

## ЕСТЬ ЛИ ПЕРСПЕКТИВА У МАРКИ ЦЕМЕНТА?

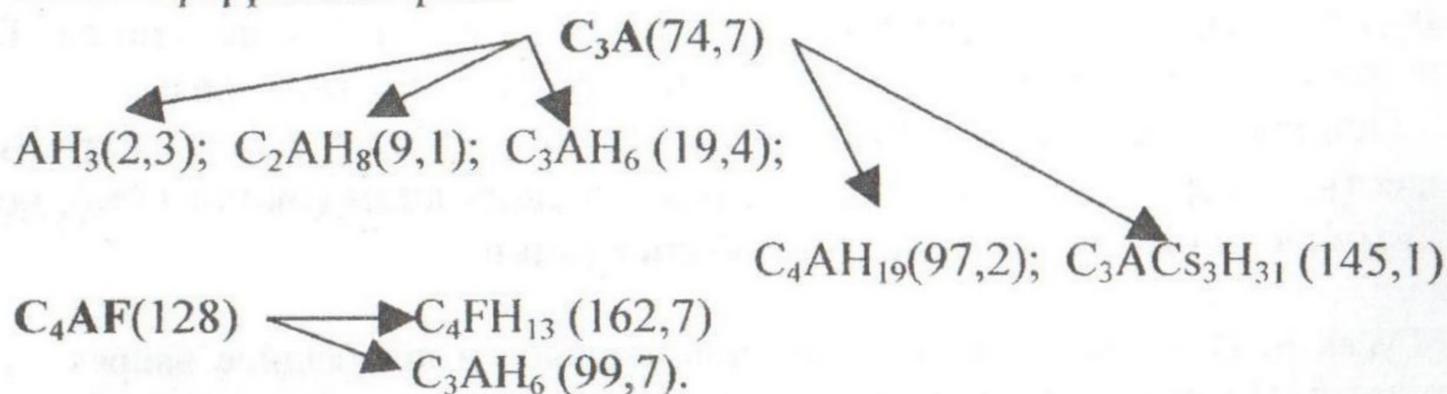
Кучеренко А.А., Кучеренко Р.А. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры. г.Одесса.)

**Поиск основных видов новообразований цемента в зависимости от минералогического состава клинкера и их потребности в зависимости от марки бетона.**

Определение марки цемента имеет ряд недостатков: наличие большого количества условностей (размер образца, влажность, возраст и др.), необходимость в специальном песке, наличие специальной аппаратуры и многое другое. На данном этапе развития технологии бетона это оправдано. Однако несовместимо с нанотехнологией бетона. Конструирование бетона от атома к молекуле, от оксидов к минералам цементного клинкера, от минералов к новообразованиям изделия не потерпит вольностей и условностей на этом пути. Только химия исходного цемента, количество и качество его определит химию конечного продукта, долговечность и прочность его. И только с учетом условий и режимов преобразования этих веществ на пути от активных минералов к зрелым гидроминералам.

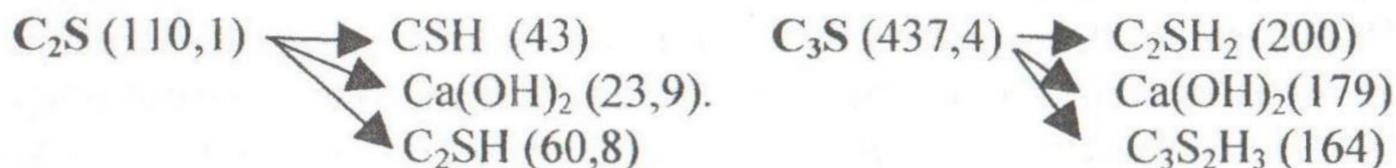
Основная группа минералов цементного клинкера дает следующие [1] и в количестве [2] гидроминералы (в скобках - количество в г/кг цемента).

Алюмоферритная фаза:



Алюмоферритная фаза в заметном количестве поставляет:  $C_4FH_{13}$  - 13,5%; гидроалюминаты ( $C_3AH_6$  и  $C_4AH_{19}$ ) в количестве 18%; эттрингит - 12,1% от суммы всех новообразований цемента. При этом надо отметить, что количество эттрингита тесно взаимосвязано, в нашем случае, с расходом  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ . На получение одной молекулы эттрингита расходуется 3 молекулы гипса и один оксид  $Al_2O_3$ . От массы всех новообразований эта фаза составляет 43,6%.

Силикатная фаза:



Силикатная фаза поставляет две группы новообразований по содержанию молекул воды в молекулах гидросиликатов:

- моногидросиликаты ( $CH$ ,  $CSH$  и  $C_2SH$ ) в количестве 25,5% от общей массы новообразований:

- полигидросиликаты ( $C_2SH_2$  и  $C_3S_2H_3$ ) в количестве 30,2% от общей суммы новообразований. Их поставляет в основном  $C_3S$ .

В технической литературе гидросиликаты кальция классифицируют по основности: одноосновные и многоосновные. Однако, одноосновных новообразований 3,6%, а многоосновных – 35,3%, т.е. первыми мы можем пренебречь. И все же это ошибочно не только потому, что прочность их велика, но и потому, что во времени многоосновные гидросиликаты переходят в одноосновные, изменяя прочность бетона. При этом основную массу многоосновной фазы поставляет именно  $C_3S$ : в 3,5 раза больше, чем  $C_2S$ .

Таким образом, к основным (ведущим) новообразованиям можно отнести:

- 1) моногидросиликаты кальция –  $CSH$  и  $C_2SH$ ;
- 2) полигидросиликаты кальция, -  $C_2SH_2$  и  $C_3S_2H_3$ ;
- 3)  $C_4AH_{19}$  ;
- 4)  $C_4FH_{13}$
- 5) эттрингит -  $C_3ACs_3H_{31}$ ;
- 6) портландит –  $Ca(OH)_2$ .

Гидроминерал  $C_3AH_6$  сопутствующий: на каждую молекулу  $C_4FH_{13}$  приходится одна молекула  $C_3AH_6$ , а соотношение по массе  $C_4AH_{19}$  :  $C_3AH_6 = 1,4 : 1$ . Между исходным сырьем  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  и новообразованием  $C_3ACs_3H_{31}$  имеется тесная связь, так как двухводный гипс полностью реализуется. Его было  $211 \cdot 10^{21}$  шт молекул [2], а возникло эттрингита  $71 \cdot 10^{21}$  шт молекул, т.е. на одну молекулу новообразования идет три молекулы исходного сырья.

90% основных новообразований (без учета 9,9%  $C_3AH_6$ ) представляют твердое тело (бетон). В то время как 95-97% [3] минералов клинкера представляют весь дисперсный порошок - цемент. Все вместе гидроминералы обеспечивают необходимую прочность бетона. Каждый из них характеризуется определенной прочностью. По данным [4] экспериментальная прочность сростков монокристаллов типа  $CSH$  составляет 69МПа, эттрингита до 40 МПа. Многоосновные характеризу-

ются еще меньшей прочностью. Практически еще в 2 раза ниже прочность гидроалюмоферритов и только около 3,5МПа – портландита. Несмотря на крайне скудные данные в этой области, прослеживается необходимость увеличения количества силикатных гидроминералов. Об этом свидетельствует и высокая прочность бетона с добавками аморфного микрокремнезема. Последний, очевидно, способствует возникновению большего количества гидросиликатов кальция или у возникших г.с.к. рвут слабые связи О-Н ( $\equiv\text{Si-O-H}$ ), заменяя их более сильными Si-O ( $\equiv\text{Si-O-Si}\equiv$ ), продолжая или пространственно развивая полимеризацию. Надо признать крайне недостаточное количество исследований в части определения физико-механических характеристик именно индивидуальных новообразований. А данных о количественном содержании того или иного гидроминерала в единице объема бетона не существует. Когда бетоноведение «встретится» с нанотехнологией необходимость в знании этого неизбежна как и то, что кроме марки цемента прочность бетона придется оценивать по количеству тех или иных гидроминералов (по факту), а не по марке цемента (что сопровождается большим количеством условностей, вмонтировать которые в нанотехнологию бетоноведения практически невозможно).

Активность цемента должна быть связана с активностью минералов (степенью и скоростью гидратации) и с количеством и качеством гидроминералов. От бетоноведов нанотехнология потребует совершенно другого оборудования и метода оценки качества исходного сырья и продукции. И наработки в этом уже должны идти сейчас. Поэтому, как бы странно это не звучало (в перспективе это будет обычным делом), но уйти от марки цемента можно с учетом зависимостей, приведенных в табл. 1.

Таблица 1. Количество минералов и новообразований ПЦП/А-Ш-500, обеспечивающих необходимую марку бетона нормального твердения

Вещества	Количество веществ в кг/м <sup>3</sup> для бетона марок					
	200	300	350	400	450	500
Расход основных минералов						
C <sub>2</sub> S	27	37	42	46	52	64
C <sub>3</sub> S	107	147	166	184	207	253
C <sub>3</sub> A	18	25	28	31	36	43
C <sub>4</sub> AF	31	43	49	54	58	74
CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	15	20	23	25	29	35
H <sub>2</sub> O <sub>х.с.</sub>	67	91	103	114	129	158
Сумма расхода	265	363	411	454	511	627

1	2	3	4	5	6	7
Приход основных новообразований						
$CSH+C_2SH$	25	35	39	44	49	60
$C_2SH_2+C_3S_2H_3$	89	122	138	153	173	211
$C_4AH_{19}$	24	33	37	41	46	56
$C_4FH_{13}$	40	55	62	68	77	94
$C_3FC_3S_3H_{31}$	36	49	55	61	69	84
$Ca(OH)_2$	50	68	77	85	96	118
Сумма прихода	264	362	408	452	510	623

Точность расчетов превышает 99%, что вполне отвечает во-первых справедливости закона сохранения масс веществ, во-вторых правильности выбранных основных новообразований гидратированного цемента и в третьих методике расчета как минералов так и гидроминералов цемента на 1 м<sup>3</sup> бетона.

### **Выводы**

Предложен один из элементов компьютерного бетоноведения, основанный на работе от исходных минералов цемента до конечных гидроминералов бетона. Выбраны основные новообразования цементного камня. Обращено внимания на возможность «конфликта» марки цемента с нанотехнологией бетона.

### **Литература**

1. Кучеренко А. А. Об истоках компьютерного бетоноведения. Вісник ОДАБА №26. Одесса Зовнішрекламсервіс.
2. Кучеренко А. А., Кучеренко Р. А. Зерно цемента –зеркало бетона. Там же, №27. 2007. Одесса
3. Бутт Ю. М. Технология вяжущих веществ. Высшая школа. М, 1965.
4. Кузнецова Т. В. и др. Физическая химия вяжущих материалов. М.: Высшая школа. 1989.