

УДК 691.924

Симоненко Т. Е., Барсуков В. А.

О РАЗРАБОТКЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ НЕЗАКРЕПЛЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ

На современном этапе развития машиностроения проблема отделочно-зачистной обработки деталей как в странах СНГ, так и в странах дальнего зарубежья, особенно заострилась. Поэтому, все большую роль играют высоко – производительные методы отделочных операций в технологическом процессе изготовления деталей, основанные на обработке свободным абразивом, что обусловлено высокими требованиями, предъявляемыми к качеству поверхности деталей.

К настоящему времени предложено несколько схем станков для виброцентробежной обработки [1]. По кинематическому признаку они подразделяются на следующие подгруппы:

- станки с плоскостной вибрацией и простым вращением рабочей камеры;
- станки с объемной вибрацией и простым вращением рабочей камеры;
- станки с плоскостной вибрацией и угловыми колебаниями рабочей камеры;
- станки с плоскостной вибрацией и планетарным движением рабочей камеры;
- станки с плоскостной или угловой вибрацией рабочей камеры, движущейся по сложной пространственной траектории;
- станки с плоскостной вибрацией и сложным вращательным движением рабочей камеры относительно двух или трех собственных осей;
- станки с объемной угловой вибрацией рабочей камеры;
- станки с вибрирующим активатором, встроенным во вращающуюся рабочую камеру.

А. П. Бабичевым разработан ряд установок, в основу которых положены виброцентробежные способы обработки материалов [2–5].

При отсутствии жесткой кинематической связи деталей и абразива увеличивается производительность в результате многошпиндельной обработки с целью максимального использования объема рабочей камеры. Вибрация рабочей камеры создает условия для получения требуемого давления рабочей среды, ее перемешивания.

Отсутствие такой связи между деталью и незакрепленным абразивом накладывает свой отпечаток на процесс обработки. Характер взаимодействия абразивных зерен с поверхностью детали (микрорезание, истирание или упрочнение без съема металла) зависит от соотношения нормальной составляющей силы воздействия зерна на поверхность детали к продольной составляющей, на которые в большей степени влияет характер движения свободного абразивного инструмента.

Эффективность различных способов неодинакова, а повышение производительности и качества обработки обеспечивается [6, 7]:

- кинематикой процесса;
- выбором рабочей среды;
- режимами обработки.

На процесс обработки незакрепленных деталей свободным абразивом, помимо режимов, влияют следующие характеристики обрабатываемых деталей: предел прочности материала, ударная вязкость, твердость, удельный вес образца и масса.

Целью статьи является создание математической модели исследования влияния скоростей и ускорений элементов рабочей среды в различных зонах рабочей камеры при помощи уравнений динамики движения рабочей камеры.

Рассматривая и анализируя некоторые способы абразивной обработки деталей свободным абразивом, а именно, вибрационный и центробежный, можно сделать вывод, что, объединяя перечисленные способы, можно добиться повышения качества поверхности деталей и производительности их обработки [8, 9].

Перспективным представляется совмещение центробежной и вибрационной сил, прикладываемых к рабочей камере, с обрабатывающей средой и обрабатываемыми деталями [10]. Это позволяет осуществить зачистку труднодоступных участков обрабатываемых деталей из различных материалов при получении равномерной матовой поверхности.

Предлагаемая схема установки включает вращающееся основание 1 с электродвигателем 2, который приводит во вращение через муфту 3 дебалансный вал 4, установленный на подшипниках 5 стакан 6. Основание 1 приводится во вращение посредством передачи 7 от электродвигателя 8 через муфту 9.

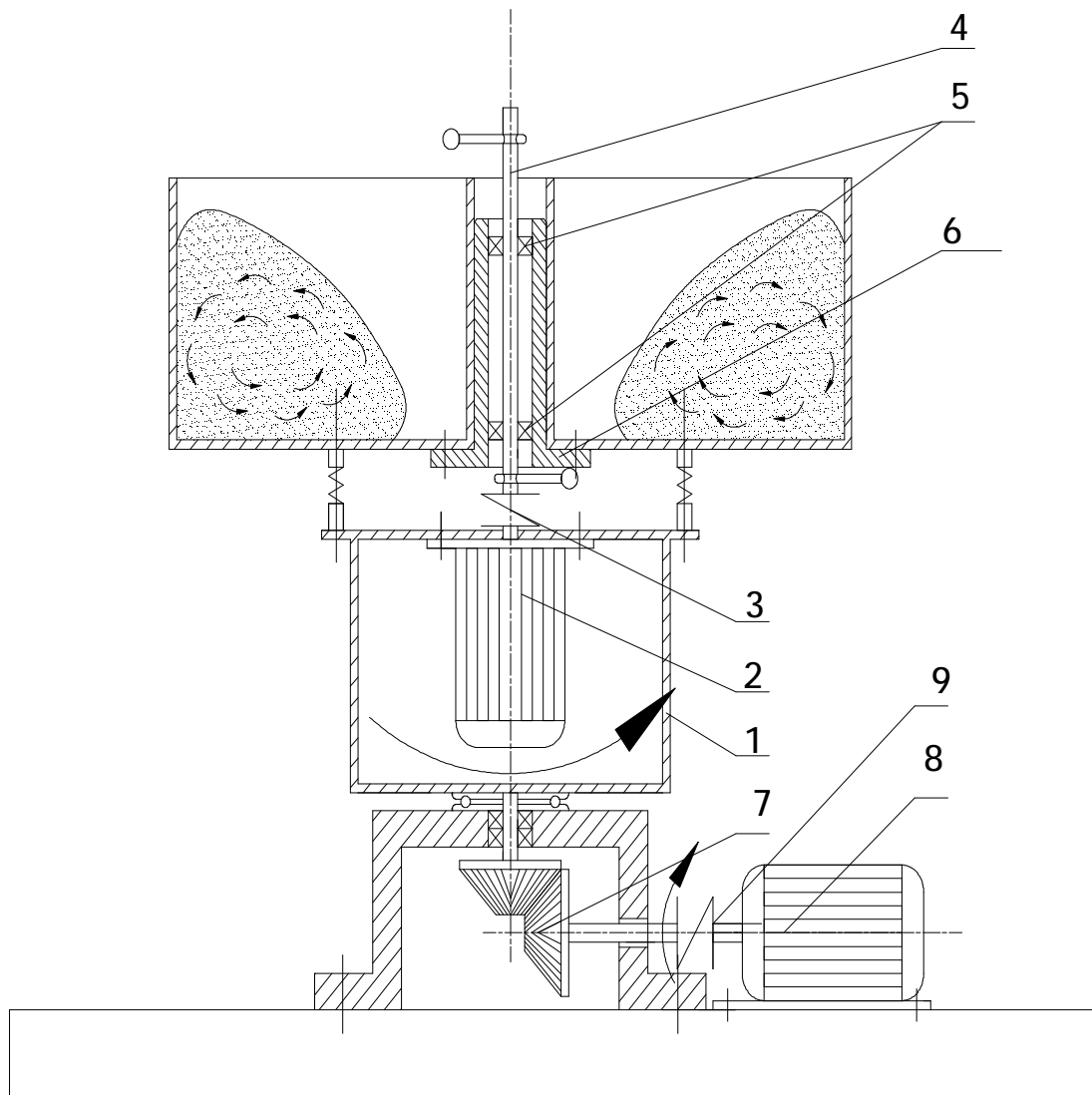


Рис. 1. Виброцентробежная установка

Особенностью такой установки является безвредность, и низкий уровень шума, а также повышение качества обрабатываемой поверхности.

С целью удаления заусенцев, обеспечения требуемых высоких показателей шероховатости поверхности, отражательной оптической способности, упрочнения поверхностного слоя [11] виброцентробежной обработке подвергаются детали из разнообразных материалов такие как:

- кольцо (ГОСТ 10704-85), сталь 40ХН (ГОСТ 4573-71) параметр шероховатости $R_a = 0,8$ мкм, отражательная способность $\delta = 30$ %;
- втулка (ГОСТ 10806-85), бронза БрБ2 (ГОСТ 1628-78) параметр шероховатости $R_a = 3,2$ мкм, отражательная способность $\delta = 40$ %;
- лимб (ГОСТ 9038-77), дуралюмин АМг6 (ГОСТ 8617-77) параметр шероховатости $R_a = 1,6$ мкм, отражательная способность $\delta = 30$ %;
- кронштейн (ГОСТ 1133-85), сталь 3 (ГОСТ 1050-74) параметр шероховатости $R_a = 3,2$ мкм, отражательная способность $\delta = 30$ %;
- звездочка (ГОСТ 1708-77), латунь ЛЦ38Мц2С2 (ГОСТ 17711-80) параметр шероховатости $R_a = 3,2$ мкм, отражательная способность $\delta = 35$ %.

Учитывая достоинства и качество обрабатываемых деталей, при совмещении вибрационной и центробежной обработок принято решение о создании математической модели исследования влияния скоростей и ускорений элементов рабочей среды в различных зонах рабочей камеры при помощи уравнений динамики движения рабочей камеры.

Как известно моделирование – это мощное средство научного познания и решения практических задач. Можно выделить две основные цели моделирования: а) построение и изучение моделей, реально существующих, а также предполагаемых (конструируемых) объектов; б) исследование объектов познания на моделях.

Базовым понятием при формировании целей моделирования является модель. В общей форме модель – условный образ объекта исследования, сконструированный для упрощения этого исследования. Модель – это логическое или математическое описание функциональной зависимости между аргументами и функциями, отображающими существенные свойства объекта или процесса на основе вероятностно-статистических данных.

В основу моделирования положен принцип подобия. Этот принцип позволяет при определенных условиях и с учетом неизбежной относительности изучать объект, труднодоступный для изучения непосредственно.

По свойствам и отношениям параметров модели можно судить о свойствах и отношениях изучаемого объекта, однако, не обо всех, а лишь о важных для исследования (так называемых доминирующих) и при аналогичных в модели и в объекте [12, 13].

Сходство модели с оригиналом всегда не полно. Модель лишь приближенно отражает некоторые, самые существенные, свойства по отношению к оригиналу. Подобие между моделируемым объектом и моделью может быть различной природы:

- а) физическое – при одинаковой или сходной физической природе объекта и модели;
- б) структурное – при сходстве между структурой объекта и структурой модели;
- в) функциональное – при существовании подобия с точки зрения выполнения объектом и моделью сходных функций при соответствующих воздействиях;
- г) динамическое – между последовательно изменяющимися во времени состояниями объекта и модели;
- е) геометрическое – между пространственными характеристиками объекта и модели.

Классифицировать моделирование в целом как процесс познания можно по сфере приложения и по характеру моделируемых объектов и по средствам моделирования.

Системный подход к моделированию единичных систем предполагает комплексное изучение, построение и анализ объектов исследования с позиции системного анализа.

В основе последнего лежит изучение сложной проблемы и ее структуризация в систему моделей, решаемых с помощью математических методов, нахождению критериев их решения, детализация цели, конструированию алгоритмов для ее достижения.

Такой подход в моделировании реализуется в форме многоэтапного процесса. Первым этапом является постановка задачи – определение объекта исследования, постановка целей, задания критериев для изучения объекта и управления им. Выделение системы, подлежащей исследованию, ее структуризация являются вторым этапом. Третий – составление математической модели изучаемой технической системы. Сюда входят: параметризация, установление зависимостей между рассматриваемыми параметрами, упрощение описания системы выделением подсистем (блоков) и определения их иерархии, окончательная фиксация целей и критериев. Вместе с тем системный подход в моделировании оказывает и обратное влияние на исследователей, требуя четкой формулировки исследовательской задачи.

В связи с этим необходимо определиться с математическим аппаратом, на базе которого строится математическая модель. Однако выбор математического аппарата не является однозначным и жестким.

Выбор математической модели процесса виброцентробежной обработки является довольно сложной задачей, поскольку на протекание процесса влияет большое количество переменных факторов, характеризующих свойства обрабатываемых сред и материала детали, режимы и условия обработки.

Для описания процессов, происходящих при обработке деталей в свободных абразивах, наиболее часто применяют следующие виды математических моделей:

- вероятностно-кинематические;
- модели, в которых рассматривается контакт единичного зерна и фрагмента поверхности детали;
- модели, основанные на представлении рабочей среды как сплошной среды, обладающей упругопластическими свойствами;
- реологические модели.

Ранее были разработаны модели, которые позволяют исследовать распределение скоростей движения элементов рабочей среды внутри рабочей камеры, а также исследовать траекторию перемещения детали в рабочей среде, однако в них не учитывается форма рабочей камеры, тем самым решается задача для параллельно движущихся потоков. Чаще при обработке происходит пересечение потоков среды, а, следовательно, необходимо создание новой модели с учетом этих факторов.

Для описания движения рабочей среды в рабочей камере требуется создание математической модели исследования влияния скоростей и ускорений элементов рабочей среды в различных зонах рабочей камеры при помощи уравнений динамики движения рабочей камеры, моделирования движения элементов загрузки с учетом формы рабочей камеры, а, следовательно, изменения давления в массе загрузки, прогнозирования зависимости съема металла от физико-механических параметров обработки [14].

Влияние формы рабочей камеры на процесс виброцентробежной обработки [15]. Полученные уравнения движения элементов загрузки рабочей камеры при решении позволяют характеризовать движение гранул (деталей) в различных участках рабочей камеры, следовательно, определять максимальную и минимальную производительность процесса виброцентробежной обработки.

Для построения математической модели и оценки возможности ее применения для оптимизации рассматриваемого процесса необходимо последовательное решение ряда вопросов. Основным, вызывающим определенную трудность, связанным, во-первых, со сложностью вычислений, а во-вторых, с тем, что гидродинамические параметры вибрирующей

сыпучей среды изменяются в зависимости от интенсивности колебаний, является определенное давление рабочей среды на обрабатываемую деталь. Однако на сегодняшний день данные причины не являются актуальными, т. к. уже существует обширный экспериментальный материал, а также методы определения этих параметров.

ВЫВОДЫ

Рассмотрено создание математической модели исследования влияния скоростей и ускорений элементов рабочей среды в различных зонах рабочей камеры.

Выявлено, что изменение формы рабочих камер позволяет смещать направление потоков, увеличивая тем самым давление на детали.

При смещении потоков массы загрузки в рабочей камере происходит нейтрализация сил адгезии.

Математическая модель, базирующаяся на влиянии физико-механических параметров на процесс обработки, может быть использована в инженерных расчетах при прогнозировании съема металла как показателя производительности виброцентробежной обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. с. 4202783/08 СССР, 5В24В 31/02. Автоматическая центробежная барабанная машина / Коваяси Хисомине (JP), Симизу Тосихару (JP), Сео Еити (JP). – № 1799322; заявлено 1987; опубл. 2000, Бюл. № 8.
2. Бабичев А. П. Вибрационная обработка в условиях ремонтных производств / А. П. Бабичев, В. Г. Санамян, Х Халед // *Высокие технологии в машиностроении: современные тенденции развития : материалы IX Междунар. научн.-техн. семинара.* – Алушта–Харьков, 2000.
3. Анализ классификации и пути развития конструктивных форм рабочих камер вибрационных станков / Бабичев А. П., Белоусов Д. Ю., Волков Р. В., Рысева Т. Н. // *Современные проблемы машиностроения и технический прогресс : тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф.* – Севастополь–Донецк, 2001. – С. 10.
4. Бабичев А. П. Вибрационная обработка деталей / А. П. Бабичев. – 2-е изд. перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1999. – 133 с. : ил.
5. Бабичев А. П. Основы вибрационной технологии / А. П. Бабичев, И. А. Бабичев. – Ростов-на-Дону : ДГТУ, 1999. – 624 с.
6. Димов Ю. В. Управление качеством поверхностного слоя детали при обработке абразивными гранулами : автореф. дис. д-ра техн. наук / Ю. В. Димов. – Минск, 1999. – 35 с.
7. Кремень З. И. Качество поверхности при обработке деталей потоком абразивных зерен / З. И. Кремень, М. Л. Масарский, В. З. Гузель // *Станки и инструменты.* – 1999. – № 6. – С. 25–26.
8. Одинцов Л. Г. Новые направления в развитии финишно-зачистных методов обработки. Обзор № 4248 / Л. Г. Одинцов, Н. И. Тимохин. – М. : ЦНИИ информации, 2004. – 66 с.
9. Сергеев А. П. Некоторые условия оптимизации оборудования для обработки свободными абразивами / А. П. Сергеев, В. А. Барсуков // *Передовой опыт.* – 2002. – № 2–3. – С. 40–44.
10. Сергеев А. П. Технология виброабразивной обработки / А. П. Сергеев // *Производственно-технический бюллетень.* – 1999. – № 4.
11. Бабичев А. П. Исследование технологических параметров вибрационной обработки в многовитковой рабочей камере / А. П. Бабичев, Т. В. Давыдова, В. А. Атоян // XXVII науч.-техн. конф. ААИ «Автоматическое машиностроение. Промышленность и высшая школа» : тез. докл., 29–30 сентября. – М., 1999. – С. 8–9.
12. Интенсификация вибрационной обработки / Бабичев А. П., Санамян В. Г., Горбунов Н. Н., Волков Р. В. // *Вопросы вибрационной технологии : Межвуз. сб. науч. ст.* – Ростов н/Д : ДГТУ, 1999. – С. 44–47.
13. Бурлаков В. И. Исследование влияния физико-механических свойств материала предохранительных деталей на процесс обработки / В. И. Бурлаков // *Защита металлургических машин от поломок : сб. науч. тр.* – Мариуполь, 2006. – Вып. 3. – С. 80–82.
14. Бурлаков В. И. О влиянии параметров виброцентробежной обработки на ее производительность и шероховатость поверхности деталей / В. И. Бурлаков // *Вестник Приазовского гос. тех. ун-та : сб. науч. тр.* – Мариуполь, 2003. – Вып. 6. – С. 125–126.
15. Лавендел Э. Э. Вибрационные процессы и машины / Э. Э. Лавендел. – М. : Машиностроение, 1989. – Т. 4. – 510 с.
16. Давыдова Т. В. Исследование технологических параметров вибрационной обработки / Т. В. Давыдова, В. А. Атоян // XXVII науч.-техн. конф. ААИ «Автоматическое машиностроение. Промышленность и высшая школа» : тез. докл., 29–30 сентября. – М., 1999. – С. 8–9.