



Механизмы воздействия механохимической модификации портландцемента на свойства бетона для возведения тоннелей метрополитенов

Mechanisms of influence of mechanochemical modification at the properties of Portland cement concrete for the construction of subway tunnels

Кузьмина Вера Павловна, Академик АРИТПБ, кандидат технических наук, генеральный директор ООО « Колорит-Механохимия » - Технический эксперт Союза производителей сухих строительных смесей. kuzminavp@yandex.ru

Kuzmina Vera Pavlovna, Ph.D., Academician ARITPB, the General Director of Open Company " Colourit-Mehanohimia " - the Technical expert of The Union of manufacturers of dry building mixes.

В статье рассмотрены механизмы воздействия механохимической модификации портландцемента на свойства бетона для возведения тоннелей метрополитенов. При изготовлении бетонов и строительных растворов на основе наномодифицированных и механоактивированных пластифицированных портландцементов и последующем их твердении под землёй при температуре пять-десять градусов по Цельсию формируются строительные конгломераты многоуровневого строения: макро-, микро-, нано- уровней. При этом пластификация портландцемента замедляет процесс твердения на пять суток. Если не учитывать этого обстоятельства, то можно получить срыв сроков строительных работ при проходке тоннелей метрополитенов.

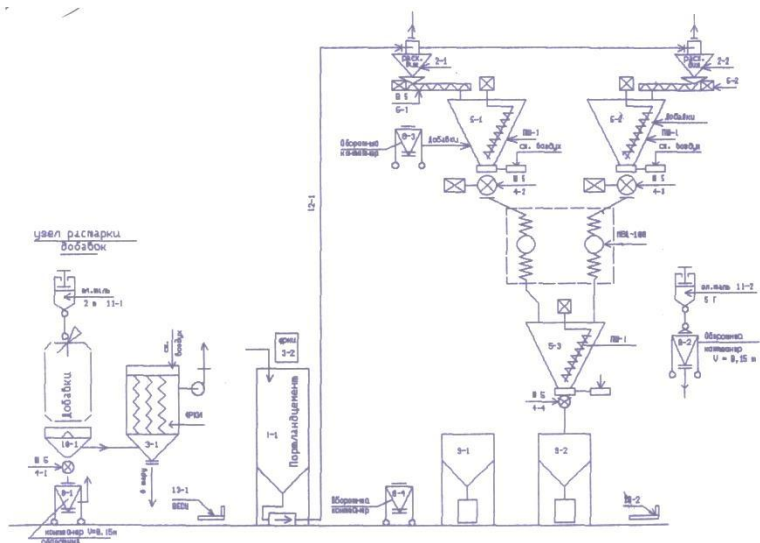


Рис. 1. Аппаратурная схема помольного модуля для наномодификации особобыстротвердеющего высокопрочного портландцемента способом механоактивации

В.П. Кузьмина, Академик АРИТПБ, к.т.н. Механизмы воздействия механохимической модификации портландцемента на свойства бетона для возведения тоннелей метрополитенов

Формирование бетонного строительного конгломерата многоуровневого строения (макро-, микро-, нано-) было выполнено по третьему типу реакций:

«НОУ-ХАУ» СМЕШАННЫЕ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТНЫЕ ВЯЖУЩИЕ С МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ДОБАВКАМИ, а именно: суперпластификатор «С» - натриевая соль полиэтиленполинафталинсульфокислоты, смесь линейного и сложного эфиров целлюлозы, нанодобавка для ускорения пуццолановой реакции с образованием низкоосновных силикатов кальция для связывания реакционного гидроксида кальция.

1:1 = тонкомолотый высокопрочный механоактивированный портландцемент + модифицированный вышеуказанными добавками при механоактивации пластифицированный портландцемент марки «500», класс 42,5.

Механоактивированный премикс: Микрокремнезем + нанокремнезём - 0,1-5,0+0,0001-0,0005; суперпластификатор механоактивированный - 1,0-3,0; доменный шлак до 40,0 мас.%; смесь эфиров целлюлозы - 0,1-3,0. Остальное – заполнители крупно- и мелко- зернистые.

В результате применения нан модифицированных механоактивированных при ускорении, превышающем земное притяжение 9,8 g до снижения межфазовой энергии, тонкомолотого и пластифицированного механоактивированных портландцементов в равнозначных долях была достигнута оптимизация структуры бетона, как тяжёлого, так и мелкорернистого портландцементов. При этом были отрегулированы сроки схватывания смешанного гидравлического вяжущего, была значительно уплотнена контактная зона в бетоне между искусственным камнем и заполнителем. Прочность бетона возросла до 1000 кг/см², т.е. до 100 Мпа. Патент РФ № 2094404.



Фото автора 48. Виброцентробежная мельница производительностью 5 т/ч

В.П. Кузьмина, Академик АРИТПБ, к.т.н. Механизмы воздействия механохимической модификации портландцемента на свойства бетона для возведения тоннелей метрополитенов



Фото автора 3336. Виброцентробежная мельница производительностью 1 т/ч

В.П. Кузьмина, Академик АРИТПБ, к.т.н. Механизмы воздействия механохимической модификации портландцемента на свойства бетона для возведения тоннелей метрополитенов

Схема вращения рабочего барабана ВЦМ по патенту DE 2631826 C2 // B 02 C 17/14 и B 02 c 17/08

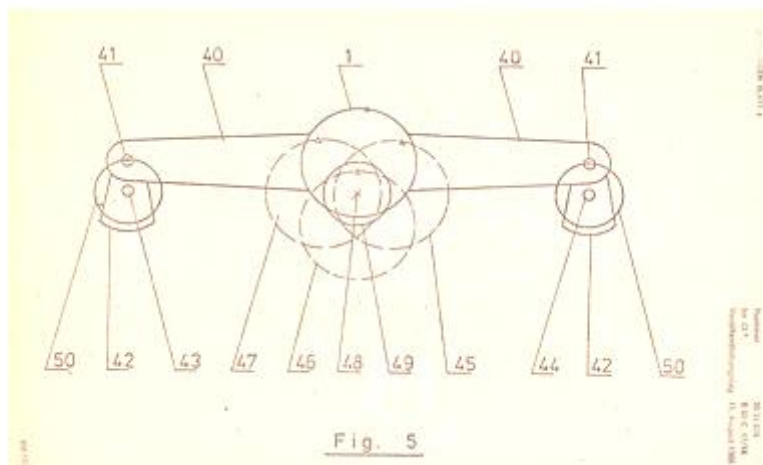


Рис. 2

Технология относится к производству строительных материалов, к получению высокомарочных быстротвердеющих литевых цементов с пластифицирующими, водоудерживающими, наноразмерными добавками, и может быть использовано при изготовлении железобетонных изделий и конструкций без пропаривания, крепежных сводов при проходке подземных тоннелей при температуре 5-10°C, а также для изготовления штучных тонкостенных высокопрочных изделий сложного профиля в виде блоков щитовой проходки тоннелей метрополитенов. Суперпластификатор «С-3» предварительно подвергают активации в виброцентробежной мельнице при ускорении превышающем 9,8 g. Для получения особобыстротвердеющего портландцемента в качестве исходного берут 100%- ный портландцементный клинкер, а для тонкомолотого механоактивированного быстротвердеющего портландцемента и шлакопортландцемента при помоле вводят дополнительно минеральную добавку кремнезёма в смеси с нан кремнезёмом в количестве до 5 мас.% и доменного шлака в количестве 5-40 мас.%, в зависимости от марки цемента. Для обеспечения возможности использования цементов при низких температурах при помоле целесообразно вводить противоморозные добавки в количестве не более 5% от исходной массы.

Опытно-промышленное опробование технологии было выполнено при возведении опережающего свода и выполнении щитовой проходки на одной из строящихся линий ленинградского метрополитена с участием Н.Н. Теленкова, представителя дирекции строящегося метрополитена, и завода «Метробетон» под руководством Кондратенко В.В. <http://www.metrostroy-spb.ru/about/structure/part9/>.

В.П. Кузьмина, Академик АРИТПБ, к.т.н. Механизмы воздействия механохимической модификации портландцемента на свойства бетона для возведения тоннелей метрополитенов

«Холодный бетон» получали на основе тонкого и пластифицированного механоактивированных портландцементов.

При этом полученный особобыстротвердеющий цемент обладал литьевым свойством при затворении с водой, продолжительность перемешивания и растирания цементно-песчаного раствора (1:1) составила 7 мин, при этом прочность цемента при сжатии достигала 200 кгс/см² (19,5 МПа) через шесть часов после затворения и 500 кгс/см² (49 МПа) через одни сутки.

Марка цемента	Предел прочности кгс/см ² (МПа) (испытание по ГОСТ 310.4)				Подвижность цементнопесчаного раствора 1 : 3 при В/Ц=0.4
	При изгибе в возрасте		При сжатии в возрасте		
	3 суток	28 суток	3 суток	28 суток	
500 (Д40)	40/3.9	65 /6.4	280/27.5	500/49	240
550 (Д20)	45/4.4	70/6.9	310/30.4	550/53.9	230
600 (Д5)	50/4.9	75/7.4	340/33.3	600/58.8	210
700 (ДО)	70/6.9	90/8.8	500/49	700/686	200

Получен высокопрочный строительный конгломерат многоуровневого строения с динамической самостерилизацией композиции и повышенной устойчивостью изделий к биологической, электро- и химической коррозии за счёт применения нанокompозитной добавки с высокими физико-механическими свойствами.

Высокая кинетика твердения и прочность, а также текучесть и удобоукладываемость бетона позволяют успешно применять литьевые портландцементы и шлакопортландцементы быстротвердеющие, а также особобыстротвердеющий портландцемент при изготовлении высокопрочных изделий сборного железобетона щитовой проходки или монолитных конструкций с повышенным армированием без пропаривания, а также для производства ремонтных работ мостов, дорог и других сооружений, крепежных сводов при проходке подземных тоннелей при температуре от +5 до +10°C.

Анализ принципов построения станций метрополитенов мира (См. Матвей Гречко / Засекреченные линии метро Москвы в схемах, легендах, фактах / м. 2011. Издательство Астрель, ООО) позволяет с особой ясностью осознать необходимость обеспечения строительства метрополитена новыми

Кинетика твердения «Холодного бетона» во времени
Таблица 2

Условия тверде- ния	Предел прочности, кгс/см ² , (Мпа), соотношение цемента к песку 1:1, (осадка стандартного конуса не менее 10 см)							
	При изгибе в возрасте:				При сжатии в возрасте:			
	6 ч.	1 сут.	3 сут.	28 сут.	6 ч.	1 сут.	3 сут.	28 сут.
ГОСТ 3104 п.2.2.5	30/ 2.9	55/ 5.4	80/ 7.8	100/ 9.8	200/ 19.6	500/ 49	600/ 58.8	900/1000 88.2/98,0
ГОСТ 310.4 п.2.2.6- 1, далее твердение в холоди- льной камере при +5 - + 10 °С	30/ 2.9	55/ 5.4	70/ 6.9	90/ 8.8	200/ 19.6	400/ 39.2	500/ 49	800/900 78.4/88,2

инновационными материалами. Задачи стоят сложные. Обеспечение передвижения огромных масс людей под землёй требует новых подходов в устройстве многокилометровых тоннелей под плотной застройкой города. Без расширения зон действия метро огромные мегаполисы задохнутся в пробках стоящего транспорта при малейших сбоях наземного движения.

При строительстве метрополитена учитывается огромное количество факторов, сопутствующих или препятствующих решению сложных инженерных задач при проектировании каждой конкретной станции.

Если в Москве метродворцы поражают воображение туристов, то в Санкт-Петербурге основные капиталовложения уходят на обеспечение безопасности движения. Отделка вестибюлей метро более скромная. В странах центральной Европы встречаются примитивные станции. Такой красоты, как российские вестибюли метрополитенов, трудно сыскать. Например, станция Сибирская в Новосибирске украшена такими искусными картинами из мраморов различных цветов, что можно водить экскурсии, как

В.П. Кузьмина, Академик АРИТПБ, к.т.н. Механизмы воздействия механохимической модификации портландцемента на свойства бетона для возведения тоннелей метрополитенов

в геологическом музее с целью изучения многообразных цветных пород мрамора Сибири.

К каждой станции – свой подход, свой образ красоты. Московское метро – это подземный музей с выдающимися образцами декоративно-прикладного и изобразительного искусства эпохи социалистического реализма.

Станция мелкого заложения – обобщающее название нескольких типов подземных станций метрополитена, отличительной особенностью которых является минимальная глубина, непосредственно ниже точки промерзания грунта. Строительство такой станции может вестись открытым способом, т. е. в укрепленном котловане.

Выделяют следующие типы станций мелкого заложения:

- колонные трехпролетные – с двумя рядами поддерживающих колонн вдоль путей, их жаргонное название – «сороконожки»;
- колонные двухпролетные – с одним рядом колонн посередине платформы;
- односводчатые – то есть вообще без поддерживающих колонн с одним широким сводом над платформой и путями. Их стали строить совсем недавно;
- однопролетные – они похожи на односводчатые, т. е. без колонн, но не имеют красивых сводов, их потолок ровный, горизонтальный, опирается на вертикальные стены.

Станции глубокого заложения расположены глубже 20 метров. С вестибюлем такая станция связывается наклонным ходом с эскалаторами. Строительство такой станции ведется чаще всего через шахтный ствол, затем к станции проводятся тоннели, а на последнем этапе сооружается вестибюль с наклонным ходом.

Выделяют следующие типы станций глубокого заложения:

Станции без центрального зала. Такими были «Кировская», «Павелецкая» радиальная, «Лубянка»... Не имея еще опыта возведения больших залов на большой глубине, инженеры ограничивались маленькими зальчиками у эскалаторов и несколькими довольно узкими проходами между платформами, прорубленными в массиве. Такие станции были надежными, но очень неудобными, и конечно, их пришлось перестроить.

Пилонная – почти такой же старый тип. Такая станция состоит из трех независимых залов – двух платформ и центрального, отделенных друг от друга рядом пилонов (столбов очень большого сечения) с проходами между

ними. Эта конструкция лучше всего противостоит давлению толщи земли, однако узость проходов делает ее неудобной в часы пик.

Колонная – похожа на пилонную, только колонны уже пилонов. Первой в мире колонной станцией глубокого заложения стала открытая в 1938 году в Москве «Маяковская».

Односводчатая – по внешнему виду точно такая, как одноименная станция мелкого заложения. Станция состоит из следующих конструктивных элементов: свод, набранный из обжатых в поруду омоноличенных железобетонных блоков, опорные тоннели с бетонной подушкой и обратный свод. В Москве только одна такая «глубокая» станция – «Тимирязевская», в Петербурге таких станций несколько.

Бывают еще станции закрытого типа, но в Москве их нет, зато много в СанктПетербурге. У таких станций боковых залов нет вообще, свод опирается на мощные пилоны, между которыми располагаются раздвижные двери. Искусство машиниста состоит в том, чтобы подогнать двери вагонов поезда к дверям станции. Порой случаются ошибки, и тогда пассажирам приходится проталкиваться в узкие щели.

Двухъярусная пересадочная односводчатая станция в России всего одна и не в Москве. Это станция «Спортивная» в СанктПетербурге. Предполагалось, что поезда в ней будут прибывать на два нижних и два верхних пути, объединенных одним центральным залом, что сделает удобной пересадку. Но к сожалению, в качестве пересадочной она сейчас не используется.

Выводы

1. В настоящий момент сложилась ситуация для динамичного развития побочных производств инновационной продукции на заводах строительной индустрии.

2. Механохимические технологии позволяют получать десятки видов новой дорогостоящей патентно-лицензионной продукции при использовании основного сырья строительного производства.

Такой продукцией являются: высокомарочные («600», «700») пластифицированные цементы общестроительного и специального назначения, цементы для литья высоко армированных портовых сооружений, мостов, сухие строительные смеси(ССС) для литья полов.

3. Анализ патентной ситуации по данному вопросу свидетельствует о перспективе бурного развития производств с применением механохимических процессов на ближайшие двадцать лет.