

## ЧТО ЖЕ БУДЕТ ДАЛЬШЕ? (ЦЕМЕНТНАЯ ЭКСТРУЗИЯ)

Василик П.Г., ООО «Еврохим-1 Функциональные Добавки»

В данной статье мы порассуждаем на тему, каким образом строительные материалы, добавки и технологии дня сегодняшнего можно адаптировать и применить в дне завтрашнем.

Психологические фазы развития кризиса хорошо изучены. Одной из них является принятие новой реальности. Изменения, которые происходят на наших глазах, носят фундаментальный характер, а осознание, что фантастика пришла в нашу жизнь, пока носит только поверхностный характер. Это наблюдается при общении с ведущими специалистами строительной отрасли, технологами, предпринимателями. Электромобили и 3D-принтинг уже не являются игрушками, а элементы народного хозяйства.

В этой связи технологии, обеспечивающие быстроту возведения зданий и минимизацию трудозатрат (выраженную в сокращении человеко-часов) - это то, что будет развиваться быстрыми темпами уже в ближайшее десятилетие.

При этом неизбежные климатические изменения с каждым годом ужесточают государственное регулирование выбросов в атмосферу, что в свою очередь может кардинально изменить подходы и в строительстве, и в проектировании зданий. Это приведет к появлению доли малоэтажного домостроения, возведенного по технологии 3D-печати на основе гипсо-цементно-пуццоланового или гипсового вяжущего в зависимости от климатической зоны.

Почему? Расход условного топлива на производство гипса в 3-5 раз меньше, чем у цемента. Дома по каркасным технологиям, обладая низкой инерционностью, менее комфортны для проживания при значительных суточных колебаниях температур, имеющих место на большей части территории РФ. А дома из керамических изделий — это намного больше человеко-часов на возведение.



Рисунок 1. 3D-печать здания

**3D-печать - это трехмерная экструзия.**

**Какие требования предъявляются к растворам по экструзии?**

1. Материал после фильеры должен сохранять заданную геометрию, несмотря на внутренние напряжения, гравитацию.

2. Быстрое твердение, быстрый набор конструктивной прочности, чтобы выдерживать последующие слои.

**Что же мы уже можем предложить будущему?**

Уже сегодня имеется широкий ассортимент эфиров целлюлозы Южнокорейской фирмы Lotte Fine Chemicals (в недавнем прошлом Samsung Fine Chemicals) торговой марки Mecellose для экструзии цементных и керамических изделий.



Рисунок 2. Экструзия цементных и керамических изделий.

Эфиры целлюлозы в данном случае выступают и как лубрикант - смазка для снижения сдвиговых напряжений при прохождении раствора через фильеру - формирующую головку экструдера, и как фиксатор линейных размеров после выхода раствора - за счет высокой тиксотропности. Эти материалы широко применяются при производстве керамических катализаторов и цементных тонкостенных изделий, но могут также подойти к рассматриваемой технологии 3D печати.

Другим перспективным направлением представляется использование модифицированных бентонитовых глин. Фирма ВУК Chemie производит бентонитовые глины марки Optibent. Это вскрытые глины с высокой скоростью набора консистенции. За счет пластинчатой структуры они также выступают как смазка и как ассоциативный загуститель.

Существуют Optibent с различным уровнем дополнительной химической модификацией, как с повышенной тиксотропностью (Optibent 987, 1056 для цементных плиточных клеев классов С0ТЕ), так и, например, гидрофобные (Optibent NT10 используется в полимерных и цементных шпатлевках). В исследуемой технологии данные добавки, в зависимости от модификации, не только позволят снизить себестоимость смеси, но и получить дополнительные свойства.

И конечно большим подспорьем в исследуемом составе будет дьютановая камедь фирмы CP Kelco - Kelco-Crete. Это также ассоциативный загуститель с очень низкой дозировкой и высоким откликом на снятие сдвига. Келко-крет широко применяется в производстве самовыравнивающихся полов. При расходе 0,03-0,05% по воде он полностью позволяет стабилизировать высокоподвижные системы. При этом дьютан очень мало влияет на гидратацию, что позволяет более точно подбирать рецептуру и получать более высокую раннюю прочность.

Также стоит обратить внимание, что растворы и Optibent, и Kelco-Crete не меняют своей вязкости в зависимости от температуры.



Рисунок 3. Полы

Итак, раствор мы выдавили, что же со схватыванием и твердением?

Чтобы высокоактивные гипсовые шламы не схватывались в смесителях при производстве гипсокартона и пазогребневых плит применяют полипептидные замедлители - Plast Retard PE, L, Нусон R7200. Эти продукты, в отличии от кислот, замедляют именно начало схватывания, не увеличивая раздвижку между началом и концом. Это важно и для производства гипсокартона, так как сердечник должен схватиться до захода листа в сушило, и для пустотелых, и пазогребневых плит - при этом возрастает оборачиваемость форм. В этих технологиях замедлителя очень мало, только для того, чтобы сократить количество остановок линий на чистку смесителей и для времени формирования изделия. Так как процесс формирования единой матрицы здесь гетерогенный и гетерофазный, то можно активизировать систему как за счет зародышеобразователей - субстрата для начала роста кристаллов, так и за счет привычных солей - поставщиков дополнительных ионов. В качестве зародышеобразователей для гипса выступает стабилизированный тонкомолотый двуводный первичный или вторичный гипс, а для цемента - искусственно синтезированный (немецкой фирмой BASF) гидросиликат кальция Нусон S 3200 F, S 6100 F.

Данные продукты позволяют сместить начало схватывания. Двуводный гипс в комбинации с винной кислотой позволяет увеличить временной интервал между началом и концом схватывания в гипсовых штукатурках. Нусон S 3200 F и S 6100 F были созданы для замены системы глиноземистый цемент + карбонат лития в быстрых цементных составах. Используя набор из замедлителя, зародышеобразователя и ускорителя, технологи на высокоскоростных линиях (50 м/мин и выше!) по производству гипсокартона достигают поразительной точности в регулировке кинетики гидратации.

**А что у нас с прочностью?**

В 2009 году при исследовании различных типов Melflux - поликарбоксилатных пластификаторов немецкой фирмы BASF Construction Solution, в рецептурах с альфа-гипсом Самарского гипсового комбината, были получены удивительные результаты. При

концентрациях, намного превышающих рекомендуемые, при медленном твердении были получены прочности от 60 до 85 МПа. При этом образцы получились практически с нулевыми показателями по водопоглощению и с коэффициентом размягчения близким 1. Кроме того, если при применении поликарбоксилатов в производстве самовыравнивающихся полов (высокоподвижных составов) на основе комплексного вяжущего, производители ССС, как правило, редко изучают вопрос влияния на гидратацию и на дефектность кристаллов, то при экструзии или 3D-принтинге необходимо использовать только продукты, которые сами по себе не несут отрицательного влияния в процесс формирования матрицы, такие как Melfux 5581 F или новый Melflux 5691, которые позволяют и на Г-3 получать полы с высокой подвижностью (140-150 мм из кольца 30x50 мм) и прочностью M150.

Об этом смело можно говорить ввиду того, что полы на гипсо-цементно-пущолановом вяжущем популярны пока только в России, и до недавнего времени только у нас знали эти рецептуры. Поликарбоксилаты, созданные специально для производства гипскартона оказались очень чувствительны к глине с высоким катионным зарядом, извечным спутником месторождений гипса, да и ввиду падения стоимости газа на данный момент поставляются только в США.

#### **Можем ли мы гарантировать обещанные свойства смеси во времени?**

К сожалению, ввиду того, что вяжущие во времени меняют свой фазовый состав, да и появляющиеся кристаллогидраты приносят изменения, а сроки схватывания и твердения при данной технологии очень важны, то возможно замедлители и ускорители будут подаваться к смеси отдельно.

#### **Можем ли регулировать открытую пористость, соотношение крупных и мелких пор, влиять на водостойкость?**

Уже сегодня комбинируя анионногенные (Esapon 1214, ASKO 93) и неионногенные (Esapon 1850) ПАВ можно регулировать и кратность пены, и размер пор, а с помощью комбинации газообразователей и пеногасителей (Vinaror 9010 F) контролировать и открытую пористость. Водостойкость повышается и за счет введения силан-силоксановых гидрофобизаторов (сегодня на рынке есть и сухие продукты – Silres Powder S), и за счет повышения плотности системы и уменьшения водопоглощения (кальматация пор и т.д.)

#### **А что с ползучестью, наблюдаемой при увлажнении гипсовых изделий?**

Эта проблема решается с помощью системы - полимерное волокно длиной 0,5-3,25 мм (FRAC 236/040, Rapasea 3,25 мм) + редиспергируемый порошок Vinnapas немецкой фирмы Wacker-Chemie. При этом можно использовать как жесткий полимер Vinnapas 5005N, который широко применяется в плиточных клеях и шпатлевках и позволяет получить хорошую адгезию и когезию после теплового хранения, так и жесткие гидрофобные порошки Vinnapas 8034H и 8031 H. Несмотря на более чем 20-летнюю историю, Vinnapas 8034 H продолжает быть лидером среди гидрофобных жестких порошков с максимальной гидрофобностью.

#### **Заключение.**

Таким образом, мы можем создать высокоплотную и высокопрочную ограждающую поверхность и пенобетон с регулируемыми показателями, меняя только некоторые химические добавки, не меняя или незначительно меняя минеральные компоненты уже в смесителе перед головкой экструдера непосредственно при формировании ограждающей конструкции.

Уже сегодня мы можем предложить технологические решения и создавать материалы с заданной структурой. Мы приглашаем всех творческих людей присоединиться к очень интересной задаче - создавать будущее!