

УДК 621.9.048

А.В. Мицык, доцент, канд. техн. наук

*Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля
кв. Молодежный 20-а, г. Луганск, Украина, 91034
an_mitsyk@mail.ru*

В.А. Федорович, профессор, д-р техн. наук

*Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»
ул. Фрунзе 21, г. Харьков, Украина, 61002*

НОВАЯ РАЗНОВИДНОСТЬ СПОСОБА ВИБРАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТРУЙНОГО ДВИЖЕНИЯ ПОТОКОВ ЖИДКОСТИ

Приведен анализ классического способа и устройств вибрационной обработки применительно к деталям различной формы типа тел вращения. Описана сущность новой разновидности способа обработки мелкодисперсной рабочей средой с использованием струйного движения потоков жидкости.

Ключевые слова: *вибрация, обработка, детали, резервуар, рабочая среда, потоки жидкости, технологические параметры.*

Экспериментальные исследования, проводимые по интенсификации вибрационной обработки с использованием методики комбинирования схем энергетического воздействия на абразивную среду и обрабатываемые детали, выявили своеобразные физические эффекты, возникающие при воздействии струйного движения потоков жидкости на массив мелкодисперсной абразивной среды и нашли эффективное технологическое применение этим эффектам в виде новой разновидности способа виброобработки [1].

Общеизвестно, что вибрационное воздействие на свободную абразивную среду и детали широко используется для достижения требуемого технологического результата при отделочно-зачистной обработке, на операциях которой благодаря эффектам кинематики и динамики микрорезанием и упругопластическим деформированием удаляют дефектный слой металла и уменьшают шероховатость поверхности [2].

И все-таки, говоря об общей эффективности процесса виброобработки нельзя забывать и о недостатках различного характера, присущих классической, применяемой уже на протяжении двух – трех десятилетий виброобрабатывающей технологии и соответствующего ей оборудования. Особенно остро недостатки классической технологии, в большинстве случаев связанные с производительностью и качеством обработки, стали проявляться в условиях рыночных отношений, когда с одной стороны наблюдается хронически низкий уровень инвестиций, тормозящий модернизацию производства, а с другой стороны очевидна явная необходимость снижения трудоемкости и себестоимости изготовления деталей с целью наполнения внутреннего рынка отечественными товарами высокого качества.

Учитывая сказанное, понятна активность научных исследований на создание высокопроизводительных, комбинированных на базе классической технологии новых разновидностей способа вибрационной отделочно-зачистной обработки, экономично и эффективно формирующих микрогеометрию поверхностей деталей, определяющую надежность, долговечность и товарный вид деталей и изделий в целом.

Главным рабочим органом многих моделей отделочно-зачистных вибростанков, реализующих классическую технологию вибрационной обработки является резервуар, наиболее распространенной формой сечения, которого в плоскости колебаний принята «U» – образная. Долговременное постоянство формы такого резервуара во многом объясняется технологичностью конструкции, универсальностью и сравнительной простотой изготовления, удобством эксплуатации при обработке широкой номенклатуры деталей в условиях любого типа производства, а также достаточной ремонтпригодностью [2].

Вместе с тем, наряду с такими весомыми преимуществами, рассматриваемый главный орган вибростанка имеет ряд технологических недостатков, пренебрегать которыми равносильно потере экономической эффективности отделочно-зачистных операций, в конечном итоге определяющих не только производительность и качество изделий, но и рентабельность, а также культуру современного машиностроительного производства.

Необходимо отметить, что технологические недостатки «U» – образного резервуара нельзя рассматривать в отрыве от недостатков реализуемой в нем классической технологии. Этот вопрос комплексный и имеет прямую связь с технологичностью конструкции обрабатываемых деталей применительно к особенностям операций виброобработки.

Выше отмечалось, что «U» – образный резервуар приемлем для широкой номенклатуры деталей. Однако, рассматривая более подробно определитель деталей общемашиностроительного применения,

авторам статьи удалось выделить, а затем в условиях классической виброобработки провести экспериментальные отделочно-зачистные операции для группы корпусных деталей приводных и распределительных механизмов, а также деталей типа тела вращения, таких, как диски, втулки, катушки, шкивы, зубчатые колеса и др., имеющих центральные сквозные отверстия, используемые для базирования и закрепления в приспособлении рабочего органа вибростанка. Конструкция деталей отличалась сложной объемной формой, образованной сочетаниями цилиндрических, конических и др. криволинейных поверхностей, с нишами, карманами, малыми радиусами сопряжения элементов, а также глухими и сквозными отверстиями различного диаметра. Формообразование таких конструкций связано с операциями обработки лезвийным инструментом на металлорежущих станках, а именно точением, фрезерованием, сверлением, что влечет за собой появление дефектов поверхностей в виде заусенцев, острых кромок, повышенной шероховатости, удаление которых необходимо согласно требованиям последующей сборки и эксплуатации механизмов.

К технологическим недостаткам резервуара с «U» – образной формой сечения в плоскости колебаний, которые особенно очевидны при виброобработке выделенной группы деталей, следует отнести неравномерность обработки в различных зонах резервуара и снижение ее интенсивности по мере удаления деталей в их циркуляционном движении от стенок и дна к центральной части. Такой негативный эффект происходит за счет гашения силового импульса, который передается в глубину содержимого резервуара во время его колебательного движения. При сложившейся ситуации время энергетического воздействия резервуара на загруженную в него рабочую среду не превышает 65 % периода колебаний, что во-первых приводит к снижению производительности обработки не менее, чем на 30 %, а во-вторых исключает расширение технологических возможностей способа вибрационной обработки, который не обеспечивает контактный доступ и последующую обработку труднодоступных мест сложнопрофильной поверхности деталей для принятых в классической технологии вибрационной обработки рабочих сред с размером гранул 5...30 мм.

Несомненный интерес представляют исследования [3], в которых для интенсификации процесса виброобработки и повышения коэффициента полезного действия резервуара в его конструкции используются дополнительные элементы в виде различных дефлекторов, организующих усложненную кинематику рабочей среды и обрабатываемых деталей, позитивно влияющую на эффективность достижения технологического результата. Однако, применение такой технологии при помещении в резервуар «внавал» корпусных и других деталей с повышенной массой связано со взаимными соударениями в их циркуляционном движении, что приводит к появлению существенного, в большей части неисправимого, брака в виде различных по глубине царапин, забоин, вмятин и др. приобретенных дефектов поверхности.

Кроме того, к недостаткам рассматриваемого резервуара и классической технологии относится их неприменимость к плоскостным деталям, которые при обработке слипаются в пакеты, перекрывая обрабатываемые поверхности, что в целом вызывает периодическое заклинивание резервуара и появление 15...20 % брака обработки.

Подходя к решению вопроса создания новой разновидности способа вибрационной обработки, позволяющей как расширить технологические возможности способа, так и сформировать условия для его управления, авторами предложен вариант отделочно-зачистной обработки, при котором одновременно с вибрационным воздействием на рабочую среду и детали, принятым как базовое, используется воздействие струйного движения потоков жидкости [4].

Физическая сущность новой разновидности способа (рисунок 1) состоит в том, что мелкодисперсную рабочую среду в виде шлифпорошков, шлифзерна или технического стекла, фарфора и др. с размером гранул не более 2 мм помещают в установленный на жесткой опоре «U» – образный резервуар, в радиусной части которого размещают гидродинамические устройства, формирующие струйное движение потоков подаваемой извне жидкости.

Обрабатываемые детали 1, выделенной ранее группы, базируют и закрепляют на расположенных рядами установочных пальцах 2 многоместной, жестко связанной с инерционным вибровозбудителем 3, колебательной системы 4 вибростанка, упруго установленной на жесткой опоре 5 с возможностью погружения в рабочую зону резервуара 6 и выхода из нее до и после обработки. Особенностью аппаратного оформления способа является то, что вал 7 инерционного вибровозбудителя 3 расположен в непосредственной близости к верхней части резервуара 6, в продольной плоскости, которая совпадает с вертикальной осью резервуара 6 и перпендикулярна его поперечному сечению.

К гидродинамическим устройствам 8, формирующим струйное движение потоков, подают жидкость под давлением и при расходе, необходимом для придания рабочей среде 9 свойств псевдосжиженности. Колебательную систему 4 с закрепленными в ней деталями 1 с помощью инерционного вибровозбудителя 3 приводят в плоское колебательное движение по двум взаимноперпендикулярным осям X, Y и погружают в псевдосжиженные слои рабочей среды 9. Колебаниями деталей с амплитудой 0,2...3,5 мм и частотой 30...70 Гц уплотняют рабочую среду 9,

сохраняя в ней по отношению к обрабатываемым деталям 1 состояние относительного перемещения и взаимного давления, при котором обеспечивается микрорезание и упругопластическое деформирование, сопровождающее процесс виброобработки.

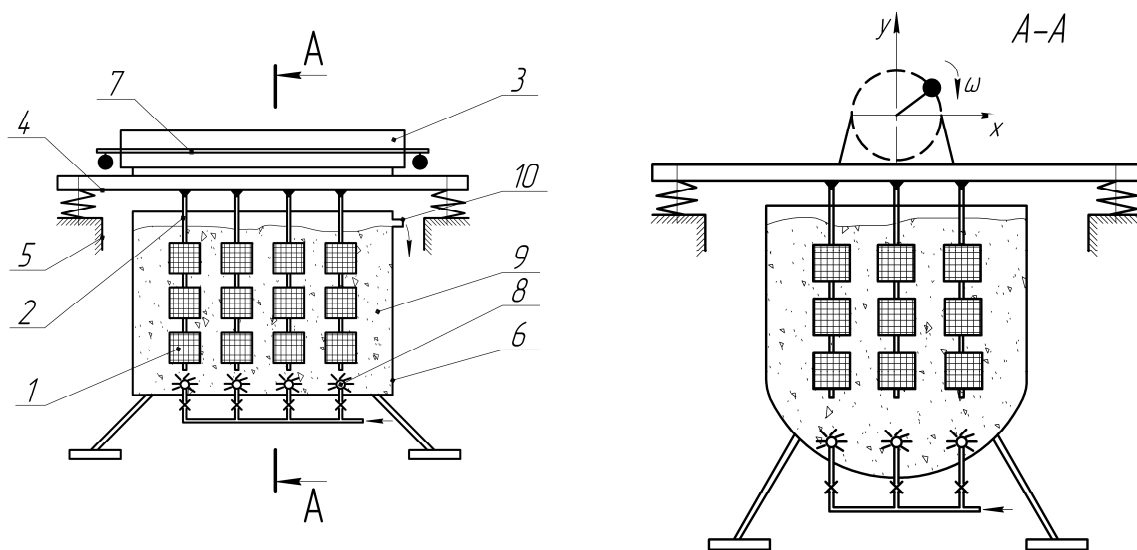


Рисунок 1 – Схема новой разновидности способа виброобработки: 1 – обрабатываемые детали; 2 – установочные пальцы; 3 – инерционный вибровозбудитель; 4 – колебательная система; 5 – жесткая опора; 6 – резервуар; 7 – вал; 8 – гидродинамические устройства; 9 – рабочая среда; 10 – отвод

По окончании операции и выключении вибровозбудителя колебательную систему вибростанка извлекают из резервуара, а обработанные детали удаляют с установочных пальцев приспособления, проводя контроль качества. Отработанная жидкость под действием колебаний сосредотачивается в верхней части резервуара над уплотненной рабочей средой, а возможный избыток жидкости через отвод вытекает в отстойник.

Для эффективного производственного применения описанной выше разновидности способа вибрационной отделочно-зачистной обработки, полученного комбинированием различных схем энергетических воздействий на рабочую среду и обрабатываемые детали, необходимо четко представлять за счет чего происходит процесс формообразования и каков механизм сопровождающих вибрационную обработку процессов микрорезания и упругопластического деформирования. Кроме того, зная особенности схем того или иного энергетического воздействия можно оценить целесообразность их использования, исходя из технических требований к обрабатываемым деталям, а также возможностей оборудования.

Учитывая недостаточную изученность новой разновидности способа виброобработки не представляется возможным без дополнительных экспериментальных исследований разрабатывать корректные технологические рекомендации для промышленного внедрения. Однако, принимая во внимание потребность металлообрабатывающих производств в прогрессивных, экономически выгодных технологиях, а также учитывая ограниченность финансирования научных работ, можно допустить, что необходимые заключения о целесообразности новой технологии можно сделать используя результаты стендовых испытаний на физических моделях, разработанных в НИЛ «Обработка свободными абразивами» ВНУ им. В. Даля для создания комбинированных способов вибрационной отделочно-зачистной обработки.

Общеизвестно, что одним из оценочных параметров эффективности процесса вибрационной обработки является весовой съем металла в единицу времени с единицы площади поверхности обрабатываемой детали [2, 4]. В нашем случае при рассмотрении новой разновидности способа вибрационной обработки съем металла Q будет функционально представлен зависимостью $Q = f(P, W, h_3, t, A, \omega, d)$, где P , W – давление и объемный расход жидкости, h_3 – высота засыпки обрабатываемых деталей рабочей средой, t – время обработки, A, ω – амплитуда и частота колебательной системы вибростанка, d – грануляция рабочей среды.

В данной статье авторами приводятся некоторые комментарии к результатам исследований влияния перечисленных технологических параметров процесса на съем металла при вибрационной обработке. Зависимость эффективности обработки от расхода жидкости носит параболический характер. Установлено, что при расходе 0,5...1,0 л/мин для жидкости подаваемой в резервуар, заполненный

рабочей средой в виде шлифпорошка зернистостью 32, визуальных изменений в поведении среды не появилось, эффект барботирования отсутствовал, колебательные движения деталей отличались нестабильностью из-за силового сопротивления уплотненной рабочей среды. При увеличении расхода жидкости до 1,3 л/мин барботирование также не наблюдалось. Вместе с тем на поверхности рабочей среды, окружающей установочные пальцы с колеблющимися обрабатываемыми деталями, возникло ее замедленное перемещение, имеющее плоскую траекторию в форме концентрических окружностей и формирующее кольцевую зону уплотнения. При увеличении расхода жидкости до 1,6...2,0 л/мин установилось активное барботирование среды, принявшей псевдосжиженное состояние, что обеспечило постоянство беспрепятственного колебательного движения обрабатываемых деталей. Таким образом, можно прийти к выводу, что при увеличении расхода жидкости, подаваемой в резервуар, процесс съема металла активизируется. Объясняется это тем, что направленная струя жидкости увеличивает скорость относительного перемещения в слоях мелкодисперсной рабочей среды, создавая дополнительное динамическое воздействие, способствующее усиленному контактному взаимодействию с обрабатываемыми деталями. Так же необходимо отметить, что равномерный характер микрорельефа поверхности соответствует относительно малым величинам расхода жидкости, исключаяющим при обработке возможность возникновения гидроабразивного фактора, характеризующегося локальным матированием, а также появлением дефектов поверхности в виде лунок, что не предусматривается процессом вибрационной обработки [2].

Из механизма процесса новой разновидности способа вибрационной обработки следует, что существует оптимальная величина расхода жидкости, при которой обеспечивается равномерный съем металла по всей площади обрабатываемой поверхности, а подаваемая в резервуар жидкость выполняет функцию разжижения мелкодисперсной рабочей среды и приведение ее в псевдосжиженное состояние. При этом создаются условия для беспрепятственного со стороны рабочей среды колебательного движения обрабатываемых деталей. Как результат, относительное перемещение и взаимное давление среды и деталей вызывает процессы микрорезания и упругопластического деформирования, что способствует удалению дефектного слоя металла и уменьшению шероховатости поверхности.

Немаловажным при проектировании технологии, соответствующей новой разновидности способа вибрационной обработки будет параметр высоты засыпки деталей слоем рабочей среды. Определено, что каждому значению высоты засыпки деталей соответствует своя величина расхода, подаваемой в резервуар жидкости. Зависимость эффективности обработки от высоты засыпки также носит параболический характер. Установлено, что при изменении высоты засыпки деталей от 20 до 60 мм происходит увеличение съема металла на 25...30 %, дальнейший рост съема металла при увеличении высоты засыпки прекращается. Таким образом, рациональная высота засыпки обрабатываемых деталей рабочей средой должна устанавливаться не менее 60 мм и вместе с тем выбираться в зависимости от требуемого технологического результата обработки, характеристик рабочей среды, режимов колебаний, а также конструктивных параметров обрабатываемых деталей.

Что касается влияния на эффективность новой разновидности способа вибрационной обработки таких технологических параметров, как амплитуда и частота движения колебательной системы вибростанка, грануляции рабочей среды, а также времени обработки, то они, как и в классическом способе [2], подчиняются прямолинейной зависимости и могут выбираться как экспериментально, так и аналитическим путем, исходя из конструктивных особенностей обрабатываемых деталей, физико-механических свойств их материалов, а также требований конечного технологического результата вибрационной обработки.

Для реализации новой разновидности рассмотренного выше способа отделочно-зачистной обработки в соответствии с принципиальной схемой (рисунок 2) спроектирован опытно-промышленный вибростанок модели ВГ-250, конструкция которого содержит «U»-образный резервуар 1 объемом 250 дм³, загруженный рабочей средой 2, установленный на основании 3 с возможностью наклона по средству цапф 4. Резервуар 1 имеет внутреннюю футеровку 5 в поперечном сечении выполненную в виде диаметрально связанных полукружностей с радиусом $r = 0,1R$, где R – радиус днища резервуара, что приводит к расширению технологических возможностей оборудования и повышения эффективности обработки.

В верхней части резервуара 1 помещена жестко связанная с вибровозбудителем 6 установленная на основании 3 с помощью упругой подвески 7 колебательная система 8. На расположенных рядами установочных пальцах 9 колебательной системы 8 базируются и закрепляются группами, разделенные дистанционными кольцами 10 и 11 обрабатываемые детали 12, а также обтекатели 13, под которыми сориентированы и смонтированы в радиусной части днища резервуара 1 гидродинамические устройства 14. В верхней части резервуара 1 расположена воронка 15, сообщающаяся с отстойником 16. Гидродинамические устройства 14 и воронка 15 снабжены гибкими трубопроводами 17, 18 и дросселем 19. Каждый из установочных пальцев 9, совместно с обрабатываемыми деталями 12, дистанционными

кольцами 10 и 11, а также обтекателем 13 между собой и с вибровозбудителем 6 соединен, взаимодействующим со стыковочными элементами, клином 20 в единый блок колебательной системы 8.

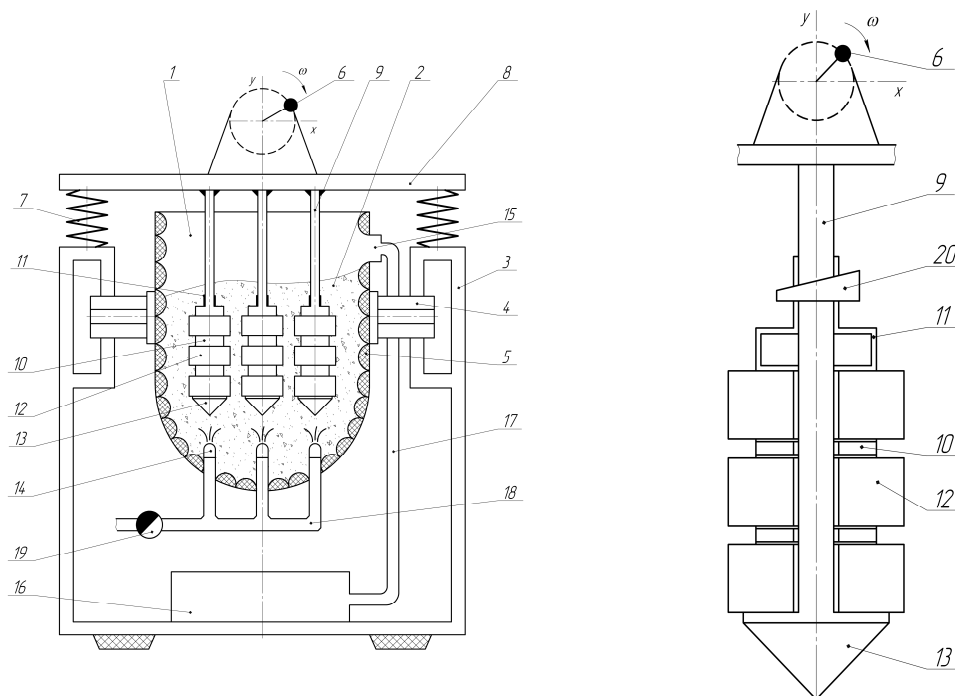


Рисунок 2 – Принципиальная схема вибростанка модели ВГ-250 и схема базирования и закрепления обрабатываемых деталей на установочных пальцах колебательной системы

Приведем некоторые комментарии касательно работы основных узлов вибростанка, отвечающего новой разновидности способа отделочно-зачистной обработки. Расположенные в нижней части резервуара гидродинамические устройства, установленные вдоль рядов групп обрабатываемых деталей формируют стройное движение потоков подаваемой извне жидкости. Группы обрабатываемых деталей, установленные на каждом из установочных пальцев колебательной системы дополнены обтекателями конусообразной формы с площадью основания сопоставимой с площадями поверхностей деталей, контактирующих с обтекателями. Наличие обтекателей обеспечивает направленное струйное движение потоков жидкости и рабочей среды при ее взвешенном состоянии относительно поверхностей обрабатываемых деталей, а также сокращает площадь плоской торцевой поверхности деталей и этим уменьшает усилие, необходимое для проникновения установочных пальцев с деталями в уплотненную рабочую среду, когда расход и давление, подаваемой в резервуар жидкости, минимальны или равны нулю.

Возможности снятия вибровозбудителя с колебательной системы, а также наклона резервуара обеспечивают удобство ввода в резервуар и вывода из него колебательной системы с обрабатываемыми деталями, а также эффективную выгрузку рабочей среды при ее замене. Это достигается тем, что в вибростанке резервуар имеет симметричную в вертикальной плоскости «U»-образную форму поперечного сечения с радиусным днищем, на внутренней стороне которого установлены гидродинамические устройства, а с наружной стороны гибкий трубопровод с дросселем. Гидродинамические устройства обеспечивают подачу жидкости в резервуар и формирование струйных движений ее потоков в направлении обтекателей, дроссель – возможность регулирования расхода и давления жидкости. Радиусная форма днища резервуара исключает образование застойных зон рабочей среды и ее интенсивное перемешивание во взвешенном состоянии, гибкий трубопровод обеспечивает наклон резервуара.

При достижении технологического результата обработки отработанная жидкость под вибрационным воздействием сосредотачивается над уплотненной рабочей средой, а ее избыток через воронку и гибкий трубопровод перетекает в отстойник. Рабочая среда, обладающая свойствами твердого и в тоже время эластичного инструмента, обеспечивает внедрение на заданную глубину зерен абразива в материал обрабатываемых деталей, способствуя высокой эффективности отделочно-зачистной обработки деталей.

Библиографический список использованной литературы

1. Мицык А.В. Пути интенсификации вибрационной отделочно-зачистной обработки комбинированием схем энергетических воздействий на рабочую среду и детали / А.В. Мицык, В.А. Федорович // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. — 2011. — № 6 (83). — С. 26–34.
2. Бабичев А.П. Основы вибрационной технологии / А.П. Бабичев, И.А. Бабичев. — Ростов-на-Дону, 2008. — 694 с.
3. Мицык В.Я. Развитие научных основ проектирования технологии и оборудования отделочно-зачистной и упрочняющей виброобработки / В.Я. Мицык // *Вібрації в техніці та технологіях*. — 2010. — №2 (58). — С. 141–151.
4. Пат. 66646 Україна, МКИ В24В 31/06 Спосіб віброобробки деталей / А.В. Міщук; Заявл. 23.06.11; Опубл. 10.01.12, Бюл. № 1.

Поступила в редакцію 17.03.2012 г.

Міщук А.В., Федорович В.О. Новий різновид способу вібраційної обробки з використанням струменевого руху потоків рідини

Приведен аналіз класичного способу і пристроїв вібраційної обробки стосовно деталей різної форми типу тіл обертання. Описана суть нового різновиду способу обробки мелкодисперсним робочим середовищем з використанням струменевого руху потоків рідини.

Ключові слова: вібрація, обробка, деталі, резервуар, робоче середовище, потоки рідини, технологічні параметри.

Mitsyk A.V., Fedorovich V.A. A new variety of vibration processing method with the usage of the jet liquid flows motion

The analysis of the classical vibration treatment method and equipments applied to the various shapes details of rotation bodies has been given. The new variety of fine grained working medium processing method using the jet fluid flows motion has been described.

Keywords: vibration processing, details, reservoir, working medium, fluid flows, technological parameters.