

МИЦЫК А.В., Луганск, Украина,
ФЕДОРОВИЧ В.А., д-р техн. наук,
ФАДЕЕВ В.А., д-р техн. наук, Харьков, Украина

ЭФФЕКТИВНОСТЬ НОВЫХ РАЗНОВИДНОСТЕЙ СПОСОБА ВИБРАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ

В статті викладено новий підхід до підвищення ефективності чорнових і чистових операцій вібраційної обробки. Результати досягнуті по суті за рахунок створення нових способів вібраційної обробки, одержаних комбінуванням схем енергетичних впливів на робоче середовище і оброблювані деталі.

В статье изложен новый подход к повышению эффективности черновых и чистовых операций вибрационной обработки. Результаты достигнуты по сути за счет создания новых способов вибрационной обработки, полученных комбинированием схем энергетических воздействий на рабочую среду и обрабатываемые детали.

Efficiency and technological possibilities of new varieties of method of oscillation of vibration finishing treatment is presented, different charts of the power affecting got combining working environment and workparts. The of principle charts of stand devices are resulted, the quantitative and high-quality estimation of variety of method is given.

Теоретическими и экспериментальными исследованиями в области металлообработки, проводимыми отечественными и зарубежными авторами, установлено, что определяющую роль в обеспечении эксплуатационных характеристик играет состояние поверхностного слоя, который окончательно формируется при отделочно-зачистных операциях. Микрогеометрия поверхностей деталей является одним из основных эксплуатационных параметров, определяющих надежность и долговечность изделий [1, 2].

Промышленный опыт показывает, что количество деталей машин, подвергаемых отделочно-зачистным операциям, составляет 85...95 % от их общего количества. В связи с возрастающими требованиями к качеству выпускаемых изделий есть основание полагать, что указанный процент деталей будет еще более высоким. Кроме того, операции, связанные с удалением заусенцев, скруглением острых кромок, уменьшением шероховатости поверхности на 60 % и более выполняются с применением маломеханизированного труда, что делает проблему эффективности отделочно-

зачистной обработки весьма своевременной для технического перевооружения действующих металлообрабатывающих производств [3].

На сегодняшний день промышленно распространенным способом выполнения отделочно-зачистных операций является вибрационная обработка свободной абразивной средой, помещенной с обрабатываемыми деталями в колеблющийся резервуар, где при общем циркуляционном движении за счет особенностей кинематики и динамики гранул среды и обрабатываемых деталей происходят процессы микрорезания и упругопластического деформирования, обеспечивающие удаление дефектного слоя металла и уменьшение шероховатости поверхности [4, 5].

Несмотря на широкое промышленное внедрение и тенденции к его расширению способ вибрационной обработки в своем классическом понимании, то есть существующие технологии и оборудование для их реализации, уже не всегда отвечают технологическим и экономическим требованиям развивающегося производства, действующего по рыночным законам и сориентированного на интенсивный выпуск конкурентоспособной продукции при постоянном снижении ее трудоемкости и себестоимости. Одной из причин такого положения является отсутствие, как на Украине, так и в странах ближнего зарубежья, заводов, выпускающих современное оборудование и оснастку для абразивной обработки, что несомненно подтверждает бытующее мнение об особенностях станкостроительного производства, связанных с низкой рентабельностью и малой привлекательностью для инвестиций [6].

При общей оценке вибрационная обработка представляет собой сложный комплекс механо-физико-химических явлений, оказывающих существенное влияние на состояние поверхности обрабатываемых деталей, а при определенных условиях и рабочей среды. Физическая сущность процессов микрорезания и упругопластического деформирования, сопровождающих вибрационную обработку, характеризуется комплексным воздействием на обрабатываемые детали ряда факторов, вызванных колебательным движением и наличием рабочей среды определенной характеристики.

По мнению авторов настоящей статьи, расширение технологических возможностей вибрационной отделочно-зачистной обработки может быть направлено по пути создания ее новых разновидностей, что реализуется при дальнейшем использовании физических эффектов, полученных при комбинировании различных схем энергетического воздействия на рабочую среду и детали.

Априорное изучение технологических особенностей способа вибрационной обработки, показывает, что он может служить основой для разработки и модификации целого ряда его разновидностей с новыми возможностями, полученными за счет комбинирования различных схем энергетических воздействий. Новые разновидности способа являются сочетанием различных технологий, в каждой, из которой сделана попытка использования и усиления положительных качеств, необходимых для технологического процесса вибрационной обработки. При различном сочетании энергетических воздействий на рабочую среду и детали уже сейчас создана гамма разновидностей рассматриваемого способа [5, 7].

НИЛ «Обработка свободными абразивами» ВНУ им. В. Даля уже более 30-ти лет находится на рынке новых технологий и оборудования для отделочно-зачистной обработки деталей. Среди ее последних научных предложений обращают на себя внимание новые разновидности способа вибрационной обработки, физическая сущность которых состоит в том, что обработку, состоящую в удалении дефектного слоя металла и уменьшение шероховатости поверхности, проводят при одновременном использовании энергии центробежных и вибрационных сил, воздействующих на рабочую среду, формообразующие свойства которой проявляются при создаваемом в данном случае равномерном и стабильном контакте с обрабатываемой поверхностью любой сложности.

Можно предположить, что существующие варианты комбинирования схем энергетических воздействий на рабочую среду и обрабатываемые детали обладают широкими технологическими возможностями для достижения требуемого результата обработки. Также вполне понятно, что успешному решению каждой новой разновидности вибрационной обработки должна предшествовать всесторонняя технологическая и конструкторская проработка. Однако, уже на лабораторном уровне можно судить о перспективности предлагаемых в статье вариантов, эффективное использование которых возможно на отделочно-зачистных операциях группы деталей, ранее принятых нетехнологичными для процессов классической виброобработки. К таким деталям в полной мере следует отнести мелко-, средне- и крупногабаритные корпусные с проблемной для отделочно-зачистной обработки поверхностью, образованной сочетанием цилиндрических, конусных и других криволинейных поверхностей, имеющих ниши, карманы, уступы, глухие и сквозные отверстия различного диаметра. Из группы корпусных деталей для новых разновидностей виброобработки в большей степени приемлемы те, которые имеют центральные сквозные от-

верстия, применимые для установки в специальных приспособлениях вибростанков. Следует также обратить внимание на детали типа тел вращения, а именно втулки, катушки, зубчатые колеса и другие.

Нетехнологичность выделенной группы деталей для операций виброобработки состоит в том, что традиционно используемые в существующих технологиях гранулы рабочих сред, имеющие размеры 5...30 мм не обеспечивают удаление дефектов в местах сложнопрофильных конструкций деталей, в большинстве случаев имеющих малые радиусы сопряжения, недоступные для гранул среды. Для устранения такого недостатка технологии и расширения ее возможностей согласно проектной логике было бы целесообразно уменьшить размер гранул среды и использовать при этом различные шлифпорошки и шлифзерно. Однако такая корректировка процесса обработки становится нереализуемой на промышленных вибростанках, работающих в интервале амплитуд 0,5...9,0 мм и оснащенных резервуарами, объем которых превышает 20 дм³ [8]. Основной причиной тому являются высокие демпфирующие свойства мелкодисперсных рабочих сред, которые препятствуют стабильности их циркуляционного движения, обеспечивающего микрорезание и упругопластическое деформирование в процессе обработки.

В сложившейся ситуации напрашивается вывод, что кинематическая активность мелкодисперсной рабочей среды в ее циркуляции явно недостаточна и требует дополнительного осциллирующего движения, формируемого при воздействии комбинированной схемы энергетических воздействий не только вибрационных, но и центробежных сил, влияющих на мелкодисперсную рабочую среду, формообразующие свойства которой в полной мере будут проявляться при равномерном и стабильном контакте со всей обрабатываемой поверхностью любой сложности.

На рис. 1, 2 представлены принципиальные схемы экспериментальных стендовых устройств, реализующих некоторые из множества вариантов новых разновидностей способа отделочно-зачистной виброобработки.

В предлагаемом аппаратурном оформлении разновидностей способа используются, как единые, универсальные технические решения, так и конструктивно различные, усиливающие ту или иную составляющую при комбинировании схем энергетических воздействий на рабочую среду и обрабатываемые детали.

Единые технические решения состоят в том, что обработку проводят в упруго смонтированном на жесткой опоре резервуаре, имеющем форму совмещенных по условной плоскости оснований полых фигур цилиндра и

усеченного конуса с большей вертикальной осью. Вращающийся импеллер в виде усеченного конуса с гофрированной поверхностью, установленный большим основанием к днищу резервуара, через вал импеллера жестко связан с инерционным вибровозбудителем, а затем последовательно через гибкую муфту с валом конического редуктора и с помощью клиноременной передачи с электродвигателем. Обрабатываемые детали поотдельности или пакетами устанавливаются на расположенных по концентрическим окружностям установочных пальцев многоместного приспособления.

Конструктивно различные технические решения представленных разновидностей способа вибрационной отделочно-зачистной обработки, состоят в том, что в одной из них (рис. 1) усилено воздействие энергии вибрационных сил и погружаемое в резервуар приспособление с деталями, упруго смонтировано на жесткой опоре и связано с инерционным вибровозбудителем, сообщаящим как приспособлению, так и деталям независимые колебательные движения.

Во второй разновидности способа вибрационной обработки (рис. 2) многоместное приспособление для установки обрабатываемых деталей связано с вертикальным шпиндельным устройством вибростанка передачи двухпарного зацепления цилиндрических зубчатых колес, что дает возможность усилить энергию воздействия центробежных сил. При этом вращательное движение шпиндельного устройства происходит со скоростью 31,5...1400 об/мин.

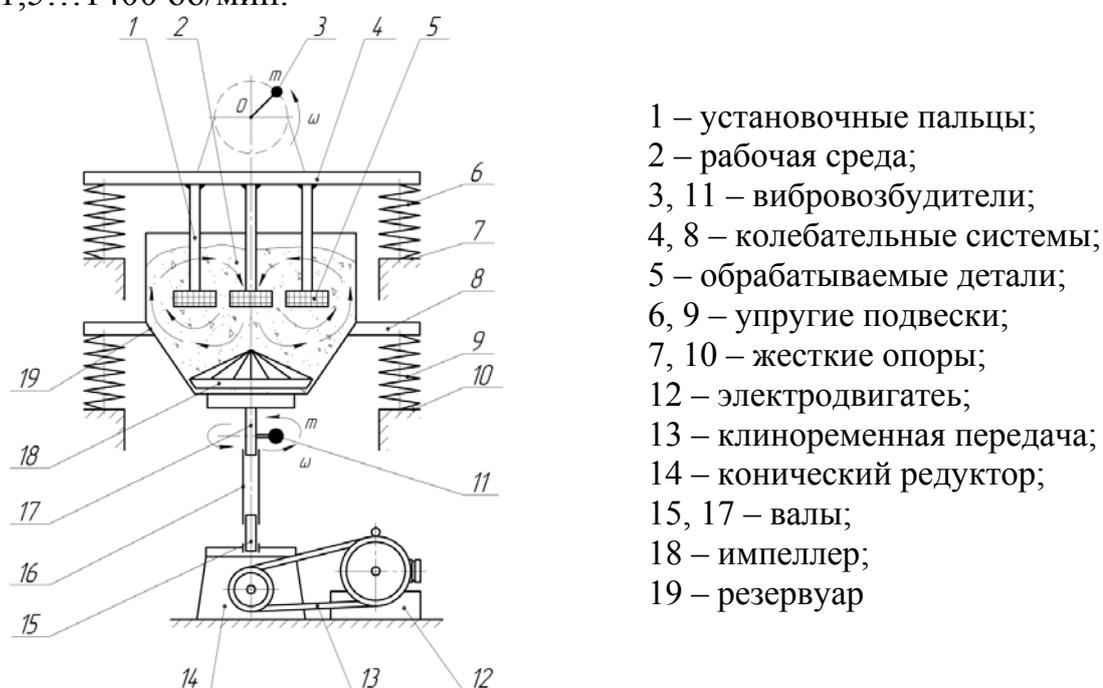
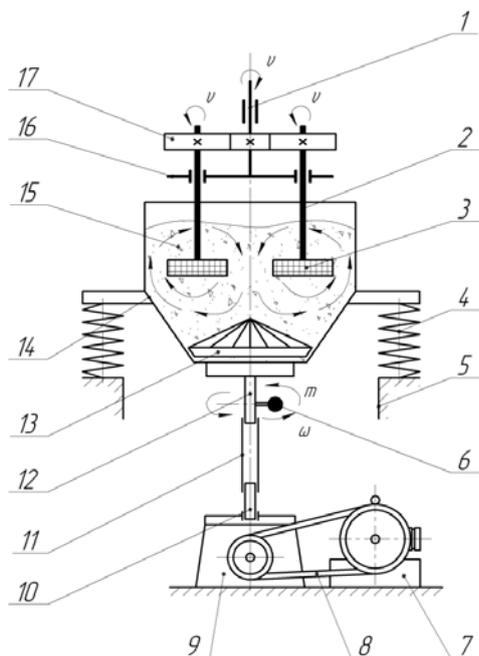


Рисунок 1 – Схема разновидности способа вибрационной обработки с усилением энергии воздействия вибрационных сил



- 1 – шпиндельное устройство;
- 2 – установочные пальцы;
- 3 – обрабатываемые детали;
- 4 – упругая подвеска;
- 5 – жесткая опора;
- 6 – вибровозбудитель;
- 7 – электродвигатель;
- 8 – клиноременная передача;
- 9 – конический редуктор;
- 10, 12 – валы;
- 13 – импеллер;
- 14 – резервуар;
- 15 – рабочая среда;
- 16 – многоместное приспособление;
- 17 – зубчатая передача

Рисунок 2 – Схема разновидности способа вибрационной обработки с усилением энергии воздействия центробежных сил

Обобщенно оценивая две, рассмотренные выше, новые разновидности способа вибрационной отделочно-зачистной обработки, можно констатировать, что их реализация сопровождается одновременным воздействием на рабочую среду и обрабатываемые детали энергии вибрационных и центробежных сил. При этом в резервуаре вибростанка формируется общий циркуляционный и осциллирующий характер движения рабочей среды, свободно проникающий ко всем труднодоступным поверхностям деталей, что приводит к высокой интенсивности их обработки, управление которой осуществляют при выборе рациональных значений амплитудно-частотных параметров колебательного движения резервуара и многоместного приспособления с обрабатываемыми деталями, а также скоростей вращательного движения импеллера и шпинделя вибростанка.

Экспериментальные исследования, проведенные для получения количественной и качественной оценки новых разновидностей способа вибрационной обработки позволили установить общие условия, сопровождающие эффективное протекание процесса обработки, которые состоят в том, что наименьшее расстояние L между рабочей поверхностью резервуара и импеллера, а также поверхностью обрабатываемых деталей, для обеспечения неразрывного вращательного и колебательного движения среды, выбирается из условия $L \geq b$, где b – наибольший габаритный размер обрабатываемой детали, высота H резервуара из условия обеспечения равномерности давления среды во всех его зонах примерно равна $3R + h$, то есть $H \approx 3R + h$, радиус R цилиндрической части резервуара принимается равным $(1,5...1,6)r$, то есть $R \approx (1,5...1,6)r$, где r – радиус основания резер-

вуара, высота h импеллера с целью регулирования силы взаимодействия рабочей среды и обрабатываемых деталей принимается равной $(0,1...0,2)H$, то есть $h = (0,1...0,2)H$.

Возвращаясь к оценке эффективности новых разновидностей способа вибрационной обработки, полученных комбинированием схем энергетического воздействия, можно отметить, что при экспериментальном шлифовании образцов – деталей (табл. 1) позволили установить, что интенсивность по удельному съему металла для разновидности способа с усиленным влиянием энергии вибрационных сил, при прочих равных условиях опыта, в 1,2...1,3 раза превышает интенсивность шлифования для разновидности способа, в котором преобладает влияние энергии центробежных сил. Такие результаты позволяют считать данный процесс более приемлемым для черновых операций вибрационной обработки, связанных с повышенным съемом металла и сравнительно большой шероховатостью поверхности.

Качественная оценка разновидностей способа показывает, что усиление влияния энергии центробежных сил обеспечивает сравнительно малую шероховатость поверхности и несколько пониженный съем металла, в сравнении с рассмотренной выше разновидностью способа, что целесообразно для чистовых операций вибрационной обработки.

Таблица 1 – Результаты экспериментального шлифования образцов – деталей

Материал	Классическая технология виброобработки		Технология с усилением вибрационной составляющей		Технология с усилением центробежной составляющей	
	Q_{cp} , мг/ч·см ²	R_a , мкм	Q_{cp} , мг/ч·см ²	R_a , мкм	Q_{cp} , мг/ч·см ²	R_a , мкм
Сталь 45 ГОСТ 1050-88	1,3276	2,5...1,25	3,0535	1,25...0,63	2,5235	0,63...0,32
АЛ 9 ГОСТ 1583-93	2,3632		4,9586		4,1321	
ЛС 59 ГОСТ 2060-90	6,4112		13,4635		10,7708	

Касаясь физической сущности новых разновидностей способа вибрационной обработки можно отметить, что основные затраты энергии в рассматриваемых технологиях приходятся на работу пластической деформации. Однако при больших значениях коэффициента трения, возникающих в движении содержимого резервуара при высокой режущей способности гранул рабочей среды, работа сил трения соизмерима с работой пластической деформации. Из этого следует, что съем металла в рассматриваемых разновидностях способа виброобработки осуществляется как за

счет процесса микрорезания, так и за счет усталостного разрушения вследствие пластического передеформирования металла обрабатываемых деталей. Долевое участие каждого из процессов в съеме металла и формировании поверхностного слоя зависит от материала детали, режущих свойств материала гранул среды, а также параметров вибрационного и центробежного воздействия на рабочую среду и обрабатываемые детали.

Таким образом, в настоящей статье изложен новый подход к повышению эффективности, как черновых операций вибрационной обработки, лимитированных производительностью, так и чистовых операций, лимитированных качеством обработки поверхности. Результаты достигнуты по сути за счет создания новых способов вибрационной обработки, полученных комбинированием схем энергетических воздействий на рабочую среду и обрабатываемые детали.

Для дальнейших исследований, связанных с интенсификацией процесса вибрационной обработки и создания ее новых разновидностей, представляет интерес рассмотрение кинематики и динамики рабочих сред под влиянием комбинированного воздействия низкочастотных колебаний с повышенной приходящей способностью в рабочие среды с различными физико-механическими свойствами, а также ультразвуковых колебаний, отличающихся высокой интенсивностью в резервуарах с различными объемами. Технологический эффект комбинированного воздействия колебаний с различными характеристиками может быть использован при создании новых процессов отделочно-зачистной обработки и вибростанков нового поколения.

Список использованной литературы: 1. Мельникова Е.П. Обеспечение заданного качества поверхности при финишных методах обработки / Е.П. Мельникова // Вестник ДГТУ. – 2002. – Т. 2, № 4 (14). – С. 370 – 376. 2. Gillespie, LaRoux, Deburring and Edge Finishing Handbook, SME, Dearborn, MI, 1999. 3. Мицык А.В. Повышение эффективности обработки крупногабаритных плоскостных изделий активизацией движения рабочей среды в колеблющихся «U» – образных контейнерах: дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01 / Мицык Андрей Владимирович. – Харьков, 2008. – 331 с. 4. Обработка деталей свободными абразивами в вибрирующих резервуарах / [Карташов И.Н., Шаинский М.Е., Власов В.А. и др.]; под ред. И.Н. Карташова. – К.: Вища школа, 1975. – 188 с. 5. Применение вибрационных технологий на операциях отделочно-зачистной обработки деталей (очистка, мойка, удаление облоя и заусенцев, обработка кромок) / [Бабичев А.П., Мотренко П.Д., Гиллеспи Л. и др.]; под ред. А.П. Бабичева. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2010. – 289 с. 6. Зубарев Ю.М. Современное оборудование, инструмент и технологии абразивной обработки заготовок / Ю.М. Зубарев, З.И. Кремень // Инструмент и технологии. – 2011. – № 3 (33). – С. 15 – 21. 7. Смоленцев Е.В. Классификация комбинированных методов обработки / Е.В. Смоленцев // Вестник ДГТУ. – 2010. – Т. 10, № 1 (44). – С. 76 – 79. 8. Наладка и эксплуатация станков для вибрационной обработки / [Бабичев А.П., Рысева Т.Н., Самодуров В.А. и др.]; под ред. А.П. Бабичева. – М.: Машиностроение, 1988. – 64 с.