

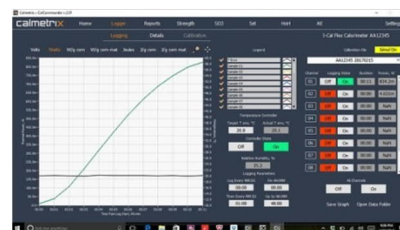
Калориметр изотермический I-Cal HPC для цемента и бетона

Изотермическая калориметрия измеряет тепло, выделяемое цементирующим связующим в качестве индикатора скорости реакции. Поскольку скорость реакции очень важна для таких технических свойств, как обрабатываемость, схватывание и раннее развитие прочности, калориметрия широко используется для разработки новых связующих и смесей, для контроля качества, а также для изучения влияния различных химических примесей и составов связующих на скорость реакции.

Изотермический калориметр I-Cal HPC применяется для исследований и разработки новых цементных продуктов или добавок, процессов и контроля качества на цементных заводах. Жесткий температурный контроль позволяет проводить испытания продолжительностью до 28 дней.

Наиболее важным является тестирование бетона на выявление нежелательных взаимодействий между молекулами сложных примесей и связующими веществами. Кривая термической гидратации строится по мере поддержания постоянной температуры окружающей среды вокруг образца.

Температура окружающей среды вокруг образцов контролируется компьютером с помощью программного обеспечения Calmetrix CalCommander и прецизионных датчиков, измеряющих тепловой поток, генерируемый реакцией гидратации цемента. Данные, генерируемые калориметром, извлекаются и анализируются с помощью программного обеспечения, которое позволяет проводить исследования в "один клик". Общая энергия вычисляется автоматически, формируется отчет в стандартном формате. Возможны функции определения энергии активации, оценки времени установки, прогнозирования прочности при сжатии, теплового гидратационного тестирования и оптимизации сульфатов.



Ячейки калориметра полностью разделены, что снижает перекрестные помехи менее чем на 0,1%. Это делает I-Cal самым эффективным изотермическим калориметром в своем классе. Калориметр I-Cal HPC сводит к минимуму чувствительность к внешним условиям, что дает надежные результаты даже в условиях отсутствия кондиционеров, что является безусловным преимуществом с точки зрения воспроизводимости результатов в полевых лабораториях или помещениях, которые не имеют кондиционирования воздуха.

Изучаемые процессы:

- определение теплоты гидратации цемента согласно ASTM C1702
- обнаружение потенциальной несовместимости материала (между цементом и добавками)
- прогнозирование и оценка прочности на сжатие или времени схватывания;
- тесты чувствительности на температурные колебания
- тестирование и разрешение проблем сульфатного дисбаланса
- оптимизация конструкции смеси, выбор типа и дозировки добавки, СКМ
- устранение неполадок в сложных смесях, выявление потенциальной несовместимости материалов и примесей
- тесты чувствительности к изменениям в составе примесей или других материалов
- определение энергии активации для прогнозирования зрелости, прочности и термической трещины;
- сульфатная оптимизация

	I-Cal 2000 HPC	I-Cal 4000 HPC	I-Cal 8000 HPC
Количество и объем образцов	2 x 125 мл	4 x 125 мл	8 x 125 мл
Рабочие температуры	5 ... 70°C	5 ... 70°C	5 ... 70°C
Стабильность температуры	±0,02°C	±0,02°C	±0,02°C
Макс. время испытаний	28 дней	28 дней	28 дней
Базовая линия (72 часа)*			
- дрейф	< 0,01 мВт/(г/ч)	< 0,05 мВт/(г/ч)	< 0,1 мВт/(г/ч)
- случайный шум	< ±0,5 мВт/г	< ±2 мВт/г	< ±4 мВт/г
Питание	220В / 50Гц	220В / 50Гц	220В / 50Гц
Размеры	43 см x 33 см x 48 см	55 см x 42 см x 56 см	55 см x 42 см x 56 см
Вес	26 кг	47 кг	47 кг

* Базовая линия измеряется при температуре 23°C в течение 3 дней на образце массой 50 г. С помощью процедуры линейной регрессии к данным о зависимости мощности (J/g/s) от времени (h) устанавливается прямая линия. Долгосрочный дрейф-это наклон, а базовый уровень шума-стандартное отклонение вокруг этой линии регрессии.

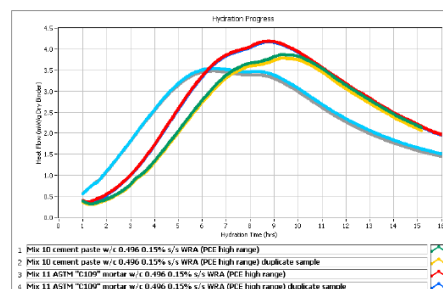
Муждународные стандарты измерений, которым соответствует калориметр I-Cal HPC:

- ASTM C1679 Стандартная практика измерения кинетики гидратации гидравлических цементных смесей с использованием изотермической калориметрии
- ASTM C1702 Стандартный метод испытания для измерения теплоты гидратации гидравлических цементирующих материалов с использованием изотермической электропроводящей калориметрии
- ASTM C563 Стандартное руководство по аппроксимации оптимальной SO₃ в гидравлическом цементе
- EN 196-11 Методы испытаний цемента. Тепловыделение при гидратации. Метод изотермической калориметрии

Пример 1. Энергия смешения

Смешение в бетоне сильно отличается от цементного теста и может привести к очень разным свойствам в присутствии определенных химических добавок, таких как добавки на основе поликарбоксилата. В этом примере показаны различия в скорости гидратации в пасте (зеленая и желтая кривые) в растворе (красная кривая) и в бетоне (голубая кривая) в присутствии одной дозы загустителя.

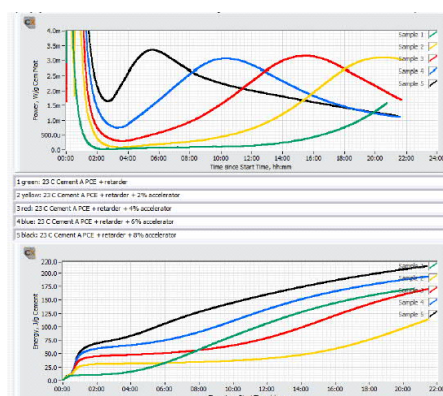
Как видно, образцы на основе пасты, более запаздывают, чем образцы бетона или раствора. Это важно для исследователей, так как эффект смешивания энергии существенно изменит рецептуру и совместимость химических добавок в бетонных или растворных смесях.



Пример 2. Эффективность торкрет-ускорителя

Ускорители торкретирования работают за счет ускоренного образования гидратов алюмината сульфата кальция. Реакционная способность алюминатной и сульфатной фаз в используемом связующем имеет особое значение, оба из которых видны в изотермической калориметрии, что делает его отличным инструментом для оптимизации добавок для торкретирования, а также для выбора связующих для торкретирования.

Этот пример показывает эффективность гидратации цементного вяжущего в присутствии диспергатора, замедлителя (зеленая кривая) и четырех возрастающих доз ускорителя торкретирования (от желтого до черного). Первоначальный экзотермический эффект, измеренный сразу после дозирования ускорителя (первые два часа на верхнем графике), в основном соответствует заданному значению, тогда как основной пик гидратации цемента, возникающий после экзотермического действия ускорителя, коррелирует с развитием прочности.



Относительное влияние ускорителя на развитие силы легче всего визуализировать с помощью графика интегрированной мощности - теплоты гидратации (нижний график)

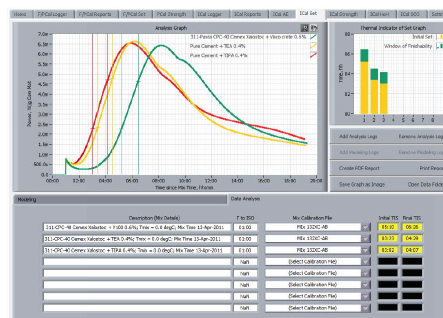
Пример 3. Оценка времени схватывания

Изотермическая калориметрия может использоваться для оценки времени схватывания, поскольку скорости нагрева, показанные на кривой мощности, коррелируют с данными физических испытаний, полученными с использованием стандарта ASTM C403.

В примере зеленая кривая представляет собой смесь портланд-цемента с высокодействующим редуктором воды, желтая кривая - это тот же цемент с 0,4% TEA, а красная кривая - это тот же цемент с 0,4% TIPA.

Запатентованное программное обеспечение Calmetrix I-Cal Set моделирует начальный и конечный набор для каждой смеси, четко показывая влияние каждой добавки на цемент.

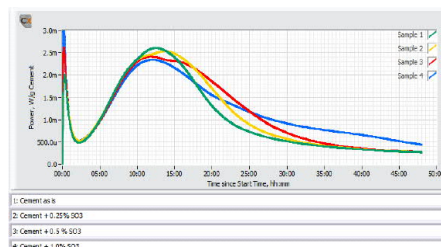
Использование калориметрии может значительно сократить время, усилия и затраты, необходимые для физического тестирования времени схватывания методами проникновения. Кроме того, жесткий контроль температуры в изотермическом калориметре обеспечивает простой способ гарантировать воспроизводимые результаты



Пример 4. Оптимизация сульфата

Многие проблемы неблагоприятного взаимодействия между добавками и другими материалами в бетоне вызваны сульфатным дисбалансом. С помощью изотермического калориметра легко оптимизировать сульфатные формы и общее содержание SO_3 для цемента, как с примесями, так и без примесей в смеси. В этом примере показано влияние добавления SO_3 к цементу без примеси на скорость реакции гидратации.

Цемент чистый (зеленый) не имеет видимого пика истощения сульфатов. Добавление сульфата в (0,25%, 0,5% и 1% на желтой, красной и синей кривых) перемещает истощение сульфата на более позднее время относительно основного пика. Общая энергия увеличивается до достижения оптимального значения, вероятно, между красной и синей кривыми.



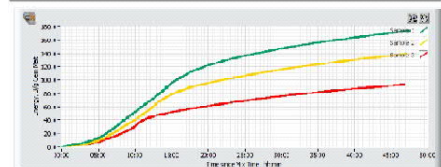
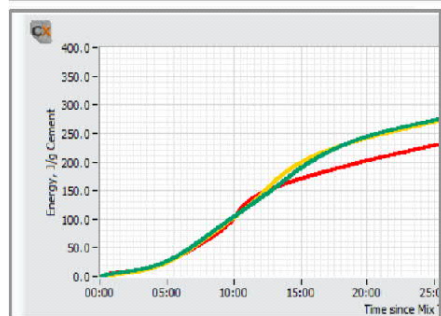
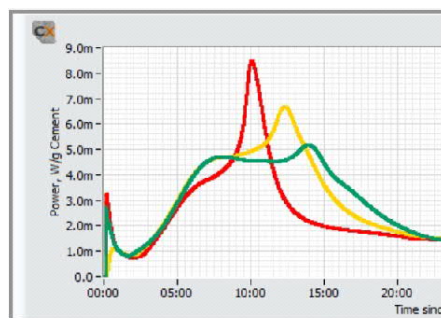
Пример 5. Анализ смесей с высоким уровнем замещения цемента

Калориметрия является удобным инструментом для оценки производительности смешанных цементов. В этом примере мы изучаем три смеси, содержащие 50% (зеленый), 60% (желтый) и 70% (красный) шлака.

Верхний график показывает мощность, нормированную по массе цемента. Узкий и более интенсивный основной пик гидратации указывает на проблему.

На среднем графике показана общая теплота гидратации, также нормализованная по массе цемента. Перекрывающиеся зеленые и желтые кривые показывают, что увеличение шлака от 50 до 60% не нарушает реакцию гидратации цемента. Но красная кривая значительно ниже, что указывает на то, что увеличение с 60% до 70% шлака отрицательно влияет на гидратацию цемента. Это, вероятно, связано с истощением сульфата, поскольку присутствующее в шлаке алюминатное стекло потребляет сульфат в цементе до такой степени, что оно больше не может задерживать реакцию алюмината.

Нижний график показывает теплоту гидратации (энергию) по массе всего связующего (цемент + шлак). Теплота гидратации тесно связана с увеличением силы, особенно в раннем возрасте. Следовательно, ожидается постепенное уменьшение энергии, поскольку известно, что более высокие скорости замещения цемента оказывают уменьшающее влияние на раннее увеличение прочности.



На нашем сайте представлены [лабораторные калориметры для цемента и бетона](#), а также специальный [реометр для цемента Pheso](#). Кроме того, имеются [калориметры для изучения биологических процессов](#) (ферментация, брожение, дыхание и т.п.).