

### *Посилання*

1. А.А. Урусовская, В.И. Альшиц, А.Е. Смирнов, Н.Н. Беккауэр. Эффекты магнитного воздействия на механические свойства и реальную структуру немагнитных кристаллов // Кристаллография, 48 (5), с. 855-872 (2003).
2. Я.Б. Зельдович, А.Л. Бучаченко, Е.Л. Франкевич. Магнито-спиновые эффекты в химии и молекулярной физике // УФН, 155 (1), сс.3-45 (1988).
3. В.З. Куцова, О.А. Носко, В.А.Тутик, А.М. Сулай. Структура, механічні та електрофізичні властивості монокристалічного кремнію під дією постійного магнітного поля // Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost', № 1 (2015) с. 60-67.
4. Ritveld H.M. // Line profiles of neutron powder diffraction peaks for structure refinement // ActaCryst., 1967, 22, p. 151-152.
5. В.З. Куцова, О.А. Носко, А.М. Сулай. Влияние легирования и термической обработки на структуру и свойства полупроводникового кремния // Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost', № 6 (2014) с. 65-72.
6. В.А. Макара, М.О. Васильев, Л.П. Стебленко. Вплив магнітної обробки на мікротвердість та структуру приповерхневих шарів кристалів кремнію. // Фізика і хімія твердого тіла т. 10, № 1 (2009) с. 193-1984.
7. Носко О.А. Особенности структуры, фазовые превращения легированного кремния и модифицированных заэвтектических силуминов и разработка способов повышения их свойств // Дисс. на соиск. уч. степени канд.техн.наук. - Днепропетровск. - 2006. - 215 с.
8. Куцова В.З. Теория и практика управления структурой и свойствами литейных сплавов на основе алюминия и титана // Дисс. на соиск. уч. степени докторатехническихнаук. - Днепропетровск. - 1993. - 846 с.

## **ИННОВАЦИИ В ДОРОЖНОСТРОИТЕЛЬНОМ БЕТОНОВЕДЕНИЕ: ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ВЕРСИЯ**

*Проф., докт.техн.наук А.А.Кучеренко, доц. Е.А Ващинская  
Государственная академия строительства и архитектуры,  
г. Одесса, Украина*

К дорожному бетону предъявляются все более высокие требования, особенно по средней плотности, прочности и долговечности. Достаточно сопоставить среднюю плотность бетона ( $2400 \text{ кг/м}^3$ ) со средней плотностью планет (Луна -  $3500 \text{ кг/м}^3$  и Земля -  $5500 \text{ кг/м}^3$ ), чтобы понять, что в технологии дорожного бетона еще много проблем, чтобы достичь природные показатели. Поэтому необходим поиск возможностей

получения вяжущих с повышенными техническими свойствами и низкими экономическими затратами во всех областях строительства. Получение дорожных бетонов с наперёд заданными свойствами – актуальная задача. Так же актуальны и все более глубокие знания в области сознательного и тем более компьютерного управления технологическими и физико-химическими процессами, формирующими дорожный бетон. Поэтому в области современного материаловедения уже актуально изучение природы сил, связывающих отдельные атомы друг с другом и создающих дорожностроительный материал.

Фундаментальные законы физики и химии «говорят», что в природе нет ничего, кроме электричества: плюса и минуса [1]. Законы взаимодействия атомов и механизм их стабильной связи можно объяснить, если знать свойства всегда существующих в них электрических зарядов. Однако работать с электрическими зарядами атомов и изучать факторы, влияющие на их свойства, в условиях строительного учебного заведения практически невозможно. Но одно из основных свойств заряда – создавать вокруг себя электромагнитное поле (ЭМП) – мы принимаем за основу. Тем более что ЭМП вокруг заряда возникает в любой окружающей среде: твёрдой, жидкой, газообразной и в вакууме. С магнитным полем работать проще, тем более что свойства электрического заряда определяют свойства ЭМП. Электрическое поле первично, магнитное поле – вторично, но результаты вторичного будут служить оценкой показателей первичного.

В опытах заряд магнита принимаем как аналог заряда иона минералов цемента. На базе результатов, по поведению твёрдых веществ в ЭМП, оцениваем свойства зарядов магнита и, по аналогии, судим о свойствах ионов разного знака в минералах вяжущих и клеящих веществ. При этом притяжение друг к другу магнитов называем синтезом магнитов или синтезом ионов вяжущего.

*Магнитное поле заряда* характерно наличием нескольких знаковых зон. Их оценивают величиной радиуса между центрами ядер сближающихся зарядов разного знака. Первое это радиус возбуждения ( $r_b$ ), т.е. расстояние от центра одного заряда до ближайшего соседнего, когда оба они в спокойном состоянии. Дальнейшее сближение возбуждает заряды, что отмечено - радиусом возбуждения – предатомарное взаимодействие [2]. В момент возбуждения магнит колеблется, поворачивается вплоть до  $180^\circ$ , ориентируясь противоположным знаком к заряду. Это кинетическая энергия при отсутствии движения одного заряда к другому заряду. При дальнейшем сближении, происходит стремительный бросок друг к другу, конец которого – очевидно аналог перекрывания электронных облаков. Это  $r_0$  – радиус перекрывания электронных облаков или атомарное взаимодействие (синтез их) [2].

*Характеристика полюсов магнита* – это оценка идентичности их свойств. Она оценена по величине удерживаемого груза каждым полюсом

(+ или –), в граммах. У изученных нами магнитов свойства двух полюсов далеко не идентичны, таблица 1.

**Таблица 1 – Характеристика магнитов по величине их грузоподъёмности**

Конфигурация магнитов													
квадрат		круглый				трапеция		U-вида		Разрушен полу			
		стержень		кольцо						квадрат		кольцо	
+	–	+	–	+	–	+	–	+	–	+	–	+	–
Грузоподъёмность магнитов, г													
25	40	210	240	600	700	30	40	35	50	45	50	220	250
Расхождения в большую сторону, %													
	16		12,5		16,7		33,3		30		10,0		13,6

Общая закономерность: грузоподъёмность отрицательного полюса всегда выше положительного. Очевидно, это свидетельствует о большей величине отрицательного заряда или большем их количестве. Расхождения грузоподъёмности полюсов, а, следовательно, и силы их магнетизма, составляют 10,0–33,3%. Даже расколотые в полуквадрат и в полукольцо куски магнита имеют расхождения полюсов 10–13,6%, что в пределах величин целых магнитов, т.е. общие закономерности сохраняются. И если считать, что у целых магнитов заводской брак, то закономерность всех 7-ми, а в последующем и у других, магнитов убеждает нас в обратном. И по данным Б.Франклина [3] в отрицательном полюсе большее количество электронов, а, следовательно, и большая величина суммарного заряда, чем у положительного полюса. Отсюда следует, что магнит в целом – это диполь со смещением магнитного поля в сторону отрицательного заряда. Так ли это и с минералами цемента?

*Отвердевание смеси.* Если, аналогично магнитам, разность зарядов полюсов имеет место и в минералах цемента, то минералы тоже диполь. И тогда такой минерал, как например, CaO, которого в портландцементе 65–67% [2], (синтез  $\text{Ca}^{2+}$  с  $\text{O}^{2-}$ ) можно изображать как ион –  $\text{CaO}^-$ . В нём верхняя черта означает избыток отрицательного заряда (электронов) сравнительно с положительным зарядом. Это и есть электронный избыточный заряд, благодаря которому негашеная CaO всегда заряжена, возбуждена и не только готова к взаимодействию с водой (гашению), но и взрывоопасна. Эти выводы можно подтвердить, обращаясь к справочным данным [4]: эффективный положительный заряд атома кальция равен 2,8 эВ ( $\text{Ca}^{2,8+}$ ), а отрицательный кислорода – 4,3 ( $\text{O}^{4,3-}$ ), что приводит к расхождению величин 53,6%. В трудах Бацанова С.С. отмечен именно отрицательный электронный химический потенциал [4], способный

перетекать из области с высоким потенциалом в область с низким. Возможно, подобная разность между плюсом и минусом неизбежна: из-за отсутствия идеально одинаковых по силе зарядов двух ионов разного знака.

Следовательно, минералы цемента – это тоже диполи, всегда готовые к растворению, распаду на ионы разного знака и чем сильнее заряд, тем выше степень ионизации системы «вяжущее–вода». Дипольная частица, сравнительно с нейтральной, всегда активнее, что способствует ускоренному синтезу с другой частицей и быстрому отвердеванию бетонной смеси. Это один из вариантов ускоренного синтеза минералов и зарождения строительного материала. Второй более прост: диполи отрицательно заряженных минералов (кристаллов и др.) взаимодействуют с соседними диполями положительно заряженных минералов (кристаллов и др.), аналогично сцеплению одного магнита с другим. Чем больше величина диполя, тем более возбуждён и активен к взаимодействию минерал вяжущего, тем скорее тестообразная фаза преобразуется в твёрдое тело. Облегчить этот процесс значит правильно подобрать минералогический состав вяжущего и сродство его с разного рода добавками. И не только обращать внимание на цемент, а и пора задать вопрос «а нужно ли нам много цемента?». Кроме него мы применяем новые добавки, в частности на основе полиакрилатов и поликарбоксилатных эфиров, с электростатическим эффектом [5], разного рода твёрдые нановещества с атомами, аналогичными минералам цемента (углеродных нанотрубок, фуллеренов, ультрадисперсный наполнитель и др.). Наряду с цементом они вносят свой, и не малый, вклад как тоже обладающие диполем и эффективным зарядом.

*Характеристика системы «заряд–заряд* с целью изучения процесса синтеза (притягивания) магнитов друг к другу. В опытах приняты магниты в виде кольца каждый диаметром 60 мм и толщиной 6 мм, у которых с одной стороны положительный, с другой – отрицательный полюсы. Каждая из сторон магнита притягивает цилиндрические металлические грузы в виде цепочки. Длина цепочки и её масса оцениваются по потере силы магнетизма последним грузом, он удерживает только скрепку массой 0,3 г.

В таблице 2 приведены результаты синтеза, притягивания друг к другу (знак +) магнитов соответствующего номера.

**Таблица 2 – Длина связи в момент взаимодействия магнита с магнитом (система «заряд–заряд»)**

Номера взаимодействующих магнитов	4+1	4+2	4+3	1+2	1+3
$r_b$ при начале взаимодействия магнитов, мм: – скольжением	12	14	17	26	2
– качением	30	45	50	–	0

Сильные магниты №1 и №2 возбуждают и активизируют друг друга на значительно большем, в 2,1 раза, расстоянии, чем сильный №4 со слабым №1 или два сильных №4 и №3 и два слабых №1 с №2 с разницей в 1,5 раза. При качении магнитов отсутствуют силы трения и потому радиус ЭМП их взаимодействия значительно выше. Выводы: чем выше силы магнетизма и заряд полюсов магнитов, тем больше радиус их возбуждения и взаимодействия друг с другом, тем быстрее формируется твёрдое тело.

*Комплекс магнитов*, до 4-х вместе, табл. 3, даёт более обширную информацию. Синтез 2-х магнитов «1+2» имеет два полюса: положительный с левой стороны магнита №1 и отрицательный – с правой стороны магнита №2 и т. д. вплоть до системы 4-х магнитов «1+2+3+4», у которых отрицательный заряд с внешней (правой) стороны магнита №4. Положительным всегда остаётся левая сторона магнита №1.

Результаты и в комплексе магнитов подтверждают закономерность большей величины отрицательно заряженного полюса (1160) сравнительно с положительным (1150). Тогда и комплекс магнитов тоже диполь со смещением в сторону отрицательного заряда. Синтезируют магниты только между плюсом и минусом. Для синтеза магнитов с одноимённым зарядом нужна принудительная сила, удерживающая их на определённом этой силой расстоянии друг от друга. Поэтому технолог должен учитывать разнообразие по заряженности минералов для вяжущих и клеящих веществ и то, что электронов в них всегда больше, чем положительных зарядов. Тогда в добавках к вяжущим предпочтителен избыток положительных ионов.

**Таблица 3 – Изменение грузоподъёмности (вверху) и начала взаимодействия (внизу) магнитов по мере их синтеза друг с другом**

Синтез магнитов, номер	Грузоподъёмность, г, и взаимодействие, г <sub>в</sub> , см, магнитов							
	1		2		3		4	
	+	–	+	–	+	–	+	–
одного	600 10,0	720 13,0	600 10,0	700 11,5	650 10,5	700 11,5	700 15,5	800 16,0
1+2	920 21,0	X	X	800 16,0				
1+2+3	1000 21,5	X	X	X	X	1030 19,0		
1+2+3+4	1150 23,5	X	X	X	X	X	X	1160 22,0

Примечание: X –электронейтральная зона.

Цифры вверху – грузоподъёмность, г, внизу – радиус возбуждения, см.

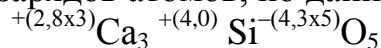
По мере увеличения количества синтезированных магнитов в комплексе повышается грузоподъёмность положительно заряженного полюса магнита №1; от 600 до 1150 г. (табл. 3, графа 2 по вертикали). То же с изменением величины отрицательно заряженного полюса: от 720 г у магнита №1 (по диагонали 800, 1030 г) до 1160 г. у магнита №4. Полюса в комплексе магнитов, граничащие с окружающей средой (плюс у магнита №1 и минус – у №4), увеличили свой химический потенциал в 1,6-1,9 раза. Эти результаты согласуются с данными Кузнецовой и др. [6] о тенденции к увеличению энергии химических связей во вновь возникших соединениях по мере повышения количества атомов в них: например, «энергия связи Ca–O при переходе от CaO к Ca(OH)<sub>2</sub> повышается весьма существенно (на 62,5 кДж/моль). Повышение энергии связи характеризует устойчивость соединения.

Закономерности взаимодействия атомов рассмотрим на примере цементного минерала алита, Ca<sub>3</sub>SiO<sub>5</sub>. С учётом валентности атомов структурная формула его: <sup>+6</sup>Ca<sub>3</sub>Si<sup>+4</sup>O<sub>5</sub><sup>10-</sup>, а с учётом результатов исследований <sup>+4</sup> атома Si компенсируются с <sup>-4</sup> атома O<sub>5</sub><sup>10-</sup>, получаем:



где Si – практически электронейтральный атом.

С учётом эффективных зарядов атомов, по данным табл. 2, получим:

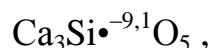


или, сокращая все цифры на 4:



где: Si – нейтрально, как и у магнитов №2 и №3 в табл. 5.

• – условное (для ясности изложения) отделение одного атома алита от другого. Компенсируя заряд +8,4 снижением на такую же величину заряда с минусом получим:



где: <sup>-9,1</sup>O<sub>5</sub> – избыточный эффективный отрицательный заряд (суммы атомов кислорода), определяющий величину диполя и активность минерала алита.

Автор приходит к выводу, что отвердевание смеси обеспечивается величиной зарядов, количеством их и степенью электризации и ионизации жидкой фазы бетонной смеси. Синтез минералов цемента произойдёт при совмещении двух процессов: максимальной диспергации (ионизации) зёрен цемента и минимальной толщины водных прослоек между ними [2].

Поэтому при выборе исходного сырья предпочтительны не только атомы с высоким эффективным зарядом, но и наполнители с высокой степенью дисперсности и открытости зарядов, а жидкие добавки – с высокой степенью ионизации её составляющих.

*Рост прочности.* Закон сохранения энергии предполагает постоянство величины межатомных связей, возникших в любое время в период от укладки и уплотнения смеси до конечного продукта. Тогда за счёт чего же

растёт прочность бетона во времени, если не растёт сила межатомных и межмолекулярных связей? И как влияет наличие заряженных и нейтральных атомов в одном минерале на силу их связи. Для выяснения этого проведены опыты по определению силы сцепления одного магнита с комплексом других, таблица 4.

**Таблица 4 – Сила связей при отрыве одного магнита от комплекса других**

Система связи магнитов	Разрыв между № магнитов	Площадь связи, см <sup>2</sup>	Усилие отрыва, г	Сила связи, г/см <sup>2</sup>
№1 с №2+№3+№4	№1 и №2	23,4	3700	158,1
№1+№2 с №3+№4	№2 и №3	23,4	3400	145,3
№1+№2+№3 с №4	№3 и №4	19,9	2800	140,7

Расхождения составляют 12,6%, что в пределах ошибки эксперимента. Тем более, что в реальных условиях стабилизируется энергия межатомных связей, выравниваются величины её и переходят на оценку по величине средней энергии межатомных и межмолекулярных связей. Но рост прочности энергии межатомных связей (силы связей, табл. 4) во времени исключён. А электронейтральные магниты №2 и №3 имеют между собой силу связи 145,3 г/см<sup>2</sup>, т.е. в пределах соседних электроразряженных. Поэтому рост прочности бетона обеспечивается количеством синтезированных зарядов (минералов) т.е. степенью (глубиной) гидратации вяжущих и клеящих веществ. Чем больше минералов вяжущего с эффективными зарядами, тем больше степень гидратации цемента и выше плотность бетона при постоянной энергии межатомных связей. Плотность (г/см<sup>3</sup>) бетона первична, а прочность (МПа) – вторична. И если марочную прочность бетона мы получим на 28 суток при степени гидратации цемента например 80%, то обеспечив степень гидратации того же цемента 80% на 3-и сутки, получим требуемую марку бетона через 3-е суток отвердевания смеси. Именно поэтому специальные дорожностроительные бетоны требуют всё более тонкого помола цемента и большего количества наноразмерных наполнителей (зола-унос, микрокремнезём и т.п.), привносящих добавочное количество электрических зарядов. Возможен вариант уменьшения длины межатомных химических связей во времени и за счёт этого повышение плотности бетона, а значит и его прочности. Прочность бетона – это количество новообразований в единице объёма. Чем их больше, тем выше плотность и, соответственно ей, прочность.

*Характеристика твёрдой фазы бетона.* Атом – это положительно заряженное ядро в среде отрицательно заряженных электронов. Твёрдое тело из двух синтезированных атомов – это два положительно заряженных ядра в среде обобществлённых отрицательно заряженных электронов. Бетон – это множество индивидуальных твёрдых веществ в виде ядер атомов, колеблющихся в среде обобществлённых электронов, т.е. электронного поля разной плотности. Чем выше плотность электронного облака, тем выше прочность химических связей и их энергия. Эти связи и определяют все свойства дорожных бетонов. Их надо воспринимать как сплошное ЭМП, в котором дискретно размещены («утоплены») твёрдые вещества: атомы минералов цементного вяжущего и добавок. В созданном твёрдом теле заряженные или электронейтральные твёрдые вещества не соприкасаются друг с другом. Они расположены друг от друга на расстоянии длины химических связей. Химическая связь – это электрическое, магнитное или электромагнитное поле разной плотности. Степень электризации и величина магнетизма этих полей и есть химические связи соответствующей прочности. Плотность поля определяет прочность химической связи, а в последующем, прочность дорожных бетонов. Подтверждением этого служит работа электрического (электродвигатель) и магнитного (магнитные подушки) транспорта. У электродвигателя ротор и статор как твёрдые вещества не соприкасаются друг с другом, но через электрическое поле разной плотности (химическая связь) возникает крутящий момент разной силы. У транспорта на магнитных подушках поезд не соприкасается с магнитной подушкой, но магнитное поле между ними создаёт тягу нужной силы. У бетона все ионы работают за счёт ЭМП, другие – за счёт только электрического или только магнитного поля. Любой атом или ион проходят эти этапы при синтезе с другими. Задача технолога изучить механизм этих процессов, определить влияющие факторы и облегчить их прохождение.

**Выводы:**

1. Основа создания искусственного дорожного бетона та же, что и природного – электрическая: атомарный состав, величина и количество электрических зарядов и новообразований. Основная проблема строительного материаловедения – экономически выгодное обеспечение исходного сырья повышенным количеством и величиной положительно и отрицательно заряженных веществ (ионов).

2. Роста прочности межатомных химических связей во времени не наблюдается, а с увеличением количества их повышается только плотность твёрдого тела ( $\text{кг/м}^3$ ) и, как результат – прочность (МПа) бетона. Понятие этого несколько изменяет пути решения некоторых проблем и их оценку.

3. Свойства бетона определяет выбор исходного сырья с учётом свойств атомов (природа, вид, величина заряда, кратность связи и др.); отвердевания смеси с учётом электрической природы взаимодействия



атомов (ЭП, МП, ЭМП), механизма взаимодействия (синтез, электронейтральная зона, стабилизация величин зарядов и химических связей); получение бетона (количество химических связей и новообразований, плотность, прочность). Подобное углубление уровня знаний и есть инновационные технологии не только в дорожностроительное бетоноведение, но и в науку, и в учебный процесс.

4. Очевидна необходимость практического подтверждения изложенного.

### *Ссылки*

1. Иоффе А.Ф. О физике и физиках Л.: Изд-во «Наука», 1985. 544 с.
2. Кучеренко А.А. Преобразование энергии межатомных связей минеральных вяжущих веществ. //Сухие строительные смеси. №4, 2011.- С.23-25.РФ.
3. Эллиот Л.. У.Уилкоккс Физика. М.: Наука, 1975. – 734 с. Перевод проф. А.И.Китайгородского
4. Бацанов С.С. Структурная химия. Факты и зависимости. – М.: Диалог-МГУ, 2000. -292 с.
5. Breitenbucher R.: Selbsverdichtender Beton. Немецкий журнал «Beton» 9/2001, –С.496-499.
6. КузнецоваТ.В. Физическая химия вяжущих материалов /Т.В Кузнецова. И.В. Кудряшов, В.В.Тимашев. –М.: Высш. шк, 1989. – 384 с.

## **НОВЫЕ ЖАРОСТОЙКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ МНОГОРАЗОВЫХ ИЗДЕЛИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ**

*Т.А.Манько, И.А. Гусарова*

Совершенствование аэрокосмической техники направлено во всем мире на снижение стоимости выведения на орбиту космических аппаратов самого различного назначения от исследования и наблюдения земной поверхности, передачи и приема информации, до туристических полетов в космическое пространство. Использование для этих целей ракет-носителей одноразового применения стоит очень дорого и доступно немногим государствам, и компаниям.

Одним из возможных решений этой технико-экономической проблемы является - многоразовые возвращаемые авиакосмические летательные аппараты, возможности которых были проверены и оценены запусками и полетами орбитальных космических самолетов «Спейс Шаттл» и «Буран»