**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА НАНОЦЕМЕНТОВ.**

**О ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ УДЕЛЬНЫХ ЗАТРАТ ТОПЛИВА И ВЫБРОСОВ**

**СО2 , NOX и SO2 ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЦЕМЕНТА В 2 - 3 РАЗА**

ХАСАНОВ НАИЛЬ , ЕВРОКАМ,МОСКВА,РФ

*В докладе анализируется технология модификации портландцемента в наноцемент,которая позволяет радикально пересмотреть стратегию развития цементной промышленности, дает возможность снизить удельные затраты топлива и выбросы CO2,NOX и SO2 на каждую тонну цемента в 2 - 3 раза с минимальными капиталовложениями, решая одновременно проблемы энергосбережения, экологии и увеличения выпуска объемов высококачественного цемента.*

*Новая технология модификации портландцемента в энергосберегающий наноцемент в процессе измельчения клинкера или домола цемента, позволяет реализовать ввод в цемент до 70% масс. минеральных добавок с обеспечением высокой марочности - класса такого малоклинкерного наноцемента не менее 42,5 со снижением на каждую тонну цемента для мокрого способа удельных затрат топлива с 200 кг до 60 кг , а фактических выбросов СО2  с 1070 до 320 кг .Столь высокие результаты достигнуты с вводом в цемент 70 % масс. минеральной добавки в виде тонко измельченного кварцевого песка( считающегося наиболее инертным материалом, но в малоклинкерных наноцементах в активное химическое взаимодействие и формирующим быстротвердеющий, плотный и прочный цементный камень.*

Несколько лет назад был обнародован прогноз правительства США, по которому мировые выбросы диоксида углерода возрастут к 2030 году на 75%, до 43,7 млрд.т. К такому выводу пришли составители ежегодного прогноза из Управления по энергетической информации, статистического подразделения министерства энергетики США.  
 По данным специалистов управления, количество выбросов СО2 по всему миру возрастет с 29 млрд. тонн в 2010 году до 43,7 млрд. тонн к 2030 году, если не будут приняты дополнительные меры по их сокращению, сообщило агентство Reuters.   
 Большинство ученых сходятся во мнении, что увеличение выброса парниковых газов вызывает повышение температуры и может привести к таким катастрофическим изменениям, как тепловые волны, сильнейшие ураганы и таяние полярных льдов, в результате чего к 2100 году уровень моря поднимется на один метр. Наибольшее количество парниковых газов выделяется при сгорании ископаемого топлива – нефти, газа и угля. Возрастающее использование в качестве топлива угля в США, Индии и Китае. В частности, в растущем производстве цемента, может привести к тому, что в период с 2015 по 2030 год оно превзойдет по выделению СО2 даже нефть.   
 Тем не менее, составители прогноза не учитывали возможное влияние находящихся на рассмотрении или на стадии проектов законов, ограничений или стандартов, включая международное соглашение о снижении выбросов, известное как Киотский протокол.   
 По условиям Киотского протокола, ратифицировавшие его 35 богатейших стран мира обязуются в течение 2008-2012 годов должны были снизить выбросы парниковых газов до уровня на 5% ниже их уровня 1990 года.

Производство значительных объемов цемента требует сжигания ежегодно сотен млн.т. топлива и сопровождается выбросом значительных объемов тепла, CO2 , NOx и SO2 , влияющих на изменение климата на планете – только объем выброса в атмосферу цементными заводами СО2 составляет около 850 кг на каждую тонну цемента по сухому и около 1000 кг по мокрому способам производства, составляя ежегодно десятки млрд.куб м вредного газа. К существующим тысячам цементных заводов ежегодно прибавляются новые предприятия в КНР, Индии, Латинской Америке и других развивающихся странах.

Совершенствование технологии портландцемента осуществляется в двух ключевых направлениях снижения удельных затрат топлива и выбросов CO2 , NOx и SO2:

- оптимизация агрегативного оформления обжига и помола цементного клинкера;

- введения в портландцемент энергосберегающих минеральных добавок .

По первому направлению мировой цементной промышленностью достигнуты значительные успехи - создано высокопроизводительное оборудование,системы утитлизации тепла,очистки воздуха и т.п. Машиностроителями производятся комплектные технологические линии мощностью от 3 до 4 млн.т цемента в год.

Второе направление,к сожалению, практически остановилось в развитии. Среднее количество минеральных добавок,вводимых в портландцемент в мире, составляет около 15 % его массы.Так количество минеральных добавок ,введенных в 2013 году цементными заводами России,составило около 8 % масс. и значительно снизилось за последние десятилетия. В то же самое время мировые нормативные документы цементников , соответствующие стандартам, принятому в Европе : EN – 197-1 и ASTM в США предусматривают значительно большие возможности ввода минеральных добавок.

Так в цементах СЕМ III/A может содержатся 36-65 % добавок,в CEM III/B 66 – 80 % и в CEM III/C 81 – 95 % минеральных добавок. В CEM Y/A рекомендуется ввод 36 – 60 % добавок , в CEM Y/B 64 – 80 % минеральных добавок…..

Однако,цементные заводы во всем мире не спешат работать по принятым стандартам и производят в подавляющей части бездобавочный портландцемент CEM – I классов 42,5 и 52,5. Это важнейшее обстоятельство связано с значительным снижением свойств цементов с минеральными добавками, в соответствии с чем строительные организации предпочитают покупать бездобавочный портландцемент.

Эксперты,тем не менее, предполагают увеличение объемов применяемых к цементу минеральных добавок в мире : к 2020 году - 26 % масс.,к 2030 – 27 % масс. и к 2050 году – 28 % масс..

Совершенствование строительно-технических свойств производимых во всем мире портландцементов давно остановилось в развитии и уже несколько десятков лет не позволяет сколько-нибудь ощутимо повысить их активность более классов по прочности 42,5 – 52,5 . Цементные заводы по всему миру уже десятилетия производят практически одинаковый продукт .

Российские ученые разработали технологию модификации портландцемента,позволяющую радикально повысить его строительно-технические свойства и ,в первую очередь, марочную прочность (класс) цементов до уровня 92,5 – 102,5 .

*Сущность новой технологии модификации портландцемента в наноцемент в формировании на поверхности зерен портландцемента в процессе механохимической активации, совмещенной с помолом портландцемента, наноразмерных по толщине сплошных оболочек – капсул из специального модификатора .*

Базовая технологическая схема получения энергосберегающих малоклинкерных наноцементов с применением минеральных добавок приведена на рис 1 .

**1 тонна**

**портландцемент-ного клинкера (или цемента класса 42,5 ; 52,5)**

**Механохимическая**

**активация совмещенная с измельчением**

**и нанокапсуляцией**

**2-4 тонны**

**наноцемента классов 32,5 – 62,5**

**42,5-82,5**

**Добавка**

**1-3 тонны кварцевых песков, камня, каменных отходов, шлаков и зол**

###### **Модификатор**

Рис. 1. Принципиальная схема производства малоклинкерных наноцементов

Более чем 25 летний опыт работ по созданию технологии модификации портландцемента в наноцемент, производству опытно-промышленных и промышленных партий нового материала в объеме нескольких млн.т позволил разработать впервые в мире нормативную базу наноцементов.

Результаты сертификационных испытаний наноцементов с применением существующих ГОСТ показали их полное соответствие разработанным дочерней фирмой ОАО «Московский ИМЭТ - ЗАО «ИМЭТ» ТУ – 5733-067-66331738-2012 «Наноцемент общестроительный .Технические условия». Наноцементы, сохраняя стандартные сроки схватывания, отличаются от базового портландцемента большей удельной поверхностью, при полном сохранении равномерности изменения объема и значительно более низкими значениями нормальной густоты цементного теста (в среднем, 17 – 20 % вместо 26 — 27 % у базового портландцемента). При столь низкой водопотребности цементно-песчаные смеси характеризуются весьма высокой подвижностью (расплыв конуса у всех составов наноцемента 145 – 153 мм против 115 мм у исходного портландцемента - табл.1).

По основным показателям - темпам твердения и прочности на сжатие и изгиб все составы наноцементов превосходят базовый портландцемент по всем строительно-техническим свойствам,позволяя повысить класс цемента с 42,5 — 52,5 до 72,5 – 82,5.Темп твердения наноцементов в нормальных условиях беспрецедентный для портландцементов .Так наноцемент 90 уже в двое суток позволяет в цементном камне достичь рекордные показатели: прочности на сжатие 53,8 МПа,а на изгиб 7,1 МПа ,а наноцемент 75 уже в 7 суток нормального твердения позволяет получить в камне прочность на сжатие 68,5МПа ,а на изгиб 8,0 МПа .

Особенно важным является интенсивный набор прочности цементного камня на основе малоклинкерных энергосберегающих наноцементов в начальные сроки твердения - так наноцемент 55, имеющий в своем составе только 55% мас. наномодифицированного портландцемента, в двое суток нормального твердения показал в камне прочность на сжатие 49,3 МПа, а на изгиб 6,3 МПа, достигнув в 28 суток твердения прочности на сжатие 77,5 МПа и на изгиб 8,2 МПа (табл 1).

Анализ результатов промышленных выпусков различных цементов, приведенный в табл.1 показывает, что применение технологии нанокапсуляции позволяет снизить в цементе количество дорогого цементного клинкера в три раза с получением марочной прочности цементного камня (в 28 суток твердения) превышающей таковую для цемента без добавок .

В табл. 1 приведены результаты сертификационных испытаний наноцементов различного состава на основе модифицированного портландцемента ПЦ-500 Д 0Н ЗАО «Осколцемент» и указанного ординарного портландцемента при вариациях его содержания внаноцементах от 90 до 30 % масс.,проведенные в 2012 году ГУП«НИИМОСстрой» совместно с АНО «НАНОСЕРТИФИКА».

В 2012 году осуществлена сертификация наноцементов шести видов в АНО «НАНОСЕРТИФИКА» при ОАО «РОСНАНО», подтвердившая полное соответствие производимых наноцементовТУ – 5733-067-66331738-2012 «Наноцемент общестроительный .Технические условия».

Впервые в мире наноцементы определены как наносодержащая продукция класса Б, подтверждено наличие нанооболочки на зернах цемента и получены сертификаты соответствия нананоцементов,разделенных по качеству на классы: 82,5; 72,5 ; 62,5 ; 52,5;42,5 и 32,5 .На полученных сертификатах приведены данные испытаний безопасности производства и применения наноцементов.

Разработанная впервые в мире технология малоклинкерных наноцементов дает возможность радикального, в 2 -3 раза, уменьшения удельных затрат топлива и выбросов NOx,SO2 и СО2 на тонну цемента за счет снижения содержания портландцементного клинкера в таких малоклинкерных наноцементах до 30-45 % с сохранением строительно-технических свойств бездобавочного портландцемента (табл.1).

Полученные характеристки марочности наноцементов наиболее высокие за всю историю мировой цементной промышленности. Достигнутые показатели являются высшим достижением в технологии цемента по сочетанию энергосбережения и качества .

Весьма важным является промышленная безопасность производств и примемения наноцемента,подтвержденная работой и экспертизами специализированных организаций и полученнымии сертификатами АНО «НАНОСЕРТИФИКА».

Новый подход значительно меняет представления о потенциале цементов как вяжущих веществ, повышает эффективность их применения при реализации явления нанокапсуляции в 2-3 раза., позволяет использовать тонкодисперсные минеральные добавки как активный реагент формирования цементного камня. Наноцементы позволили углубить и развить представления о морфологии и свойствах цементов, их способности к гидратации и твердению , дать объяснение на атомарном и молекулярном уровнях о процессах формирования гидросиликатного цементного камня в бетонах с оригинальной микроструктурой, создаваемой методом молекулярного наслаивания .

Малоклинкерные наноцементы – наноцементы 30,35,45,55(табл.1) при обеспечении высоких строительно-технических свойств цементов позволяют не только снизить до 2-3 раз удельные затраты топлива и выбросы СО2 на тонну цемента, но и значительно снизить их себестоимость .

Таблица 1

Строительно-технические характеристики наноцементов,испытанных на соответствие ТУ 5733-067-66331738-2012«Наноцемент общестроительные. Технические условия».

( Испытательная лаборатория ГУП «НИИМострой», 2012г.)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование  пробы | Предел прочности в МПа  образцов нормального твердения | | | | | | Нано-оболочка, толщина,  nm | Удельные показатели\*\*  на тонну цемента, кг | |
| в возрасте  2 суток | | в возрасте  7 суток | | в возрасте  28 суток | | затраты  топлива | выброс СО2 |
| при  изгибе | при  сжатии | при  изгибе | при  сжатии | при  изгибе | при  сжатии |
| портландцемент  исходный  ПЦ-500 ДО-Н  «Осколцемент»  партия №654 | 2,9 | 21,3 | **-** | **-** | 6,4 | 54,4 | Отсутст-  вует | 200 | 1070 |
| НАНОЦЕМЕНТ 90\*  К 82,5 | 7,1 | 53,8 | 8,0 | 72,6 | 8,7 | 82,7 | 30-120 | 180 | 960 |
| НАНОЦЕМЕНТ 75  К 72,5 | 6,9 | 54,7 | 8,0 | 68,5 | 8,5 | 77,8 | 30-115 | 150 | 802 |
| НАНОЦЕМЕНТ 55  К 62,5 | 6,3 | 49,3 | 7,5 | 65,4 | 8,2 | 77,5 | 15-100 | 110 | 588 |
| НАНОЦЕМЕНТ 45  К 52,5 | 4,8 | 39,9 | 6,7 | 57,4 | 7,9 | 68,1 | 18-95 | 90 | 481 |
| НАНОЦЕМЕНТ 35  К 42,5 | 3,9 | 30,7 | 5,8 | 46,6 | 7,2 | 61,4 | 15-100 | 70 | 374 |
| НАНОЦЕМЕНТ 30  К 32,5 | 3,0 | 20,4 | 5,6 | 46,4 | 7,6 | 52,1 | 14-85 | 60 | 321 |

*\* -* Цифра здесь и далее означает количество портландцемента в наноцементе,

остальное тонкомолотый, вместе с цементом, кварцевый песок

*\*\* -* Материалы минеральных добавок для упрощения расчетов считаются сухими,

для базового цемента учтен мокрый способ производства

Получение наноцементов и бетонов на их основе позволяет радикально продвинуть возможности совершенствования и производства более качественных цементов и бетонов, энергосбережения и утилизации различных промышленных отходов, использования некондиционных нерудных материалов, существенного снижения выбросов СО2 с одновременным увеличением объемов производства основных строительных материалов современности .

При этом весьма важной для улучшения экологической обстановки является установленная возможность эффективного применения в производстве малоклинкерных наноцементов промышленных отходов в виде шлаков, зол различных предприятий энергетики, металлургии и других отраслей промышленности, терриконы из которых занимают значительные земельные участки вокруг крупных городов. При этом цементный клинкер заменяется в цементе на значительные объемы шлаков, зол и мелкозернистых песков , решая одновременно важную экологическую проблему переработки промышленных отходов в виде шлаков, зол и некондиционного природного мелкого и крупного заполнителей бетона.

Достаточно указать на то, что в России объемы шлаков и зол в терриконах достигли 80 млрд. т и продолжают ежегодно возрастать, как и в КНР, Индии и других развивающихся странах.

Таким образом , реализация технологии наноцементов позволяет комплексно решить как вопросы энергосбережения в столь энергоемкой отрасли как цементное производство ,проблемы повышения качества и объемов выпуска цемента – главного строительного материала и улучшить экологическую обстановку за счет эффективной переработки в малоклинкерные наноцементы значительных объемов основных промышленных отходов – шлаков и зол.

Реализация технологии малоклинкерных наноцементов дает реальную возможность:

*- снизить удельные затраты топлива на тонну цемента на 40-60 кг;*

*- радикально – в 1,5-2 раза повысить качество цемента при снижении его расхода в бетонах;,*

*- в 1,5- 1,7 увеличить объемы производства на любом цементном заводе без строительства*

*переделов по обжигу клинкера – только за счет развития помольных отделений ;*

*- создать компактные технологические линии по модификации портландцементного клинкера*

*или цемента в малоклинкерные наноцементы на предприятиях по производству бетона ;*

*- снизить удельные выбросы NOx,SO2и СО2 действующими цементными заводами на тонну*

*наноцемента на 30-40 % ;*

*- увеличить сроки возможного хранения наноцементов с 2 месяцев по международному и*

*российскому стандартам до года и более ;*

*- снизить себестоимость производства цементов на 20 – 25 %;*

*-уменьшить стоимость бетонов на наноцементах за счет снижения расхода портландцемента*

*и применения местных нерудных с экономией затрат в пределах от 500 до 1000 руб на куб м*

*бетонной смеси.*

Полученные характеристики бетонов на наноцементах по своим строительно-техническим характеристикам демонстрируют возможность радикального повышения качества бетонов в России, до уровня, превышающего мировой . Особенно важной в плане энергосбережения при производстве цемента и совершенствовании технологии бетона является перспектива производства малоклинкерных наноцементов, которая дает возможность радикального уменьшения удельных энергозатрат на тонну цемента за счет снижения содержания портландцементного клинкера в таких цементах до 35-45% масс. с сохранением высоких строительно-технических свойств материалов .

*Освоение технологии наноцементов позволит изменить всю стратегию развития мировой цементной промышленности, увеличить объемы мирового производства цемента в 1,5-2,0 раза без строительства новых цементных заводов и сырьевых карьеров, только за счет расширения мощности помольных отделений.*