

КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ УСТАНОВКИ УЛЬТРАСТРУЙНОГО СУСПЕНЗИРОВАНИЯ ЖИДКОФАЗНЫХ СТРУКТУР

Р.В. Яковлев

yakovlevroman1994@gmail.com

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Рассмотрена актуальная проблема снижения рабочего гидродавления обрабатываемой ультразвуку жидкости при высоких технико-экономических показателях операционной гидротехнологии. Показано, что используемые в настоящее время конструкторско-технологические решения, связанные с ультразвуковой обработкой жидкофазных структур, практически не адаптируемы для обработки воды, молока, высокомолекулярных соединений типа нефти и других гидрофизических сред. Предложено решение проблемы путем применения новых конструкторско-технологических идей, позволяющих обеспечить достаточно низкий уровень физико-технологических и технико-экономических затрат

Ключевые слова

Ультразвуковая обработка, ультразвуку, конструкторско-технологические решения, жидкофазная структура, твердосплавная мишень

Поступила в редакцию 30.03.2017

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017

В настоящее время конструкторско-технологические решения (КТР), связанные с ультразвуковой обработкой материалов (резание, очистка поверхностей и др.), с техникой и экономической точек зрения, практически не адаптируемы применительно к ультразвуковой обработке различных жидкофазных структур: воды, молока, высокомолекулярных соединений типа нефти и других гидрофизических сред. В этой связи возникла необходимость разработки инновационных КТР с целью реализации физико-технологических операций ультразвуковой обработки различных жидкостей и гидрофазных продуктов типа суспензий, гель-структур и др. На решение поставленной задачи будет влиять технико-экономический потенциал, результативность и масштабность инновационного использования этой группы ультразвуковых технологий в различных отраслях промышленности.

В работах [1, 2] предложен и подробно рассмотрен запатентованный способ роторно-струйной обработки жидкостей (Патент №2270771 RU). Этот способ является первой конструкторско-технологической альтернативой традиционному подходу к ультразвуковой обработке жидкостей путем использования существующих установок по созданию высоких гидродавлений для ультразвукового резания материалов и очистки поверхностей от загрязнений. Однако с технической точки зрения роторно-центробежный способ получения необходимого гидродавления является достаточно сложным. В этой связи возникло обоснованное предположение о возможности создания необходимой степени ударно-динамического воздействия

на обрабатываемую жидкость за счет встречного движения ультразвуу и твердотельной мишени. Такое решение реализует идею интегрированного и одновременно дифференциального подхода к обеспечению функционально необходимой результирующей скорости соударения ультразвуу жидкостей и мишени за счет их раздельного непрерывного движения навстречу друг другу. К тому же существенно снизится рабочее гидродавление ультразвуу обрабатываемой жидкости при высоких технических и экономических показателях этой технологии [3, 4].

Встречно-круговое движение мишеней. Рассмотрим подробнее возможные основные модификации КТР ультразвууной обработки жидкостей путем использования встречно-кругового движения твердотельных мишеней. В качестве базового прием вариант ультразвууной обработки, представленный на рис. 1.

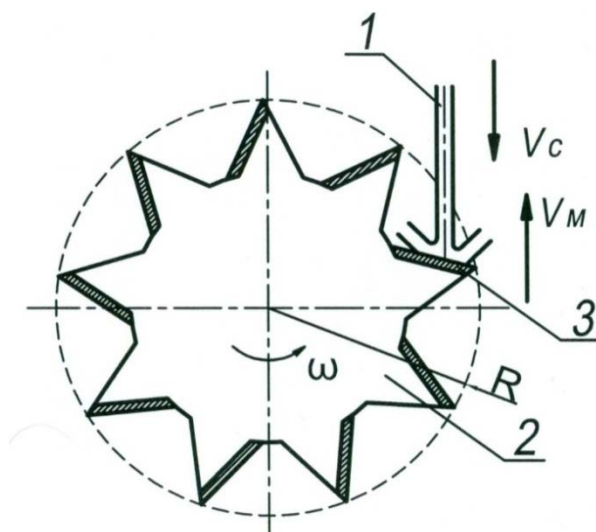


Рис. 1. Ультразвууная обработка жидкостей со встречно-круговым движением твердотельной диско-зубчатой мишени:

1 — высокоскоростная струя обрабатываемой жидкости; 2 — мишень; 3 — рабочая поверхность; V_C — скорость струи обрабатываемой жидкости; V_M — скорость встречного направления мишени

Согласно этому решению высокоскоростная струя обрабатываемой жидкости 1, имеющая скорость V_C ударяется о рабочую поверхность 3 мишени 2, движущуюся во встречном направлении со скоростью V_M . При этом $V_C + V_M = V_P$, где V_P — рабочая скорость струи обрабатываемой жидкости, ударяющейся о неподвижную мишень, при которой обеспечивается заданное изменение потребительских свойств обрабатываемой жидкости, например полное обеззараживание.

Исходя из закона сохранения энергии, теоретическое значение рабочего гидродавления жидкости P_p , обеспечивающего ей при истечении из сопла скорость V_P в первом приближении определяется соотношением $V_P = \sqrt{2P_p / \rho}$, где ρ — плотность жидкости. Тогда величину возможного снижения гидродавления при

сохранении неизменного значения V_p , как скорости ударнодинамического взаимодействия струи с движущейся мишенью, определим из соотношения

$$P_{дм} = \frac{1}{(1+k)^2} P_p,$$

где $P_{дм}$ — давление обрабатываемой жидкости в гидросистеме в случае удара струи в движущуюся во встречном направлении мишень, имеющую скорость $V_M = kV_C$, здесь k — коэффициент, характеризующий отношение скорости мишени V_M к скорости струи V_C при выполнении требования эффективной струйной обработки $V_p = V_C + V_M$, $k \geq 0$. Отметим, что при $k = 0$ мишень неподвижна относительно струи, как было предложено в традиционных КТР при ультраструйной обработке различных жидкостей. Таким образом, параметр $1/(1+k)^2$ характеризует величину возможного, технически важного снижения гидродавления обрабатываемой жидкости согласно предлагаемой технологии [3].

Недостатком предложенного КТР (см. рис. 1) является наличие зон, расположенных между рабочими поверхностями мишени, в которых на струю обрабатываемой жидкости оказывается недостаточное ударно-динамическое воздействие. Увеличение числа рабочих поверхностей не устраняет этот недостаток, но уменьшает общую протяженность таких зон [4].

Существенному повышению ударно-динамического воздействия на гидрострую при использовании движущихся во встречном направлении рабочих поверхностей мишеней способствует КТР, предполагающее последовательное использование двух мишеней типа фрез или зубчатых колес, которые движутся по круговым траекториям в противоположные стороны относительно осей вращения (рис. 2).

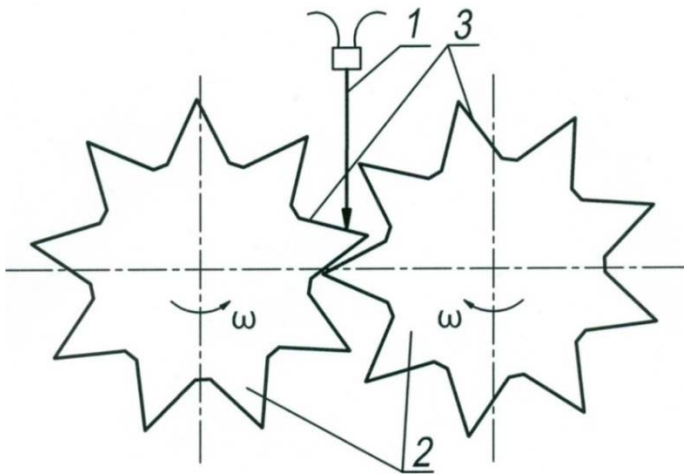


Рис. 2. Ультраструйная обработка с использованием двух совмещенных вращающихся многогранных мишеней:

- 1 — струя обрабатываемой жидкости; 2 — вращающиеся многозубные мишени;
- 3 — рабочие поверхности

В данном случае струя обрабатываемой жидкости 1 подается в зону «зубчатого зацепления» двух вращающихся многозубых мишеней 2, при этом зона «безударной» обработки жидкости рабочими поверхностями 3 вращающихся мишеней практически отсутствует.

Для увеличения общей площади контактных поверхностей мишеней можно предложить КТР по их «цепному» расположению, представленному на рис. 3. Согласно схеме этого решения, гидроструя 1 направляется в зону «зацепления» мишеней 2, рабочие поверхности 3 которых позволяют расположить значительное количество единичных (элементарных) мишеней, что повышает их гидроэрозионную стойкость и увеличивает производительность обработки.

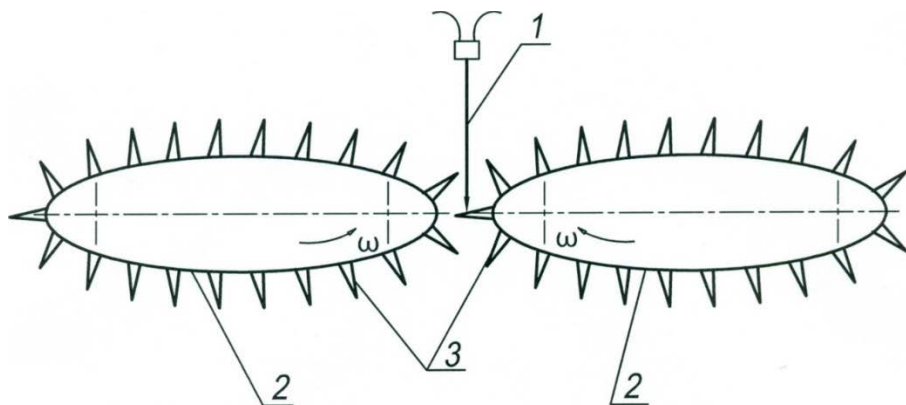


Рис. 3. Ультраструйная обработка жидкостей с использованием твердых мишеней на гибком замкнутом основании:

1 — гидроструя; 2 — зона «зацепления» мишеней; 3 — рабочие поверхности

Выводы. Таким образом, предлагаемые КТР, связанные с ультраструйной обработкой гидрофизических сред путем использования встречно-вращающихся твердых многогранных мишеней, обладают практически безальтернативными преимуществами по отношению к схемам обработки, в которых применяют одноступенчатое (только за счет скорости гидроструи) создание требуемой ударно-волновой динамичности жидкости в зоне ее ультраструйного взаимодействия с преградой.

Литература

1. Барзов А.А., Галиновский А.Л., Пузаков В.С. Ультраструйная технология обработки жидкостей. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. 258 с.
2. Ультраструйная технология получения микросуспензий / О.Е. Балашов, А.А. Барзов, А.Л. Галиновский, Н.К. Литвин, Н.Н. Сысоев, В.Д. Шашурин. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 352 с.
3. Тарасов В.А., Галиновский А.Л. Проблемы и перспективы развития гидроструйных технологий ракетно-космического машиностроения // Инженерный журнал: наука и инновации. 2013. № 3(15). URL: <http://engjournal.ru/catalog/machin/rocket/636.html> DOI: 10.18698/2308-6033-2013-3-636

4. *Абашин М.И., Барзов А.А., Галиновский А.Л.* Анализ физико-технологических особенностей процесса ультраструйной диагностики // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Естественные науки. 2012. № 6. С. 7–18.

Яковлев Роман Владимирович — студент кафедры «Технологии ракетно-космического машиностроения», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Научный руководитель — А.А. Барзов, д-р техн. наук, профессор, ведущий научный сотрудник Центра гидрофизических исследований МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Российская Федерация.

DESIGN AND TECHNOLOGICAL METHODS FOR INCREASING THE PERFORMANCE OF ULTRA-JET SLURRYING OF LIQUID-PHASE STRUCTURES

R.V. Yakovlev

yakovlevroman1994@gmail.com

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

We consider an important problem of decreasing the operating hydraulic pressure of the ultra-jet of a liquid under treatment while retaining high technological and economic parameters of the operational hydrotechnology. We show that the design and technological solutions currently employed in ultra-jet treatment of liquid-phase structures can be hardly adapted to treat water, milk, macromolecular compounds such as oil, and other hydrophysical media. We suggest a solution to this problem by means of introducing new design and engineering ideas that make it possible to ensure a sufficiently low level of physical, technological and economic expenses

Keywords

Ultra-jet treatment, ultra-jet, design and technological solutions, liquid-phase structure, carbide target

© Bauman Moscow State Technical University, 2017

References

- [1] Barzov A.A., Galinovskiy A.L., Puzakov V.S. Ul'trastruynaya tekhnologiya obrabotki zhidkostey [Ultra-jet technology of liquids treatment]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2009. 258 p. (in Russ.)
- [2] Balashov O.E., Barzov A.A., Galinovskiy A.L., Litvin N.K., Sysoev N.N., Shashurin V.D. Ul'trastruynaya tekhnologiya polucheniya mikrosuspenziy [Ultra-jet technology of micro-suspension preparation]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2011. 352 p. (in Russ.)
- [3] Tarasov V.A., Galinovskiy A.L. Problems and prospects of ultra-jet technology in rocket space engineering. *Inzhenernyy zhurnal: nauka i innovatsii* [Engineering Journal: Science and Innovation], 2013, no. 3(15).
URL: <http://engjournal.ru/catalog/machin/rocket/636.html> (in Russ.) DOI: 10.18698/2308-6033-2013-3-636
- [4] Abashin M.I., Barzov A.A., Galinovskiy A.L. Physical processing features analysis of ultrajet diagnostics. *Vestn. Mosk. Gos. Tekh. Univ. im. N.E. Baumana, Estestv. Nauki* [Herald of the Bauman Moscow State Tech. Univ., Nat. Sci.], 2012, no. 6, pp. 7–18. (in Russ.)

Yakovlev R.V. — student, Department of Aerospace Engineering Technologies, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Scientific advisor — A.A. Barzov, Dr. Sc. (Eng.), Professor, Leading Research Scientist, Center of Hydrophysical Research, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation.