

УДК 519.6:532:539.5:621.9.04,011

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ АБРАЗИВНЫХ ЧАСТИЦ В ФОКУСИРУЮЩЕМ НАСАДКЕ

*Герасимова А.М., студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Технологии ракетно-космического машиностроения»*

*Научный руководитель: Колпаков В.И., к.т.н., доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана
cm12@sm.bmstu.ru*

В настоящее время технологии гидроабразивной обработки широко применяются в машиностроении, в частности, в ракетно-космической отрасли, так как продемонстрировали свою высокую конкурентоспособность по сравнению с традиционными методами обработки.

Гидроабразивная обработка обладает рядом достоинств:

- конструктивная простота оборудования;
- возможность резания материалов с широким диапазоном физико-механических свойств (металлов, сталей и сплавов, керамики, резины, композитов);
- возможность осуществления сложно-контурной резки с применением станков с системами ЧПУ;
- гибкость, универсальность применения;
- высокая производительность и широкий диапазон скоростей подачи;
- высокое качество получаемой после обработки поверхности (отсутствие микротрещин и зон термического или химического воздействия на материал в поверхностном слое детали);
- малые потери обрабатываемого материала;
- экологическая безопасность;
- совместимость с промышленными роботами и манипуляторами.

Гидроабразивная обработка, как метод формообразования, не лишена недостатков:

- сравнительно малый срок службы фокусирующих насадков (сопел);
- сложность обслуживания и малый межремонтный ресурс систем создания высокого давления (ремонт и текущее обслуживание производится через каждые 300 ... 500 часов работы);
- сложность управления резкой вследствие «заноса» абразивной струи.

В данной работе анализируется характер набора скорости вдоль канала фокусирующего насадка абразивными частицами. Параметрическая расчетная схема, приведенная на рисунке. 1., составлена на основе данных работы Казаковой О.И. [2]. В качестве рабочей была выбрана двумерная осесимметричная X, Y – модель.

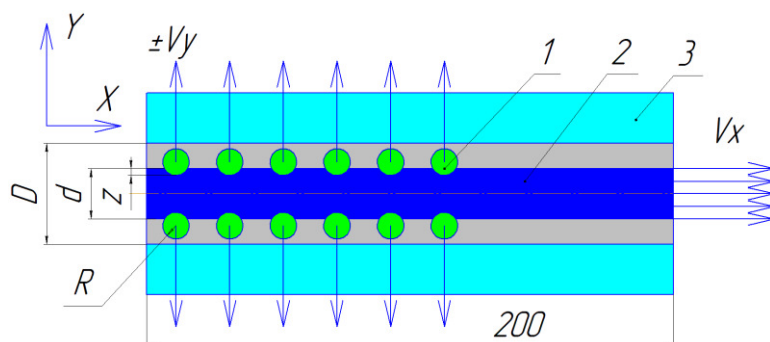


Рис. 1. Параметрическая расчетная схема, где 1 – абразивная частица; 2 – струя жидкости; 3 – фокусирующий насадок; X – направление вдоль канала фокусирующего насадка (далее, осевое направление); Y – направление, перпендикулярное стенке канала фокусирующего насадка (далее, радиальное направление); D – диаметр канала фокусирующего насадка; d – диаметр струи жидкости; z – величина захвата абразивных частиц струей жидкости; R – радиус абразивных частиц; V_x, V_y – скорости абразивных частиц в используемой системе

Числовые значения геометрических параметров фокусирующего насадка принимались следующими – $D = 1,6$ мм; $d = 1$ мм. В процессе исследования определялись следующие зависимости:

- изменение продольной скорости от величины захвата частиц струей жидкости (z), т.е. $V_x = f(z)$;
- изменение продольной скорости от величины и направления радиальной скорости (V_y), т.е. $V_x = f(V_y)$;
- изменение продольной скорости от радиуса абразивной частицы в качестве материала которой использовался кварцевый песок ($\rho = 3$ г/см³), т.е. $V_x = f(R)$.

В процессе исследования было замечено, что вне зависимости от используемых начальных условий в некоторый момент времени происходит скопление частиц в канале фокусирующего насадка и в дальнейшем они движутся вместе. Это продемонстрировано на рисунке 2.

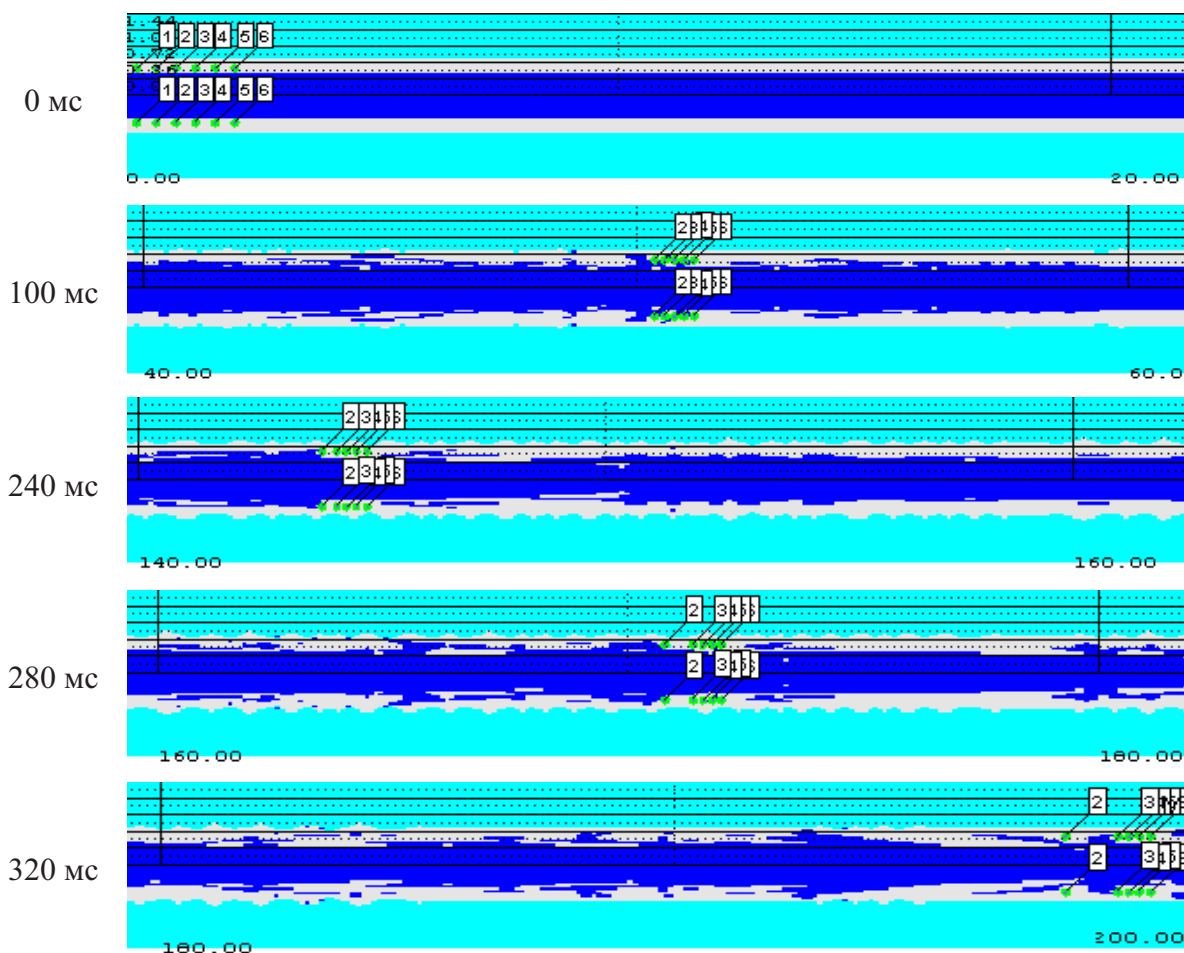


Рис. 2. Характер движения частиц в канале фокусирующего насадка

Отмеченное скопление частиц обусловлено использованием двумерной модели, в которой абразивные частицы по форме являются не сферическими, а торовыми телами. Поэтому в дальнейшем важно устранить этот недостаток и использовать трехмерную модель взаимодействия частиц с поверхностью канала насадка. Несмотря на указанные недостатки, полученные результаты дают представление о характере набора скорости частиц в осевом направлении.

За базовый вариант взята модель с параметрами: $z = 0$ мм, $R = 1$ мм, $V_y = 100$ м/с, $V_x = 800$ м/с. Выбор на столько большого значения радиальной скорости ($V_y = 100$ м/с) обусловлен недостатками модели, связанные с тем, что частицы представляют собой торовые тела.

Скачки скорости можно объяснить характером набегания потока жидкости на частицы.

Характер изменения осевой скорости в зависимости от времени представлен на рисунке 3. Основной набор скорости происходит на участке 0...50мм. Это позволяет сократить длину фокусирующего насадка.

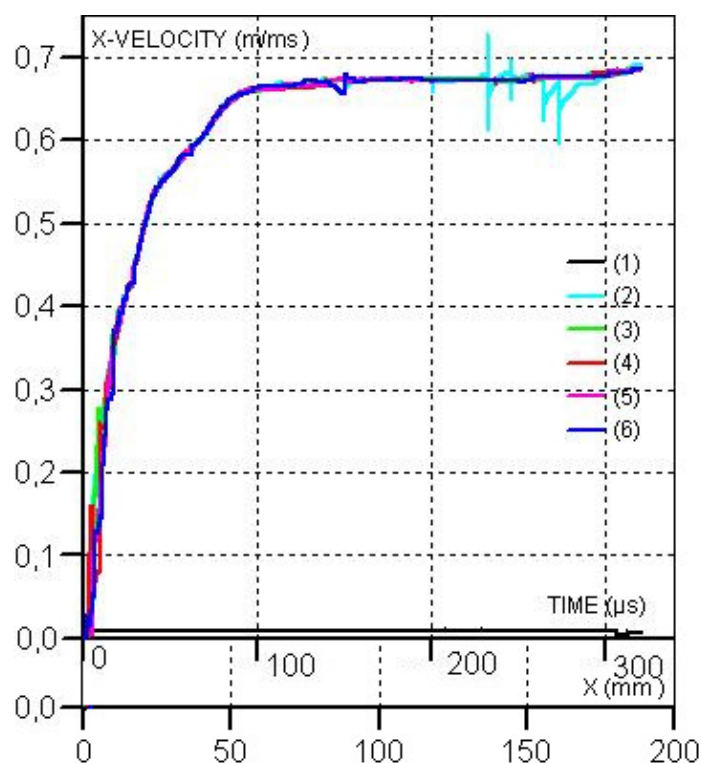


Рис. 3. Характер изменения осевой скорости в зависимости от времени и расстояния по оси X

Результаты варьирования величиной захвата абразивных частиц струей жидкости представлены на рисунке 4. Полученные результаты показывают, что конечная скорость частиц изменяется от 86 % V_x (при $z = 0$) до 98 % V_x (при $z = 2 \cdot R$).

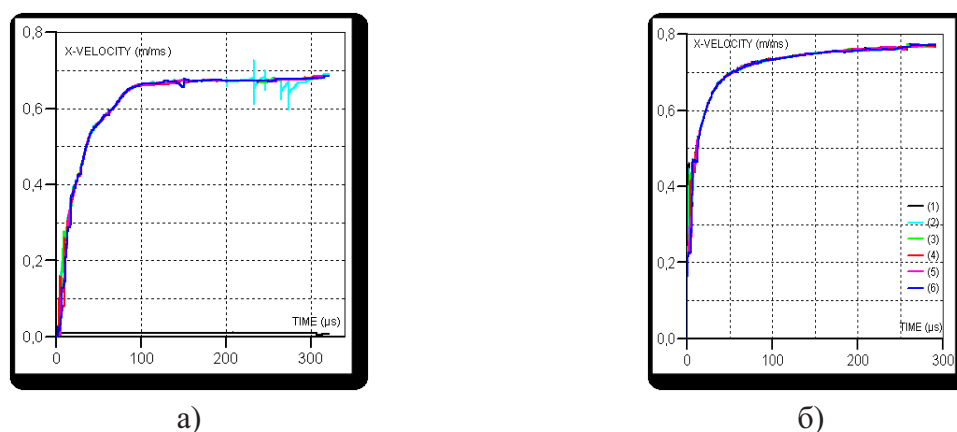


Рис. 4. Характер полученных зависимостей изменения продольной скорости частиц от величины их захвата струей жидкости (z): а) $z = 0$; б) $z = 2 \cdot R$ ($V_y = 100$ м/с; $V_x = 800$ м/с; $R = 1$ мм)

На рисунке 5 представлена зависимость изменения продольной скорости от величины и направления радиальной скорости. Полученные результаты показывают, что

варьирование начальным значением радиальной скорости не влияет на конечную осевую скорость абразивных частиц. Это можно связать с недостатками выбранной модели.

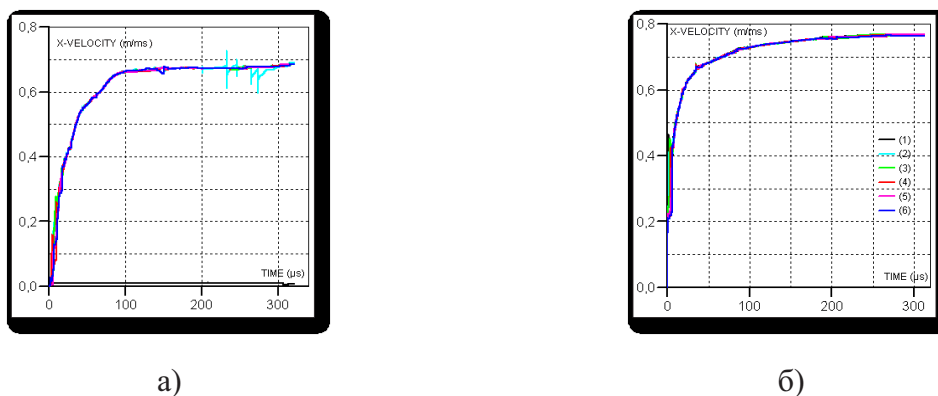


Рис. 5. Характер полученных зависимостей изменения продольной скорости от величины и направления радиальной скорости частиц (V_y):

а) $V_y = 100$ м/с; б) $V_y = 300$ м/с ($V_x = 800$ м/с; $R = 1$ мм; $z = 0$)

На рисунке 6 представлена зависимость изменения продольной скорости от радиуса абразивной частицы. Полученные результаты показывают, что изменение радиуса абразивной частицы влияет на осевую скорость. Так при $R = 1$ мм осевая скорость составляет 93 % V_x , а при $R = 1,5$ мм – 88 % V_x . Величина захвата частиц струей жидкости в обоих вариантах была $z = R$.

При $R = 1,5$ мм происходит скачок скорости. Этот факт можно объяснить характером обтекания, который с ростом радиуса абразивных частиц может усугубляться.

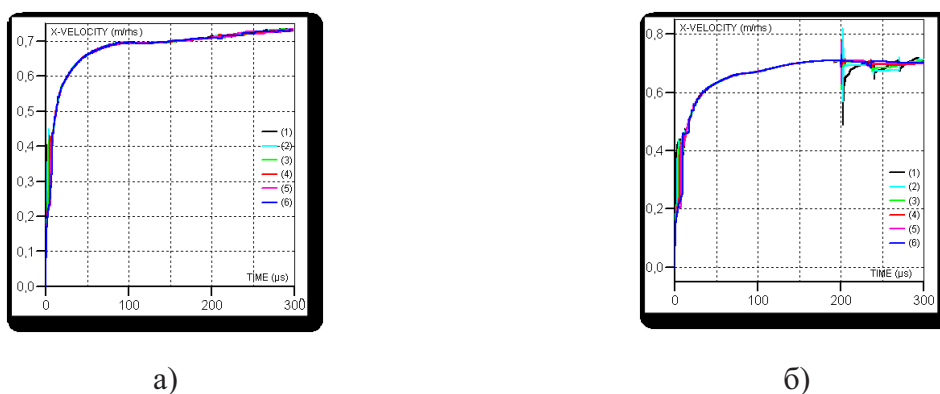


Рис. 6. Влияние на осевую скорость размера частиц: а) $R = 1$ мм; б) $R = 1,5$ мм

В заключении нужно сказать, что полученные результаты требуют подтверждения на трехмерной модели.

Список литературы

1. Численные методы в задачах физики взрыва и удара: Учебник для втузов. / А.В. Бабкин, В.И. Колпаков, В.Н. Охитин, В.В. Селиванов. – Т 3. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 516 с.
2. Казакова О.И., Колпаков В.И. Численное моделирование гидроабразивной резки листовых заготовок из алюминиевых сплавов. // Известия высших учебных заведений. Серия «Машиностроение» - 2012 – №7. Стр. 56-60.
3. Гидроабразивная резка: технология и применение.
<http://www.mirprom.ru/public/gidroabrazivnaya-rezka-tehnologiya-i-primeneniye.html>
(дата обращения: 10.05.2013).