

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

УДК 6-022.532

Эффект кавитации и возможность использования его в технологиях производства строительных материалов

Бурич Н.Ю., студентка гр. ТСК-401з

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Рассмотрен процесс кавитации, показаны области проявления кавитационного эффекта, положительные и отрицательные стороны проявления кавитации. Показано, что на современном этапе развития технологий производства строительных материалов и изделий возможно использовать эффект кавитации для активации вяжущих веществ.

Строительные материалы, кавитация, кавитационный эффект, активация.

Кавитация – (от лат. *cavitas* – пустота) – образование в жидкости полостей (кавитационных пузырьков, или каверн), заполненных газом, паром или их смесью. Кавитация возникает в результате местного понижения давления в жидкости, которое может происходить либо при увеличении её скорости (гидродинамическая кавитация), либо при прохождении акустической волны большой интенсивности во время полупериода разрежения (акустическая кавитация), существуют и другие причины возникновения эффекта. Перемещаясь с потоком в область с более высоким давлением или во время полупериода сжатия, кавитационный пузырек захлопывается, излучая при этом ударную волну.

Кавитация нежелательна во многих случаях, однако есть исключения. Например, сверхкавитационные торпеды, используемые военными, обволакиваются в большие кавитационные пузыри. Существенно уменьшая контакт с водой, эти торпеды могут передвигаться значительно быстрее, чем обыкновенные торпеды.

Кавитация может быть полезной при ультразвуковой очистке устройств. Эти устройства создают кавитацию, используя звуковые волны и разрушение кавитационных пузырей для чистки поверхности. Используемая таким образом, потребность в очистке от вредных химических веществ может быть уменьшена во многих промышленных и коммерческих процессах, где требуется очистка как этап производства. До сих пор подробности того, как пузыри производят очистку, до конца не поняты.

В промышленности, кавитация часто используется для гомогенизирования, или смешивания, и отсадки взвешенных частиц в коллоидном жидкостном составе, например, смеси красок или молока. Многие промышленные смесители основываются на этом разработанном принципе. Обычно это достигается благодаря конструкции гидротурбин или путем пропускания смеси через кольцевидное отверстие, которое имеет узкое входное отверстие и значительно большее выходное: вынужденное уменьшение давления приводит к кавитации, поскольку жидкость стремится в сторону большего объема. Этот метод может управляться гидравлическими устройствами, которые контролируют размер входного отверстия, что позволяет регулировать процесс работы в различных средах. Внешняя сторона смесительных клапанов, по которой кавитационные пузыри перемещаются в противоположную сторону, чтобы вызвать имплозию (внутренний взрыв), подвергается огромному давлению и часто выполняется из сверхпрочных или жестких материалов, например, из нержавеющей стали, стеллита или даже поликристаллического алмаза (PCD).

Также были разработаны кавитационные водные устройства очистки, в которых граничные условия кавитации могут уничтожить загрязняющие вещества и органические молекулы. Спектральный анализ света, испускаемого в результате сонохимической реакции, показывает химические и плазменные базовые механизмы энергетической передачи. Свет, испускаемый кавитационными пузырями, называется сонолюминесценцией.

Явление кавитации совершенно одинаково и для потока, обтекающего неподвижное тело, и для среды, в которой движется тело. В обоих случаях важны лишь относительная скорость и абсолютное давление. Соотношение между давлением и скоростью, при которых происходит кавитация, дается безразмерным критерием σ , который называется кавитационным коэффициентом (числом кавитации) и определяется выражением

$$\sigma = \frac{p_0 - p_v}{\rho v_0^2},$$

где p_v – давление насыщенного пара жидкости при данной температуре.

Типы кавитации. На рисунке представлена кавитация на неподвижном подводном крыле, снятая в высокоскоростной гидродинамической трубе. При определенной скорости течения воды местное давление у поверхности крыла понижается до давления водяного пара. На поверхности крыла появляются кавитационные каверны. Пузыри растут, смещаясь в направлении течения. (Поскольку пузыри образуются возле поверхности крыла, они имеют полусферическую форму.) Такой тип кавитации называется нестационарной (сбегающей) пузырьковой кавитацией. Если на поверхности имеется какой-нибудь выступ, то пузыри концентрируются на нем. Такая стационарная кавитация тоже показана на рисунке.

Кавитация может происходить в зоне вихрей, образующихся в местах повышенного сдвига и пониженного давления. Вихревая кавитация часто наблюдается на передней кромке подводных крыльев, на передних кромках лопастей и позади ступицы гребного винта (рис. 1). Возможно одновременное возникновение разных типов кавитации. На рисунке представлен морской гребной винт с вихревой кавитацией на передних кромках лопастей, стационарными кавитационными кавернами на поверхности лопастей и присоединенной вихревой кавитацией позади ступицы. Кавитация в жидкости, вызываемая звуковой волной, называется акустической.

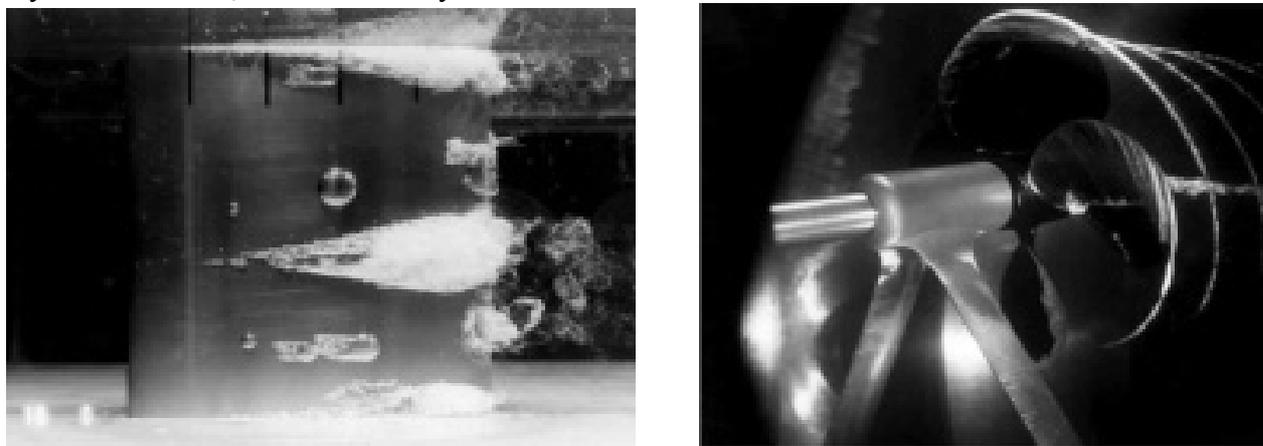


Рис. 1. Возникновение кавитации на подводном крыле (а), на гребневом винте (б)

Кавитация во многих случаях нежелательна. Например, она вызывает разрушение гребных винтов судов, рабочих органов насосов, гидротурбин и т.п. (рис. 2), кавитация вызывает шум, вибрации и снижение эффективности работы.

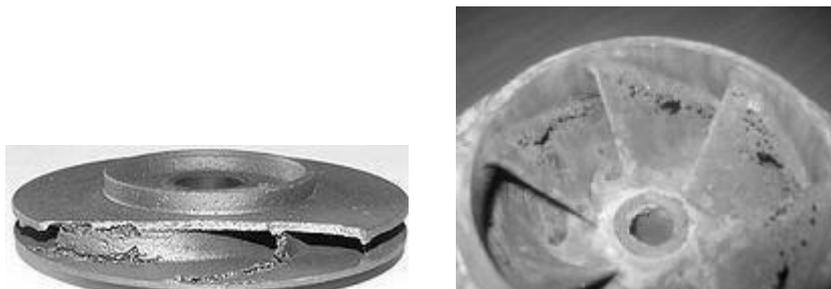


Рис. 2. Влияние действия кавитации на детали насоса

Когда разрушаются кавитационные пузыри, энергия жидкости сосредотачивается в очень небольших объемах. Тем самым, образуются места повышенной температуры и возникают ударные волны, которые являются источниками шума. Шум, создаваемый кавитацией, является особой проблемой на подводных лодках (субмаринах), так как из-за шума их могут обнаружить. При разрушении каверн освобождается много энергии, что может вызвать основные повреждения. Кавитация может разрушить практически любое вещество. Последствия, вызванные разрушением каверн, ведут к большому износу рабочих органов и могут значительно сократить срок службы винта и насоса. В метрологии, при использовании ультразвуковых расходомеров, кавитационные пузыри модулируют волны, излучаемые расходомером, что приводит к искажению его показаний.

При распространении ультразвуковой волны даже сравнительно небольшой интенсивности (всего несколько ватт на квадратный сантиметр) в жидкости возникает переменное звуковое давление, амплитуда которого достигает порядка нескольких атмосфер. Под действием этого давления жидкость попеременно испытывает сжатие и растяжение. Жидкость без существенного изменения ее свойств можно сильно сжать. Иначе обстоит дело, если в жидкости создать разрежение: уже простое уменьшение давления над водой приводит к закипанию и парообразованию внутри воды.

Нечто аналогичное происходит и при распространении ультразвуковой волны в жидкости: растягивающие усилия в области разрежения волны приводят к образованию в жидкости разрывов, т. е. мельчайших пузырьков, заполненных газом и паром. Эти пузырьки получили название кавитационных, а само явление стали называть ультразвуковой кавитацией.

Кавитационные пузырьки в некоторой области жидкости возникают всякий раз, когда до этой области доходит фаза разрежения ультразвуковой волны. Как правило, кавитационные, пузырьки долго не живут: уже следующая за разрежением фаза сжатия приводит к захлопыванию, большей их части. Поэтому кавитационные пузырьки исчезают практически сразу вслед за прекращением облучения жидкости ультразвуком. При захлопывании кавитационного пузырька возникает ударная волна, развивающая громадные давления. Если ударная волна встречает на своем пути препятствие, то она слегка разрушает его поверхность. Поскольку кавитационных пузырьков много и захлопывание их происходит много тысяч раз в секунду, кавитация может произвести значительные разрушения. Кавитация была впервые обнаружена при изучении быстрого движения твердых тел внутри жидкости. Огромную разрушающую силу этого явления почувствовали в первую очередь инженеры, испытывающие гребные винты судов. При большой скорости вращения лопастей винта происходит образование кавитационных пузырьков, аналогичное тому, которое имеет место при распространении ультразвуковой волны. Кавитация приводит к разрушению материала, из которого изготовлены гребные винты. В этом смысле кавитация - вредное явление. Однако создание ультразвуковых генераторов сделало возможным управление кавитационным процессом, а значит, и полезное применение его на практике, особенно для высокоэффективного смешивания и изменения свойств сырья...

Кавитационное облачко неоднородно: вблизи центра оно имеет вид небольшой плотной области; по плоскости кавитационные пузырьки распределяются в виде своеобразной, похожей на многоконечную звезду фигуры. Сжатие кавитационных пузырьков при захлопывании приводит к сильному нагреванию и свечению содержащегося в них газа. Свечение газа в кавитационных пузырьках обусловлено электрическими разрядами. Опыты свидетельствуют об огромной разрушающей силе ультразвуковой кавитации

Скорость течения обычно сильно снижается у задней кромки профиля. Здесь давление становится выше давления пара. Как только условия, благоприятные для кавитации, исчезают, пузырьки тут же схлопываются. Энергия, высвобождающаяся при схлопывании пузырей, весьма значительна.

Известно, что применение наноизмельчения цемента с помощью роторного активационного оборудования с пульсирующей модуляцией потока при изготовлении

бетона позволяет повысить марку бетона и снизить расход используемого цемента. Тонкий помол цемента или сырьевого материала в активационном оборудовании на основе роторного типа позволяет увеличить дисперсность смеси с низкими энергозатратами. Такие роторные аппараты позволяют производить гомогенизированные высокодисперсные суспензии и эмульсии, многокомпонентные пластичные составы высокой вязкости путем использования гидродинамических эффектов пульсаций и кавитации.

Результатом работы оборудования является диспергирование цемента или цементного сырья до нескольких сотен нанометров, что приводит к изменению физико-химических свойств материала и улучшению технологических параметров. Схемно-аппаратурные решения реализации технологического процесса измельчения и активации цемента достаточно просты и вместе с тем обеспечивают высокую производительность.

Современные знания и развитие технологий производства строительных материалов позволяют использовать эффект кавитации для активации цементных вяжущих веществ. Одним из перспективных способов активации цемента является метод вихревой гидрокавитации, при применении которого сухой портландцемент М500 или М400, прошедший активационную обработку, приобретает улучшенные характеристики. Продажа оптом цемента М500 и М400, дополнительно активированного методом вихревой активации, более рентабельна. Кавитационная активация цемента с применением активационного оборудования представляет собой новую и прогрессивную технологию в строительной индустрии.

Технология активации цемента с модуляцией потока способствует улучшению физико-механических характеристик бетона либо к существенной экономии цемента при изготовлении бетона с теми же свойствами в сравнении с цементом, не прошедшего активационную обработку, что позволяет купить портландцемент в меньших объемах для приготовления заданного объема бетона. На крупных предприятиях, специализирующихся на производстве бетона, экономия составит многие тонны и кубы цемента. Получение нанодисперсной смеси позволяет повысить эксплуатационные показатели материалов и изделий, изготавливаемых из цемента, прошедшего обработку, на 15-20 процентов.

Особенностью применения активационного оборудования с пульсирующей модуляцией потока для активации портландцемента является снижение энергозатрат на технологический процесс nanoизмельчения. Оборудование позволяет получать строительные материалы самого широкого спектра- суспензии и эмульсии различного назначения, мастики, пасты, в том числе пигментные, известковое тесто и молоко, многокомпонентные покрасочные составы, активированные водные суспензии цемента АВСЦ и многое другое.

Экспериментальные исследования показали, что непродолжительная обработка цемента на активационном оборудовании с пульсирующей модуляцией потока перед приготовлением бетона, раствора, пенобетона и других составов, содержащих цемент М500 производства Себряковцемент, позволяет снизить до трех раз срок затвердевания бетона в нормальных условиях, а также снизить на 30-35% продолжительность термообработки изделий, изготовленных из активированного цемента, снизить на 25% расход цемента или повысить марку бетона.

Применение активированного цемента позволяет также повысить пластичность раствора и бетона. Использование активированного цемента в композитах, содержащих цемент, обеспечивает высокие физико-технические показатели таких изделий, как цементно-стружечная плита, фибробетон, стеновые блоки. При этом в композитах могут использоваться как минеральные, так и органические наполнители.

Применение активационного оборудования для получения известкового теста и молока позволяет значительно уменьшить продолжительность его изготовления, а также повысить стабильность суспензии и физико-технические показатели известковых композитов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бергман Л., Ультразвук и его применение в науке и технике, пер. с нем., М., 1956;

2. Рой Н. А. Возникновение и протекание ультразвуковой кавитации // Акустический журнал, 1957, т. 3, в. 1, с. 3;

3. Сиротюк М. Г., Экспериментальные исследования ультразвуковой кавитации, в кн.: Физика и техника мощного ультразвука, т. 2, М., 1968; Ультразвук в гидрометаллургии, М., 1969.

4. http://www.uran.donetsk.ua/~masters/2007/fema/pavina/library/art_14.htm#10

5. <http://ru.teplowiki.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D1%82%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F>

УДК: 666.9: 691.511: 691.316

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ИСКУССТВЕННО КАРБОНИЗИРУЕМЫХ ИЗВЕСТКОВЫХ ОБЛИЦОВОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

**Джезял А.Э., магистр группы ТСК-531, Турчук Е.А., магистр группы ТСК-531,
Любомирский Н.В., к.т.н.**

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Изучены существующие технологические схемы заводов по производству строительных материалов, рекомендации при их проектировании и определены основные проблемы, которые снижают качество продукции и экономическую эффективность предприятия. Проанализирован современный рынок производителей оборудования. Представлена замкнутая технологическая схема и запроектирована линия по производству искусственно карбонизируемых известковых облицовочных изделий

Ресурсосберегающая технология, комплексный подход, технологическая линия, искусственная карбонизация, облицовочные изделия, сжиженный углекислый газ, экономическая эффективность.

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе активного научно-технического развития человек столкнулся с проблемами ограниченности природных ресурсов и негативного воздействия на окружающую среду. Одним из источников загрязнения окружающей среды в строительной индустрии являются производства строительных материалов и изделий, связанные с высокотемпературными технологическими переделами: получение извести, цемента, обжиг керамических изделий и т.д. Снижение расхода энергоемких материалов и переход на менее энергоемкие материалы и технологии их получения может значительно уменьшить загрязнение атмосферы углекислым газом.

В 2002 году был принят закон Украины «Об инновационной деятельности». Одной из основных задач программы является внедрение эффективных проектов утилизации различных отходов и разработке экономичных биопозитивных материалов и ресурсосберегающих технологий их производства. Для решения поставленной задачи требуется комплексный подход. В статье Терехова [7] описываются основные требования и подходы при создании нового производства. Главным условием выбора технологии производства является организация стабильного выпуска широкой номенклатуры изделий в одном потоке при минимальном наборе в схеме технологического оборудования, способствующая меньшим капитальным вложениям и наилучшему выживанию в условиях рынка. В нынешних условиях существенное влияние на выбор технологии также оказывает ее мобильность, то есть способность при малых затратах быстро подстроиться под требования изменяющегося рынка по номенклатуре изделий и их качеству.

Для получения качественной конкурентоспособной продукции необходимо внедрять энергосберегающие технологии, которые снизят затраты на производство, и использовать местные сырьевые ресурсы. Высокое качество продукции при высокой производительности ее изготовления достигается путем автоматизация производственного