

Александр Черниговский
Заслуженный машиностроитель РФ

Внедрение новых технологий в производство бетонных изделий с целью экономии цемента.

"Экономика должна быть экономной"

Л.И.Брежнев

В статье предложен системный подход к проблеме экономии цемента при производстве бетона с учетом технологических ограничений и возможностей стройиндустрии. Появление новых технологий производства литых и самоуплотняющихся бетонов, а также жестких и сверхжестких бетонных смесей и нового поколения, высокоэффективных пластификаторов на основе эфиров поликарбоксилата – помимо традиционных подходов ведущих к рациональному использованию цемента требуют использования современных методов контроля расходования цемента при производстве бетона. Традиционные методы визуального контроля "по подвижности смеси" не работают, что ведет к нерациональным тратам цемента. В статье показан экономический эффект от использования высокоточных цифровых микроволновых датчиков влажности для выдерживания оптимального состава компонент бетонной смеси и получения бетона высокого качества и заданной прочности при производстве жестких и сверхжестких смесей. Проанализированы основные мероприятия и даны практические рекомендации по оптимизации трат цемента при производстве товарного и конструкционного бетона.

Введение

В последние годы строительная отрасль стала привлекательной для серьезных инвестиций. Ряд домостроительных комбинатов, заводов КПД и ЖБИ уже провел реконструкцию своих производств, приобретя технологические линии преимущественно зарубежного производства. При этом выбор нового оборудования и подход к модернизации оборудования существующего часто определялись не анализом состояния заводского оборудования и оптимизацией имеющихся на рынке предложений, а лишь субъективными факторами (например, реклама или удачный опыт соседнего завода). При наличии серьезных финансовых средств и уверенности в рынках сбыта можно конечно приобретать мобильные РБУ хорошего качества, такие, как ELBA-WERK MASCHINEN-GESELLSCHAFT GmbH, которые предпочитает брать объединение СЗНК, для производства товарного бетона или LIEBHERR. Однако стоимость одного мобильного завода ELBA около 30млн. рублей. За эти деньги можно построить, по крайней мере, 2 отечественных завода не уступающих по надежности зарубежным.

Рост мощностей по производству товарного и конструкционного бетона, особенно, в Московском регионе привел к дефициту основных строительных материалов и в первую очередь цемента, стоимость которого в 2007г превысила более чем в 2 раза среднеевропейскую. Несмотря на все усилия правительства, и сокращение в 2008г. объемов финансирования промышленного строительства, стоимость цемента в ближайшие 2-3 года будет по-прежнему высока. Полный или частичный отказ от цемента, использование шлакощелочных, сульфатно-шлаковых, шлако-глиноземистых, силикальцитных, зольно-шлаковых, комбинированных гипсовых или песчаных (кремниевых) вяжущих, требует создания новых технологических линий и поэтому не рассматривается в этой статье.

В связи с этим я думаю полезно системно рассмотреть проблемы связанные с экономией цемента в увязке с оптимизацией технологического процесса приготовления бетона, особенно с учетом внедрения новых технологий производства литых и самоуплотняющихся бетонов, а также жестких и сверхжестких бетонных смесей. Приведу основные технологические факторы, влияющие на расход цемента:

1. Цемент:

- тонкость помола, водопотребление, соответствие применяемой марке, повышение активности, набор прочности, уменьшение потерь при транспортировании, использование цемента с минеральными добавками.

2. Наполнители:

- выдерживание гранулометрического состава, оптимальная форма зерен, фракционирование заполнителей, доля мелкой фракции, ну и, конечно же, подготовка заполнителей.

3. Минеральные добавки:

- тонкость помола, реактивность, водопотребление, форма зерен.

4. Химические добавки:

- эффективность, совместимость, содержание щелочи и хлорида.

5. Наномодификаторы

- совместимость

6. Технологические параметры:

- точность дозирования компонент, способ перемешивания, транспортировка, укладка и уплотнение бетонной смеси и последующая обработка бетона.

7. Оптимизация состава с учетом технологических и нормативных ограничений.

Сегодняшняя ситуация в России такова, что при минимальном нормативном расходе цемента на 1 м³ бетона, составляющем 220 кг, реально расходуется 350-550 кг. Причем даже лучшие отечественные заводы, работающие на импортном оборудовании, расходуют в среднем на 30% больше цемента, для производства рядовых бетонов, чем аналогичные Европейские на подобные виды продукции. В чем же причины? Рассмотрим последовательно (step by step) влияние перечисленных факторов.

1. Повышение активности цемента

В настоящее время мировая тенденция такова, что на смену традиционным чистым портландцементом приходят цементы с высоким содержанием (больше 35%) минеральных добавок. Таких как доменный шлак, микрокремнезем, летучая зола, известняковая мука, природный и искусственный пуццолан /1/. Целесообразность увеличения доли минеральных добавок в цементах не вызывает сомнений для цементных заводов, в то же время для потребителей цементов она не всегда однозначна.

Благодаря сепаратным технологиям измельчения отдельных компонентов и последующего гомогенного смешивания стало возможным целенаправленно регулировать гранулометрический состав цемента, получать цементы с оптимальной дисперсностью. Однако при нынешнем дефиците цемента в России, говорить о применении цемента соответствующей марки сегодня не приходится. Хорошо, если удастся работать с одним и тем же надежным поставщиком и цементом соответствующим Европейским стандартам. А получить сертификат на поставляемый цемент с фактическими характеристиками по активности, насыпной плотности, дисперсности и другими параметрами, а не разбросом, допускаемым ГОСТом – весьма затруднительно. Поэтому применять минеральные добавки, например доменные шлаки с оптимальной дисперсностью, имеющие функциональную зависимость от

дисперсности цемента могут позволить себе только крупные предприятия, имеющие хорошо оснащенные лаборатории.

Эффективность цемента можно повысить (а, следовательно, снизить его расход), увеличив тонкость его помола. Хорошо известно, что основные свойства цемента, в том числе его активность и скорость твердения, определяются не только химическим и минералогическим составом клинкера, формой и размерами кристаллов алита и белита, наличием тех или иных добавок, но и, в большей степени, тонкостью помола продукта, его гранулометрическим составом, а также формой частичек порошка.

На предприятиях сборного железобетона для того, чтобы бетон как можно скорее достиг распалубочной прочности, часто идут на завышение марки бетона путем увеличения расхода цемента. Можно избежать этого, если использовать вяжущее более тонкого помола: на таком вяжущем твердение бетона в раннем возрасте происходит быстрее. Можно сэкономить цемент и другим путем: ввести в цемент песок, известняк, золу или какой-либо другой наполнитель и с ним осуществить помол цемента. Однако, как показывают исследования /2/, при этом марка вяжущего снижается, хотя и не совсем в прямой пропорции от количества введенного заполнителя. Для получения бетона марок до 200 и даже выше такое вяжущее вполне приемлемо. В зависимости от количества введенного заполнителя (30-50%) можно сэкономить до 30 % цемента.

Так, например, тульские производители дезинтеграторов заверяют /3/, что совместный помол товарного цемента с известняковым порошком и пластифицирующей добавкой, повышает прочность образцов в начальные сроки твердения, не менее чем на 46 %, а при замещении одной пятой части цемента микронаполняющей добавкой, прирост прочности в возрасте 3 суток составит более 90 %.

Однако надо осторожно относиться к таким заявлениям. Можно поверить в эти цифры для долго хранящегося цемента, с тонкостью помола 2000–2500 см²/г и очень плохой гранулометрией цементных зерен, но для цементов с тонкостью помола 3500–4000 см²/г - сомнительно, особенно для цементов с минеральными добавками. Однако, для получения высокоактивного быстротвердеющего цемента необходимо увеличение тонкости помола с обычных 2000–3000 см²/г до 3500–4500 см²/г, в то же время увеличение удельной поверхности цементного порошка сверх 6000 см²/г нецелесообразно.

Измельчение цемента с добавками приобрело характер эпидемии /4/. Качество добавок не контролируется – золы нестабильны и содержат несгоревший уголь. В США стандартом установлен предельный уровень содержания несгоревшего угля в золе для ее утилизации в бетон – 3.5%. При использовании золы вводят дополнительно органические добавки, уменьшающие захват воздуха в бетон угольными частицами. Очевидно, что у нас этого не делают. Высокое качество цемента подразумевает целый набор свойств, а не только 28 суточную прочность на сжатие кубиков. Действительно, тонкий помол увеличивает скорость гидратации и быстрый набор прочности, уменьшает долю непрореагировавшего клинкера в бетоне (в основном C2S). Но в то же время реология цемента сильно меняется и он может уже не иметь свойств, которые позволяют транспортировать его в силоса и далее подавать питателем в бетоносмеситель. Более того, быстрая гидратация может создать проблемы быстрого схватывания.

Для того чтобы обычные заводы смогли внедрить эти технологии, нужны готовые небольшие технологические линии, а не отдельные агрегаты. Некоторые ученые считают выгодным поставлять на заводы цементы в виде клинкера. Помольные отделения обеспечивают наиболее экономичный расход вяжущих, позволяют в качестве минеральных добавок применять местное сырье, в том числе отходы, позволяют вести мокрый домол. Для организации помола могут быть использованы

малогабаритные устройства, располагаемые в бетоносмесительных цехах между дозировочным и смесительным отделениями. В России имеются единичные экземпляры удачных установок, таких как электромассклассификатор (ЭМК), разработки В.В.Зырянова, эффективные магнитные реакторы-диспергаторы с вихревым слоем ферромагнитных частиц (ABC-100, ABC-150) на постоянных магнитах или с использованием переменного электромагнитного поля для активации цемента и наполнителей, дезинтеграторы мокрого помола (рис. 1-2).



Рисунок 1 Аппарат вихревого слоя ABC- 297

При применении ЭМК, понятие "плохая зола" утрачивает смысл, поскольку ЭМК классифицирует золу по размеру и массе частиц. То есть можно отдельно "вырезать" не сгоревший уголь, или разделить золу на пять фракций. Максимальный экономический эффект от внедрения механической активации в технологию производства бетонов, достигается только при правильном сочетании таких параметров обработки, как избирательность помола товарного цемента, оптимальной энергонапряженности процесса смешивания и доступности сырьевых компонентов. Процесс активации цемента это не только получение оптимальной гранулометрии, формы и поверхности цементного зерна, но и обеспечение его полной гидратации

К сожалению, мне неизвестны организации, которые занимаются внедрением таких технологий, хотя желающих модернизировать бетонные заводы хватает.