

УДК 621.793.9.005.512

Интенсификация процесса вибрационной обработки путём ультразвуковой активации частиц обрабатывающей среды¹

И. Л. Вяликов

(Донской государственный технический университет)

На основе анализа существующих способов комбинированной вибрационной отделочной обработки выявлены факторы, сдерживающие их эффективное использование. С целью повышения производительности предложена принципиально новая технологическая схема комбинированного энергетического воздействия обрабатывающей среды на обрабатываемую поверхность, предусматривающая введение в рабочую камеру дополнительной ультразвуковой энергии. Рассмотрена конструкция рабочей камеры для вибрационной абразивно-ультразвуковой обработки, разработанная на основе применения магнитострикционного ультразвукового преобразователя цилиндрической формы, размещаемого в зоне малой активности рабочей камеры вибрационного станка. Представлены результаты комплексных экспериментальных исследований влияния вибрационной абразивно-ультразвуковой обработки на качество поверхности и производительность процесса, раскрывающие преимущества вибрационной абразивно-ультразвуковой обработки по сравнению с традиционной виброабразивной отделочной обработкой.

Ключевые слова: *вибрационная обработка, ультразвук, интенсификация, технологическая схема, обрабатывающая среда.*

Введение. Вибрационная отделочная обработка (ВИО) занимает одно из ведущих мест в технологии изготовления деталей машин. Это обусловлено тем, что она позволяет осуществлять обработку широкой номенклатуры изделий, обладает высокой производительностью и универсальностью [1].

Прогрессивным направлением повышения эффективности вибрационной отделочной обработки является разработка способов, основанных на комбинировании нескольких видов энергии: механической, химической, акустической и других. Эти способы обработки обеспечивают повышение производительности вибрационной отделочной обработки за счёт увеличения интенсивности единичного взаимодействия, изменения режимов обработки путём повышения амплитуды колебаний рабочей камеры, повышения температуры в рабочей зоне с целью создания благоприятных условий резания, что не всегда является эффективным с точки зрения технико-экономических показателей процесса. Так, например, повышение производительности ВИО путём увеличения амплитуды колебаний ведёт к повышенным нагрузкам на подшипниковые узлы вибростанка, быстрому износу обрабатывающей среды и созданию неблагоприятных условий влияния вибростанка на оператора.

Анализ этих способов комбинирования показывает, что они не устраняют присущие процессу виброобработки явления, обусловленные кинетикой движения обрабатывающей среды в V-образной камере, таких как наличие застойных зон, которые характеризуются малой эффективностью воздействия частиц обрабатывающей среды на обрабатываемую поверхность. Кроме того установлено, что одним из эффективных путей повышения производительности ВИО является интенсификация взаимодействия частиц обрабатывающей среды с обрабатываемой поверхностью [2].

Постановка задачи. Решение задач, связанных с устранением застойных зон и повышением кинематического параметра, может быть реализовано путём введения в виброкамеру дополнитель-

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке фонда PepsiCo.

ной акустической энергии, а именно, путём использования высокочастотных ультразвуковых колебаний.

Для решения этих задач была разработана технологическая схема комбинированной вибрационной абразивно-ультразвуковой обработки (ВиАОУ).

Разработка технологического оборудования. Предлагаемая схема (рис. 1) представлена в виде компоновки вибрационного станка и ультразвукового преобразователя 5. Рабочей камере прямоугольной формы 8, установленной на упругих пружинах 4 и имеющей возможность колебаться в различных направлениях, сообщается вибрация от инерционного вибратора 7 в виде вращающегося вала с несбалансированными грузами с частотой до 50 Гц и амплитудой от 0,5 до 6–8 мм. Работа преобразователя 5 обеспечивается сообщением электрических импульсов, передаваемых при помощи системы 2 ультразвуковым генератором 1.

Ультразвуковые колебания с определённой амплитудой и частотой, проходя через технологическую жидкость, вводимую в рабочую камеру 8 помпой 11 через систему трубопроводов 9, сообщаются частицам рабочей среды 13, постепенно затухая, проходя через каждый слой. За счёт погружения преобразователя 5 в определённый объём технологической жидкости в ней возникают полости, заполненные паром — кавитационные пузырьки или каверны [2]. Обрабатываемые детали 12 могут располагаться при обработке свободно или с закреплением в зависимости от требований, предъявляемых к качеству наружных и внутренних поверхностей, конструкции деталей и массы. Кроме того стоит отметить, что образование кавитационных пузырьков приводит к изменению (смещению), по сравнению с базовой схемой ВИО, зон давления среды в рабочей камере. Такие давления приводят к повышению интенсивности обработки в её различных точках.

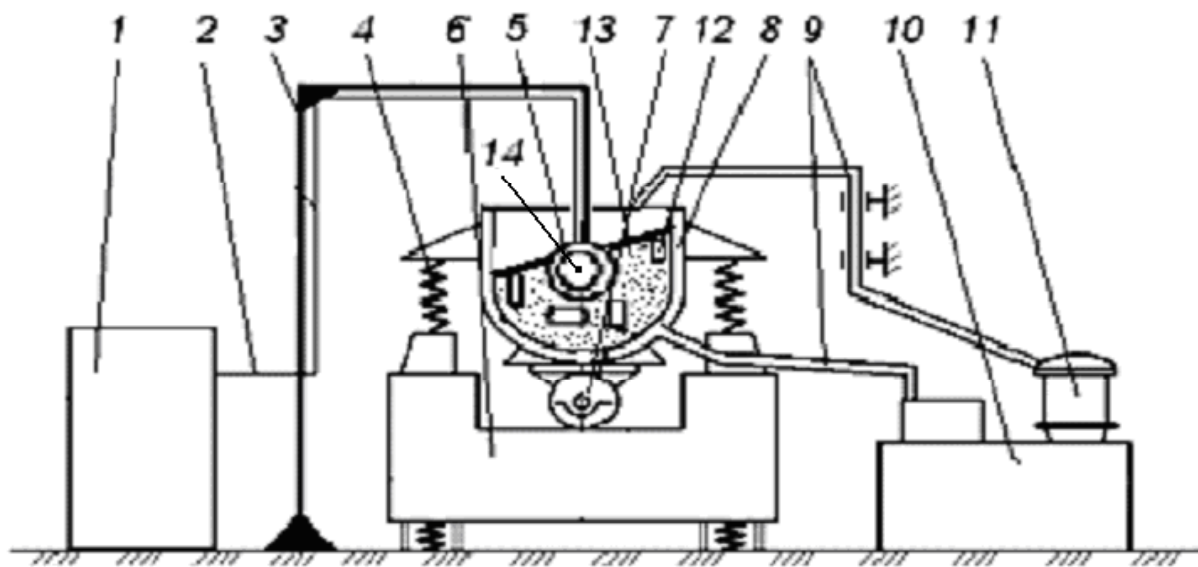


Рис. 1. Технологическая схема процесса ВиАОУ: 1 — ультразвуковой генератор; 2 — система подвода питания; 3 — стойка; 4 — пружина; 5 — ультразвуковой преобразователь; 6 — основание; 7 — вибратор; 8 — рабочая камера; 9 — система подачи и слива технологической жидкости; 10 — бак-отстойник; 11 — помпа; 12 — обрабатываемые детали; 13 — рабочая среда; 14 — штуцер для подачи охлаждающей жидкости в ультразвуковой преобразователь

Рассмотренная технологическая схема (рис. 1) может быть реализована путём различной установки ультразвукового преобразователя относительно рабочей камеры вибростанка. На рис. 2 представлена конструкция рабочей камеры.

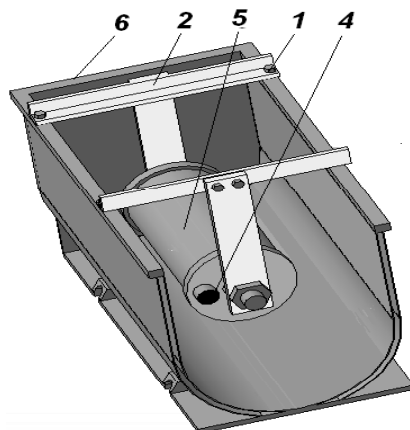
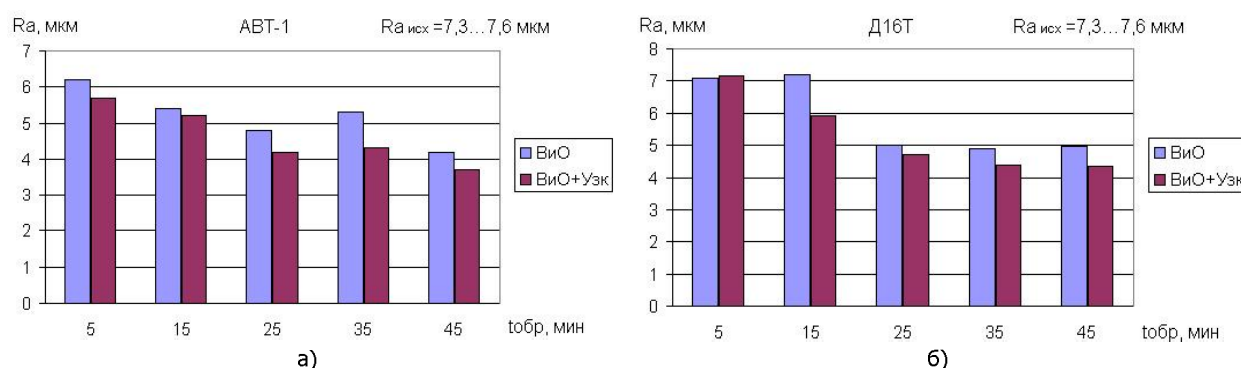


Рис. 2. Конструкция рабочей камеры для вибро-ультразвуковой обработки деталей в свободном состоянии с расположением ультразвукового преобразователя в центре рабочей камеры: 1 — резьбовые соединения; 2 — крепление; 3 — смотровой люк; 4 — штуцер для подачи охлаждающей жидкости; 5 — ультразвуковой преобразователь; 6 — рабочая камера

Расположение преобразователя 5 в центре рабочей камеры 6 (рис. 2) обеспечивает соотношение колебаний обрабатывающей среде, которые при базовой схеме ВиАУО весьма малы за счёт потери энергии при прохождении многослойной рабочей среды. Повышение интенсивности обработки обеспечивается за счёт создаваемого пространства, в котором находится определённый объём рабочей среды, частицы которой получают колебания с одной стороны — от стенки рабочей камеры, а с другой — от ультразвукового преобразователя. С целью фиксации цилиндрического преобразователя в центре рабочей камеры разработана специальная конструкция (рис. 2). По торцам преобразователя 5 расположены крышки, установленные с резиновыми прокладками. Через весь преобразователь проходит стержень диаметром 10—15 мм зафиксированный при помощи гаек. Необходимое положение обеспечивается при помощи крепления 2, фиксируемое по торцу рабочей камеры 6. Подача и отвод жидкости осуществляется посредством шлангов, подсоединяемых к штуцерам 4.

Для исследования разработанной технологической схемы в качестве опытного оборудования использовался вибрационный станок модели УВГ40. В качестве источника электрических импульсов использовался универсальный ультразвуковой генератор УЗГЗ-4, позволяющий регулировать частоту колебаний преобразователя от 18 до 22 кГц и цилиндрический магнитострикционный ультразвуковой преобразователь ПМС-15А [2]. Автором разработана конструкция крепления преобразователя прямоугольной формы в рабочей камере объёмом 40 дм³ (рис. 2) с целью проведения технологических испытаний, изучения явлений протекающих при осуществлении комбинированного процесса ВиАУО и установления возможности достижения необходимого качества поверхности деталей при условии сокращения времени обработки по сравнению с вибрационной обработкой. Результаты экспериментальных исследований по оценке эффективности предложенной технологической схемы представлены на рис. 3 и рис. 4. Обработка образцов-свидетелей осуществлялась при следующих режимах: амплитуда колебаний виброустановки (A_v) и преобразователя (A_p) равны соответственно 3 мм и 0,5 мкм, частота колебаний $f_v = 30$ Гц, $f_p = 22$ кГц, технологическая жидкость — 3 %-й водный раствор кальцинированной соды.

Результаты экспериментальных исследований. В качестве материалов для проведения экспериментальных исследований были выбраны образцы используемые в авиационной промышленности — это алюминиевые сплавы АВТ и Д16Т. На рис. 3 представлены диаграммы, характеризующие изменение шероховатости поверхности образцов при обработке абразивными гранулами ПТ 5х5 (зернистостью 12), в зависимости от продолжительности обработки.

Рис. 3. Влияние продолжительности ВиАУО на шероховатость поверхности Ra , мкм

Из диаграммы следует, что ВиАУО обеспечивает более интенсивное снижение шероховатости поверхности по сравнению с ВАО на всех временных интервалах. Наиболее интенсивно для материала АВТ-1 процесс протекает при продолжительности процесса от 20 до 40 минут, а для материала Д16Т при продолжительности процесса от 10 до 20 минут.

На рис. 4 представлены диаграммы, характеризующие съём металла образцов абразивными гранулами ПТ 5х5 (зернистостью 12), в зависимости от продолжительности обработки.

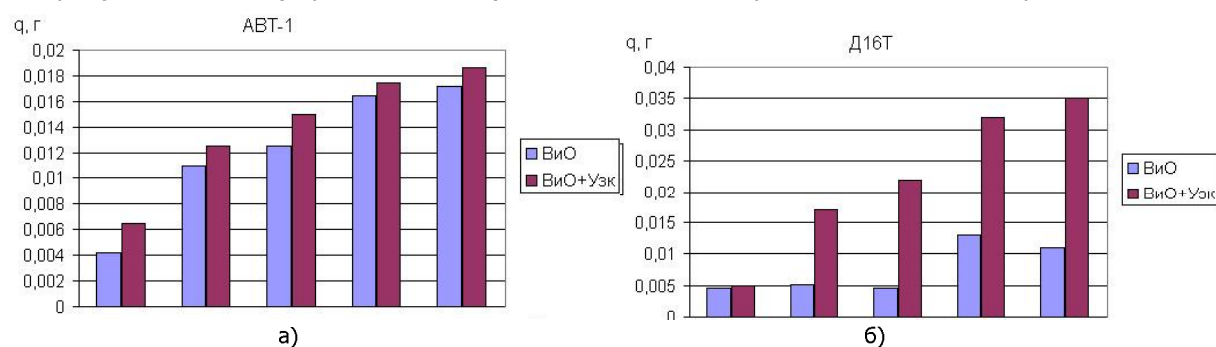


Рис. 4. Влияние продолжительности ВиАУО на съём металла

Результаты исследований показали, что при ВиАУО съём частиц металла больше, чем при ВАО на всех временных интервалах. Стоит отметить, что на процесс съёма материала значительное воздействие оказывает твёрдость металла обрабатываемой детали.

Заключение. Анализируя полученные результаты экспериментальных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Воздействие от расположенного в центральной зоне рабочей камеры генерирующего преобразователя позволяет активировать частицы обрабатывающей среды и, как следствие, повысить эффективность обработки в застойных зонах.

2. Применение ВиАУО является дальнейшим шагом к повышению производительности процесса вибрационной отделочной обработки деталей и требует проведения дальнейших целенаправленных исследований в раскрытии физической сущности и технологических возможностей.

Библиографический список

1. Баби́чев, А. П. Основы вибрационной технологии / А. П. Баби́чев, И. А. Баби́чев. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — Ростов-на-Дону : Изд. центр ДГТУ, 2008. — 694 с.
2. Гершильд, Д. А., Ультразвуковая технологическая аппаратура / Д. А. Гершильд, В. М. Фридман — Москва, 1976. — 318 с.

Материал поступил в редакцию 21.11.2012.

References

1. Babichev, A. P., Babichev, I. A. Osnovy` vibracionnoj tekhnologii. [Vibration technology principles.] 2nd revised and enlarged ed. Rostov-on-Don : DSTU Publ. Centre, 2008, 694 p. (in Russian).
2. Gershild, D. A., Fridman, V. M. Ul`trazvukovaya tekhnologicheskaya apparatura. [Ultrasonic technological equipment.] Moscow, 1976, 318 p. (in Russian).

VIBRATION TREATMENT INTENSIFICATION THROUGH ULTRASONIC ACTIVATION OF PROCESS PARTICLES¹

I. L. Vyalikov

(Don State Technical University)

The analysis of the existing methods of the combined vibratory finishing treatment allows identifying the factors restraining their effective application. To improve the productivity, a fundamentally new process flowsheet of the composite energy action of the operating environment on the working surface is offered. It provides an injection of the additional ultrasonic energy to the process chamber. The design of the chamber for the vibration abrasive ultrasonic treatment is considered. It is developed on the basis of the ultrasonic magnetostrictor of a cylindrical form which is located in the low activity zone of the vibrating machine working chamber. The integral experimental research of the vibratory ultrasonic treatment effect on the surface quality and the processing rate presenting the advantages of the vibration abrasive ultrasonic treatment versus the traditional vibroabrasive finishing treatment is resulted.

Keywords: vibration treatment, ultrasound, intensification, process flowsheet, working environment.

¹ The research is done with the financial support from PepsiCo foundation.