

ДИНАМИКА И СИНТЕЗ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ВИБРОУДАРНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ РАЗБОРКИ И ОЧИСТКИ ДЕТАЛЕЙ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ

Мачихо Д.В., Сакевич В.Н.

Витебский государственный технологический университет
Витебск, Беларусь, E-mail: igsakevich@yandex.ru

По статистике около 40 % неисправностей дизельных двигателей приходится на топливную аппаратуру. При этом около 80 % отказов и свыше 40 % затрат на устранение неисправностей топливной аппаратуры связано с распылителями форсунок (рис.1, рис.2). Нарушения в работе распылителей форсунок (свыше 90 %) возникают вследствие накопления загрязнений (закоксовывания) на внутренних и наружных поверхностях корпуса и иглы, а также в распыляющих отверстиях корпуса распылителя форсунки (рис.1), обусловленных специфическими термоокислительными превращениями топлива при высоких температурах, прорывом газов во внутреннюю полость распылителя и др. факторов. Также в процессе ремонта часто возникают проблемы разборки распылителя форсунки, что связано с

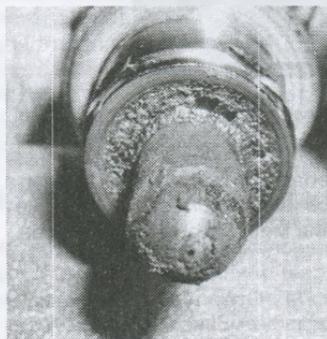


Рисунок 1 – Нагар, образующийся на распылителях форсунок

образованием коррозии между соприкасающимися прецизионными поверхностями корпуса и иглы в процессе эксплуатации (рис.2). Слипание корпуса и иглы распылителя форсунки настолько прочно, что чисто механически провести разъединение без повреждений прецизионных поверхностей изделия не представляется возможным. По этой причине десятки тысяч распылителей форсунок стоимостью от 6 \$ за штуку ежегодно попадают в металлолом. Если корпус и иглу распылителя форсунки разъединить без их повреждения и очистить от образовавшихся загрязнений, то можно использовать распылитель форсунки по назначению повторно без дополнительной обработки, так как изделие имеет ещё большой запас ресурса по износу. Применение ультразвуковой вибрационной техники является наиболее эффективным из всего известного арсенала средств, используемых для очистки прецизионных деталей. Однако при очистке в ультразвуковых ваннах размеры пузырьков в кавитационной области составляют 2-3 мм, а диаметры распыляющих отверстий форсунок меньше 0,4 мм, т. е. кавитационные пузырьки в силу своих размеров не могут проникнуть в распыляющие отверстия форсунки и осуществить очистку с

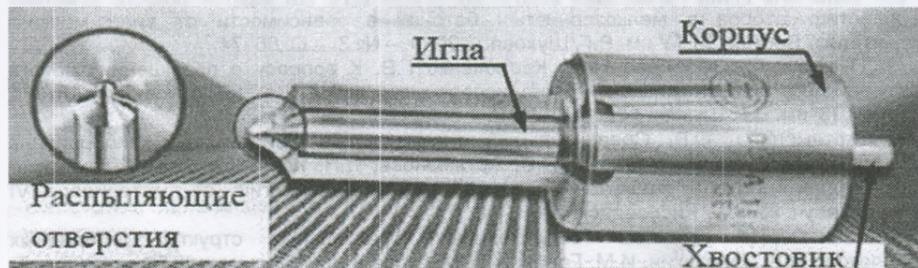


Рисунок 2 – Распылитель форсунки в собранном виде

максимальной производительностью. Известные в современном производстве способы рассоединения деталей и их очистки не позволяют решить указанную проблему в условиях массового производства с высокой производительностью и без возможного повреждения прецизионных поверхностей. В этой связи требуются совершенно новые технические решения проблемы. Для решения вышеизложенной

актуальной для ремонтных предприятий задачи по разборке распылителя форсунки и его очистке в условиях массового производства нужна принципиально новая машина, связанная с воздействием вибраций на механические системы, а известные методы динамического расчета виброударных машин требуют развития и совершенствования.

Цель работы – восполнение недостающей ниши знаний в области теории и практики проектирования и создания ультразвуковых машин со стохастическим спектром виброударных колебаний путем глобального анализа динамики виброударных систем и параметрическом синтезе таких машин.

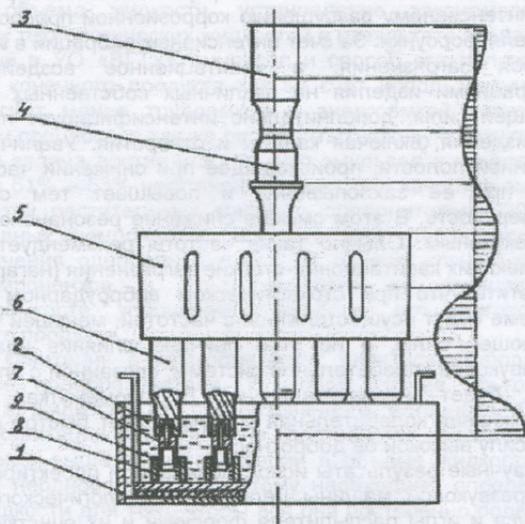


Рисунок 3 – Устройство для ультразвуковой контактной очистки изделий и распределение амплитуды продольных колебаний в ультразвуковой акустической системе

1 – ванна; 2 – моющая жидкость; 3 – электроакустический преобразователь; 4 – трансформатор амплитуды продольных колебаний; 5 – длинноконтурный волновод; 6 - волноводы стержневого типа; 7 – корпуса распылители форсунок; 8 – упругие элементы (винтовые цилиндрические пружины сжатия); 9 – держатель.

При статическом способе рассоединения корпуса и иглы форсунки на разрывной машине – отрывается хвостовик у иглы. Игла распылителя форсунки изготовлена из стали P18 и закалена до твердости HRC 60. Предел прочности стали P18 – 840 Н/мм², диаметр хвостовика 3мм, следовательно приложенное усилие составляет порядка 6 кН. Усилия в 6 кН недостаточно для рассоединения изделия при статическом нагружении. Отметим, что в тех редких случаях, когда статическим нагружением удавалось рассоединить иглу и корпус форсунки, происходило повреждение прецизионных поверхностей корпуса и иглы распылителя форсунки.

В известных устройствах разборка осуществляется ударным воздействием на распылитель форсунки с ультразвуковой частотой вынуждающей силы электроакустического преобразователя. Ударные воздействия сопровождаются значительными силами инерции, действующими на распылитель форсунки и должны привести к накоплению микродеформаций усталостного характера в коррозионной прослойке, образовавшейся между внутренней поверхностью корпуса и наружной поверхностью иглы в процессе эксплуатации.

В результате проведенного анализа установлено, что из известных способов, которые могут быть применены для разъединения корпуса и иглы распылителя форсунки дизельных двигателей и их очистки, наиболее перспективным является способ контактной ультразвуковой очистки изделий (рис.3) путем погружения изделия в

моющий раствор, возбуждения в растворе высокоамплитудных ультразвуковых колебаний и создания механического контактного взаимодействия в стохастическом виброударном режиме колеблющейся поверхности ультразвукового источника колебаний и изделия (распылителя форсунки). Тогда в этом широкополосном частотном режиме будут существовать частоты, совпадающие с частотами различных форм собственных колебаний корпуса и иглы распылителя форсунки (изгибные, продольные и т.п.). В результате к напряжениям сдвига, действующим на коррозионную прослойку, добавятся растягивающие напряжения по симметричному циклу от различных интенсивных собственных форм колебаний корпуса форсунки. Это приведет к более интенсивному разрушению коррозионной прослойки между иглой и корпусом распылителя форсунки. За счет интенсивных вибраций в изделии, оно как бы «стряхнёт» с себя загрязнения, а кавитационное воздействие, вызванное интенсивными вибрациями изделия на различных собственных частотах меньших частоты вынуждающей силы, дополнительно интенсифицирует процесс очистки по всей поверхности изделия, включая каналы и отверстия. Увеличение резонансного размера кавитационной полости, происходящее при снижении частоты, увеличивает ударный импульс при её захлопывании и повышает тем самым эрозионное воздействие на поверхность. В этом смысле снижение резонансной частоты до 8–10 кГц является эффективным. Обычно такие частоты рекомендуется применять при очистке деталей, имеющих кавитационно-стойкие загрязнения (нагары, окалина).

Следует отметить, что при стохастическом виброударном режиме удары в виброударной системе будут осуществляться с частотой, меньшей частоты колебаний внешней вынуждающей силы, и по этой причине влияние удара на поведение стержневой ультразвуковой колебательной системы, связанной с электроакустическим преобразователем, будет незначительным. В промежутках между ударами ультразвуковая стержневая колебательная система будет быстро восстанавливаться от влияния удара в силу высокой её добротности.

Полученные научные результаты использованы при проектировании и создании виброударной ультразвуковой машины целевого технологического назначения для разъединения корпуса и иглы распылителя форсунки и их очистки от накопившихся загрязнений в процессе эксплуатации. Машина предназначена для работы с высокой производительностью в условиях массового производства и без возможного повреждения прецизионных поверхностей корпуса и иглы распылителя форсунки в процессе их разъединения и очистки.

Результаты производственной апробации машины по разъединению распылителя форсунки на детали – корпус и иглу и их очистки подтвердили её эффективность в условиях массового производства.