**5. Устойчивость газовой фазы и структура поризованного бетона.**

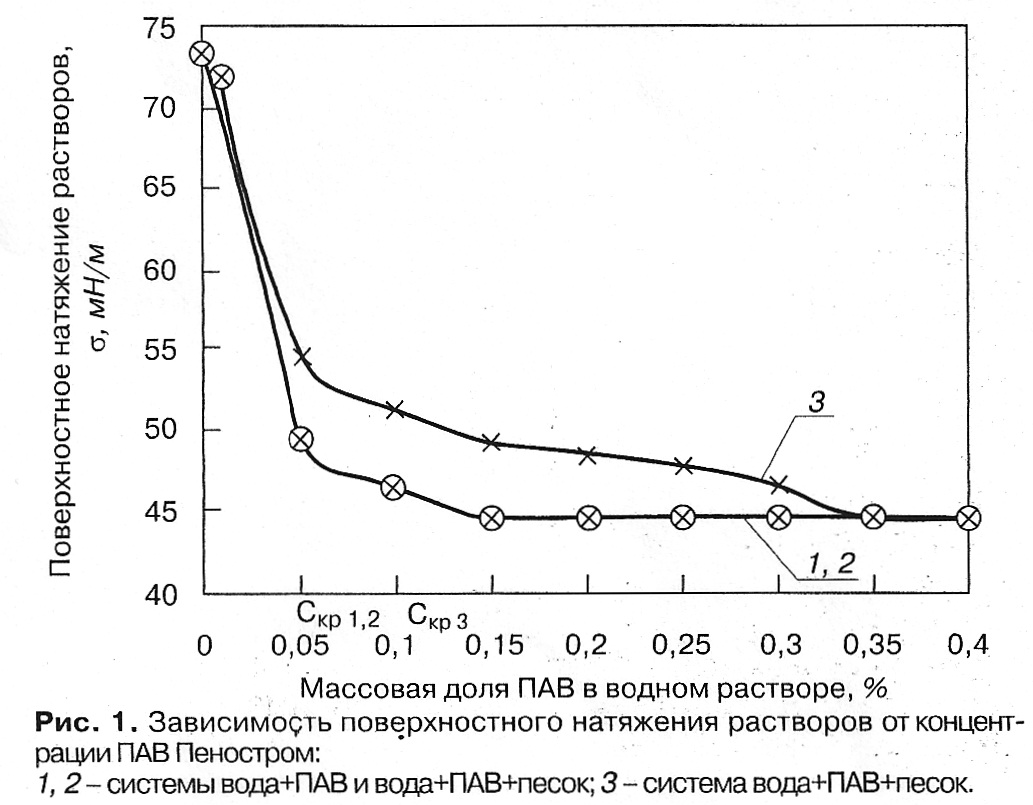
В качестве пенообразователей для поризации бетон­ных смесей обычно используются различные поверхно­стно-активные вещества (ПАВ) синтетического или природного происхождения, как правило, анионоактивного типа [1]. Соединения ПАВ обладают различной пенообразующей способностью, а образуемые с их по­мощью пенные системы — различной устойчивостью. Однако до настоящего времени в технологии поризо­ванного бетона отсутствовала единая методика подбора концентрации пенообразователя. В практике изготов­ления поризованного бетона расход пенообразователя для получения строительных изделий разной плотнос­ти, как правило, подбирается опытным путем, в зависи­мости от технологии их приготовления.

Известно [2], что пенообразующая способность вод­ных растворов ПАВ экспериментально определяется высотой столба полученной пены и в значительной ме­ре характеризуется величиной поверхностного натяже­ния раствора, зависящего от его состава, концентрации и температуры. С увеличением концентрации водных растворов ПАВ их поверхностное натяжение, как пра­вило, закономерно уменьшается, достигая для мицеллообразующих ПАВ предельных минимальных величин при критических концентрациях мицеллообразования (ККМ). При этом самым низким значениям поверхно­стного натяжения водных растворов ПАВ соответствует их наиболее высокая пенообразующая способность.

Поверхностная энергия системы вода+ПАВ при добавлении в нее песка не изменяется, так как молеку­лы частиц песка Si02 имеют отрицательный заряд, как и молекулы анионоактивного ПАВ, и их взаимодей­ствие, очевидно , сведется к отталкиванию друг от дру­га. Однако при добавлении в систему вода+ПАВ це­мента поверхностная энергия может существенно из­мениться, поскольку в состав цемента входят ионы Са2+, имеющие положительный заряд. При этом они могут взаимодействовать с отрицательно заряженны­ми ионами анионоактивного ПАВ. Известно [3], что связывание анионоактивных ПАВ с солями кальция приводит к образованию слаборастворимых солей, в результате чего концентрация свободного ПАВ умень­шается, что приводит к увеличению поверхностного натяжения раствора и снижению его пенообразующей способности.

Исследования влияния цемента и песка на пенообразующую способность систем вода+ПАВ проводились с использованием водных растворов ПАВ «Пеностром». Задача исследований заключалась в определении ККМ растворов в системах вода+ПАВ, вода+ПАВ+песок, вода+ПАВ+цемент. При этом величина ККМ оценива­лась как концентрация, при которой достигалось мини­мальное значение поверхностного натяжения водных растворов ПАВ.

Зависимости поверхностного натяжения систем вода+ПАВ, вода+ПАВ+песок и вода+ПАВ+цемент от концентрации ПАВ представлены на рис. 1. Из анализа полученных результатов следует, что при увеличении концентрации ПАВ происходит уменьшение поверх­ностного натяжения растворов Пеностром, при этом характер влияния цемента и песка на величину поверх­ностного натяжения, а следовательно, и на пенообразующую способность различный. Поверхностное натяже­ние и ККМ растворов в системе вода+ПАВ+песок по сравнению с системой вода+ПАВ не изменяется, при этом не изменяется и их пенообразующая способность. При одинаковых концентрациях ПАВ в системе во­да+ПАВ+цемент в отличие от системы вода+ПАВ наб­людается значительное повышение поверхностного на­тяжения раствора (уменьшение пенообразующей спо­собности) вследствие адсорбции части молекул ПАВ на поверхности цементных частиц. При введении в систе­му вода+ПАВ цемента происходит смещение значения ККМ водного раствора ПАВ с 0,15 до 0,35%. Увеличе­ние концентрации растворов ПАВ Пеностром в системе вода+ПАВ+цемент до 0,35%, по нашему мнению, свя­зано с необходимостью их дополнительного насыще­ния молекулами ПАВ, обеспечивающих компенсацию процесса хемосорбции части молекул ПАВ на поверх­ности цементных частиц.



Как и следовало ожидать, при концентрациях С=0,06% в системах вода+ПАВ, вода+ПАВ+песок (кривые 1 и 2) и С=0,12% в системе вода+ПАВ+цемёнт (кривая 3) начинается формирование насыщенных ад­сорбционных слоев. Завершение формирования адсо­рбционных слоев в этих системах происходит при кон­центрациях растворов, соответствующих значениям их ККМ, равным 0,15% и 0,35% соответственно.

Исследования зависимости устойчивости пены в системах вода+ПАВ и вода+ПАВ +цемент от концент­рации при разных температурах водных растворов ПАВ показали, что величина оптимальной концентрации водного раствора ПАВ Пеностром, при которой обеспе­чивается наибольшая устойчивость пены, соответствует величине критической концентрации мицеллообразования раствора и составляет 0,15%. При ККМ в водном растворе завершается формирование адсорбционного слоя с максимальной механической прочностью. Сни­жение пенообразующей способности раствора при дальнейшем увеличении концентрации ПАВ (выше 0,15%) может быть связано с уменьшением скорости диффузии молекул в поверхностный слой.

Изучение влияния температуры на пенообразующую способность ПАВ показало, что наиболее высокая устойчивость пены достигается при температуре раст­вора ПАВ Пеностром, равной 5°С. Снижение устойчи­вости пены при повышении температуры раствора вы­ше 45°С может быть обусловлено, усилением тепловых колебаний адсорбированных молекул, ослабляющих механическую прочность поверхностного слоя, образо­ванного молекулами пенообразователя. При этом зна­чительно снижается вязкость пенообразующего раство­ра, что подтверждает высказанные предположения. По­этому для получения устойчивых пенных систем повы­шать температуру водных растворов ПАВ выше 20°С не рекомендуется.

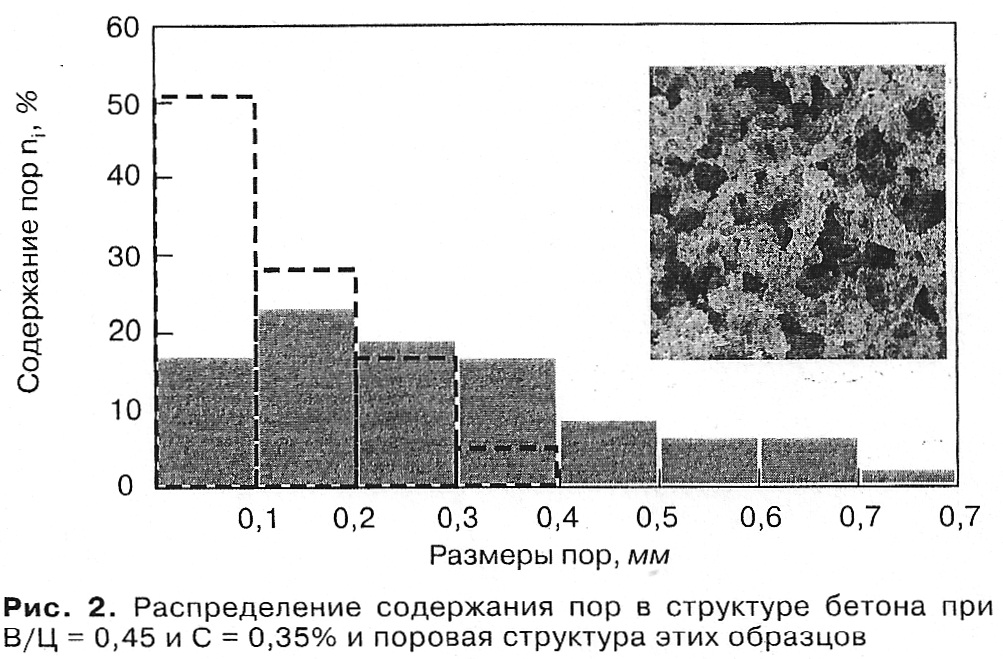
Таким образом, максимальная устойчивость пены наблюдается в водных растворах ПАВ Пеностром с на­сыщенным адсорбционным слоем, образующимся при концентрациях растворов, соответствующих их ККМ. Поэтому для получения устойчивой пенной системы вода+ПАВ достаточно 0,15% водного раствора, а полу­чение устойчивой пенной системы вода+ПАВ+цемент с учетом хемосорбции ПАВ на поверхности цементных частиц будет обеспечиваться при концентрации возду- хововлекающей добавки в растворе, равной 0,35%.

Использование в бетонных смесях водных растворов ПАВ с концентрациями, равными ККМв+ПАв+ц. позволит получать в них большее количество воздухововлеченных пор. Наиболее низкую плотность независимо от величи­ны В/Ц имеют поризуемые бетонные смеси с пенными системами, обладающими наибольшей устойчивостью. При неоптимальных значениях концентрации водных растворов ПАВ (на 10% больше или меньше ККМв+ПАв+ц) устойчивость пенной системы вода+ПАВ+цемент сни­жается, а плотность поризуемой бетонной смеси увели­чивается. Уменьшение концентрации водных растворов ПАВ приводит при различных соотношениях В/Ц к уве­личению плотности поризуемой бетонной смеси на 8—10%. При увеличении концентрации водного раствора ПАВ средняя плотность поризованной бетонной смеси изменяется несущественно (увеличивается при различ­ных отношениях В/Ц на 2—3%).

Изучено распределение содержания пор в бетонных образцах при значениях В/Ц (0,45±0,05) и концентра­ции водных растворов ПАВ (0,35±0,05%).

Анализ показывает, что при максимальной устойчи­вости газовой фазы (при С=0,35% и

оптимальном отно­шении В/Ц=0,45) в бетонной системе вода+ПАВ+це- мент+песок наблюдается максимальное количество пор (до 80%) мелких (0—0,2 мм) и средних размеров (0,2—0,4 мм) (рис. 2). При этом наблюдается близкое совпадение распределений воздушных пузырьков пен­ной системы вода+ПАВ и содержания пор в бетонной системе. То есть получение поризованных бетонов наи­более низкой плотности обеспечивается благодаря со­хранению и структурированию воздушных пузырьков газовой фазы в бетонной смеси. При неоптимальных значениях В/Ц и концентрациях водных растворов ПАВ наблюдается перераспределение пор в сторону уменьшения количества мелких пор и увеличения ко­личества средних и крупных пор.



Увеличение в поризованном бетоне количества пор с размерами 0—0,2 мм при повышении В/Ц - отношения от 0,4 до 0,45 происходит, по нашему мнению, за счет увеличения подвижности бетонной смеси. Одна­ко при дальнейшем увеличении В/Ц с 0,45 до 0,5 в структуре поризованного бетона увеличивается коли­чество крупных пор с размерами 0,5—0,8 мм. Поэтому для сохранения в структуре бетона мелких полимо­дальных пор повышать В/Ц выше 0,5 представляется нецелесообразным.

При увеличении концентрации водного раствора ПАВ с 0,3 до 0,4% во всех исследованных диапазонах В/Ц наблюдается некоторое снижение количества мел­ких пор с размерами 0—0,3 мм в структуре бетона при одновременном увеличении количества более круп­ных пор 0,5—0,7 мм. Это указывает, что использова­ние для поризации бетонных смесей водных растворов ПАВ с концентрациями выше значений ККМВ+ПАВ+Ц нерационально.

Из сравнения распределений относительного содер­жания воздушных пузырьков в пенных системах и рас­пределений содержания пор в структуре бетона следует, что добавление в пенные системы песка и цемента обес­печивает их структурирование и сопровождается транс­формацией структуры газовой фазы бетонной смеси. В присутствии частиц цемента и песка происходит трансформация размеров воздушных пузырьков пен­ной системы в направлении увеличения их размеров и уменьшения количества.

Таким образом, наиболее предпочтительным для получения поризованных бетонов низкой плотности является использование в бетонных смесях пенных систем водных растворов ПАВ с концентрацией, рав­ной ККМв+пав+ц, обладающих максимальной устойчи­востью. Это положение может служить методической основой для определения концентрации водных раст­воров ПАВ, используемых в производстве поризуемых бетонных смесей. Увеличение концентрации водных растворов ПАВ выше ККМВ+ПАВ+Ц не оказывает суще­ственного влияния на плотность поризуемой бетон­ной смеси.

Принимая во внимание, что для изготовления пори­зованных бетонов различной плотности на предприяти­ях строительной индустрии, как правило, применяются водные растворы с 0,05—0,25% концентрацией ПАВ от массы цемента, использование водных растворов ПАВ с учетом их ККМВ+ПАВ+Ц позволит экономить не менее 10% ПАВ, например для ПАВ Пеностром ККМВ+ПАВ+Ц равен 0,35%, что в пересчете на массу цемента со­ставляет 0,16%.