

УДК 621.924.1:67.05

Е.Р. Перевозник¹, В.Р. Шугай¹, В.В. Артюшенко², А.С. Майданович²,
К.А. Трибрат¹, Н.А. Зылёв³, М.Н. Гладский¹, В.В. Медведев¹, В.К. Фролов¹

¹ – Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», г. Киев, Украина

² – Otto von Guericke Universität Magdeburg, Magdeburg, Deutschland

³ – Tecnimont Planung und Industrieanlagenbau GmbH, Braunschweig, Deutschland

Обеспечение однородного качества поверхностей деталей при обработке свободным абразивом

При финишной обработке деталей свободным абразивом качество обрабатываемых поверхностей и производительность процесса зависят от времени взаимодействия абразивной среды с каждой из поверхностей детали и направления вектора скорости резания, или угла взаимодействия между абразивным зерном и поверхностью детали. При этом интенсивность удаления материала должна быть одинаковой для всех поверхностей детали.

Недостатком подавляющего большинства конструкций установок для обработки свободным абразивом является, при кажущейся хаотичности, стабильность траектории движения абразивного потока и находящихся в нём обрабатываемых деталей. При этом положение деталей в абразивном потоке практически неизменно, а относительная скорость абразивных зёрен и деталей, которая определяет интенсивность снятия припуска и, соответственно, производительность процесса, сравнительно невелика.

Для равномерной обработки всех поверхностей детали и повышения производительности процесса необходимо обеспечить управляемое периодическое изменение положения детали относительно направления движения абразивной среды.

В установках для вибрационного шлифования с кольцевыми контейнерами (рис. 1) имеется ещё один недостаток – скорость абразивного потока максимальна у дна и стенок контейнера и уменьшается при удалении от них в любом направлении (рис. 2), вследствие чего возникает существенная неравномерность условий обработки деталей, которые находятся в разных зонах потока. Для обеспечения однородного качества поверхностей

необходимо периодическое перемещение обрабатываемых деталей из более активных зон в менее активные и наоборот.

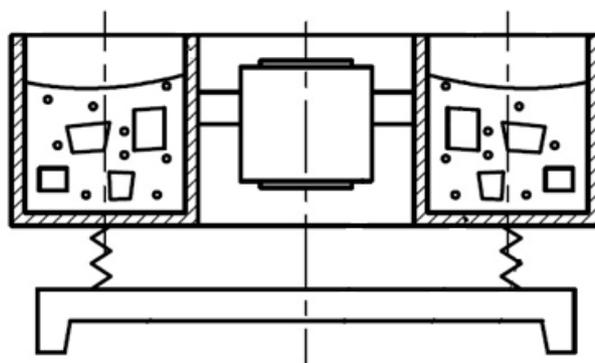


Рис. 1. Схема установки для вибрационного шлифования с кольцевым контейнером

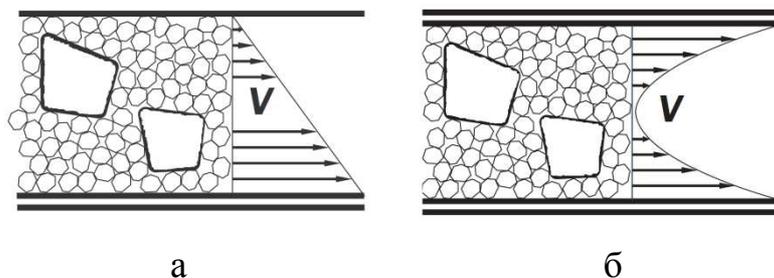


Рис. 2. Эпюры скорости абразивного потока в кольцевом контейнере (а – продольный разрез контейнера; б – вид сверху)

Известно, что массы взаимодействующих объектов обратно пропорциональны ускорениям, полученным в результате их взаимодействия. Если абразивное зерно массой m_1 и обрабатываемая деталь массой m_2 взаимодействуют с контейнером массой M , соотношение их масс и ускорений будет иметь вид:

$$\frac{m_1}{M} = \frac{A}{a_1}; \frac{m_2}{M} = \frac{A}{a_2}.$$

Учитывая, что масса абразивного зерна и детали существенно меньше, чем масса контейнера, можно записать:

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1},$$

где a_1, a_2, m_1, m_2 – соответственно ускорения и массы абразивного зерна и детали.

Принимая во внимание, что масса абразивного зерна значительно меньше массы обрабатываемой детали, их ускорения и, соответственно, скорости после столкновения с контейнером также будут значительно различаться (рис. 3):

$$V_1 \gg V_2.$$

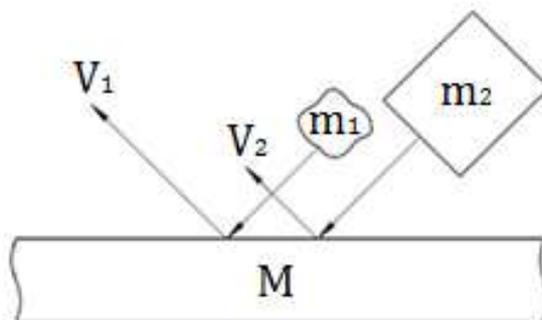


Рис. 3. Схема взаимодействия абразивного зерна массой m_1 и детали массой m_2 с контейнером массой M

То есть в момент столкновения абразивных зёрен и обрабатываемых деталей со стенками контейнера происходит не только переориентирование деталей в абразивном потоке, но и изменение их относительных скоростей, что обеспечивает равномерное качество обрабатываемых поверхностей и интенсифицирует процесс обработки.

Авторами предложен ряд конструкций квазиколецевых контейнеров для виброшлифовальных установок, позволяющих, благодаря своей геометрии, многократно переориентировать детали в потоке абразивных частиц.

Устройство для вибрационной обработки [1] снабжено рабочим резервуаром, выполненным в форме квазиколецевого жёлоба, внешняя стенка которого образована выпуклыми и вогнутыми участками. Участки попеременно чередуются и совпадают по угловому расположению с выпуклыми и вогнутыми участками, из которых образована внутренняя стенка. При этом количество выпуклых и количество вогнутых участков на каждой стенке квазиколецевого жёлоба составляет не менее трех (рис. 4) и зависит от технологической задачи, габаритов контейнера и обрабатываемых деталей.

Контейнер устройства для вибрационной обработки [2] отличается тем, что внутренняя сторона внешней стенки и внешняя сторона внутренней стенки контейнера снабжены дефлекторами V-образного сечения. Количество дефлекторов на каждой стенке составляет не менее четырёх, дефлекторы

равномерно распределены по периметру контейнера, а угловое расположение дефлекторов на противоположных стенках контейнера обратно симметричное (рис. 5).

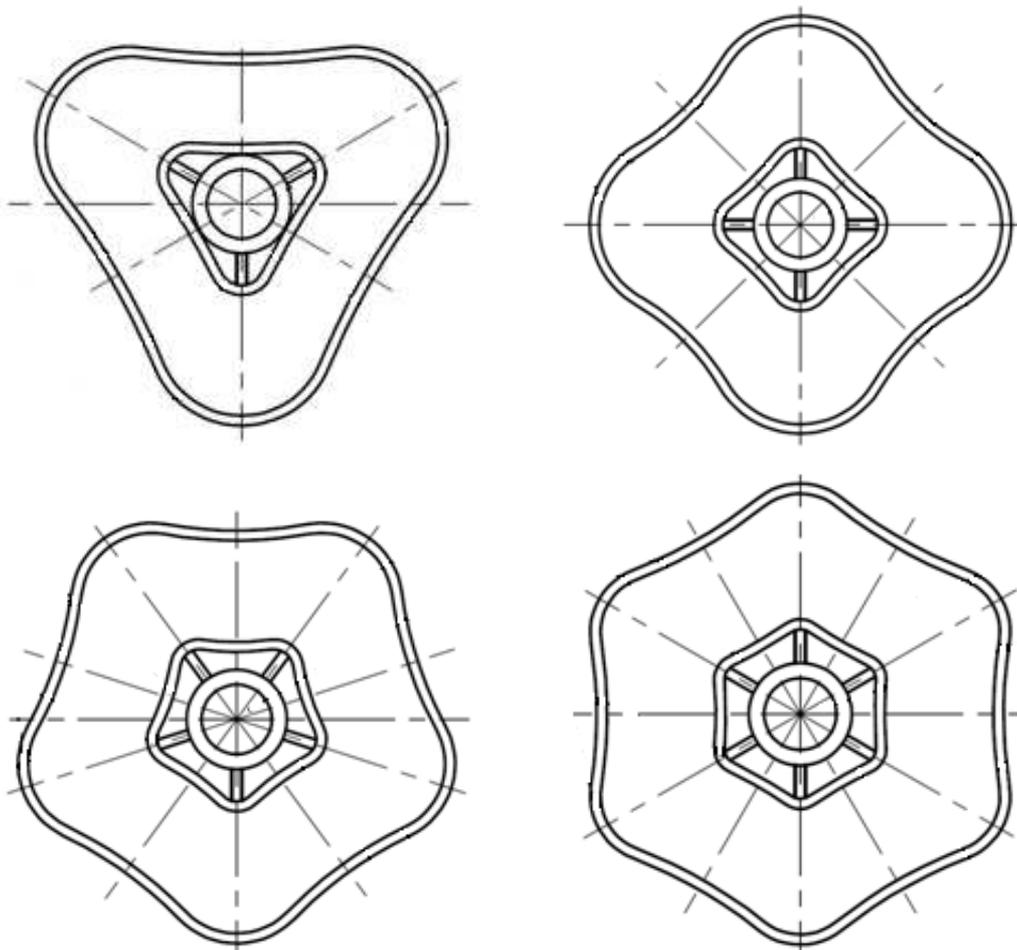


Рис. 4. Устройство для вибрационной обработки с разной формой контейнера

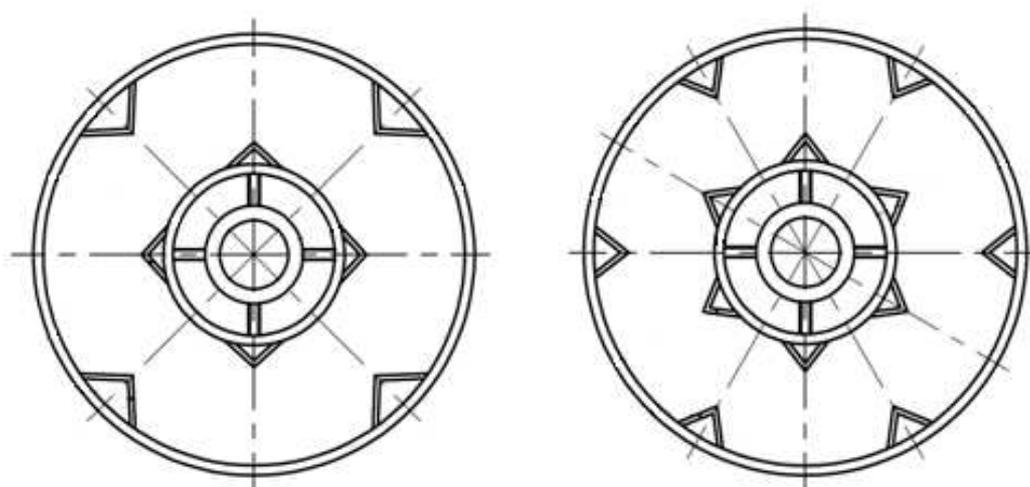


Рис. 5. Контейнер устройства для вибрационной обработки с разным количеством дефлекторов

Контейнер станка для вібраційної обробки [3] виконаний у формі кільцевого жёлоба, на внутрішній і зовнішній бокових стенках якого рівномірно по череді розташовані вертикальні дефлектори V-образного сечення. Кількість дефлекторів не менше чотирьох на кожній стенці. При цьому дефлектори встановлені з нахилом відносно вертикалі в напрямку руху, створюваного вібраційним приводом (рис. 6).

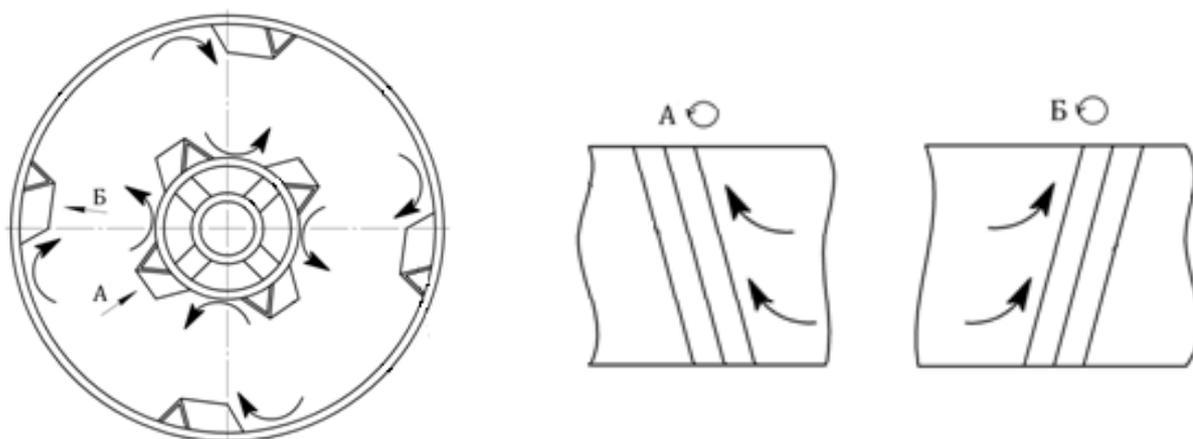


Рис. 6. Контейнер станка для вібраційної обробки

Контейнер установки для вібраційної обробки [4] теж виконаний у формі кільцевого жёлоба, на внутрішній і зовнішній бокових стенках якого рівномірно по череді розташовані вертикальні дефлектори V-образного сечення. Кількість дефлекторів не менше чотирьох на кожній стенці. При цьому дно контейнера оснащено горизонтальними радіально направленими дефлекторами V-образного сечення, які є продовженням кожного з вертикальних дефлекторів (рис. 7).

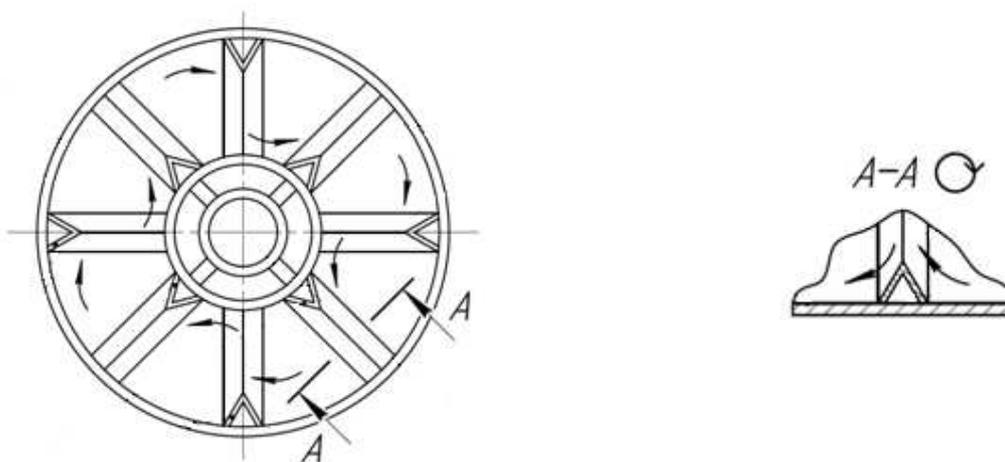


Рис. 7. Контейнер установки для вібраційної обробки

Контейнер вібраційної машини [5] також виконаний в формі кільцевого жёлоба, на внутрішній і зовнішній бокових стенках якого рівномірно по череді розташовані вертикальні дефлектори V-образного сечення. Кількість дефлекторів не менше чотирьох на кожній стенці.

При цьому вертикальні дефлектори на протилежних бокових стенках з'єднані попарно горизонтальними дефлекторами V-образного сечення. Останні встановлені на дні контейнера так, що на периферії контейнера кут α між вектором лінійної швидкості руху V , створюваного вібраційним приводом, і продольною осью кожного з горизонтальних дефлекторів становить більше 90° (рис. 8).

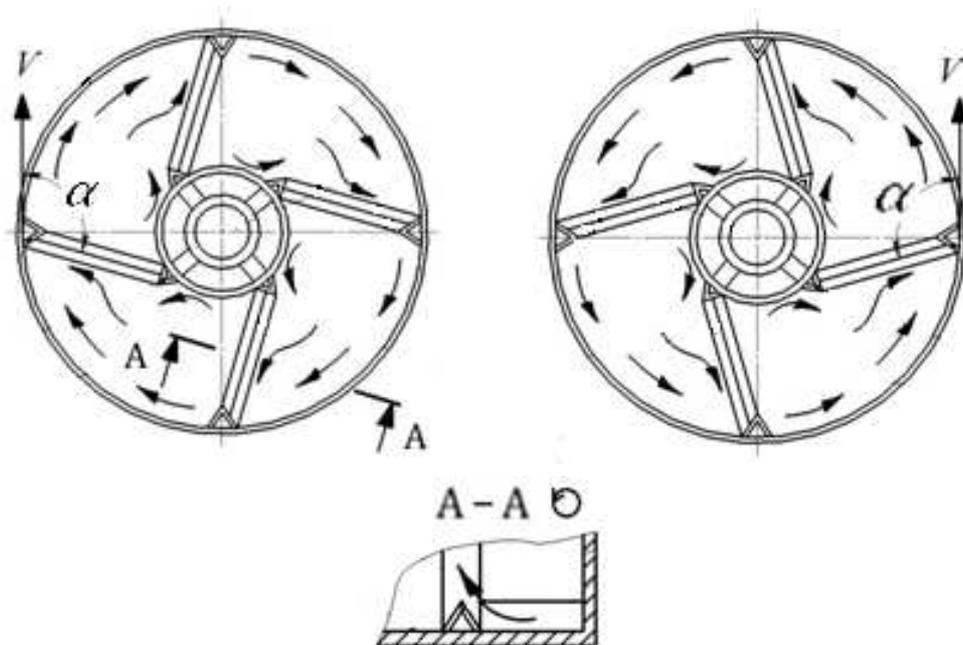


Рис. 8. Контейнер вібраційної машини

При обробці деталей вільним абразивом в барабаних контейнерах з горизонтальною осью обертання абразивний потік разом з деталями переміщується по траєкторіям, лежачим в площинах, перпендикулярних осі барабана. Внаслідок цього орієнтація різних поверхонь деталі відносно абразивного потоку практично незмінна, що не дозволяє забезпечити однорідність якості поверхонь і рівномірність з'єму припуску.

Авторами запропоновані конструкції установок з барабаними контейнерами, позбавлені цього недоліку.

Устройство для обработки деталей в абразивной среде [6] состоит из вращающегося барабана, на внутренней цилиндрической поверхности которого расположены активаторы, параллельные оси барабана (рис. 9).

Барабан снабжён приводом для вращения в противоположных направлениях, рабочие поверхности активатора симметричны друг другу, а ось барабана выполнена в виде двух неподвижных цапф, каждая из которых содержит планшайбу, расположенную в полости барабана и наклоненную своей верхней частью к ближнему торцу барабана. При этом промежуток между активаторами и планшайбами превышает наибольший габаритный размер обрабатываемых деталей.

С помощью активаторов абразивная среда и обрабатываемые детали двигаются относительно друг друга и барабана по траекториям, перпендикулярных оси барабана. Часть абразива и деталей, которые находятся в зоне расположения неподвижных планшайб, при контакте с поверхностями последних изменяют свои траектории, смещаются вдоль оси барабана и контактируя по пути с другими деталями, изменяют также и их траектории. Для интенсификации процесса периодически изменяется направление вращения барабана.

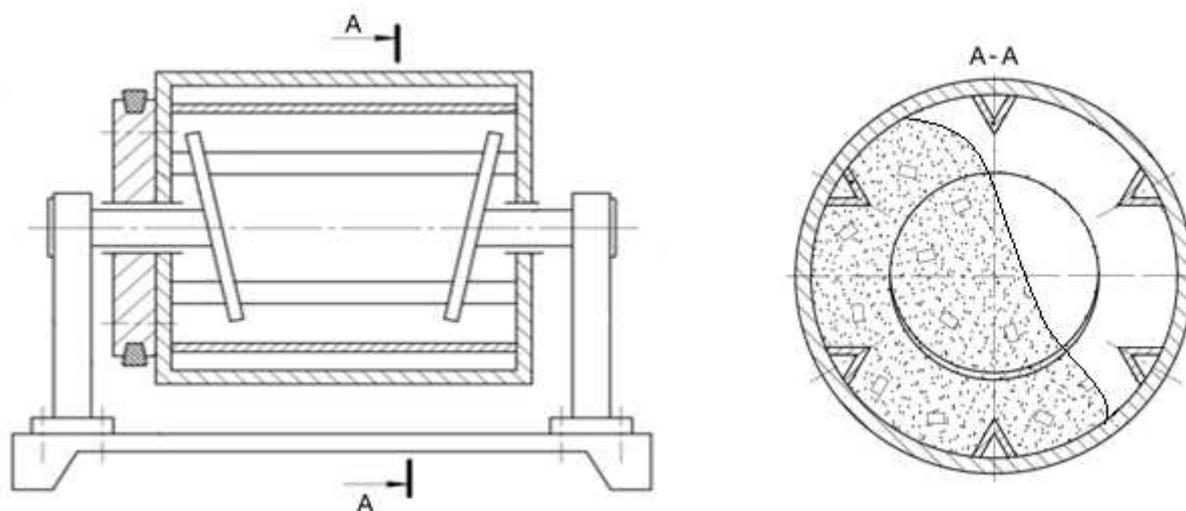


Рис. 9. Устройство для обработки деталей в абразивной среде

Установка для обработки деталей свободным абразивом [7] состоит из привода реверсивного вращения и горизонтального цилиндрического барабана, на внутренней поверхности которого установлены активаторы. При этом

активатори розположені на еквідистантних винтових лініях, кут підйому яких становить 45° (рис. 10).

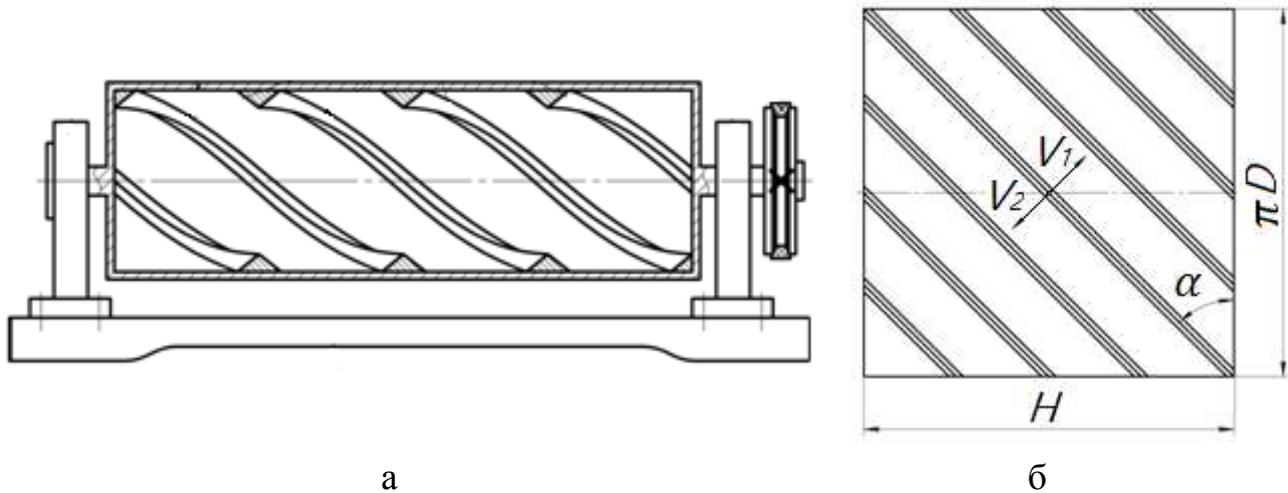


Рис. 10. Установка для обработки деталей свободным абразивом
(а – продольный разрез; б – развёртка внутренней поверхности барабана)

От привода барабану сообщается вращательное движение с угловой скоростью ω_1 (рис. 11, а, рис. 12), под действием которого абразивная смесь и обрабатываемые детали двигаются относительно барабана с линейной скоростью V_1 (рис. 10, б). Вектор линейной скорости V_1 направлен перпендикулярно винтовым линиям, на которых расположены активаторы, а ее величина зависит от величины угловой скорости вращения барабана ω_1 .

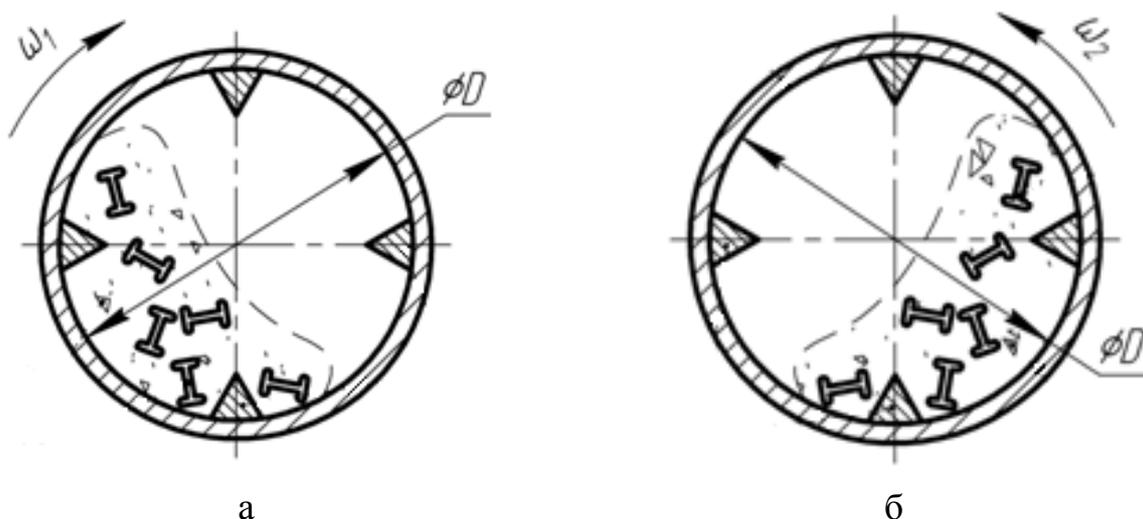


Рис. 11. Установка для обработки деталей свободным абразивом
(поперечное сечение барабана при вращении в противоположные стороны)

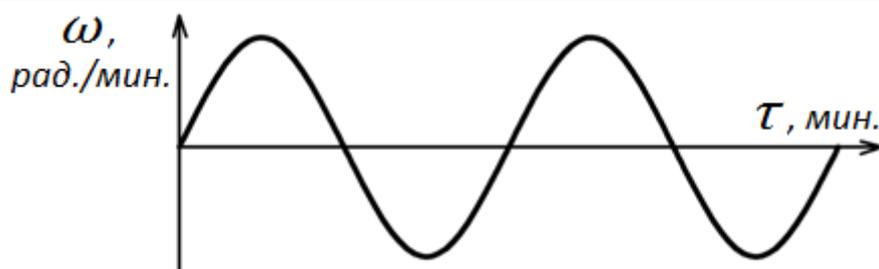


Рис. 12. Графік зміни кутової швидкості ω в залежності від часу τ

За рахунок того, що активатори розташовані на еквідистантних винтових лініях, абразивна суміш і оброблювані деталі рухаються по змінюючись траєкторіям, переміщуючись одночасно по окружності і вздовж осі барабана. Крім того, за рахунок різниці в масі і конфігурації деталей і зерен абразивної суміші вони рухаються також відносно одне одного, забезпечуючи видалення припуску з поверхностей деталей. При реверсуванні приводу барабану повідомляється обертовий рух з кутовою швидкістю ω_2 (рис. 11, б, рис. 12), під дією якого абразивна суміш і оброблювані деталі рухаються відносно барабана з лінійною швидкістю V_2 (рис. 10, б).

Реверсування обертового руху барабана призводить до зміни напрямків як тангенціальної, так і осевої складової вектора лінійної швидкості V на протилежні.

Кут підйому α еквідистантних винтових ліній становить 45° (рис. 10, б), що забезпечує однакові умови обробки деталей при обертанні барабана в протилежних напрямках.

Крок H винтової лінії розраховується за формулою:

$$H = \pi \cdot D \cdot \tan \alpha = \pi \cdot D \cdot \tan 45^\circ = \pi \cdot D,$$

де D – внутрішній діаметр барабана.

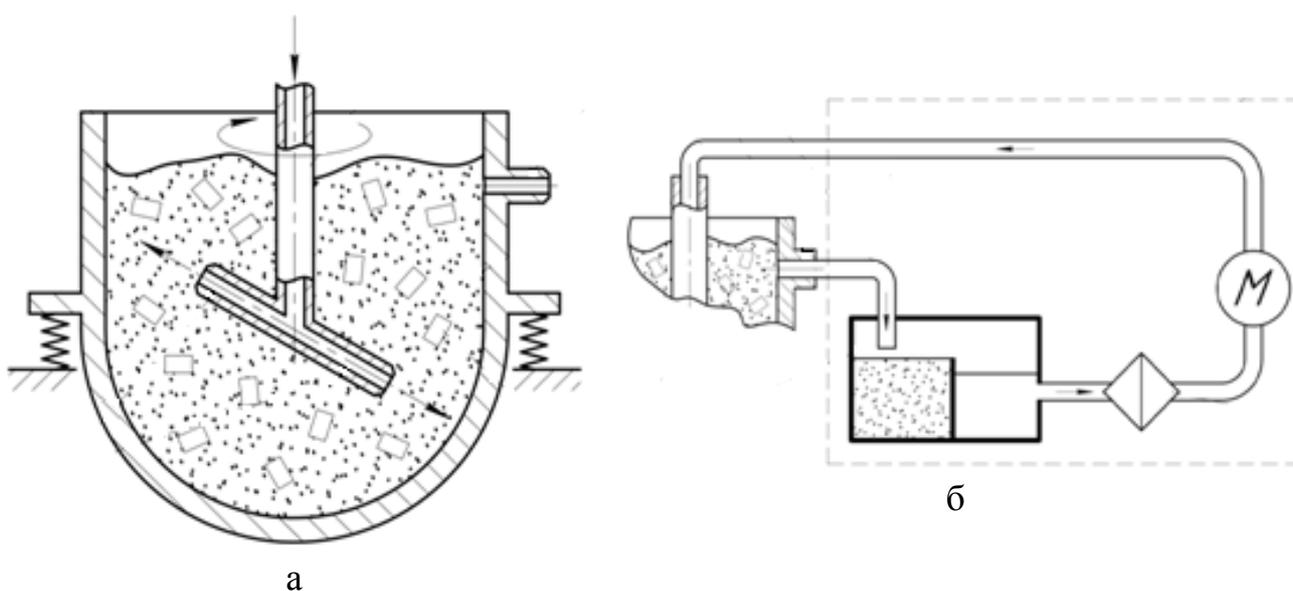
Постійна зміна траєкторій абразивної суміші і оброблюваних деталей призводить до їх активного перемішування, створюються однакові умови обробки поверхностей деталей, розташованих з різних її сторін.

Кількість періодів обробки з різною кутовою швидкістю барабана, тривалість кожного з періодів і загальна кількість циклів обробки визначається в залежності від технологічних завдань, початкового стану поверхностей навантажених і необхідного якості поверхностей готових деталей.

Нижче представлена конструкція контейнера пристрою для обробки вільним абразивом [8] з різними варіантами виконань робочого резервуара.

Контейнери містять активатори, розташовані на обертовому валу. При цьому корпус контейнера може мати U-образну форму (рис. 13, а), або прямолинійну форму U-образного сечення (рис. 13, в, г), або циліндричну форму (рис. 13, д, е). Вал виконаний полым для подачі під тиском повітря або робочої рідини, а активатори мають протилежно направлені сопла. Отвори сопел з'єднані з порожниною вала. Кількість сопел парне, кожна пара сопел має загальну вісь, кут нахилу якої відносно осі вала є довільним. При кількості сопел більше двох кожна пара сопел розташована на валу з зміщенням в осевому і (або) кутовому напрямках.

В порожнину вала подається під тиском повітря або робоча рідина, яка через отвори в соплах поступає в зону обробки. Одночасно з цим валу передається обертове рухання. Під дією струй повітря або робочої рідини абразивна середина разом з оброблюваними деталями інтенсивно перемішується, траєкторії їх рухання хаотично змінюються за рахунок різного напрямку сопел і одночасного обертання вала. Це призводить до постійної переорієнтації деталі відносно абразивної середина.



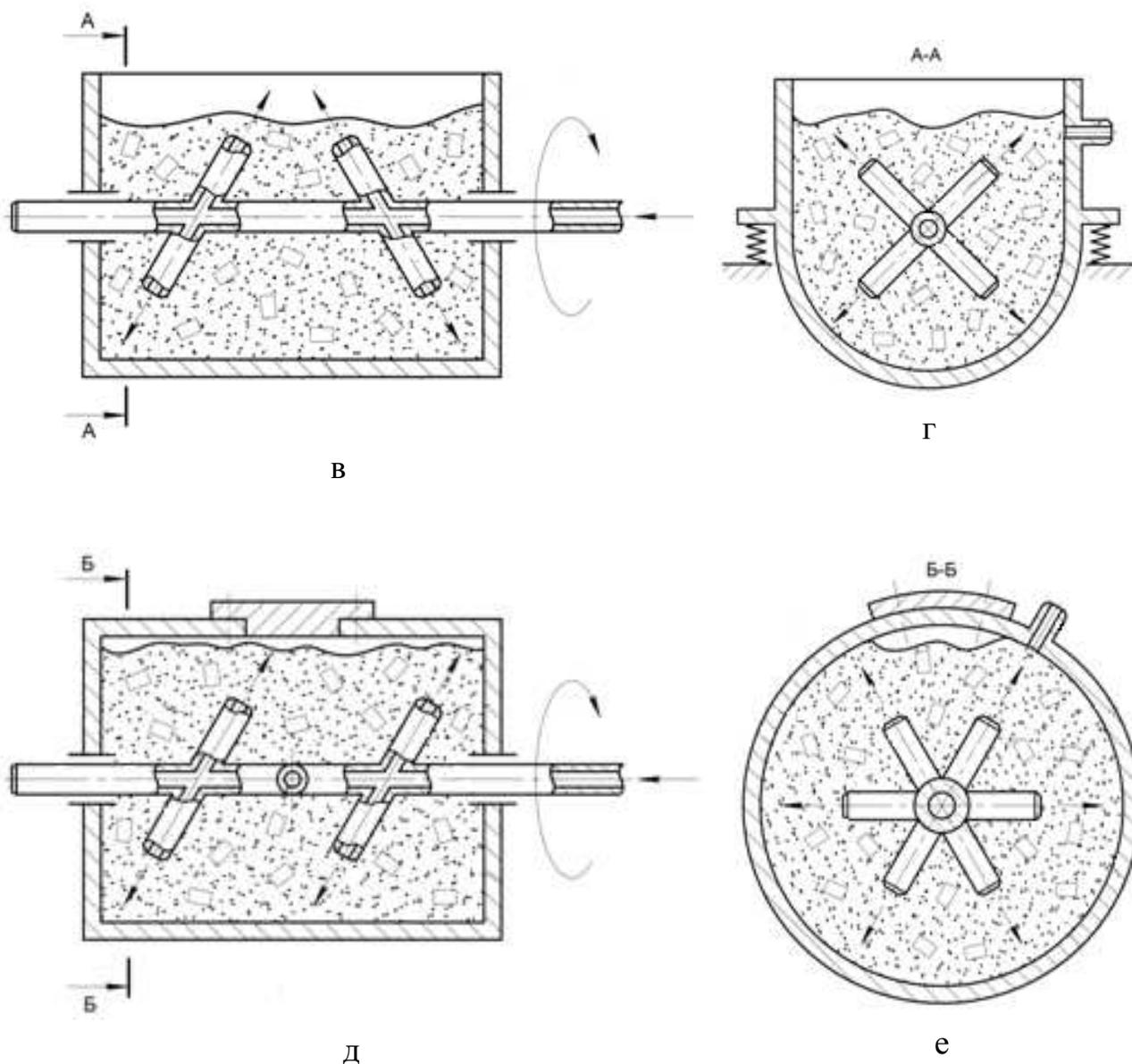


Рис. 13. Контейнер устройства для обработки свободным абразивом (а – контейнер U-образной формы; б – система очистки рабочей жидкости для повторного использования; в, г – контейнер прямолинейной формы U-образного сечения; д, е – контейнер цилиндрической формы)

Выводы

Представленные конструкции установок для обработки деталей свободным абразивом позволяют обеспечить однородное качество всех обрабатываемых поверхностей деталей и интенсифицировать процесс обработки.

Список использованных источников

1. Фролов В.К., Артюшенко В.В., Зильов М.О. Пристрій для вібраційного оброблення. Патент України на корисну модель № 125074, В24В 31/073, В24В 31/06. Опубл. 25.04.2018, бюл. № 8.

2. Фролов В.К., Зильов М.О., Артюшенко В.В. Контейнер пристрою для вібраційного оброблення. Патент України на корисну модель № 124434, В24В 31/073, В24В 31/06. Опубл. 10.04.2018, бюл. № 7.

3. Фролов В.К., Гладський М.М., Майданович А.С., Артюшенко В.В. Контейнер верстата для вібраційного оброблення. Заявка на патент України на корисну модель № u201901281 від 08.02.19. Висновок про видачу деклараційного патенту на корисну модель від 13.05.2019.

4. Фролов В.К., Артюшенко В.В., Майданович А.С., Фролова О.О. Контейнер установки для вібраційного оброблення. Заявка на патент України на корисну модель № u201901496 від 14.02.19. Висновок про видачу деклараційного патенту на корисну модель від 20.05.2019.

5. Фролов В.К., Шугай В.Р., Гладський М.М., Перевозник К.Р. Контейнер вібраційної машини. Заявка на патент України на корисну модель № u201901560 від 18.02.19.

6. Фролов В.К., Трибрат К.О., Артюшенко В.В., Майданович А.С. Пристрій для оброблення деталей в абразивному середовищі. Патент України на корисну модель № 127396, В24В 31/00. Опубл. 25.07.2018, бюл. № 14.

7. Фролов В.К., Медведєв В.В., Перевозник К.Р. Установка для оброблення деталей вільним абразивом. Заявка на патент України на корисну модель № u201904778 від 06.05.19.

8. Фролов В.К., Трибрат К.О., Маяков І.В., Зварич В.І. Контейнер пристрою для оброблення вільним абразивом. Патент України на корисну модель № 127397, В24В 31/00. Опубл. 25.07.2018, бюл. № 14.