

О.А. Петров, аспирант; П.Е. Вайтехович, доцент

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ СУСПЕНЗИИ НА ПАРАМЕТРЫ КАВЕРНЫ В КАВИТАЦИОННЫХ АППАРАТАХ

In the given article the questions of influence of suspensions concentration on length of a cavity in cavitation vehicles are considered. The diagrams of relation-of relative length of a cavity from of flow velocity in the pipeline for various suspensions concentration are adduced. The diagrams are constructed on the basis of calculations conducted through mathematical model considered earlier.

Многочисленные исследования [1 – 4] показали, что использование кавитационных аппаратов для диспергирования и механической активации твердых материалов, находящихся в водной среде в виде суспензий, позволяет значительно интенсифицировать данные процессы, повышая при этом целый ряд технико-экономических показателей. Вместе с тем, одной из основных задач, решаемой во множестве производств химической, пищевой, целлюлозно-бумажной, строительной промышленности является получение сырьевых смесей в виде гомогенных мелкодисперсных суспензий.

В качестве твердых компонентов могут использоваться и волокнистые материалы, например асбест, выполняющий армирующие функции в асбестоцементных изделиях. Древесная масса, различные целлюлозы, бумажная масса являются основными компонентами технологического цикла изготовления бумаги в целлюлозно-бумажном производстве. Оборудование для приготовления волокнистой массы представляет собой разнообразные гидравлические аппараты и машины, рабочим телом в которых служит жидкая среда – волокнистая суспензия. Волокнистая суспензия – это смесь непрерывной, или жидкой, и прерывистой, или дисперсной, фаз. Непрерывная фаза – вода, а дисперсная фаза состоит преимущественно из волокон обрабатываемого материала.

При рассмотрении теоретических вопросов обработки волокнистых суспензий необходимо пользоваться методами гидродинамики, так как методы обычной гидравлики, рассматривающей усредненные параметры потоков в одномерном течении, в данном случае не могут обеспечить полного решения задачи. Обязательным условием при изучении основ гидродинамики волокнистых суспензий является значение реологических характеристик, которые позволяют судить о внутренних силах, действующих в потоке суспензии. Если представить волокнистую массу как огромное множество взаимопроникающих пространственных сеток различной прочности, то повышение напряжения приводит к постепенному разрушению наиболее слабых из них. Удельное напряжение на еще неразрушенные сетки, которые могут иметь более или менее выгодное расположение в пространстве по отношению к восприятию нагрузок (оказывать различное сопротивление при деформации), усиливается. Таким образом, разрушение структурных образований происходит при наложении сравнительно небольших напряжений сдвига [5], и величины гидравлических сил, возникающих при кавитационной обработке, для этого вполне достаточно. Предельное напряжение сдвига для каждого вида суспензии зависит от концентрации и возрастает с увеличением последней.

Как показали эксперименты [2, 4], концентрация суспензии, зависящая от конкретной технологии, оказывает также большое влияние на процесс образования каверны. При кавитационном течении волокнистый материал, как составная часть системы газ – жидкость – твердое тело, изменяя концентрацию, меняет вязкость, плотность, по-

верхностное натяжение, теплофизические свойства суспензии, вызывая тем самым существенное изменение роста и схлопывания образующихся каверн.

То есть концентрация суспензии значительно влияет на эффективность кавитационной обработки в целом. При расчете параметров каверны необходимо учитывать это, вводя в уравнения уточненные значения изменяющихся параметров.

В механике суспензий для определения их эффективной динамической вязкости обычно используют формулу Эйнштейна:

$$\mu_c = \mu(1 + 2,5\varphi),$$

где μ_c – динамический коэффициент вязкости однородной эквивалентной жидкости; μ – динамический коэффициент вязкости жидкой фазы; φ – объемная концентрация частиц дисперсной фазы в суспензии.

Данная формула заметно упрощает суть структурообразования в потоке суспензии. Однако в первом приближении для суспензий малых концентраций в общем случае она может быть практически использована благодаря своей простоте и универсальности. Различными авторами [6, 7] предлагаются другие зависимости для определения вязкости суспензий, но в основном они ограничиваются целым рядом условий, носят эмпирический характер и применимы только к тем частным суспензиям, для которых разработаны.

В целях получения уравнений, удобных для прямого решения гидродинамической задачи, А. Фортье [8], чьи исследования в области движения дисперсных суспензий имеют особое значение, рассматривает ее в целом как жидкую среду, подчиняющуюся основным законам гидродинамики. Из-за своей неоднородности такая среда отличается от воды по плотности и движется с другой скоростью. Для суспензии, имеющей однородные частицы дисперсной фазы, плотность ρ_c определяется выражением

$$\rho_c = \rho_{тв} \cdot \varphi + \rho_e (1 - \varphi),$$

где $\rho_{тв}$ и ρ_e – плотность твердого компонента и воды соответственно.

Если суспензия содержит несколько типов частиц разного состава и формы, то данное уравнение с учетом многокомпонентности дисперсной фазы принимает вид

$$\rho_c = \sum(\varphi_i \rho_{m_i}) + \rho_e (1 - \sum \varphi_i).$$

Разработанная нами математическая модель для расчета параметров каверны в осевом потоке воды, основанная на анализе гидродинамики кавитационного течения [9], при внесении необходимых поправок на суспензии позволила теоретически проследить влияние концентрации суспензии на размеры каверны. Длина каверны является определяющим параметром при проектировании кавитационных установок.

Расчетные графики изменения относительной длины каверны в зависимости от скорости жидкости в трубопроводе при концентрации суспензии 1 – 5% показаны на рисунке. Исследование суспензий именно таких концентраций объясняется тем, что, во-первых, в основных производствах (асбестоцементных, целлюлозобумажных изделий и др.) готовятся волокнистые смеси концентрации, не превышающей 5 – 6%, во-вторых, как раз при таком небольшом содержании дисперсной фазы в жидкости образуется более развитое кавитационное течение. Для сравнения приведена кривая зависимости длины каверны от скорости потока воды.



Рис. График зависимости относительной длины каверны от скорости суспензии различных концентраций

Из графиков видно, что с увеличением концентрации длина каверны уменьшается при тех же среднерасходных скоростях. Это прежде всего связано с возрастанием плотности, вязкости суспензии. Как следствие, увеличиваются количество и прочность переплетения волокон, их сопротивление при деформации. Повышается гидравлическое сопротивление системы, растут потери энергии на его преодоление. Требуются большие величины движущих сил для нормального протекания процесса кавитации. Нельзя не учитывать также тиксотропных свойств волокнистых суспензий, то есть их способности восстанавливать со временем свою внутреннюю структуру после ее разрушения. Эти свойства проявляются в больших потоках суспензии. Подтверждением этого явления могут служить исследования, проведенные в различных перемешивающих устройствах [10 – 12]. Необходимо поддерживать достаточно интенсивную циркуляцию и высокий градиент скоростей в потоке волокнистой суспензии для обеспечения наиболее полной ее диспергации и предотвращения образования флокул. В не охваченных интенсивным возмущением зонах волокна стремятся образовывать местные стержневые сгустки, переплетения или коагулировать во флоккулы. Чем выше концентрация суспензии и жестче волокна, тем флоккулы прочнее и для их роспуска необходимы большие усилия.

Дальнейшие исследования кавитационных аппаратов, совершенствование их конструкций (дополнительная закрутка потока, увеличение скорости суспензии в сечении обтекателя, снижение потерь энергии на преодоление местных сопротивлений) наряду с уточнением методик их расчета позволят улучшить результаты кавитационной обработки материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федоткин И.М., Немчин А.Ф. Использование кавитации в технологических процессах. – Киев: Выща шк., 1986. – 47 с.
2. Круглов И.И., Вайтехович П.Е. Исследование влияния кавитации на процесс распушки асбеста // Труды БГТУ. Серия III. Вып. VII. 1999. – С. 38 – 44.

3. Круглов И.И., Вайтехович П.Е. Интенсификация процесса распушки асбеста в скоростном гидропушителе // Высокие технологии и научно-технический прогресс в строительном комплексе Республики Беларусь: Тез. докл. Международной конф. – Мн.: НИИСМ, 1999. – С. 88.

4. Вайтехович П.Е., Петров О.А. Исследование и оптимизация гидродинамических кавитационных диспергаторов // Труды БГТУ. Серия III. Вып. VIII. 2000. – С. 237 – 244.

5. Терентьев О.А. Гидродинамика волокнистых суспензий в целлюлозно-бумажном производстве. – М.: Лесная промышленность, 1980. – 248 с.

6. Шульман З.Н., Берковский Б.М. Пограничный слой неньютоновских жидкостей. – Мн., 1966.

7. Тябин Н.В. Реологическая кибернетика. Ч.1. – Волгоград, 1977.

8. Фортъе А. Механика суспензий. – М., 1971.

9. Петров О.А., Волк А.М., Вайтехович П.Е. Расчет параметров каверны в кавитационном аппарате // Труды БГТУ. Серия III. Вып. IX. 2001. – С.106 – 110.

10. Sue J.S. Agitation and Mixing of Non-Newtonian Fluids (Part I and II) // Chemical and Process Engineering. – 1968. – №8.

11. Фляте Д.М., Глобус Ф.Е. Хлопьеобразование волокнистых суспензий в зависимости от их концентраций // Целлюлоза, бумага, картон. – 1973. – № 4.

12. Шукин Е.Д., Ребиндер Е.А. О механизме упругого последействия в структурированных суспензиях бентонита малой концентрации // Коллоидный журнал. – 1971. – № 3.

УДК 621.926.3

В.С. Францкевич, аспирант; А.А. Гарабажиу, ассистент

ДВИЖЕНИЕ ОДИНОЧНОЙ ЧАСТИЦЫ ИЗМЕЛЬЧАЕМОГО МАТЕРИАЛА В КОЛЬЦЕВОМ ЗАЗОРЕ СРЕДНЕХОДНОЙ МЕЛЬНИЦЫ

The analyzed equations of motion of a firm particle in a ring backlash bowl mill. The model of motion of a particle is received at axial supply of gas. The relation of speed of a particle in a backlash from speed of gas for her various sizes is constructed.

В настоящее время основными агрегатами для помола в промышленности строительных материалов пока что остаются шаровые барабанные мельницы. Расход энергии в них на помол материалов очень высок и его снижение является весьма актуальной задачей. Поэтому необходим переход к принципиально новым конструкциям мельниц. Наиболее перспективными являются среднеходные, которые широко используются за рубежом [1].

Процесс помола в среднеходных мельницах изучен пока недостаточно, что сдерживает их практическое применение. На основе экспериментальных данных определены только некоторые технологические параметры и соотношения геометрических размеров [2, 3]. Рассмотрены также отдельные моменты движения материала по тарелке [4]. Однако эти экспериментальные и теоретические работы не дают возможности провести комплексный расчет помольного агрегата и оптимизировать его параметры.

Ранее нами была предложена математическая модель движения одиночной частицы по вращающейся тарелке мельницы [5]. Были рассмотрены уравнения движения твердой частицы по вращающейся тарелке. Используя полученную модель, можно оп-