

УДК 621.9.048

**А.В. МИЦЫК**, канд. техн. наук,

**В.А. ФЕДОРОВИЧ**, д-р техн. наук, Харьков, Украина

## **ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЭФФЕКТА МУЛЬТИЭЛЕМЕНТНОГО ГРУППОВОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РАБОЧУЮ СРЕДУ ПРИ ОТДЕЛОЧНО-ЗАЧИСТНОЙ ВИБРООБРАБОТКЕ**

Визначено сутність ефекту мультиелементного групового енергетичного впливу на робоче абразивне середовище в резервуарі вібростата. Наведено особливості застосувати традиційного способу віброобробки. Викладена характеристика та особливості мультиенергетического способу віброобробки і представлено регламент його здійснення. Уточнено приріст зйому металу від ефекту мультиелементного впливу на робоче середовище.

**Ключові слова:** мультиелементний груповий енергетичний вплив; віброобробка; робоче середовище; мультиенергетичний спосіб.

Определена сущность эффекта мультиэлементного группового энергетического воздействия на рабочую абразивную среду в резервуаре вибростанка. Приведены особенности применения традиционного способа виброобработки. Изложена характеристика и особенности мультиэнергетического способа виброобработки и представлен регламент его осуществления. Уточнен прирост съема металла от эффекта мультиэлементного воздействия на рабочую среду.

**Ключевые слова:** мультиэлементное групповое энергетическое воздействие; виброобработка; рабочая среда; мультиенергетический способ.

The effect essence of multi-element group energy impact on working abrasive medium in reservoir of vibration machine has been determined. The peculiarities of application of traditional method of vibration treatment have been given. The characteristics and features of multi-energy method of vibration treatment have been described and its implementation procedure has been presented. The increase of metal removal due to effect of multi-element impact on working medium has been specified.

**Key words:** multi-element group energy impact; vibration treatment; working medium; multi-energy method.

### **Общие положения**

При реализации мультиэнергетической технологии отделочно-зачистной виброобработки предусматривается эффект мультиэлементного группового энергетического воздействия на рабочую среду, помещенную в резервуар вибростанка, что обеспечивается за счет комбинирования различных схем одновременного энергетического воздействия, как автономно движущихся рабочих поверхностей резервуара, так и поверхностей деталей, закрепленных внутри резервуара на специальном приспособлении [1].

При этом динамическое мультиэлементное групповое воздействие на рабочую среду осуществлялось под влиянием вибрационных вертикальных и

горизонтальных сил, центробежных сил, комбинированных вибрационных и центробежных, а также гидродинамических сил.

### **Характеристика и особенности традиционного способа виброобработки**

В практике виброобработки применяется традиционный способ, при котором обрабатываемые детали по отдельности или пакетом устанавливаются в приспособлении на вертикальном шпинделе, который приводят во вращательное движение и погружают в рабочую зону подпружиненного резервуара заполненного рабочей средой, совершающей плоские колебательные движения. В циркуляционных потоках содержимого резервуара микрорезанием и упругопластическим деформированием проводят обработку, удаляют дефектный слой металла, уменьшают шероховатость поверхности и упрочняют ее [2, 3].

Однако, несмотря на широкое промышленное внедрение, упомянутый способ недостаточно эффективен для номенклатуры корпусных деталей сложной формы, образованной сопряжением цилиндрических и других криволинейных поверхностей, а также сложнопрофильных конструкций детали типа тело вращения.

Обработка таких деталей в условиях традиционного вибрационного воздействия рабочей среды не обеспечивает без значительного в 2...4 раза повышения машинного времени обработки полного удаления дефектов в труднодоступных для гранул среды местах поверхности детали, таких как ниши, карманы, глухие отверстия и др., что делает способ экономически не целесообразным.

Основной причиной низкой производительности обработки является недостаточная кинематическая активность гранул среды в их циркуляции. В этой связи рабочей среде требуется сообщить дополнительное осциллирующее движение, которое формируется при динамическом влиянии на среду комбинированной схемы энергетических воздействий.

### **Характеристика и особенности мультэнергетического способа виброобработки**

Обрабатываемые детали по отдельности или пакетами устанавливают на расположенным по концентрическим окружностям пальцам многоместного, установленного на виброгасителях приспособлениях, связанного со шпинделем вибростанка зубчатой передачей двухпарного зацепления зубчатых колес.

При погружении в рабочую зону резервуара, а также выхода из нее до и после обработки, приспособление имеет возможность вращательного и одновременно колебательного движения, возбуждаемого в горизонтальной плоскости. Колебания возбуждаются инерционным вертикальным вибровозбудителем, расположенным на шпинделе вибростанка вне рабочей зоны резервуара.

Рабочую среду, загруженную в резервуар, одновременно уплотняют колебательным и вращательным движением обрабатываемых деталей и разуплотняют струйным движением потоков жидкости, периодически подавая ее в резервуар и регулируя давление и расход из условия технологической необходимости изменения состояния среды от равновесного до псевдосжиженного.

При таком оформлении механизма виброобработки, который сопровождается, одновременным воздействием на рабочую среду и обрабатываемые детали энергией вибрационных и центробежных сил<sup>0</sup>, а также сил струйного воздействия движущихся потоков жидкости, в резервуаре формируется комбинированная схема энергетических воздействий, создающих единый циркуляционный характер движения гранул среды, свободно проникающей ко всем труднодоступным поверхностям обрабатываемых деталей, что приводит к высокой интенсивности обработки. Управление обработкой осуществляют при выборе рациональных параметров колебательного и вращательного движения шпинделя с обрабатываемыми деталями, а также давления и расхода жидкости, подаваемой в резервуар вибростанка.

Мелкодисперсную рабочую среду в виде шлифзерна зернистостью 200...40 и шлифпорошков зернистостью 32...16, технического стекла, фарфора и др. с размером гранул не более 2 мм помещают в смонтированный на жесткой опоре цилиндрический резервуар, по площади основания которого симметрично установлены гидродинамические устройства, с помощью которых формируют струйное движение потоков подаваемой под давлением жидкости.

Шпинделю вибростанка сообщают одновременное вращательное движение со скоростью 31,5...1400 об/мин и колебательное движение с амплитудой 0,2...3,0 мм и частотой 30...70 Гц. Далее шпиндель с обрабатываемыми деталями погружают в резервуар с рабочей средой, находящийся в псевдосжиженном состоянии. При этом происходят процессы микрорезания и упругопластического деформирования, управление которыми, а также расширение их технологических возможностей производится за счет использования рациональных сочетаний скорости вращения шпинделя, амплитудно-частотных характеристик колебательного движения инерционного вибровозбудителя и давления жидкости в потоках струйного движения.

Наименьшее расстояние  $L$  в рабочей зоне резервуара, свободная от обрабатываемых деталей, с целью обеспечения равномерности перехода рабочей среды из равновесного состояния в псевдосжиженное, выбирается из условия  $L \geq b$ , где  $b$  – наибольший габаритный размер обрабатываемой детали, высота  $H$  резервуара из условия обеспечения равномерности псевдосжиженной среды на всех уровнях распространения струйного

движения жидкости не превышает  $(2...2,5)R$ , то есть  $H \leq (2...2,5)R$ , где  $R$  – радиус основания резервуара.

### Регламент осуществления мультиэнергетического способа обработки

Усовершенствованный традиционный способ виброобработки, названный мультиэнергетическим, осуществляется на лабораторно-промышленном вибростанке, принципиальная схема и общий вид (рис. 1) [4].

Обрабатываемые детали устанавливают на установочных пальцах многоместного приспособления, смонтированного на жестком основании.

Шпиндель с приспособлением и обрабатываемыми деталями помещают в рабочую зону резервуара, заполненного мелкодисперсной рабочей средой, которую плоскими колебаниями деталей уплотняют до состояния, при котором еще не наступает затухание относительного перемещения и взаимного давления среды и деталей. К гидродинамическим устройствам под давлением подают жидкость и регулируя ее расход струйным движением потоков разуплотняют рабочую среду до состояния псевдооживленности. В результате микрорезанием и упругопластическим деформированием проводят

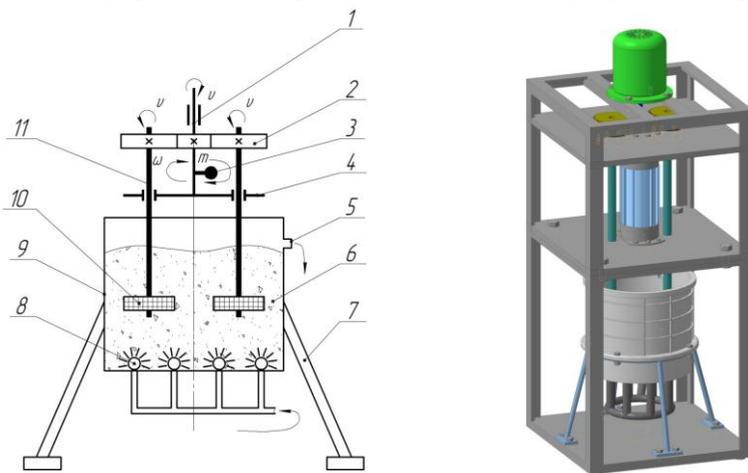


Рисунок 1 – Принципиальная схема и общий вид лабораторно-промышленного вибростанка для реализации мультиэнергетических технологий: 1 – шпиндель; 2 – зубчатое зацепление; 3 – вибровозбудитель; 4 – приспособление; 5 – отвод; 6 – рабочая среда; 7 – жесткая опора; 8 – гидродинамические устройства; 9 – резервуар; 10 – обрабатываемая деталь; 11 – установочные пальцы.

обработку, и удаляют дефектный слой металла, достигают требуемую шероховатость поверхности, производят ее упрочнение.

Отработанная жидкость под действием движущихся деталей сосредотачивается в верхней части резервуара, а избыток жидкости через отвод вытекает в отстойник. При выключении шпинделя и вибровозбудителя приспособление с деталями извлекают из резервуара, и обработанные детали удаляют с установочных пальцев.

Таблица 1 – Результаты экспериментального исследования съема металла при использовании эффекта мультиэлементного группового энергетического воздействия на

Исходная шероховатость, $R_{a0}$ , мкм	Требуемая шероховатость, $R_{a1}$ , мкм	Съем металла под воздействием сил резервуара, $Q_p$ , мг/ч·см <sup>2</sup>	Съем металла под воздействием сил приспособления с деталями, $Q_k$ , мг/ч·см <sup>2</sup>	Суммарный съем, $Q_{\Sigma}$ , мг/ч·см <sup>2</sup>	Прирост производительности, $\Delta$ , %
20,0...10,0	10,0...5,0	13,5 ...17,2	9,5 ...11,9	23,0...28,91	69,2...70,4
10,0...5,0	5,0...2,5	12,5 ...14,0	8,75 ...9,8	21,25 ...23,8	70
5,0...2,5	2,5 ...1,25	8,5 ...12,2	5,95 ...8,4	14,25 ...20,6	68,9...71,2
2,5 ...1,25	1,25...0,63	4,5 ...8,0	3,15 ...5,6	7,65 ...13,6	70
1,25 ...0,63	0,63...0,32	2,5 ...4,3	1,75 ...2,8	4,25 ...7,1	70
0,63...0,32	0,32...0,16	1,2...2,0	0,84...1,4	2,04...3,4	70
0,32...0,16	0,16...0,08	–	–	–	–

Выполняли операцию отделочно-зачистной обработки по удалению заусенцев, скруглению острых кромок, а также виброшлифованию с целью достижения шероховатости поверхности, соответствующей  $R_a = 0,63...0,32$  мкм на заготовках корпусных деталей. Материал заготовок АЛ-9 ГОСТ 1583-93. Форма детали сложная, имеют место ниши, карманы, глухие и сквозные отверстия, разнопрофильные поверхности, образованные сопряжением малых радиусов с труднодоступными для обработки участками. Размеры заготовок  $90 \times 80 \times 70$  мм. Исходная шероховатость поверхности  $R_a = 2,5$  мкм. Обработка проводилась на установке, объем резервуара которой позволял одновременно разместить шесть деталей. В качестве рабочей среды использовался шлифпорошок корунда кремния черного зернистостью 32. Режимы обработки: скорость вращения шпинделя 800 об/мин; амплитуда и частота колебаний вибровозбудителя 1,2...1,4 мм, 30 Гц; давление и расход жидкости, подаваемой в резервуар обеспечивал псевдосжиженное состояние рабочей среды.

### **Выводы**

Таким образом, при оценке производительности и технологических особенностей применения эффекта мультиэлементного группового энергетического воздействия на рабочую среду в отделочно-зачистной виброобработке представляет научный и практический интерес определения процентной доли влияния составляющих мультиэнергетической технологии в общем процессе, то есть в определении конкретного влияния на съем металла автономного воздействия силы гидродинамического воздействия резервуара и сил центробежного и вибрационного воздействия обрабатываемых деталей на абразивную рабочую среду.

Результаты выявленной производительности (табл. 1) по съему металла, полученные путем экспериментальных обработок установили влияние составляющих мультиэлементного группового воздействия. Если принять, что в суммарном количестве съема металла ( $Q_{\Sigma}$ ) доля от воздействия вибрационных и гидродинамических сил со стороны резервуара ( $Q_p$ ) на рабочую среду составляет 100 %, то прирост производительности ( $\Delta, \%$ ) на различных операциях виброобработки за счет дополнительного энергетического воздействия обрабатываемых деталей ( $Q_d$ ) на рабочую среду составит порядка 70 %.

В целом необходимо отметить, что применение описанного эффекта дает прирост производительности в 1,7 раза на операциях отделочно-зачистной виброобработки.

**Список использованных источников:** 1. Аналитика, комментарии и классификация технологий отделочно-зачистной виброобработки, созданных комбинированием различных схем энергетического воздействия / *Мицьк А.В., Федорович В.А.* // Сучасні технології в машинобудуванні: зб. наук. праць. – Х.: НТУ «ХПІ», 2016. – Вип. 11. – С. 175 – 189. 2. *Бабичев А.П.* Вибрационные станки для обработки деталей / *А.П. Бабичев, В.Б. Трунин, Ю.М. Самодумский, В.П. Устинов.* – М.: Машиностроение, 1984. – 168 с. 3. *Бабичев А.П.* Наладка и эксплуатация станков для вибрационной обработки / *А.П. Бабичев, Т.Н. Рысева, В.А. Самодуров, М.А. Тамаркин.* – М.: Машиностроение, 1988. –64 с. 4. Пат. 70391 Україна, МПК В24В 31/06. Спосіб віброобробки деталей / *А.В. Міцьк*; власник Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля. – № u 201113595; заявл. 18.11.2011; опублік. 11.06.2012, Бюл. № 11.

**Bibliography (transliterated):** 1. Analitika, komentarii i klassifikacija tehnologij otdelechno-zachistnoj vibroobrabotki, sozdannyh kombinirovaniem razlichnyh shem jenergeticheskogo vozdejstvija / *Mitsyk A.V., Fedorovich V.A.* // Suchasni tehnologii v mashynobuduvanni: zb. nauk. prac'. – H.: NTU «HPІ», 2016. – Vyp. 11. – S. 175 – 189. 2. *Babichev A.P.* Vibracionnye stanki dlja obrabotki detalej / *A.P. Babichev, V.B. Trunin, Ju.M. Samodumskij, V.P. Ustinov.* – M.: Mashinostroenie, 1984. – 168 s. 3. *Babichev A.P.* Naladka i jekspluatacija stankov dlja vibracionnoj obrabotki / *A.P. Babichev, T.N. Ryseva, V.A. Samodurov, M.A. Tamarkin.* – M.: Mashinostroenie, 1988. –64 s. 4. Pat. 70391 Ukrai'na, MPK V24V 31/06. Sposib vibroobrobky detalej / *A.V. Mitsyk*; vlasnyk Shidnoukrai'ns'kyj nacional'nyj universytet imeni Volodymyra Dalja. – № u 201113595; zajavl. 18.11.2011; opublik. 11.06.2012, Bjul. № 11.