

Инновационные строительные материалы



**ИННОВАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ
МИНЕРАЛЬНЫХ ВЯЖУЩИХ
ВЕЩЕСТВ И БЕТОНОВ НА ИХ**

ОСНОВЕ



Цементная промышленность занимает ведущее место в потреблении энергетических ресурсов. Наряду с черной и цветной металлургией, топливперерабатывающей и химической промышленностями, производство строительных материалов и, в том числе, цемента, представляет одну из основных составляющих энергетического баланса промышленности.

В энергопотреблении цементного производства ведущими технологическими процессами выступают процессы дробления, измельчения, обжига, смешения, реализуемые путем использования электрической энергии и энергии топлива. ***Правильное решение выбора рациональных видов топлива и электроэнергии, а также решение проблемы интенсификации процессов тепло- и массообмена является важной составной частью проблемы оптимизации топливно-энергетического баланса страны и повышения эффективности хозяйства энергетического и связанных с ним производств.***

Анализ возможных (альтернативных) способов снижения энергоемкости производства цемента высветил ряд проблем и показал возможность повышения их эффективности путем некоторых изменений в технологиях современных заводов.

Насущной проблемой является необходимость удовлетворения запросов различных отраслей народного хозяйства в цементе, обусловившей выпуск широкого его ассортимента.



Основные требования, предъявляемые к современным видам портландцемента изложены в ГОСТ 31108-2016 «Цементы общестроительные. Технические условия», а также в ГОСТ 30515-2013 «Цементы. Общие технические условия».

Для производства цемента применяют портландцементный клинкер, минеральные добавки, а также гипс или другие материалы, содержащие сульфат кальция, для регулирования сроков схватывания. В цемент допускается вводить специальные добавки для регулирования отдельных строительно-технических свойств цемента и специальные и технологические добавки для улучшения процесса помола и (или) облегчения транспортирования цемента по трубопроводам.

Общие требования к материалам (основным и вспомогательным)

Портландцементный клинкер (Кл) Для производства цемента применяют портландцементный клинкер, в котором суммарное содержание трехкальциевого и двухкальциевого силикатов ($3\text{CaOSiO}_2 + 2\text{CaOSiO}_2$) составляет не менее 67 % массы клинкера, а массовое отношение оксида кальция к оксиду кремния (CaO/SiO_2) — не менее 2,0. Содержание оксида магния (MgO) в клинкере не должно быть более 5,0 % массы клинкера.



Минеральные добавки — основные компоненты цемента

В качестве минеральных добавок — основных компонентов цемента применяют гранулированный шлак по ГОСТ 3476, активные минеральные добавки — пуццоланы, глиежи, микрокремнезем, золы-уноса, обожженные сланцы и добавку-наполнитель — известняк по соответствующим нормативным документам.

Гранулированные доменный или электротермофосфорный шлак (Ш)

Доменные и электротермофосфорные гранулированные шлаки содержат, по меньшей мере, две трети остеклованного шлака и при определенных условиях проявляют гидравлические свойства.

Пуццоланы (П) и глиежи (Г).

Пуццолана — материал силикатного или алюмосиликатного состава или их комбинация. Пуццоланы не твердеют самостоятельно при затворении водой, однако в тонкоизмельченном виде и в присутствии воды при нормальной температуре реагируют с раствором гидроксида кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$, образуя гидросиликаты и гидроалюминаты кальция, обуславливающие прочность твердеющего материала. Образующиеся гидросиликаты и гидроалюминаты кальция аналогичны тем, которые образуются при твердении гидравлических вяжущих веществ. Пуццоланы состоят преимущественно из реакционноспособных диоксида кремния (SiO_2) и оксида алюминия (Al_2O_3), остальное — оксид железа (Fe_2O_3) и другие оксиды. Массовая доля реакционноспособного оксида кальция (CaO) в пуццолане для твердения не существенна, массовая доля реакционноспособного диоксида кремния (SiO_2) - не менее 25 %.

Природная пуццолана является материалом осадочного (диатомиты, трепелы, опоки) или вулканического (пеплы, туфы, трассы, вулканические шлаки, цеолиты и цеолитизированные породы) происхождения соответствующего химико-минералогического состава.

Глиежи — термически активированные вулканические породы, глины, сланцы или осадочные породы.

Микрокремнезем (Мк) образуется при восстановлении высокочистого кварца углем в дуговых печах при изготовлении кремния и ферросилиция и состоит из очень мелких сферических частиц, содержащих аморфный или стеклообразный диоксид кремния (SiO_2) в количестве не менее 85 % массы добавки. Содержание элементарного кремния (Si) в микрокремнеземе не должно превышать 0,4 % (масс).

Зола-уноса (3) получают электростатическим или механическим осаждением пылевидных частиц из отходящих газов агрегатов, в которых сжигают измельченный уголь или горючий сланец. Зола-уноса по своему химическому составу может быть кислой (богатой SiO_2) либо основной (богатой CaO). Первая проявляет пуццоланические свойства, вторая может дополнительно проявлять гидравлические свойства. Содержание щелочных оксидов (R_2O) в золе-уноса в пересчете на Na_2O должно быть не более 2,0 % (масс.), содержание MgO — не более 5 % (масс.).

Кислая зола-уноса представляет собой тонкодисперсный материал, состоящий преимущественно из сферических частиц, обладающий пуццоланическими свойствами и состоящий в основном из реакционноспособных SiO_2 и Al_2O_3 . Остальное — Fe_2O_3 и другие соединения. Содержание реакционноспособного SiO_2 в кислой золе-уноса должно быть не менее 25,0 % (масс.). Массовая доля реакционноспособного CaO в кислых золах-уноса должна быть менее 10,0 % (масс.), массовая доля свободного оксида кальция ($\text{CaO}_{\text{св}}$) — не более 1 % (масс.). Допускается использование для производства цементов кислых зол-уноса с содержанием $\text{CaO}_{\text{св}}$ до 2,5 % (масс.) при соблюдении требований к равномерности изменения объема.

Основная зола-уноса представляет собой тонкодисперсный материал, проявляющий гидравлические и (или) пуццоланические свойства и состоящий в основном из реакционноспособных CaO , SiO_2 и Al_2O_3 . Остальное — Fe_2O_3 и другие соединения. Массовая доля реакционноспособного CaO в применяемых основных золах-уноса должна быть не менее 10 % (масс.). Золо-уноса с содержанием реакционноспособного CaO от 10 % до 15 % по массе должны содержать не менее 25 % (масс.) реакционноспособного SiO_2 .



Обожженный сланец (Сл), в том числе обожженный нефтяной сланец, получают путем обжига исходного материала в специальных печах при температурах около 800°C . В зависимости от состава исходного материала и условий обжига обожженный сланец содержит клинкерные минералы: двухкальциевый силикат и монокальциевый алюминат, а также, кроме небольшого количества свободного оксида кальция $\text{CaO}_{\text{св}}$, значительное количество пуццоланически активных оксидов, например SiO_2 . При тонком измельчении обожженный сланец способен к гидравлическому твердению, как портландцемент, а также обладает пуццоланическими свойствами.

Известняк (И) содержание карбоната кальция CaCO_3 в известняке, рассчитанное по содержанию CaO , должно быть не менее 75 % массы известняка, содержание илистых и глинистых примесей не должно быть более 1 %.

Вспомогательные компоненты — специально подобранные неорганические природные минеральные добавки или неорганические минеральные добавки, являющиеся отходами производства клинкера (цементная пыль-уноса). Вспомогательные компоненты после соответствующей подготовки, благодаря своему зерновому составу, улучшают физические свойства цемента и (или) бетонных смесей (например, удобоукладываемость бетонной смеси или водоудерживающую способность цемента). Добавки могут быть инертными или проявлять слабо выраженные гидравлические, скрыто гидравлические или пуццоланические свойства, при этом к ним не предъявляют каких-либо требований.



Сульфат кальция добавляют к другим компонентам при изготовлении цемента для регулирования процесса его схватывания. В качестве сульфата кальция может применяться двуводный гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), полуводный гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$) или ангидрит (сульфат кальция без кристаллизационной воды — CaSO_4) по ГОСТ 4013, или их смесь. Гипс и ангидрит являются природными веществами. Допускается использовать также материалы, содержащие сульфат кальция, являющиеся отходами промышленных производств, по соответствующим нормативным документам.

В качестве **специальных и технологических добавок** применяют органические или неорганические материалы, не относящиеся к рассмотренным выше. Суммарное количество этих добавок не должно превышать 1,0 % массы цемента. Количество органических добавок в сухом состоянии не должно превышать 0,2 % массы цемента. Добавки не должны вызывать коррозию арматуры или ухудшать свойства цемента или изготовленного на его основе бетона или раствора.

Таблица 3 - Вещественный состав общестроительных цементов в соответствии с ГОСТ 31108-2016

Тип цемента	Наименование	Сокращенное обозначение	Вещественный состав, % от массы*									
			Основные компоненты								Вспомогательные компоненты	
			Портландцементный клинкер	Доменный или электротермофосфорный гранулированный шлак	Пуццолана	Зола уноса	Глинеж	Микрокремнезем	Обожженный сланец	Известняк		
			КЛ	Ш	П	З	Г	МК	С	И		
ЦЕМ I	Портландцемент	ЦЕМ I	95-100	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
ЦЕМ II	Портландцемент с минеральными добавками**:											
	Шлаком	ЦЕМ II/A-Ш	80-94	6-20	-	-	-	-	-	-	0-5	
		ЦЕМ II/B-Ш	65-79	21-35	-	-	-	-	-	-	0-5	
	Пуццолоаной	ЦЕМ II/A-П	80-94	-	6-20	-	-	-	-	-	0-5	
		ЦЕМ II/B-П	65-79	-	21-35	-	-	-	-	-	0-5	
	Золой-уноса	ЦЕМ II/A-З	80-94	-	-	6-20	-	-	-	-	0-5	
		ЦЕМ II/B-З	65-79	-	-	21-35	-	-	-	-	0-5	
	Глинежем	ЦЕМ II/A-Г	80-94	-	-	-	6-20	-	-	-	0-5	
		ЦЕМ II/B-Г	65-79	-	-	-	21-35	-	-	-	0-5	
	Обожженным сланцем	ЦЕМ II/A-Г	80-94	-	-	-	-	-	6-20	-	0-5	
		ЦЕМ II/B-Г	65-79	-	-	-	-	-	21-35	-	0-5	
	Микрокремнеземом	ЦЕМ II/A-МК	80-94	-	-	-	-	-	6-10	-	0-5	
	Известняком	ЦЕМ II/A-И	80-94	-	-	-	-	-	-	-	6-20	0-5
		ЦЕМ II/B-И	65-79	-	-	-	-	-	-	-	21-35	0-5
Композиционный портландцемент***	ЦЕМ II/A-К	80-88					12-20				0-5	
	ЦЕМ II/B-К	65-79					21-35				0-5	





Прочностные показатели общестроительных цементов в соответствии с
ГОСТ 31108-2016

Класс прочности цемента	Предел прочности на сжатие, МПа, в возрасте				Начало схватывания, мин, не ранее	Равномерность изменения объема (расширение), мм, не более
	не менее 2 сут.	не менее 7 сут.	28 сут.			
			Не менее	Не более		
32,5М*	-	12	32,5	52,5	75	10
32,5Н	-	16				
32,5Б	10	-				
42,5М*	-	16	42,5	62,5	60	
42,5Н	10	-				
42,5Б	20	-				
52,5М*	10	-	52,5	-	45	
52,5Н	20	-				
52,5Б	30	-				

Разработка новых методов интенсификации технологических процессов и создание на их основе высокоэффективных технологий, основываются на выявлении и применении соответствующих физических эффектов и физико-химических воздействий на технологические среды в процессе их обработки. Особый интерес представляет влияние дисперсности (крупности частиц) твердых фаз на условия проведения общих для большинства процессов, протекающих в условиях вынужденной конвективной диффузии, в том числе процессов смешивания, уплотнения, формования и т. п., а также массообменных процессов; сопровождающихся или завершающихся разнообразными химическими и фазовыми превращениями, например, окислением, растворением, выкристаллизацией, сушкой и т. п.

Так как скорости гетерогенных химико-технологических процессов пропорциональны активной поверхности взаимодействия фаз, дисперсность твердой фазы — один из основных параметров, определяющих условия проведения этих процессов, а увеличение дисперсности — один из основных путей их интенсификации.



Основу предлагаемых инновационной технологии получения цемента и пигментов составляют физико-химические эффекты воздействия энергии газовых потоков на технологические среды в процессе их измельчения.

№ п/п	Наименование продукта и исходного сырья	Технические характеристики и эффективность применения продукции.
1	2	3
1	Производство ВНВ (вяжущее низкой водопотребности) Исходные материалы: Портландцементный клинкер добавки: — гранулированные доменные шлаки. — зола-уноса — песок и др. — пластификаторы	Высокая дисперсность, удельная поверхность 4500 – 5000 см²/гр. Большая прочность цементного камня (до 1000 кг/см²) Быстрый набор прочности (в течении одних суток до 600 кг/см²) позволяет производить распалубление конструкций через 16 часов. При тепловлажностной обработке сокращаются энергозатраты. Возможность бетонирования конструкций на ВНВ при температуре до -10 °С. Сокращение расхода клинкерной части на 40 – 50% Приближение производства вяжущего к месту его использования, это снижает транспортные расходы до 70%

№ п/п	Наименование продукта и исходного сырья	Технические характеристики и эффективность применения продукции.
1	2	3
2	Быстротвердеющее смешанное вяжущее Исходные материалы: Портландцементный клинкер Активная минеральная добавка Ускоритель твердения Пластификатор	Сокращение портландцементного клинкера Сокращение сроков выдерживания конструкций (сборных и монолитных) в опалубке. Прочность бетона в размере от 60% марочной достигается за 24 часа. Сокращение энергозатрат.
3	Шлакопортландцемент (ШПЦ) Исходные материалы: Портландцементный клинкер Доменный граншлак Двуводный гипс	Сокращение клинкерной части до 50% Приближение производства цемента к месту его использования В сравнении с портландцементом шлакопортландцемент имеет повышенную прочность на растяжение и изгиб; тепловыделение при гидратации ШПЦ значительно ниже чем у ПЦ что положительно сказывается на изготовлении массивных конструкций. При высокой удельной поверхности ШПЦ можно получить водонепроницаемые бетоны. На основе ШПЦ можно получить быстротвердеющий ШПЦ, что позволяет сократить на 10 – 30% продолжительность тепловлажностной обработки железобетонных изделий. 6. Совместное газодинамическое диспергирование шлака, гипса (либо ангидрида) и клинкера обеспечивается получение сульфатно-шлакового цемента, хорошо в бетонах и железобетонных конструкциях, подземных, наземных и подводных сооружений, в т.ч. и подвергающихся действию сульфатных вод.

№ п/п	Наименование продукта и исходного сырья	Технические характеристики и эффективность применения продукции.
1	2	3
4	Специальные тампонажные цементы	Не теряет прочности при длительном хранении.
	Низкогигроскопичный тампонажный портландцемент	
4.1	Исходные материалы: Портландцементный клинкер	Применяется для цементирования высокотемпературных нефтяных и газовых скважин.
	Гипс	
	ПАВ	
4.2	Белитокремнезёмистый цемент (БКЦ)	
	Исходные материалы:	Применяется для тампониrowания «холодных» и «горячих» скважин.
	Белитовый компонент (отходы от производства глинезёма)	
4.3	Кварцевый песок	
	Портландцемент тампонажный песчанистый	
4.4	Исходные материалы:	Хорошо показал себя при изготовлении цементных растворов высокой плотности, обеспечивающей более полное вытеснение из затрубного пространства тампонажного глинистого раствора.
	Тампонажный портландцемент (клинкер)	
	Кварцевый песок (20 -50%)	
4.5	Гипс	
	Утяжеленный тампонажный портландцемент	
4.6	Исходные материалы:	
	Клинкер ПЦ	Раствор на гелъцементе обладает повышенной пластичностью, пониженным водопотреблением, пониженной усадкой.
	Железная руда (магнетит, гематит)	
	Гипс	Добавка бентонитовой глины повышает трещиностойчивость раствора при сохранении необходимой прочности на

№ п/п	Наименование продукта и исходного сырья	Технические характеристики и эффективность применения продукции.
1	2	3
5.	Гельцемент Исходные материалы: Тампонажный цемент Бентонитовая глина Облегченный тампонажный портландцемент Тампонажный ПЦ не менее 30% Облегчающая добавка (трепел, опока, диатолит, пемза и др) Гипс	При бурении нефтяных и газовых скважин на глубину 3500 – 4000 м возникает необходимость поднимать цементный раствор за обсадными трубами на высоту более 2000м. В этих условиях необходимы облегченные цементные растворы. Сокращается клинкерная часть вяжущего, до 50%, при сохранении показателей прочности
6.	Песчанистый портландцемент Исходные материалы Клинкер ПЦ Кварцевый песок Гипс	исходного клинкера за счет увеличения удельной поверхности вяжущего в процессе измельчения.

№ п/п	Наименование продукта и исходного сырья	Технические характеристики и эффективность применения продукции.
1	2	3
7.	Водонепроницаемый безусадочный цемент (ВБЦ) Исходные материалы: Глиноземистый цемент Известь-пушенка Полуводный гипс Белый портландцемент	Через час после затворения цементное тесто водонепроницаемое при 0,3 МПа, через сутки – 0,6 МПа. Применяется только в условиях повышенной влажности для устройства гидроизолирующих торкретных оболочек бетонных и железобетонных подземных сооружений фильтрующих воду.
8.	Исходные материалы: Отбеленный клинкер Гипс Диатолит Цветные цементы Клинкер белого цемента Диатолит белый Гипс Пигменты	1. Газодинамическое диспергирование клинкера (в сравнении с измельчением в шаровых мельницах) обеспечивает высокую удельную поверхность получаемого белого цемента, исключит его засорение продуктами износа рабочих органов в процессе его измельчения в результате увеличивается степень белизны и повышается прочность.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В КРЕПЛЕНИИ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН





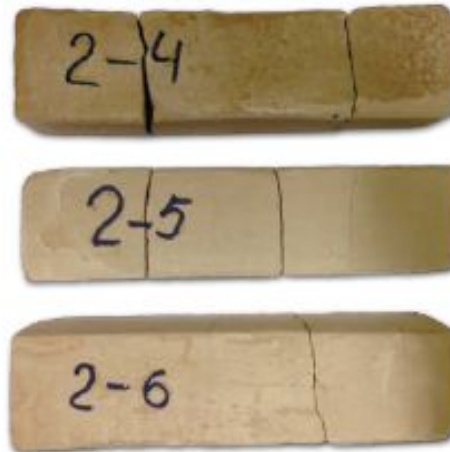
ТЕХНОЛОГИЯ КРЕПЛЕНИЯ ПАРОНАГНЕТАТЕЛЬНЫХ СКВАЖИН С АНОМАЛЬНО-НИЗКИМИ ПЛАСТОВЫМИ ДАВЛЕНИЯМИ

При цементировании паронагнетательных скважин, с циклически-изменяющимися температурами (до 350°С) осложненными наличием в разрезе, пластов с аномально-низкими пластовыми давлениями и низкими температурами, оператор по цементированию сталкивается с несколькими серьезными задачами:

1. Тампонажный камень формируется в условиях низких температур, при твердении в которых, должен набирать необходимую и достаточную для продолжения работ в скважине прочность.
2. При этом, тампонажный раствор должен иметь низкую плотность (вплоть до 1,0 г/см³) для недопущения в процессе цементирования поглощений технологических жидкостей, потери циркуляции.
3. Тампонажный раствор для цементирования скважин с циклически-изменяющимися температурами должен обладать термостойкостью, исключающей старение тампонажного камня при воздействии на него повышенных температур.

Таким образом, тампонажный цемент для цементирувания паронагнетательных скважин, с циклически-изменяющимися температурами (до 350°C), с аномально-низкими пластовыми давлениями и низкими температурами должен иметь плотность от 1,0 г/см³ до 1,5 г/см³, прочность на изгиб при плотности 1,0 г/см³ и температуре твердения 22°C не менее 0,7 МПа, при этом, тампонажный камень под воздействием высоких температур (до 350°C) не должен разрушаться.

2-й цикл

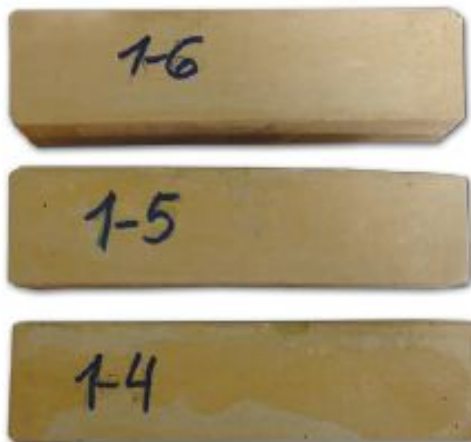


10-й цикл



ВЛИЯНИЕ 10 ЦИКЛОВ НАГРЕВ – ОХЛАЖДЕНИЕ, НА ТАМПОНАЖНЫЙ КАМЕНЬ НА БАЗЕ ТЕПЛОУПОРНОГО ВЯЖУЩЕГО

2-й цикл

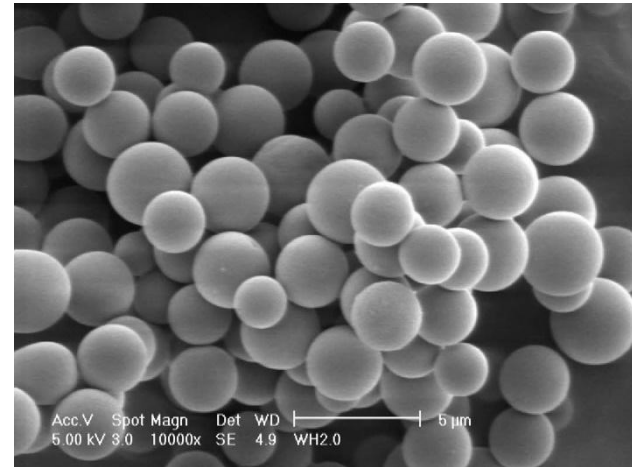
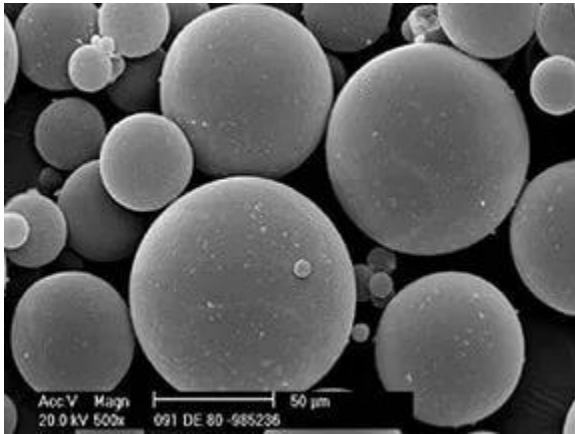


10-й цикл



Для получения сверхлегких тампонажных растворов с удельными весами менее $1,0 \text{ г/см}^3$ на сегодняшний день существуют следующие технологические решения:

1. Использование микросфер серии Granulight и 3M.



2. Использование пеноцементов.

При этом, применение пеноцементов не всегда оправданно, так как у данного подхода есть ряд существенных недостатков:

- Неконтролируемые параметры (объем, удельный вес, реология) тампонажного раствора как при затворении, так и в баротермальных условиях скважины.
- Дифференцируемость теплопроводности по глубине скважины.
- Сложность контроля процесса цементирования - усложнение технологии.



Так же к недостаткам тампонажных систем на основе газововлечения можно отнести, то что существующие методы определения и оценки свойств сверхлегких цементов, не позволяют корректно оценивать аэрированные тампонажные цементы:

- Таким образом, не прогнозируется плотность аэрированного тампонажного камня непосредственно в скважине. Колебания плотности могут составлять от $1,03 \text{ г/см}^3$ на устье до $1,90 \text{ г/см}^3$ в скважине.

- Сложность приготовления раствора с заданной плотностью в промысловых условиях, т.к. требуется нормирование типов применяемого оборудования для создания перемешивания с требуемой интенсивностью и, соответственно, требуемого вовлечения воздуха, а также продолжительности перемешивания.

- Учитывая сжимаемость аэрированного тампонажного раствора и отсутствие достоверных данных по реологическим свойствам в условиях скважины, наличия сжимаемой системы с переменной плотностью (от $1,23 \text{ г/см}^3$ до $1,72 \text{ г/см}^3$) очень сложно провести гидравлический расчет цементирования и определить график изменения давления, в том числе и ожидаемые давления на слабые пласты и вероятность их гидроразрыва.

- За счет разной плотности тампонажного камня в затрубном пространстве – имеем в скважине тампонажный камень с переменными сроками схватывания, прочностью, проницаемостью.



СРАВНЕНИЕ ПЕНОЦЕМЕНТНОЙ И ТРАДИЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИЙ КРЕПЛЕНИЯ СКВАЖИН



Таким образом, принимая во внимание имеющихся недостатки пеноцементов, для обеспечения качественного крепления паронагнетательных скважин с аномально-низкими пластовыми давлениями в Компании «СпецЦементСервис» была разработана линейка сверхлегких и облегченных тампонажных растворов с удельным весом от $0,9 \text{ г/см}^3$ до $1,5 \text{ г/см}^3$.

Данные составы разработаны на базе теплоупорного вяжущего, обеспечивающего термостойкость цементов при высоких температур и одновременно набор необходимой прочности при температурах около 20°C , и инженерных микросферах серии Granulight и 3М, что позволяет добиться стабильных тампонажных растворов плотностью $0,9 \text{ г/см}^3$ - $1,0 \text{ г/см}^3$, с прогнозируемыми тампонажно-технологическими характеристиками, как на устье так и в баро-термальных условиях скважины.

ТАМПОНАЖНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАЗРАБОТАННЫХ КОМПАНИЕЙ «СПЕЦЦЕМЕНТСЕРВИС» СВЕРХЛЕГКИХ И ОБЛЕГЧЕННЫХ ЦЕМЕНТОВ ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ ПАРОНАГНЕТАТЕЛЬНЫХ СКВАЖИН

Granulight + 3M



на базе теплоупорного вяжущего

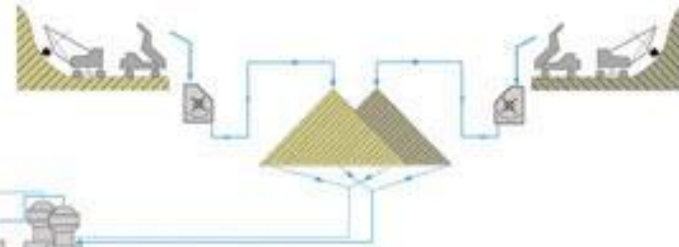
Наименование показателя	Свойства сверхлегкого тампонажного раствора	Свойства облепченного тампонажного раствора
Плотность при атмосферном давлении, г/см ³	0,9	1,5
Плотность после давления 200 атм, г/см ³	0,94	1,52
Растекаемость, мм	220	270
Водоотделение, мл	0	0
Прочность при изгибе/сжатии, МПа, через 48 часа твердения при 22°C	0,7-1,0/1,5-2,0	1,3-2,0/3,0-5,5
Время загустевания до 30 Вс при 22°C	180	160
Выход тампонажного раствора, м ³ /т	2,1	1,2



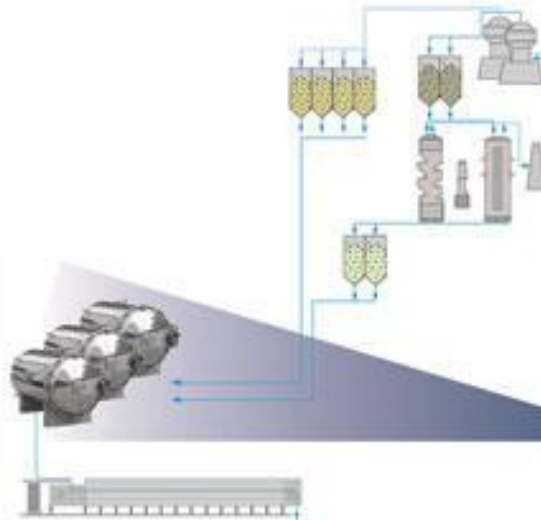
Новейшие технологии производства экологически чистого цемента, которые обещают в ближайшее время дать огромную экономию энергии, разработаны учеными из Технологического института Карлсруэ (KIT). В ближайшее десятилетие новый цемент с названием "Celitement ®" имеет способность значительно сократить глобальные выбросы парникового и углекислого газа в атмосферу и тем самым способствовать защите климата и окружающей среды.

Производство цемента является очень энергоёмким процессом. Цементные заводы ежегодно выделяют более миллиарда тонн углекислого газа (CO_2) - то есть пять процентов мировых выбросов CO_2 . Ученым KIT удалось разработать характеристики сопоставимые с обычным портландцементом, на основе связующего, которое ранее было неизвестно, гидравлически активного кальция гидросиликата.

crushing
calcination
mixing
raw mill

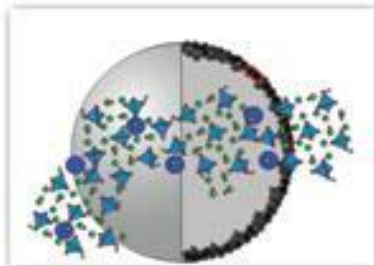
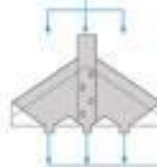


autoclaving

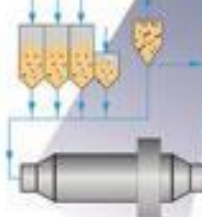


ce^{lite}ment
ADVANCED PROCESSING

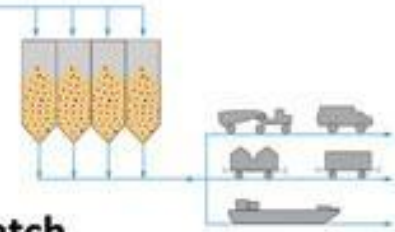
formulation with e.g. sand

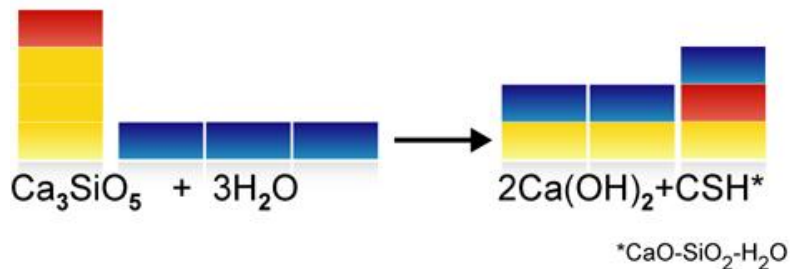
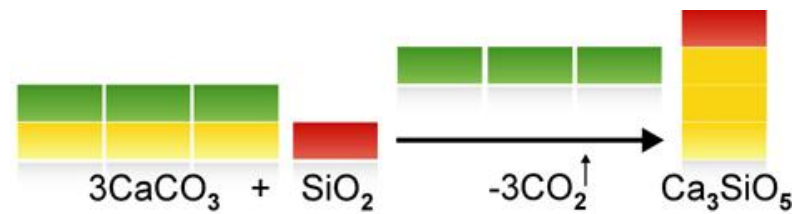


activation



dispatch

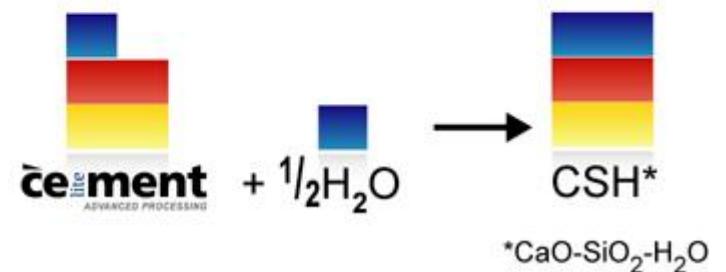




Получение и гидратация обычного портландцемента



Получение и гидратация вяжущего "Celiment ®"





Ежегодно цементные заводы по всему миру производят около двух миллиардов тонн вяжущих для строительной отрасли. "Если думать о будущем, то перевод всех цементных заводов в мире на нашу технологию ежегодно позволит выбрасывать в атмосферу на пол миллиарда тонн меньше углекислого газа, что окажет огромное влияние на климат",- говорит доктор Питер Штеммерман из Института технической химии (KVT) KIT. Вместе с тремя коллегами из ИТС, он развивал идею новой технологии получения экологически чистого цемента. Это стало возможным только благодаря использованию синхротронного излучения, что позволило исследовать цемент в нанометровом диапазоне. В энергетических исследованиях Технологический институт Карлсруэ (KIT) является одним из ведущих институтов Европы. Центр KIT сочетает в себе фундаментальные и прикладные исследования, относящиеся ко всем видам энергии для промышленности и домашних хозяйств. Специалисты участвуют в целостном взгляде на эффективность энергетического цикла и процессов преобразования энергии.



Питер Штеммерман из Института
технической химии (КВТ) KIT



Спасибо за внимание!