

УДК 621.9.048

А.В. МИЦЫК¹, В.А. ФЕДОРОВИЧ²¹ *Восточноукраинский национальный университет имени В. Даля, Луганск, Украина*² *Национальный технический университет «ХПИ», Харьков, Украина*

ПУТИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ВИБРАЦИОННОЙ ОТДЕЛОЧНО-ЗАЧИСТНОЙ ОБРАБОТКИ КОМБИНИРОВАНИЕМ СХЕМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА РАБОЧУЮ СРЕДУ И ДЕТАЛИ

Представлены пути интенсификации вибрационной отделочно-зачистной обработки корпусных и плоскостных типа тел вращения деталей номенклатуры авиационных и аэрокосмических летательных аппаратов, станков и установок технологического назначения, имеющих сложную форму с центральным сквозным отверстием, ниши, карманы и другие труднодоступные для гранул рабочей среды участки поверхности. Предложены вариативные схемы комбинирования энергетических воздействий на рабочую среду и детали, а также элементов технических решений для создания новых разновидностей способа вибрационной обработки, интенсивность которых возросла в 1,8...2,5 раза в сравнении с существующими аналогами.

Ключевые слова: *вибрационная обработка, резервуар вибростанка, приспособление с деталями, энергетические воздействия, интенсивность процесса.*

Введение

Отделочно-зачистная обработка деталей отраслей отечественного машиностроения, связанных с производством различного рода авиационных и аэрокосмических летательных аппаратов, станков и установок технологического назначения, двигателей и других исполнительных систем, является неотъемлемым процессом производственного цикла, внедрение которого сопряжено с решением совокупности производственных, экономических и социальных задач, имеющих функциональные, эргономические и эстетические корни [1].

1. Характеристика деталей, подлежащих вибрационной обработке

Из всей, проблемной с точки зрения отделочно-зачистной обработки, номенклатуры деталей можно выделить значительную группу корпусных деталей приводных и распределительных механизмов, а также деталей типа тела вращения, таких, как диски, втулки, катушки, шкивы, зубчатые колеса и др., имеющих симметричную форму и центральные сквозные отверстия, которые возможно использовать для базирования и закрепления в приспособлениях рабочих органов вибростанков.

Форма деталей выделенной группы классифицируется, как сложная, объемная, образованная сочетаниями цилиндрических, конических и других криволинейных поверхностей. Конструкции деталей имеют ниши, карманы, уступы, лекальные переходы

элементов поверхности с малыми радиусами сопряжения, а также глухие и сквозные отверстия различного диаметра. Формообразование таких конструктивных особенностей 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 [2, 3]. Повышение безотказности и ресурса регулирующих систем летательных аппаратов во многом зависит от качества обработки поверхностей деталей механизмов. Приобретенные от предшествующих операций дефекты поверхностей, например, в виде заусенцев, попадая в гидравлическую или пневматическую систему, переносятся по всей системе, нарушая работу наиболее чувствительных ее элементов, таких, как манжетные уплотнения золотниковых и плунжерных пар, подшипников, клапанов, зубчатых передач и др. [4].

2. Характеристика методов отделочно-зачистной обработки

Оценивая технологические и технические потребности металлообрабатывающих производств, становится очевидным, что проблема ускоренного развития машиностроения тесно связана с новыми научными разработками, направленными на модернизацию отделочно-зачистных операций по достижению высокого качества поверхности деталей и

изделий, в первую очередь на предприятиях приоритетных отраслей промышленности, которые в большинстве своем обеспечены отечественными технологиями и оборудованием для окончательной обработки, уже несоответствующим требованиям современного производства.

По своим классификационным признакам отделочно-зачистная обработка объединяет группу технологий, преследующих своей целью удаление различного рода дефектов поверхности деталей, полученных операциями обработки лезвийным инструментом, а также различными методами литья, горячей и холодной штамповкой [2, 5].

Среди других методов отделочно-зачистной обработки, к новым развивающимся технологиям, широко распространенным в мировой практике, следует отнести обработку свободными средами, возбуждаемыми различными видами энергетического воздействия, из которых, в силу укоренившихся традиций вибрационное воздействие считают достаточно разработанной и сформировавшейся областью техники. Это далеко не соответствует реальности, так как в настоящее время происходит обновление парка виброобрабатывающих технологий и оборудования, задействованных в металлообрабатывающих производствах. Такие технические реформы обусловлены в первую очередь научными достижениями в области физики, механики, механохимии, компьютерной техники и технологии [6].

Методы вибрационной отделочно-зачистной обработки, решая поставленные задачи с точки зрения получения требуемого технологического результата, по своему физическому содержанию существенно отличаются от традиционных методов обработки на металлорежущих станках. Такой нетривиальный подход к металлообработке позволяет создать технологические процессы новых разновидностей вибрационной обработки, характеризующихся высокой эффективностью, оригинальными качественными показателями, а также способствующих проектированию экологически чистых ресурсосберегающих технологий.

3. Предпосылки создания новых разновидностей способа вибрационной отделочно-зачистной обработки

К основным приемам создания новых разновидностей виброобработки следует отнести комбинирование схем энергетического воздействия на рабочие среды и обрабатываемые детали. При этом имеется в виду одновременное воздействие двух и более видов энергии, среди которых различают вибрационное, химическое, струйное механическое и другие виды воздействия [7].

Рассматривая научные и практические аспекты применения новых разновидностей виброобработки, можно отметить, что к числу физико-технологических особенностей схем энергетических воздействий на среду и обрабатываемые детали также относятся и конструктивные характеристики резервуара вибростанка, в котором размещается рабочая среда требуемой характеристики и состава, а также обрабатываемые детали. Режимы колебаний при виброобработке подвергаются варьированию, как и другие основные параметры технологии [8]. Обрабатываемым деталям сообщаются дополнительные виды колебательного и вращательного движения, путем их установки в приспособлениях и шпиндельных устройствах [9]. Комбинируя различные сочетания технологических и конструктивных параметров, возможно, значительно расширить область эффективного использования вибрационной отделочно-зачистной обработки на основе создания и внедрения ее новых разновидностей.

Что касается предмета труда для виброобрабатывающей техники и технологии, то практика показывает, что количество деталей машиностроительных производств, подвергаемых отделочно-зачистным операциям, составляет 85...95 % от общего количества изготавливаемых деталей. В связи с возрастающими требованиями к качеству выпускаемых изделий есть основание полагать, что процент деталей, подвергаемых отделочно-зачистным операциям, будет еще более высоким. Сейчас упомянутые операции на 60 % и более выполняются с применением маломеханизированного труда, что делает проблему интенсификации вибрационной отделочно-зачистной обработки весьма своевременной для технического и технологического перевооружения отечественной промышленности [10].

Промышленное использование существующих традиционных технологий и оборудования виброобработки на операциях доделочной, очистной и мочечной обработки, а также на операциях виброшлифования и виброполирования выделенной группы деталей на настоящее время является процессом нетехнологичным и экономически нецелесообразным по ряду причин. В том числе, фактор сложной поверхности с наличием труднодоступных мест для гранул рабочей среды с традиционно применяемыми размерами, находящимися в пределах 5...30 мм, препятствует достижению необходимого технологического результата виброобработки.

С другой стороны корректировка традиционной технологии в направлении уменьшения грануляционной среды сопровождается повышением ее демпфирующих свойств, что в силу технических возможностей современных промышленных вибростанков не обеспечивает стабильную кинематику и

динамику гранул в циркуляционном движении рабочей среды, при котором за счет взаимного давления и относительного перемещения гранул обрабатываемых и деталей происходят процессы микрорезания и упругопластического деформирования, необходимые для эффективной виброобработки.

Кроме того, обработка корпусных деталей в колеблющемся резервуаре, производимая «внавал», связана с возникновением технологического брака в виде забоин и вмятин, приобретенных от взаимных соударений, увеличенных по габаритам и массе, деталей при их циркуляционном движении. Обработка плоскостных деталей по традиционной технологии неизменно сопровождается образованием сводов деталей, слипанием их в пакеты и взаимным перекрытием обрабатываемых поверхностей, что вызывает заклинивание содержимого резервуара и появление до 20 % брака.

4. Постановка задачи исследования

Приведенная информация о текущем состоянии вопроса указывает на нескрытые резервы и направления, связанные с управлением процессом виброобработки и расширением его технологических возможностей за счет привлечения номенклатуры обрабатываемых деталей, ранее принятых нетехнологичными для операции виброобработки. В этой связи рассмотрим и оценим с точки зрения технических возможностей и получаемой производительности принципиальные схемы процессов вибрационной отделочно-зачистной обработки, созданные на основе комбинирования воздействий на рабочую среду и обрабатываемые детали энергии вибрационных и центробежных сил, а также энергии струйного движения потоков жидкости.

5. Исследование интенсификации вибрационной отделочно-зачистной обработки

НИЛ «ОСА» ВГУ им. В. Даля предложена вариативная схема комбинирования конструктивных технических решений новых разновидностей способа виброобработки (рис. 1), состоящих из элементов «резервуара» (рис. 2) и «приспособления» (рис. 3), в которых возмущающая сила F вибровозбудителя определяется выражением $F = m\gamma\omega^2$, где: m – масса дебалансных грузов вибровозбудителя; γ – расстояние от центра масс дебалансных грузов до оси вращения вала вибровозбудителя; ω – угловая скорость вращения вала вибровозбудителя.

При реализации разновидностей способа, согласно вариантам аппаратурного оформления тех-

нологической системы «резервуар с рабочей средой – приспособление с обрабатываемыми деталями» (рис. 4), в резервуаре вибростанка формируется энергетическое воздействие, создающее общий циркуляционный характер циклонического движения гранул рабочей среды, свободно проникающих ко всем труднодоступным поверхностям обрабатываемых деталей, что приводит к высокой интенсивности обработки, управление которой осуществляется при выборе рациональных сочетаний значений амплитудно-частотных параметров колебательного движения резервуара и приспособления с обрабатываемыми деталями, а также скоростей вращательного движения шпинделя и импеллера вибростанка.

В рассматриваемых вариантах новых разновидностей способа виброобработки сделана попытка реализовать технологическую необходимость использования в качестве рабочих сред увлажненную химически-активным раствором мелкодисперсную рабочую среду в виде шлифзерна зернистостью 200...40 и шлифпорошков зернистостью 32...16, а также абразивных и металлических гранул размером до 2 мм, формообразующие свойства которых, обеспечивающие микрорезание и упругопластическое деформирование, проявляются при равномерном и стабильном контакте с обрабатываемой поверхностью любой сложности.

Более полное использование режущих свойств гранул рабочей среды в процессе виброобработки деталей со сложной объемной формой поверхности стало возможным за счет применения в новых разновидностях способа виброобработки элемента единого технического решения процесса, состоящего в том, что обрабатываемые детали поотдельности или пакетами базируются и закрепляются на, расположенных рядами или карусельно, установочных пальцах многоместного приспособления, смонтированного на виброплощадке или шпинделе с возможностью погружения в рабочую зону резервуара, заполненного рабочей средой, движущейся под влиянием различных схем энергетических воздействий.

Необходимо отметить, что принятый принцип установки обрабатываемых деталей в резервуаре способствует возникновению эффекта встречно-движущихся восходящих и нисходящих потоков рабочей среды с нейтральными слоями между ними, где и расположены установочные пальцы приспособления с обрабатываемыми деталями, выполняющими функции колеблющихся и вращающихся дефлекторов, создающих в рабочей среде зоны циклонического движения гранул со сложной несимметричной траекторией и большими вибрационными ускорениями, достигающими 25...30g, где g – ускорение силы земного притяжения [11].

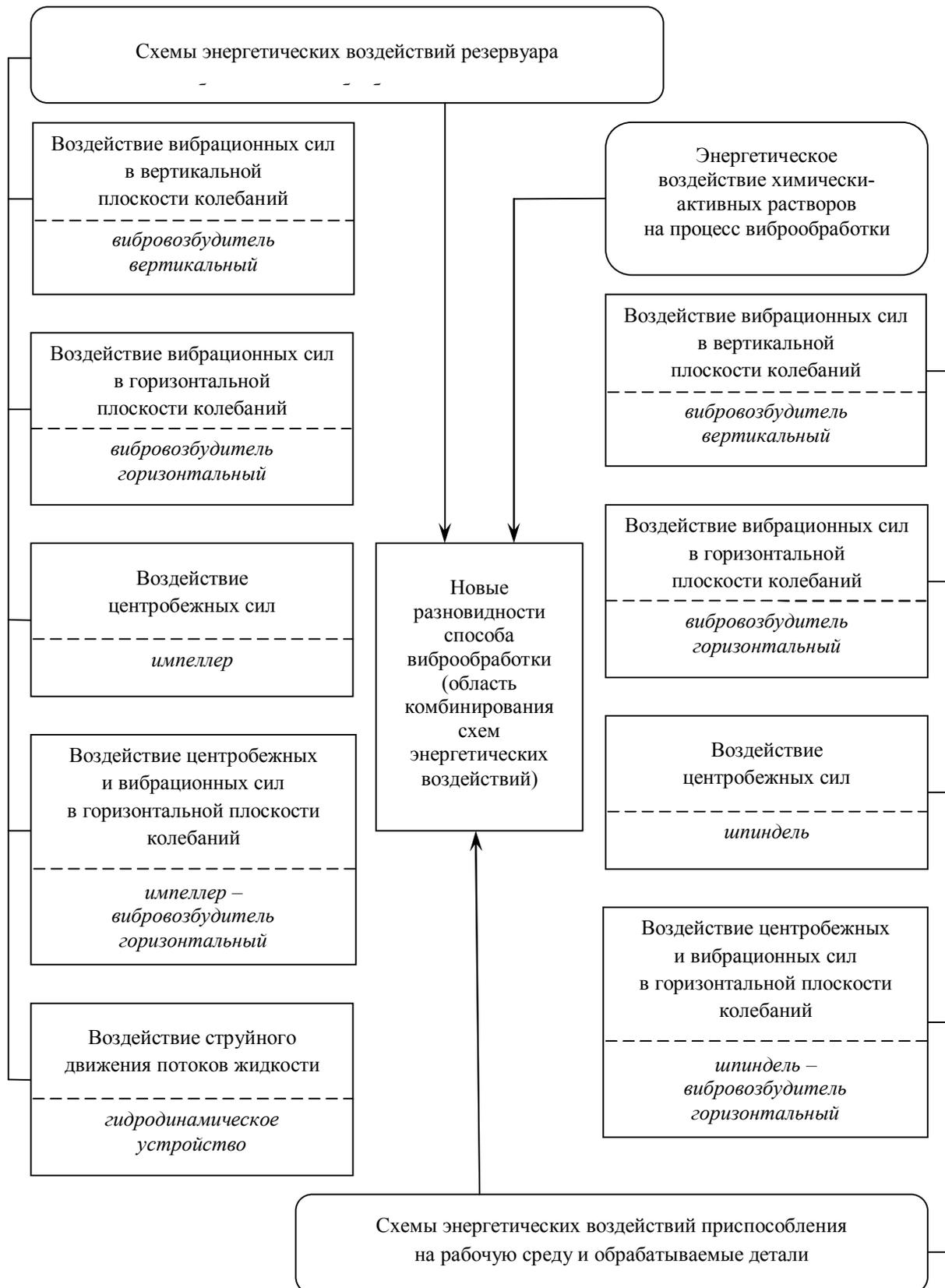
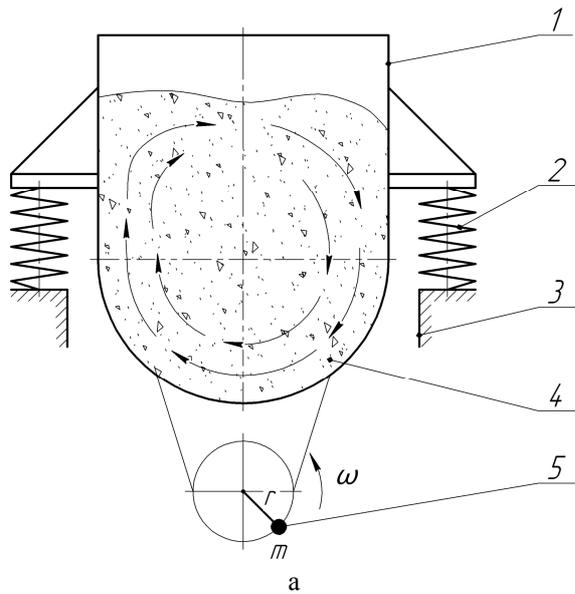
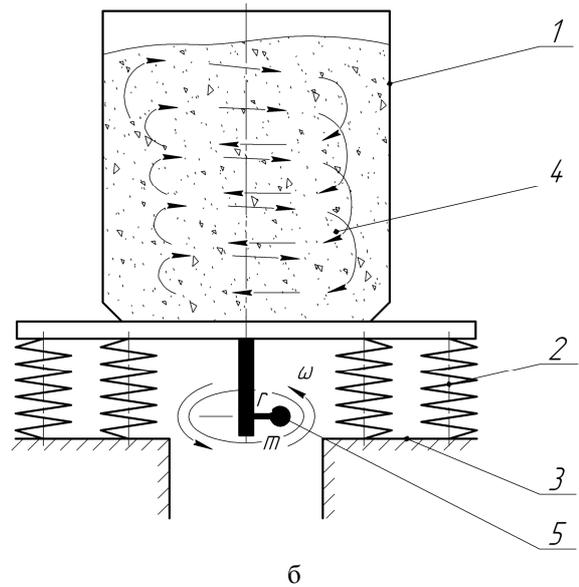


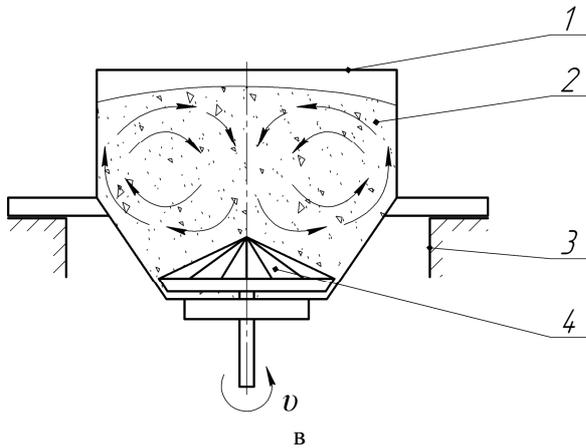
Рис. 1. Вариативная схема комбинирования энергетических воздействий и конструктивных элементов технических решений новых разновидностей способа виброобработки



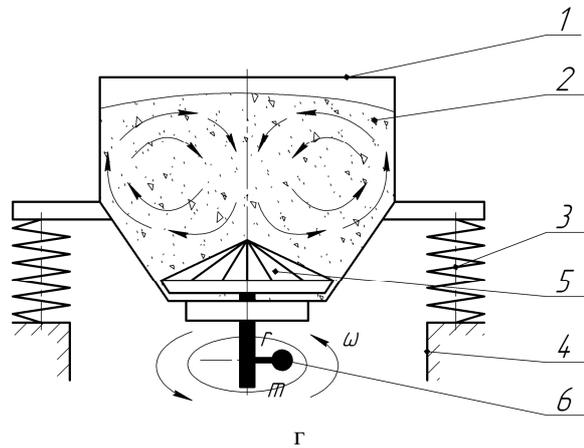
а
1 – резервуар, 2 – подвеска, 3 – опора, 4 – рабочая среда, 5 – вибровозбудитель вертикальный



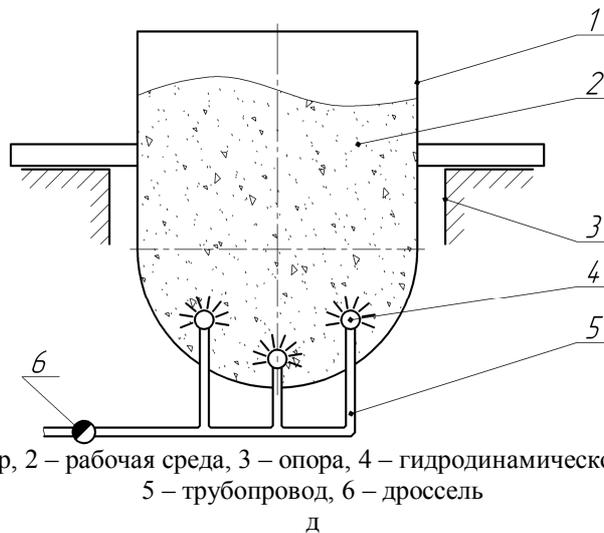
б
1 – резервуар, 2 – подвеска, 3 – опора, 4 – рабочая среда, 5 – вибровозбудитель горизонтальный



в
1 – резервуар, 2 – рабочая среда, 3 – опора, 4 – импеллер

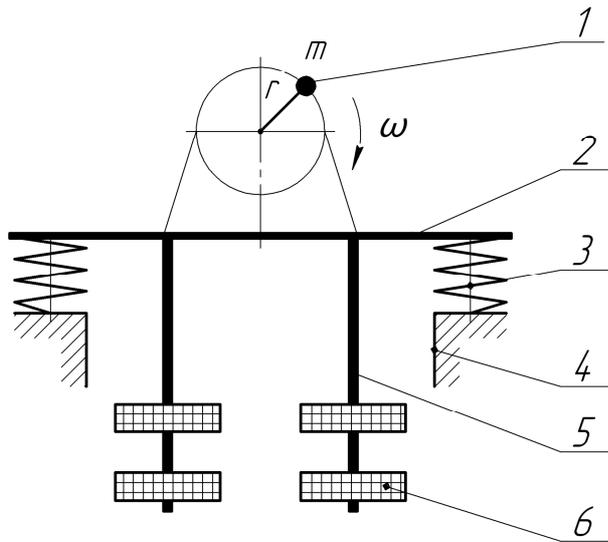


г
1 – резервуар, 2 – рабочая среда, 3 – подвеска; 4 – опора, 5 – импеллер, 6 – вибровозбудитель горизонтальный



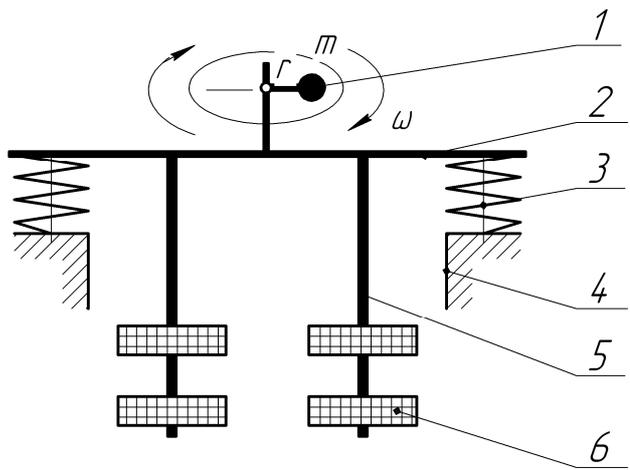
д
1 – резервуар, 2 – рабочая среда, 3 – опора, 4 – гидродинамическое устройство, 5 – трубопровод, 6 – дроссель

Рис. 2. Конструктивные варианты элемента «резервуар» технологической системы «резервуар с рабочей средой – приспособление с обрабатываемыми деталями»



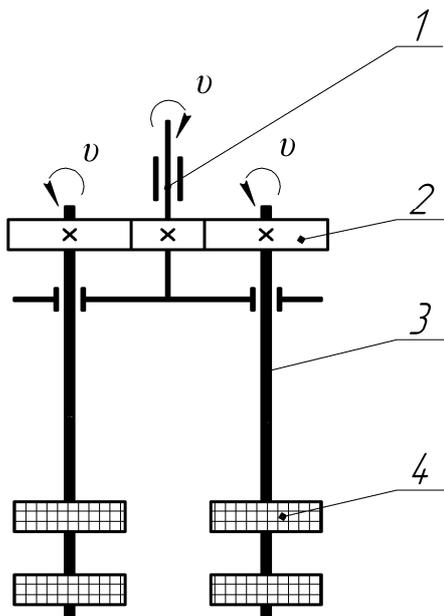
1 – вибровозбудитель вертикальный, 2 – приспособление, 3 – подвеска, 4 – опора, 5 – установочные пальцы, 6 – обрабатываемые детали

а



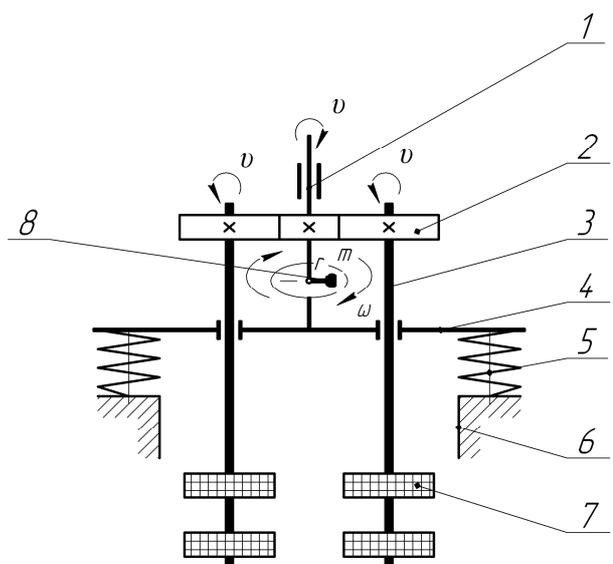
1 – вибровозбудитель горизонтальный, 2 – приспособление, 3 – подвеска, 4 – опора, 5 – установочные пальцы, 6 – обрабатываемые детали

б



1 – шпиндель, 2 – зубчатая передача, 3 – установочные пальцы, 4 – обрабатываемые детали

в



1 – шпиндель, 2 – зубчатая передача, 3 – установочные пальцы, 4 – приспособление, 5 – подвеска, 6 – опора, 7 – обрабатываемые детали, 8 – вибровозбудитель горизонтальный

г

Рис. 3. Конструктивные варианты элемента «приспособление» технологической системы «резервуар с рабочей средой – приспособление с обрабатываемыми деталями»

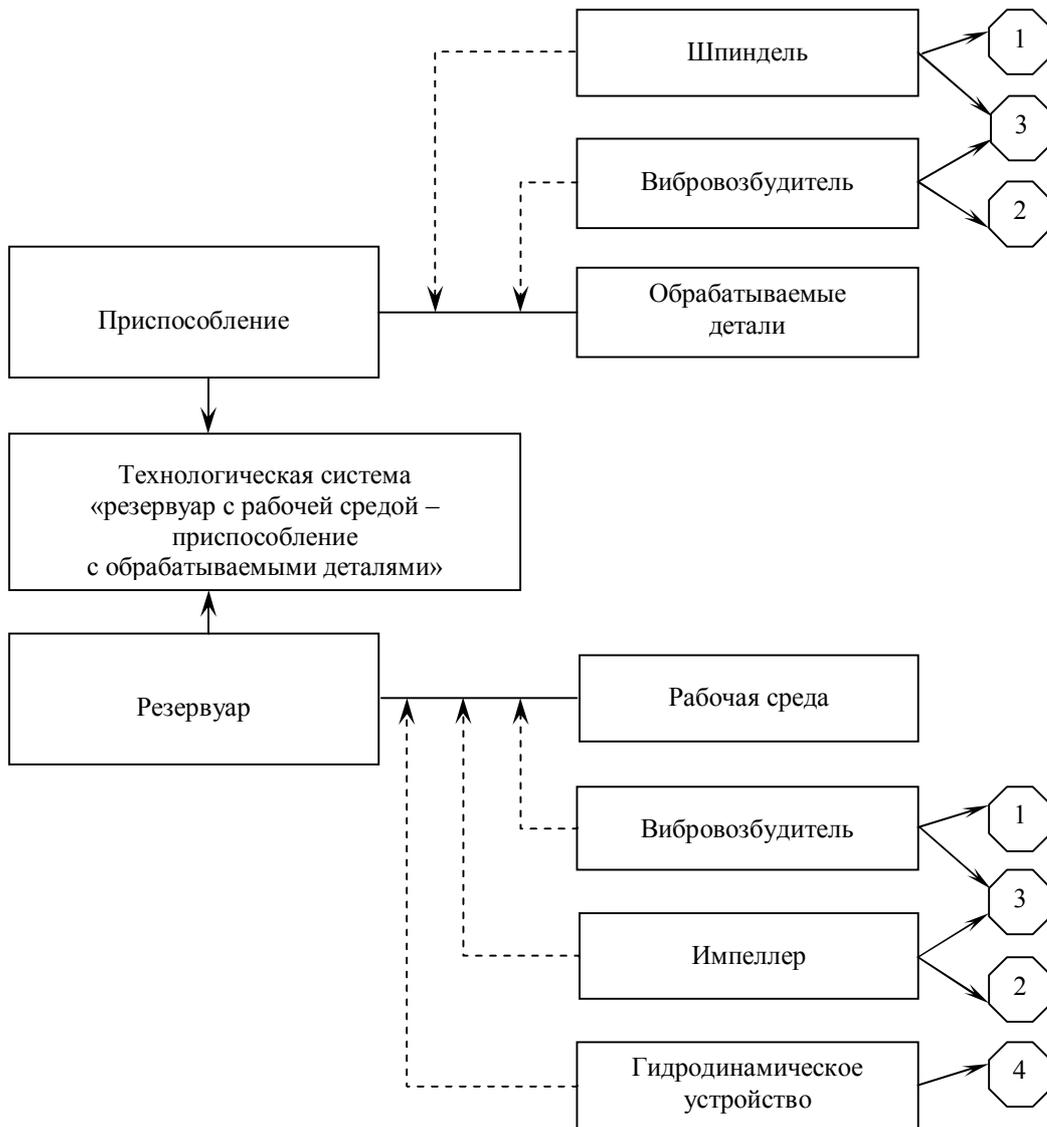


Рис. 4. Варианты аппаратного оформления технологической системы «резервуар с рабочей средой – приспособление с обрабатываемыми деталями»

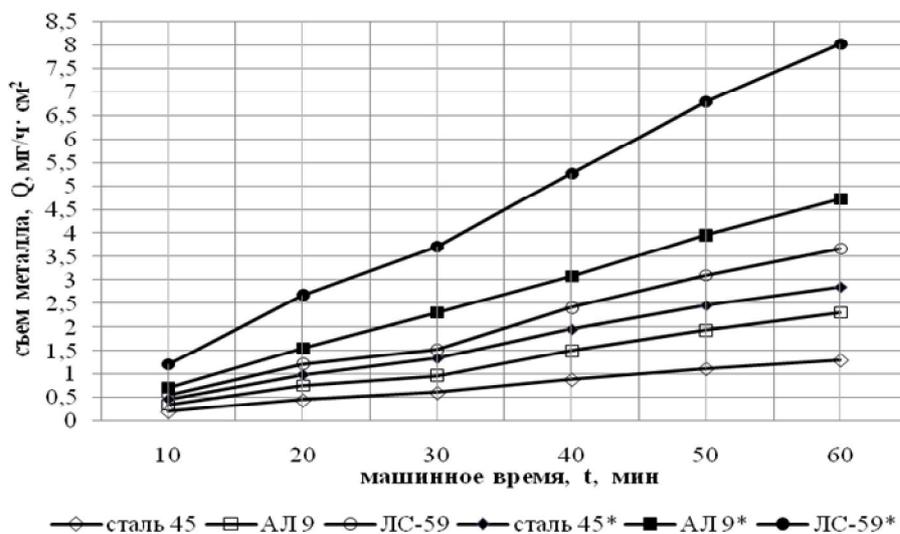


Рис. 5. Зависимость съема Q металла от машинного времени t при вибрационной обработке согласно традиционному способу и новым его разновидностям (*)

При этом в содержимом резервуара возрастают скорости относительного перемещения и взаимного давления гранул среды и деталей, что позитивно сказывается на активности обработки сложных поверхностей деталей с которых, при использовании энергии вибрационных и центробежных сил, а также воздействию струйного движения потоков жидкости, удаляется дефектный слой металла с одновременным уменьшением шероховатости.

Управление процессом виброобработки производится при выборе рациональных сочетаний значений регулируемых параметров вибростанка, таких, как амплитуда и частота колебаний вибровозбудителя, изменяющихся в пределах 0,2...3,0 мм и 30...70 Гц, а также скорости вращения импеллера и шпинделя в пределах 31,5...1440 об/мин, назначаемых исходя из требований результата выполняемых технологических операций. Следует также отметить, что при всех прочих условиях немаловажную роль в интенсификации вибрационной отделочно-зачистной обработки играет размер гранул рабочей среды, а также эффективность химического воздействия применяемых рабочих растворов.

6. Оценка интенсивности новых разновидностей способа вибрационной отделочно-зачистной обработки

Качественная и количественная интенсификация наблюдается при реализации всех, определенных нами, новых прогрессивных разновидностях способа вибрационной отделочно-зачистной обработки, которые сформированы комбинированием схем энергетических воздействий на среду и обрабатываемые детали. Интенсивность удельного съема с образцов из различных металлов при экспериментальной вибрационной обработке согласно новым ее разновидностям возросла в 1,8...2,5 раза в сравнении с традиционной промышленной технологией [12]. В качестве иллюстрации (рис. 5) приведено графическое сравнение зависимостей съема металла от машинного времени при обработке образцов согласно классическому способу виброобработки и его новой разновидности с усилением энергии воздействия вибрационных сил, что достигается комбинирование конструктивных вариантов элементов «резервуар» (рис. 2, а) и «приспособление» (рис. 3, а) технологической системы «резервуар с рабочей средой – приспособление с обрабатываемыми деталями». Приведенное выше дает основание для дальнейшего научного изучения, технического и технологического проектирования и промышленного внедрения новых разновидностей вибрационной отделочно-зачистной обработки, полученных комбинированием схем энергетических воздействий.

Общие выводы

Таким образом, детальное изучение априорного теоретического и практического опыта интенсификации вибрационной отделочно-зачистной обработки показывает, что сопровождающие ее процессы микрорезания и упругопластического деформирования, обеспечивающие удаление дефектного слоя металла и уменьшение шероховатости поверхности при достижении различных технологических результатов, исследованы недостаточно, что не позволяет разрабатывать корректные технологические рекомендации для промышленного внедрения без дополнительных экспериментальных исследований. Для проведения таких исследований в НИЛ «ОСА» ВНУ им. В. Даля создан специальный стенд, позволяющий изучать особенности кинематики и динамики новых разновидностей вибрационной отделочно-зачистной обработки, разработанных комбинированием схем энергетических воздействий на рабочую среду и обрабатываемые детали.

Обобщение результатов экспериментов, проведенных на данном стенде, позволяет проводить физическое и математическое моделирование процесса виброобработки, реализуемых по предлагаемой в статье вариативной схеме комбинирования энергетических воздействий и конструктивных элементов технических решений, а также дает возможность достаточно обосновано подойти к прогнозированию условий эффективной отделочно-зачистной обработки деталей различной формы сложности, изготовленных из металлов с различными физико-механическими свойствами и, в конечном итоге, к интенсификации существующих и проектированию новых прогрессивных технологий, используемых на операциях виброобработки.

Литература

1. Лосева, О.А. Проблема скругления кромок [Текст] / О.А. Лосева // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. Тр. нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 45. – X., 2006. – С. 122 – 128.
2. Gillespie, LaRoux, *Deburring and Edge Finishing Handbook*, SME, Dearborn, MI, 1999.
3. *Машиностроение. Энциклопедия* [Текст] / Ред. совет: К.В. Фролов (пред.) и др. – М.: Машиностроение. *Технология изготовления деталей машин Т. III – 3* / А.М. Дальский, А.Г. Суслов, Ю.Ф. Назаров и др. Под общ. ред. А.Г. Суслова. 2006. 840 с.
4. Жданов, А.А. Обеспечение качества гидротопливных агрегатов летательных аппаратов за счет новых технологий [Текст] / А.А. Жданов // *Технологические системы*. – 2002. – № 5. – С. 9 – 13.
5. Кулаков, Ю.М. *Отделочно-зачистная обработка деталей* [Текст] / Ю.М. Кулаков, В.А. Хрульков. – М.: Машиностроение, 1979. – 216 с.

6. Бабичев, А.П. Технологическое применение колебаний или ... вибрационные технологии [Текст] / А.П. Бабичев // Вестн. ДГТУ. – 2005. – Т. 5, № 3 (25). – С. 289 – 301.

7. Бабичев, А.П. Основы вибрационной технологии [Текст] / А.П. Бабичев, И.А. Бабичев. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2008. – 694 с.

8. Мицык, В.Я. Исследование влияния частоты и амплитуды колебаний резервуара на эффективность процесса виброобработки. Определение рациональных режимных параметров [Текст] / В.Я. Мицык, В.В. Савин // Вибрации в технике и технологиях. – 2000. – № 3 (15). – С. 32 – 38.

9. Нечай, Е.В. Анализ финишных методов обработки деталей в брете свободных абразивов [Текст] / Е.В. Нечай, Н.И. Пичугин // Вібрації в техніці та технологіях. – 2010. – № 2 (58). – С. 152 – 167.

10. Мицык, А.В. Повышение эффективности обработки крупногабаритных плоскостных изделий активизацией движения рабочей среды в колеблющихся «U» - образных контейнерах [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01; защищена 10.04.08; утв. 02.07.08 / Мицык Андрей Владимирович. – Х., 2008. – 331 с.

11. Мицык, В.Я. Развитие научных основ проектирования технологии и оборудования отделочно-зачистной и упрочняющей виброобработки [Текст] / В.Я. Мицык // Вібрації в техніці та технологіях. – 2010. – № 2 (58). – С. 141 – 151.

12. Обработка деталей свободными абразивами в вибрирующих резервуарах [Текст]: моногр. / И.Н. Карташов, М.Е. Шаинский, В.А. Власов и др. – К.: Вища школа, 1975. – 188 с.

Поступила в редакцию 5.12.2011

Рецензент: д-р техн. наук., проф., заведующий кафедрой «Технология машиностроения и инженерный консалтинг» В.А. Витренко, Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля, Луганск.

ШЛЯХИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ВІБРАЦІЙНОЇ ОЗДОБЛЮВАЛЬНО-ЗАЧИЩУВАЛЬНОЇ ОБРОБКИ КОМБІНУВАННЯМ СХЕМ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ДІЙ НА РОБОЧЕ СЕРЕДОВИЩЕ ТА ДЕТАЛІ

А.В. Міцук, В.О. Федорович

Представлені шляхи інтенсифікації вібраційної оздоблювально-зачищувальної обробки корпусних та площинних типу тіл обертання деталей номенклатури авіаційних та аерокосмічних літальних апаратів, верстатів та установок технологічного призначення, що мають складну форму з центральним крізним отвором, ніші, кишені та інші труднодоступні для гранул робочого середовища ділянки поверхні. Запропоновані варіативні схеми комбінування енергетичних дій на робоче середовище та деталі, а також елементів технічних рішень для створення нових різновидів способу вібраційної обробки, інтенсивність яких зросла в 1,8...2,5 рази порівняно з існуючими аналогами.

Ключові слова: вібраційна обробка, резервуар віброверстата, пристрій з деталями, енергетичні дії, інтенсивність процесу.

THE WAYS OF INTENSIFICATION OF VIBRATION FINISHING-GRINDING TREATMENT BY COMBINING OF THE CIRCUITS OF ENERGETIC ACTIONS ON THE WORKING MEDIUM AND PARTS

A.V. Mitsyk, V.A. Fedorovich

The ways of intensification of vibration finishing-grinding treatment of stationary base members and plane bodies of revolution of aircraft and aero-space flying apparatus nomenclature, machine tools and plants of technological purpose, which have complex shape with the central through hole, recesses, pockets and other heavy for working medium granules the surface sections, are presented. The variative circuits of combining the energetic actions on the working medium and parts, as well as of combining the elements of technical solutions for creation of new varieties of the method of vibration treatment, the intensity of which increased in 1,8...2,5 time in the comparison with the existing analogues, are offered.

Key words: vibration treatments, reservoir of vibration machine, attachment with the parts, energetic actions, intensity of the process.

Мицык Андрей Владимирович – канд. техн. наук, доц. кафедры «Процессы обработки материалов, станки и инструменты» Восточноукраинского национального университета имени Владимира Даля, Луганск, Украина, e-mail: an_mitsyk@mail.ru

Федорович Владимир Алексеевич – д-р техн. наук, проф., проф. кафедры «Интегрированные технологии машиностроения» им. М.Ф. Семко Национального технического университета «Харьковский политехнический институт», Харьков, Украина.