

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОЧИСТКИ ДЕТАЛЕЙ

Илюхин А.В., Марсов В.И., Цепкин П.А.

Накопленный к настоящему времени опыт показывает, что наибольшая эффективность в процессах ультразвуковой очистки достигается при удельных мощностях  $\geq 20...30$  Вт/см<sup>2</sup>, поэтому для проведения эксперимента были выбраны различные варианты мощностей, но которые не выходили за пределы нормы. Область рационального применения таких мощностей определяется характером загрязнения, конструктивными особенностями объектов очистки. Эффективность удаления загрязнения с помощью различных моющих сред значительно повышается при энергичном механическом возбуждении жидкости.

В мощном ультразвуковом поле происходит интенсификация таких физико-химических процессов отделения загрязнений, как эмульгирование, растворение, отслаивание, диспергирование.

Характер загрязнений определяет механизм их отделения в ультразвуковом поле, а так же характеристики ультразвукового процесса с использованием требуемой информации, предоставляемой информационной системой. Так жировые загрязнения, не имеющие химической связи с очищаемой поверхностью интенсивно эмульгируются и омыляются в водных моющих растворах благодаря микропотокам, возникающим около пульсирующих пузырьков, и выносятся из отверстий и внутренних полостей деталей акустическими течениями [1,2,3].

Такое воздействие обеспечивается введением в моющую среду ультразвуковых колебаний большой амплитуды с помощью высокоамплитудных ультразвуковых колебательных систем (УКС), которые вызывают в жидкости появление кавитационных полостей, захлопывающихся с возникновением ударных волн или вырождающихся в пульсирующие и осциллирующие парогазовые пузырьки. Выбор таких УКС наилучшим образом подходит для проведения требуемой очистки.

Основными факторами, определяющими продолжительность процесса высокоамплитудной ультразвуковой очистки прецизионных деталей от доводочных паст, являются амплитуда колебаний концентратора, расположение детали относительно излучателя ультразвука, химический состав и температура моющей среды, конструктивные особенности очищаемых деталей (диаметр и глубина внутренних полостей и др.). Эксперименты показали, что продолжительность процесса выноса загрязнений прямо пропорциональна глубине отверстия, объему загрязнения и обратно пропорциональна диаметру отверстия и амплитуде колебаний концентратора.

При выборе оборудования одним из лучших вариантов, является вариант использования стержневых колебательных системах, в которых увеличение удельной акустической мощности при неизменной подводимой мощности, возможно

осуществить только за счет уменьшения эффективной площади излучения. При таких условиях передачи акустической энергии в жидкость происходит образование четко очерченной зоны, в которой процесс очистки протекает наиболее активно. Для эффективного протекания процесса очистки объект очистки должен вписываться в активную зону.

При визуальном наблюдении зона активной очистки выглядит как скопление мелких пузырьков, перемещающихся с потоком и исчезающих в периферийных областях звукового поля.

Еще одной возможностью оптимизации, которой обладает информационная система (ИС), является частичное изменение технологии. Так при увеличении амплитуды колебаний резко увеличивается количество пульсирующих пузырьков. Размеры пузырьков существенно зависят от химического состава моющей жидкости.

Так, в органических средах, например, керосине, дизельном топливе, фреоне и других, пузырьки, возникающие в результате кавитации, из-за большого количества растворенных в этих жидкостях газов и большого давления насыщенных паров разрастаются до значительных размеров, соизмеримых с диаметром очищаемых отверстий, и препятствуют процессу очистки и, особенно, выносу загрязнений из глухих отверстий

Наиболее эффективной моющей средой при высокоамплитудной ультразвуковой очистке, является водный раствор щелочных солей с добавлением ПАВ в небольших концентрациях, не вызывающих вспенивания.

В таблице 1 в относительных единицах представлены результаты экспериментов по отделению различных загрязнений в зависимости от амплитуды колебаний излучателя ультразвука в жидкости.

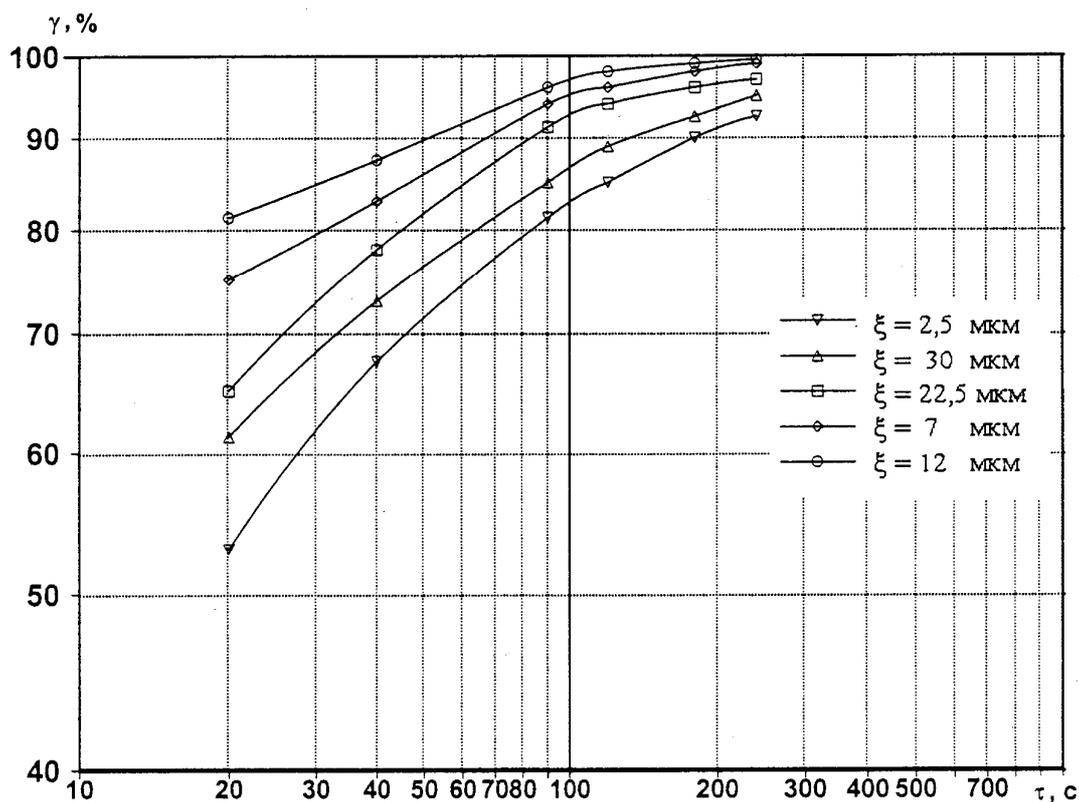
**Таблица 1 - Относительные скорости отделения различных загрязнений**

Вид загрязнения	Амплитуда колебаний излучателя $\xi$ , мкм				
	7	14	20	30	40
Доводочная паста	1	3	5	7	8
Углеродистые отложения	1	1,9	1,8	0,8	0,7

Результаты исследования динамики процесса ультразвуковой очистки деталей от эксплуатационных загрязнений (рисунок 1), показали, что нарастание степени очистки  $\gamma$  по времени определяется амплитудой колебаний излучателя  $\xi$ . При этом независимо от  $\xi$  процесс очистки может быть разделен на два этапа:

1. Быстрое удаление основной массы загрязнения (до 80%) за время, составляющее 5...10 % от общей продолжительности очистки.
2. Относительно медленное удаление оставшейся массы загрязнения.

Такое протекание процесса особенно характерно для ультразвуковой очистки деталей сложной конфигурации с глубокими глухими полостями, например, корпуса распылителя форсунки с закоксованными сопловыми отверстиями.



**Рисунок 1 - Динамические характеристики процесса ультразвуковой очистки деталей от эксплуатационных загрязнений**

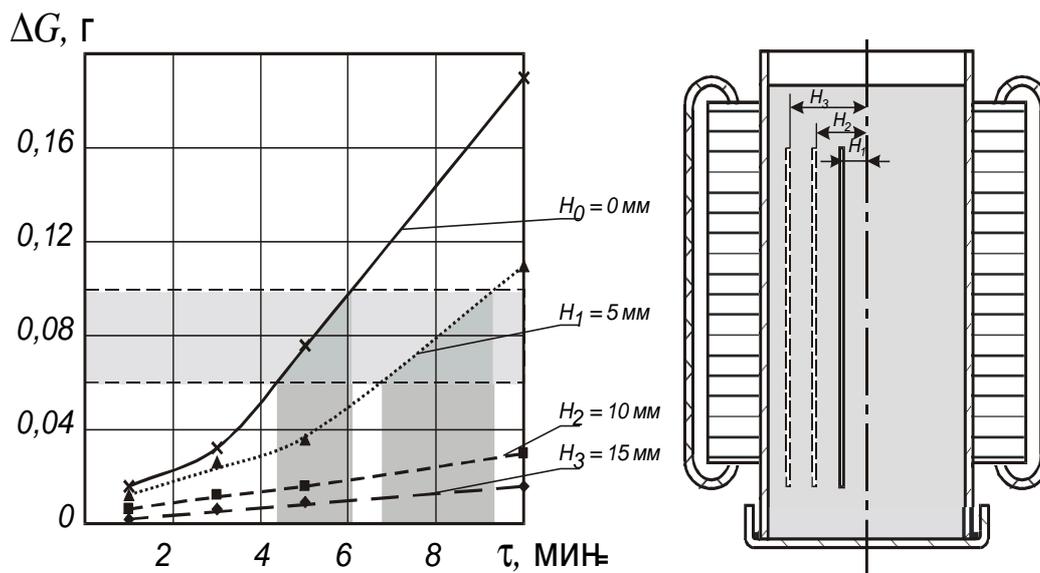
Эксперименты, проведенные на прозрачных моделях показали, что можно интенсифицировать процесс за счет:

- введения штырькового излучателя в полость очистки, что требует точной взаимной ориентации детали и излучателя;
- перемещения излучателя грибовидного типа над очищаемым отверстием с определенной скоростью.

Экспериментально установлена высокая эффективность ультразвуковой очистки наружных поверхностей деталей и узлов от всех видов загрязнений в цилиндрическом излучателе, создающем сходящееся (конвергентное) ультразвуковое поле. Внутренняя полость цилиндра может служить также рабочей ванной с моющим раствором для высокоамплитудной УКС при очистке.

В результате экспериментальных исследований были определены возможности управления процессом очистки в ультразвуковом поле цилиндрического излучателя, за счет выбора оптимального времени озвучивания, которое является одним из основных параметров для технологии ультразвуковой очистки.

С целью визуализации распределения кавитационных эффектов внутри цилиндрического преобразователя в качестве модели очищаемого объекта (тест-объекта) использовалась алюминиевая и оловянная фольга. Результаты экспериментов с фольгой представлены на рисунке 2.



**Рисунок 2 - Зависимость потери веса тест-образцов из алюминиевой фольги в зависимости от времени озвучивания и положения образца относительно центра цилиндрического преобразователя: I - в центре излучателя; II - смещение на 20 мм; III - смещение на 40 мм; IV - смещение на 60 мм**

Эксперименты с алюминиевой фольгой позволили определить топографию кавитационных эффектов в сходящемся ультразвуковом поле цилиндрического излучателя. Чтобы избежать кавитационного разрушения поверхности деталей, очищаемых от загрязнений с сильной адгезией к поверхности, была определена оптимальная продолжительность озвучивания для каждой топографической зоны. Результирующий график может служить номограммой для выбора акустико-технологических параметров процесса ультразвуковой очистки от нагаров и лаков широкой номенклатуры деталей и узлов.

Таким образом, необходим выбор оптимального режима очистки и положения образца относительно центра цилиндрического преобразователя. При других, не оптимальных условиях, при реализации процесса очистки существует вероятность, при которой деталь будет непригодна к дальнейшему применению или понадобится повторная очистка. В обоих случаях проведение или прекращение работ приводит к производственным и финансовым потерям.

### Список информационных источников

- [1] Приходько В.М. Повышение эффективности процесса ультразвуковой очистки деталей топливной аппаратуры автотракторных двигателей при ремонте. Дис.канд. техн. наук. М., 1975. 175 с.
- [2] Приходько В.М. Физические основы ультразвуковой технологии при ремонте автотракторной техники. М.: БРАНДЕС, 1996. 128 с.
- [3] Остроух А.В. Информационные технологии в научной и производственной деятельности / [ред. А.В. Остроух] - М: ООО "Техполиграфцентр", 2011. - 240 с. - ISBN 978-5-94385-056-1.