

УДК 621.9.048

А.В. Мицьк, канд. техн. наук., В.А. Федорович, д-р техн. наук  
Харьков, Україна

## **ВОЗМОЖНОСТИ МУЛЬТИЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОТДЕЛОЧНО-ЗАЧИСТНОЙ ОБРАБОТКИ И ГИБРИДНОГО СТАНКА ВИБРАЦИОННОГО И ДВОЙНОГО ЦЕНТРОБЕЖНОГО ДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ**

*Викладено можливості мультиенергетичної технології оздоблювально-зачищувальної віброобробки. Встановлено зв'язок технологічних показників виробів з якістю їх поверхневого шару. Описано застосування віброобробки у виготовленні деталей тіл обертання і корпусних деталей складної форми. Викладено основні принципи створення і досвід промислового впровадження мультиенергетичної оздоблювально-зачищувальної технології та обробки і гібридного вібростанка динамічної дії.*

**Ключові слова:** вібраційна обробка, гібридний станок, відцентрова динаміка, вібраційні технології

*Изложены возможности мультиэнергетической технологии отделочно-зачистной виброобработки. Установлена связь технологических показателей изделий с качеством их поверхностного слоя. Описано применение виброобработки в изготовлении деталей тел вращения и корпусных деталей сложной формы. Изложены основные принципы создания и опыт промышленного внедрения мультиэнергетической отделочно-зачистной технологии и обработки и гибридного вибростанка динамического действия.*

**Ключевые слова:** вибрационная обработка, гибридный станок, центробежная динамика, вибрационные технологии

*Capabilities of multi-energy vibration finishing treatment technology are set. Connection between technological parameters of products with surface layer quality established. Vibration treatment application in production of rotation body parts and complex shape body parts described. Basic principles of creation and industrial implementation experience of multi-energy finishing technology and treatment and dynamic impact hybrid vibration machine-tool are set.*

**Keywords:** vibration treatment, hybrid machine-tool, centrifugal dynamics, vibration technologies

### **Общие сведения**

Процесс постоянного совершенствования машиностроения активизирует развитие технологического и станкостроительного сегментов, так как наряду с другими видами высокотехнологичного производственного оснащения парк современных металлорежущих станков и технологий, включающих гибридные вибростанки и мультиенергетические технологии для отделочно-зачистной обработки, обеспечивают рост производственного потенциала при выпуске новых видов конкурентоспособной продукции уровня мировых стандартов [1].

Практика металлообрабатывающих производств указывает, что вибрационная обработка является наиболее распространенным процессом

отделочно-зачистной обработки [2]. К ее очевидным достоинствам – простоте использования, высокой производительности, хорошим качествам обработки, следует добавить то, что она самым непосредственным образом повышает надежность и долговечность изделий.

### **Связь технологических показателей изделий с качеством поверхностного слоя**

Установлено, что эти технологические показатели напрямую связаны и в большинстве случаев зависят от высоты микронеровностей сопрягаемых поверхностей. Так, износ поверхностей при трении скольжения имеет усталостный характер растрескивания поверхностного слоя под влиянием повторных механических и термических напряжений [3]. При этом интенсивность изнашивания определяется размерами и формой неровностей, которые для износостойкости имеют первостепенное значение.

Выявлено, что в зубчатых передачах рабочие поверхности зубьев тем лучше сопротивляются усталостному разрушению, чем меньше их неровности [4].

В подшипниках качения зависимость шума и вибрации непосредственно связаны с шероховатостью поверхности [5].

Влияние неровностей поверхности на коррозию металлов близко по характеру к влиянию их на усталостное разрушение [6].

Характер микрошероховатости также существенно влияет на контактную жесткость и виброустойчивость различных механизмов [7].

Таким образом, на основании приведенных данных можно сделать вывод о том, что параметры микрорельефа рабочих поверхностей детали различных машин и механизмов как на этапе их изготовления, так и при их эксплуатации, являются первостепенными в плане повышения качества промышленных изделий.

### **Применение технологии виброобработки в изготовлении деталей тел вращения**

Принимая во внимание технологические возможности вибрационной обработки, в которые входит выполнение таких, связанных с уменьшением высоты микронеровностей отделочно-зачистных операций как шлифование до  $R_a = 0,63$  мкм, чистовое шлифование до  $R_a = 0,32$  мкм, тонкое шлифование до  $R_a = 0,16$  мкм, полирование до  $R_a = 0,08$  мкм, можно предположить, что такие технологические и конструктивные методы вполне приемлемы для автоматизации и механизации малопроизводительных ручных операций, направленных на повышение класса частоты поверхности деталей и как результат на снижение себестоимости и увеличение качественного уровня изделий.

В производстве применяется технология виброобработки деталей типа тел вращения, которая состоит в том, что обрабатываемые детали поодиночно или пакетами устанавливаются в приспособлении на вертикальном шпинделе, который приводят во вращательное движение и погружают в рабочую зону подпружиненного резервуара, заполненного рабочей средой, который совершает плоские колебательные движения. В циркуляционных потоках содержимого резервуара микрорезанием и упругопластическим деформированием проводят обработку, удаляют дефектный слой металла, уменьшают шероховатость поверхности [8].

### **Эффективность технологии виброобработки для корпусных деталей сложной формы**

Несмотря на промышленное применение известная технология и соответствующие ей конструкции вибростанков недостаточно эффективны для корпусных деталей сложной формы, образованных сочетанием цилиндрических и криволинейных поверхностей. Обработка таких деталей в условиях традиционного вибрационного воздействия рабочей среды не обеспечивает полного удаления дефектов в труднодоступных для гранул среды местах поверхности детали, таких как ниши, карманы, глухие отверстия и др. по причине того, что кинематическая активность гранул в их циркуляции требует дополнительного осциллирующего движения, которое формируется при действии на среду комбинированной схемы энергетических воздействий.

### **Основные принципы создания мультиэнергетической отделочно-зачистной технологии обработки и гибридного вибростанка**

В основу создания новой мультиэнергетической технологии и гибридного вибростанка положена модернизация описанной выше известной технологии виброобработки путем того, что обработку проводят при одновременном использовании энергии вибрационных и центробежных сил, которые влияют на рабочую среду, формообразующие свойства которой, обеспечивающие микрорезание и упругопластическое деформирование выявляются при равномерном и стабильном контакте с обрабатываемой поверхностью любой сложности. Такая комбинированная схема энергетического воздействия формируется в резервуаре, который имеет форму совмещенных по условной площади основ пустотелых фигур цилиндра и усеченного конуса с большей вертикальной осью [9].

Импеллер в виде усеченного конуса с гофрированной поверхностью, которая вращается, установлен большим основанием к днищу резервуара через вал импеллера, который находится вне резервуара, жестко связанного с инерционным вибровозбудителем, а затем последовательно через гибкую

муфту с валом конического редуктора и с помощью клиноременной передачи с электродвигателем. При этом ось вала инерционного вибровозбудителя, конструктивно расположенного вблизи к нижней внешней части резервуара, совпадает с вертикальной осью резервуара и перпендикулярна его сечению в площади колебаний (рис. 1).

Обрабатываемые детали поодиночно или пакетами устанавливаются на расположенных по концентрическим окружностям установочных пальцах многоместного приспособления, связанного со шпинделем передачи двухпарного зацепления цилиндрических зубчатых колес, которое имеет возможность погружения в рабочую зону резервуара и выхода из нее до и после обработки.

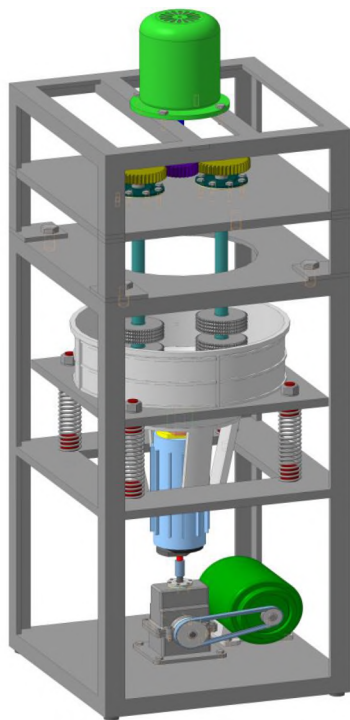
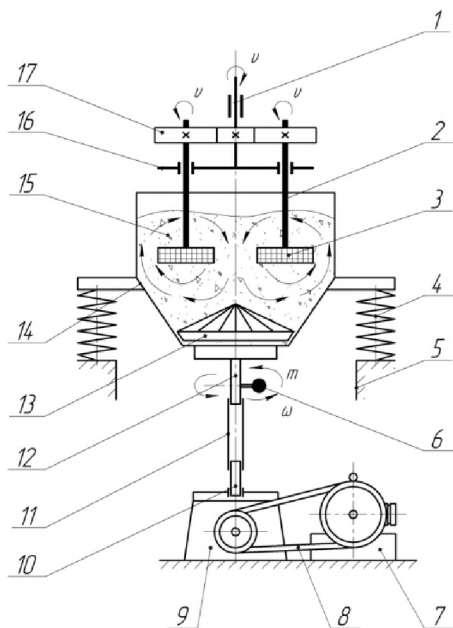


Рисунок 1 – Принципиальная схема и общий вид компонентки гибридного вибростанка вибрационного и центробежного динамического воздействия

При таком аппаратном оформлении технологии, которое сопровождается одновременным действием на рабочую среду и обрабатываемые детали энергии вибрационных и центробежных сил в

резервуаре формируется комбинированная схема энергетических действий, которые создают общий циркуляционный и осциллирующий характер движения гранул рабочей среды, свободно проникающих ко всем труднодоступным поверхностям обрабатываемых деталей. Все это приводит к высокой интенсивности обработки, управление которой совершают при выборе рациональных амплитудно-частотных параметров колебательного движения резервуара, а также скоростей вращательных движений импеллера и шпинделя вибростанка.

В качестве рабочей среды используется шлифзерно зернистостью 200...40 и шлифпорошки зернистостью 32...16, а также абразивные и металлические гранулы с размером 2...15 мм смоченные химически активным раствором. Вращательное движение от электродвигателя передается со скоростью 50...1440 об/мин, колебательное движение от вибровозбудителя, расположенного на валу импеллера, с частотой 30...70 Гц и амплитудой 0,2...3,0 мм. Шпинделю вибростанка, связанного с многоместным приспособлением с обрабатываемыми деталями передают вращательное движение со скоростью 31,5...1400 об/мин.

Наименьшее расстояние  $L$  между рабочей поверхностью резервуара и импеллера, а также поверхностями 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 условий обеспечения равномерности давления среды во всех его зонах приблизительно равна  $3R+h$ , то есть  $H \approx 3R+h$ , радиус  $R$  цилиндрической части резервуара составляет  $(1,5...1,6)r$ , то есть  $R \approx (1,5...1,6)r$ , где  $r$  – радиус основания резервуара, высота  $h$  импеллера с целью регулирования взаимодействия рабочей среды и обрабатываемых деталей принимается равной  $(0,1...0,2)H$ , то есть  $h \approx (0,1...0,2)H$ .

### **Опыт промышленного внедрения мультэнергетической технологии и гибридного вибростанка динамического действия**

Выполняли операцию отделочно-зачистной обработки по удалению заусенцев, скруглению острых кромок, а также виброшлифованию с целью уменьшения шероховатости поверхности до  $R_a = 0,63...0,32$  мкм на заготовках деталей корпусов гидropневмосистем после предшествующей обработки на металлорежущих станках, связанной с операциями фрезерования сложных по форме поверхностей и сверления сквозных и глухих отверстий различного диаметра. Материал заготовок алюминиевый сплав АЛ 7 ГОСТ 1583-93. Технологический метод получения заготовок – отливка в кокиль. Толщина заусенцев у основания 0,15...0,22 мм. Исходная

шероховатость поверхности соответствует  $R_a = 2,5...1,25$  мкм. Форма заготовок сложная, образованная различными сочетаниями цилиндрических и криволинейных поверхностей, имеют место ниши, карманы, а также многоступенчатые переходы элементов поверхности. Наибольший габаритный размер заготовки не превышает 120 мм.

Отделочно-зачистная обработка проводилась на гибридном вибростанке, резервуар которого для интенсификации движения рабочей среды был снабжен импеллером в виде усеченного конуса высотой 100 мм. Объем резервуара позволял установить пакетами в приспособлении шпинделя 16 заготовок. В качестве рабочей среды использовались минералокерамические гранулы произвольной формы с размером 1,8...2 мм. Как жидкий компонент при обработке применялся химически-активный раствор на щелочной основе. Режимы обработки: скорость вращения шпинделя 1000 об/мин; скорость вращения импеллера 1440 об/мин; частота и амплитуда колебаний резервуара 50 Гц, 1,6...1,8 мм. Машинное время обработки 30...35 мин. Дефекты поверхности удалены полностью, достигнута требуемая шероховатость поверхности при естественном оттенке металла. Сортировочный контроль качества отделочно-зачистной обработки появления брака не установил.

## **Выводы**

Таким образом, представляет технологический и экономический интерес попытка создания гибридного вибростанка в виде агрегатированной технологической системы отделочно-зачистной обработки, при компоновке которой используется синтез воздействия вибрационной силы, реализуемой вибровозбудителем, а также центробежных сил, реализуемых импеллером и шпинделем.

Предлагаемая разновидность способа виброобработки позволяет расширить ее технологические возможности применяя мелкодисперсную рабочую среду в виде шлифзерна, различных шлифпорошков, керамических и стеклянных абразивных сред сферической формы, размер гранул которых не превышает 2 мм, что положительно отражается на обработке номенклатуры вышеупомянутых корпусных деталей сложной формы.

**Список использованных источников:** 1. *Бабичев А.П.* Технологическое применение колебаний или ... вибрационные технологии / *А.П. Бабичев* // Вестник ДГТУ. – 2005. – Т. 5, № 3 (25). – С. 289 – 301. 2. *Бабичев А.П.* Основы вибрационной технологии / *А.П. Бабичев, И.А. Бабичев.* – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2008. – 694 с. 3. *Крагельский И.В.* Трение и износ. – М.: Наука. – 1975. – 145 с. 4. *Старжинский В.Е.* Технология производства и методы обеспечения качества зубчатых колес и передач. – СПб.: Профессия, 2007, – 823 с. 5. *Черменский О.Н., Федотов Н.Н.* Подшипники качения. Справочник-каталог. – М.: машиностроение, 2003. – 576 с. 6. *Семенова И.В.* Коррозия и защита от коррозии / *Семенова И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В.* – М.: Физматлит, 2002. – 335 с. 7. Машиностроение. Энциклопедия. Ред. Совет: *К.В. Фролов (пред.) и др.* – М.: Машиностроения. Динамика и прочность машин. Теория механизмов и машин. Т. 1-3. В 2-х кн. Кн. 2 / *А.В. Александров, Н.А. Алфутов, В.В. Астанин и др.*

Под общ. ред. *К.С. Колесникова*. 1995. – 624 с. **8.** Применение вибрационных технологий на операциях отделочно-зачистной обработки деталей (очистка, мойка, удаление облоя и заусенцев, обработка кромок) / *А.П. Бабичев, П.Д. Мотренко, Л.К. Гиллесли и др.*; под ред. *А.П. Бабичева*. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2010. – 289 с. **9.** *Mamalis A.G., Kundrak J., Mitsyk A.V., Fedorovich V.A.* Development of Modular Machine Design and Technologies of Dynamic Action for Finishing-Grinding Treatment by an Oscillating Abrasive Medium. *Journal of Machining and Forming Technologies*. 2015. 7, 1-10.

**Bibliography (transliterated):** **1.** *Babichev A.P.* Tehnologicheskoe primenenie kolebanij ili ... vibracionnye tehnologii / *A.P. Babichev* // *Vestnik DGTU*. – 2005. – Т. 5, № 3 (25). – S. 289 – 301. **2.** *Babichev A.P.* Osnovy vibracionnoj tehnologii / *A.P. Babichev, I.A. Babichev*. – Rostov n/D: Izdatel'skij centr DGTU, 2008. – 694 s. **3.** *Kragel'skij I.V.* Trenie i iznos. – М.: Nauka. – 1975. – 145 s. **4.** *Starzhinskij V.E.* Tehnologija proizvodstva i metody obespechenija kachestva zubchatyh koles i peredach. – SPb.: Professija, 2007, – 823 s. **5.** *Chermenskij O.N., Fedotov N.N.* Podshipniki kachenija. Spravochnik-katalog. – М.: mashinostroenie, 2003. – 576 s. **6.** *Semenova I.V.* Korrozija i zashhita ot korrozii / *Semenova I.V., Florianovich G.M., Horoshilov A.V.* – М.: Fizmatlit, 2002. – 335 s. **7.** Mashinostroenie. Jenciklopedija. Red. Sovet: *K.V. Frolov (pred.) i dr.* – М.: Mashinostroeniya. Dinamika i prochnost' mashin. Teorija mehanizmov i mashin. Т. 1-3. V 2-h kn. Kn. 2 / *A.V. Aleksandrov, N.A. Alfutov, V.V. Astanin i dr.* Pod obshh. red. *K.S. Kolesnikova*. 1995. – 624 s. **8.** Primenenie vibracionnyh tehnologij na operacijah odelochno-zachistnoj obrabotki detalej (ochistka, mojka, udalenie obloja i zausenecv, obrabotka kromok) / *A.P. Babichev, P.D. Motrenko, L.K. Gillespi i dr.*; pod red. *A.P. Babicheva*. – Rostov n/D: Izdatel'skij centr DGTU, 2010. – 289 s. **9.** *Mamalis A.G., Kundrak J., Mitsyk A.V., Fedorovich V.A.* Development of Modular Machine Design and Technologies of Dynamic Action for Finishing-Grinding Treatment by an Oscillating Abrasive Medium. *Journal of Machining and Forming Technologies*. 2015. 7, 1-10.