате контракции при гидратации портландцементов и других минеральных вяжущих веществ сумма истинных объемов конечных продуктов химических процессов меньше суммы объемов исходных продуктов. При этом объем твердой фазы в результате химических процессов, как правило, увеличивается, а кажущийся объем затвердевшей системы, включающий поры, может увеличиваться, или уменьшаться в зависимости от внешних условий. По природе процессов контракции ее разделяют на молекулярную и физическую [7-9].

Молекулярная контракция может быть рассчитана по формуле (1.1)

$$k = \frac{M_{1и} \cdot v_{1и} + M_{2и} \cdot v_{2и} + \dots + M_{ни} \cdot v_{ни} - (M_{1ит} \cdot v_{1ит} + M_{2ит} \cdot v_{2ит} + \dots + M_{нит} \cdot v_{нит})}{M_{1ит} + M_{2ит} + \dots + M_{нит}}, \quad (1.1)$$

где k – контракция, м³/кг; $M_{1и}$, $M_{2и}$, ...,

$M_{ни}$ – масса вступающих в реакцию компонентов исходного вещества, кг;

$v_{1и}$, $v_{2и}$, ..., $v_{ни}$ – удельный объем компонентов исходного вяжущего вещества, м³/кг ($v = 1/\rho$);

$M_{1к}$, $M_{2к}$, ..., $M_{нк}$ – масса новообразований кг;

$v_{1к}$, $v_{2к}$, ..., $v_{нк}$ – удельный объем новообразований, м³/кг;

$M_{1ит}$, $M_{2ит}$, ..., $M_{нит}$ – масса твердых компонентов исходного вяжущего вещества, кг.

Понятие «физическая контракция» охватывает круг явлений, связанных с межмолекулярным взаимодействием в жидкой фазе и на поверхности раздела фаз. Контракцией сопровождается адсорбция, сольватация и некоторые другие процессы.

Физическая контракция в твердеющих суспензиях вязущих веществ может достигать значительных величин при большой удельной поверхности новообразований, которая характерна для твердения при относительно невысокой температуре. При более высоких температурах образуются продукты гидратации с меньшей дисперсностью и с меньшей долей физической контракции.

При твердении портландцемента после полной гидратации суммарная контракция составляет $(5-7) \cdot 10^{-5}$ м³/кг. Чем больше воды связывается при гидратации, тем больше контракция. Поэтому цементы, содержащие повышенное количество алюминатных и алюмоферритных минералов, показывают большую контракцию при твердении. Кинетика контракции соответствует кинетике гидратации [1-3].

Контракция вызывает уменьшение внешнего объема цементной суспензии только в начальный период, когда в ней еще не образовалась достаточно прочная структура. После этого контракция непосредственно не влияет на внешний объем твердеющего тела. В результате контракции происходит частичное обезвоживание пор в цементном камне, если окружающая среда не содержит жидкости, или отсос жидкости из окружающей среды. Не все реакции фазообразования сопровождаются контракцией, в определенных условиях твердение может происходить с увеличением суммарного объема конечных продуктов по сравнению с исходными, т.е. с «отрицательной контракцией». Типичный случай представляет твердение известково-кремнеземистого цемента при высокой температуре, когда образуется ксонотлит. В реакции образования

ксоноотлита из $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и SiO_2 вода не присоединяется а выделяется, чем и объясняется «отрицательная контракция».

«Отрицательная контракция» может также возникать при твердении цемента, затворенного растворами солей, близкими к насыщению. В результате расходования воды на гидратацию поровая жидкость перенасыщается по отношению к соли и происходит выкристаллизация последней. При этом если при растворении соли наблюдалась контракция, то при кристаллизации из раствора, естественно, наблюдается соответствующее увеличение объема, т. е. «отрицательная контракция».

Процесс контракции протекает даже при использовании расширяющих добавок [4-5].

Контракция может быть причиной ряда негативных явлений при тампонажных работах. К ним относятся подсос пластовых флюидов из окружающей среды в результате развития вакуума в поровой системе цементного камня, обезвоживание остатков глинистого раствора на непроницаемых породах и металле обсадных труб, твердения камня в межколонном пространстве или против непроницаемых пород может привести к усадке цементного камня, а это в свою очередь к образованию каналов по всему объему цементного камня и др. Для уменьшения контракции при невысоких температурах твердения в тампонажном цементе часть активного вяжущего вещества замещают инертным материалом. При этом, однако, снижается прочность, и ухудшаются некоторые другие свойства цементного камня. В заметной степени уменьшают контракцию добавки солей CaCl_2 и MgSO_4 , но они ускоряют схватывание и поэтому могут применяться только при пониженных температурах.

При высоких температурах снижение контракции может быть достигнуто введением активных минеральных добавок, способствующих

образованию ксонолита, например, смеси $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и SiO_2 в соотношении примерно 1:1 по массе.

Предлагается применение газвыделяющей добавки. Газвыделяющая добавка в процессе твердения выделяет газ. Выделившийся газ заполнит в цементе образующие за счет контракции поры и компенсирует усадку, не давая возможности цементному раствору давать усадку в процессе твердения. Газвыделение и контракция должны быть синхронны.

В качестве газвыделяющей добавки была использована алюминиевая пудра. Для синхронизации контракции и выделения газа использованы вспомогательные добавки Az-1 и Az-2. При этом Az-1 катион активная замедляющая добавка, Az-2 сильный окислитель, увеличивающий инкубационный период.

Опытным путем был получен состав смеси:

- реагент Az-1 добавлялся в 10% концентрации от алюминиевой пудры;
- реагент Az-2 добавлялся в 0,41% от сухой массы смеси;
- В/Ц=0,5;
- mПАП-1=0,9г;
- mcc=200г.

Результаты эксперимента приведены на рис. 1.

При использовании добавок в комплексе был получен синергетический эффект, что позволило синхронизировать два процесса: процесс выделения газа и процесс образования контракции.

Таким образом, данный состав позволяет подавить контракцию, ухудшающую крепление цемента. При этом можно полагать, что это позволит повысить качество цементирования межколонного пространства, исключив усадочные деформации.

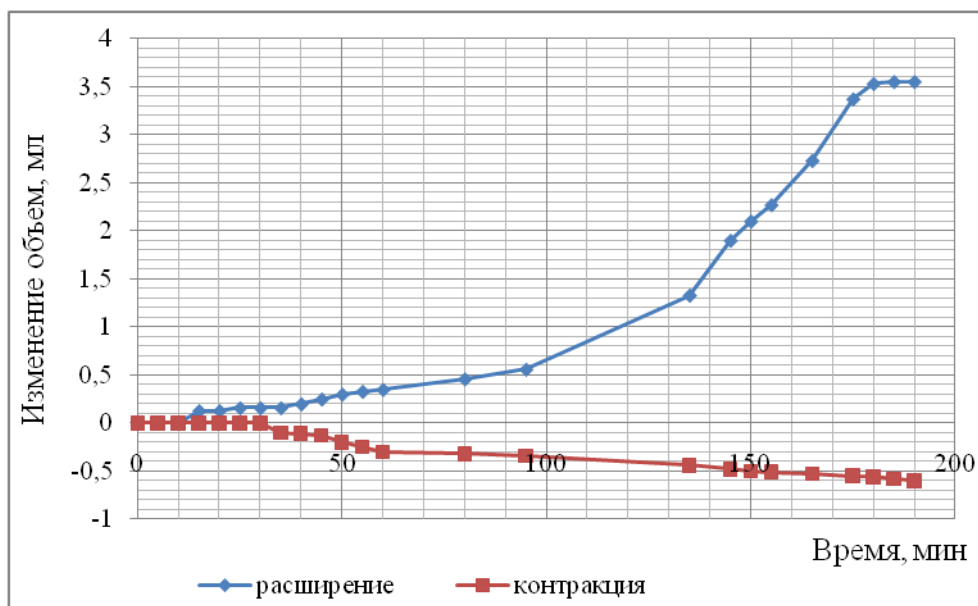


Рис. 1. График подавления контракции

Список литературы

1. Агзамов Ф.А., Измухамбетов Б.С., Каримов Н.Х., Мавлютов М.Р. Повышение долговечности тампонажного камня в агрессивных флюидах нефтяных и газовых скважин. - Самара: РИА «Строительство», 1998. -250с.
2. Агзамов, Ф.А., Акбулатов, Т.О., Сакаев, Р.М. Учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта по дисциплине «Заканчивание скважин» для студентов специальности 09.07 «Бурение нефтяных и газовых скважин». –Уфа: УГНТУ-2001
3. А.с. №1454959 СССР, МКИ³ E21 В33/13. Способ цементирования обсадных колонн/ М.Р. Мавлютов, П.С. Шмелев, Ф.А. Агзамов и др.// №4216916/22-03; Заявл. 27.03.87; Оpubл. 30.10.89, Бюл.№4.
4. Султанов Б.Д., Логинова М.Е. Влияние добавок на реологические свойства буровых и тампонажных растворов// Международный научно-технический журнал «Теория. Практика. Инновации.» 2017, №12 (24), с.222 -226.
5. А.с. №1516599 СССР, МКИ³ E21 В33/13. Способ цементирования скважин/ Ф.А. Агзамов, Н.Х. Каримов, С.Н. Рудденко и др.// №4376874/23-03; Заявл. 10.12.89; Оpubл. 23.10.89, Б.И.№39.
6. И.И. Хакимов, М.Е. Логинова. Экспериментальное изучение влияния водоцементного отношения на механизм возникновения газопроявлений вовремя ОЗЦ. Тезисы докладов XII Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные проблемы развития нефтегазового комплекса России» РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина (Москва), 2018, с.118
7. Логинова М.Е., Ли Линьи, Бао Голян. Анализ исследований по получению термостойких добавок для снижения водоотдачи цементных растворов. Труды

Международной научно-практической конференции «Перспективы и инновации в горном деле». Минск, 2018

8. Геранин М.П. Перетоки газа в скважинах через цементный раствор // Разработка и эксплуатация газовых и газоконденсатных месторождений: НТО ВНИИЭ Газпрома, № 8. - 1977. - 52 с.
9. Агзамов Ф.А., Измухамбетов Б.С., Токунова Э.Ф. Химия тампонажных и промывочных растворов: Учебное пособие. - СПб.: Недра, 2011.
10. Данюшевский В.С., Алиев Р.М., Толстых И.Ф. Справочное руководство по тампонажным материалам.- М.: Недра, 1987.

Сведения об авторах

Платицын Иван Евгеньевич, магистрант УГНТУ, ООО НФ РН Бурение, г. Нефтеюганск, Тюменская обл., ХМАО-Югра, Российская Федерация
E-mail: ivanplatitsyn@mail.ru

Токунова Эльвира Фаритовна, доцент кафедры «Бурения нефтяных и газовых скважин», Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Республика Башкортостан, Российская Федерация
E-mail: 420934@mail.ru

Authors

Platitsyn I.E., Master's Degree student, ООО NF RN Bureniye, Nefteyugansk, Tyumen Region, KhMAD-Yugra, Russia
E-mail: ivanplatitsyn@mail.ru

Tokunova E.F., Senior Lecturer in Oil and Gas Well Drilling, Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia
E-mail: 420934@mail.ru

Платицын Иван Евгеньевич
628306, ХМАО-Югра, Тюменская обл., Нефтеюганский р-он,
г. Нефтеюганск, 15 мкр, 18 дом, 171 кв.
тел. +7(932)406-64-96
E-mail: ivanplatitsyn@mail.ru