

УДК 621.921

Андилахай А.А.

*ГВУЗ “Приазовский государственный технический университет”
(Мариуполь, Украина)*

Новиков Ф.В.

Харьковский национальный экономический университет (Украина)

Экспериментальные исследования скорости абразивных зерен при абразивной обработке деталей затопленными струями

Выбор конструкции сопла по критерию передачи максимальной скорости абразивным зернам, находящимся за его пределами, при абразивной обработке деталей затопленными струями

В отличие от известных способов струйно-абразивной обработки, метод абразивной обработки деталей затопленными струями [1] характеризуется меньшим запасом кинетической энергии, сообщаемой абразивным частицам для воздействия на обрабатываемую поверхность, так как их ускорение начинается в момент инжекции в уже сформировавшуюся струю сжатого воздуха, истекающую из сопла. В связи с этим необходимо выявить конструкцию сопла, обеспечивающую максимальную скорость абразивных частиц.

Определение оптимальных параметров сопла является одним из наиболее важных направлений исследований процесса струйно-абразивной обработки затопленными струями.

Общеизвестно, чем легче зерна, тем быстрее они достигают высокой скорости. Однако в приграничном слое обрабатываемой детали происходит торможение зерен. Для легких зерен это ведет к резкому снижению скорости при взаимодействии с обрабатываемой поверхностью. В то же время, чем массивнее абразивные зерна, тем хуже они разгоняются потоком, но тем лучше сохраняют скорость при приближении к обрабатываемой поверхности. В связи с этим соотношение плотности материала абразивных зерен, их размера и формы является важным фактором для оптимизации процесса струйно-абразивной обработки. В данной работе скорость абразивных частиц определяли с помощью вращающегося с заданной скоростью цилиндра 1 (рис. 1) с отверстием 2, внутренний диаметр которого представ-

ляет собой расстояние L от среза сопла до обрабатываемой поверхности. Внутри цилиндра 1 установлен неподвижно плоский раструб 3, а с наружной стороны сопло, закрепленные на кронштейне 4 так, что их ось симметрии раструба совпадает с осью пневматического сменного сопла а), б), в) или г). Над срезом сопла установлена воронка с абразивными частицами 6. На противоположной по отношению к отверстию внутренней поверхности цилиндра расположен экран 5 с липким слоем для улавливания абразивных частиц.

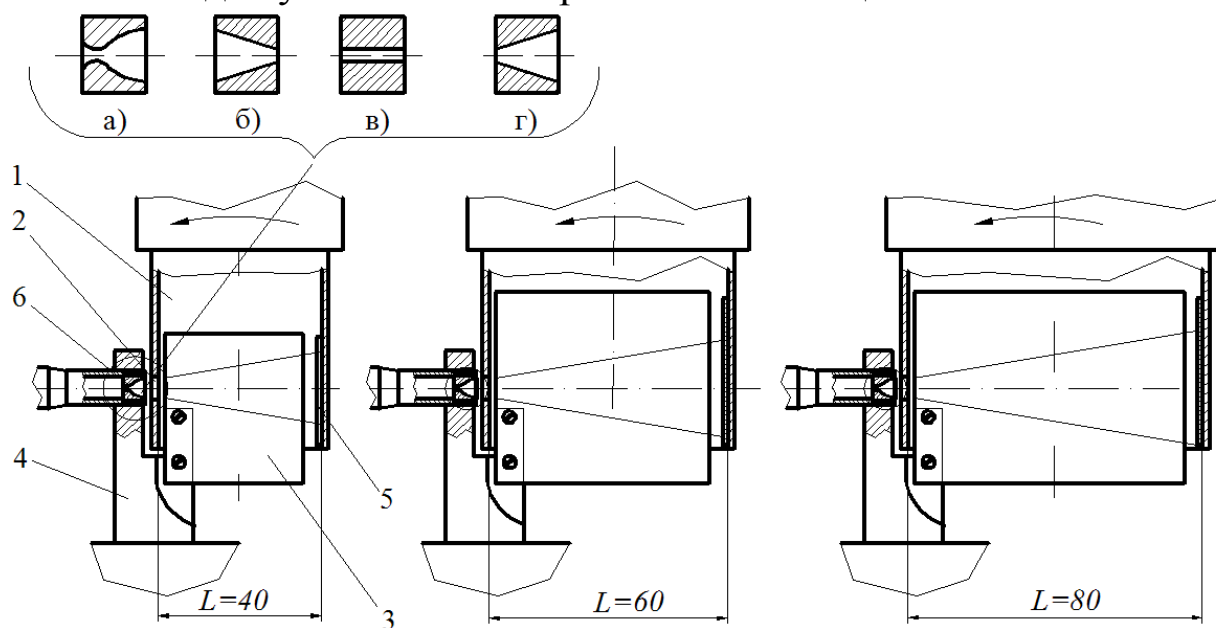


Рис. 1. Устройство для определения скорости абразивных зерен в струе сжатого воздуха со сменными соплами: а) – сверхзвуковое сопло Лавала; б) – сужающееся коническое сопло; в) – цилиндрическое сопло; г) - расширяющееся коническое сопло.

Эксперименты проводили на базе токарного станка с тремя цилиндрами диаметром 40, 60 и 80 мм и соответствующими размерами раструбов. Цилиндр с отверстием закрепляли в трехкулачковом самоцентрирующем патроне, сопло с воронкой для абразивного порошка и плоский раструб - в резцедержателе. Пневматическое сопло совмещали с радиальным отверстием в цилиндре и осью симметрии плоского раструба. Цилиндру задавали определенную частоту вращения, которую фиксировали электронным тахометром модели DT-2234C⁺ через сопло подавали сжатый воздух, а из воронки подавали абразивный материал. В моменты совпадения отверстия цилиндра с отверстиями сопла и плоского раструба порция абразивных зерен проходит длину раструба и, достигнув противоположной внутренней

липкой поверхности цилиндра, остается на ней, так как дополнительно прижимается центробежной силой. За время прохождения абразивным зерном диаметра цилиндра (внутри неподвижного раструба) цилиндр провернется на некоторый угол a . Величину угла a определяли с помощью оптической делительной головки и рейсмаса. Частота вращения цилиндра n в совокупности с его диаметром L и углом a позволяют определить среднюю скорость абразивных зерен на участке от среза сопла до противоположной стенки цилиндра, т. е. на участке L :

$$t = \frac{L_{\text{цил}}}{V_{\text{абр}}} = \frac{l_{\text{дуги}}}{V_{\text{цил}}}, \quad (1)$$

$$V_{\text{абр}} = \frac{360^\circ L_{\text{цил}} n}{1000 a^\circ}, \quad (2)$$

где t – время полета абразивного зерна внутри цилиндра, а также поворота цилиндра на угол a ; $L_{\text{цил}}$ – путь L полета абразивного зерна внутри цилиндра; $V_{\text{абр}}$ – средняя скорость абразивного зерна на пути L ; $l_{\text{дуги}}$ – длина дуги поворота цилиндра, соответствующая углу a ; $V_{\text{цил}}$ – линейная скорость цилиндра.

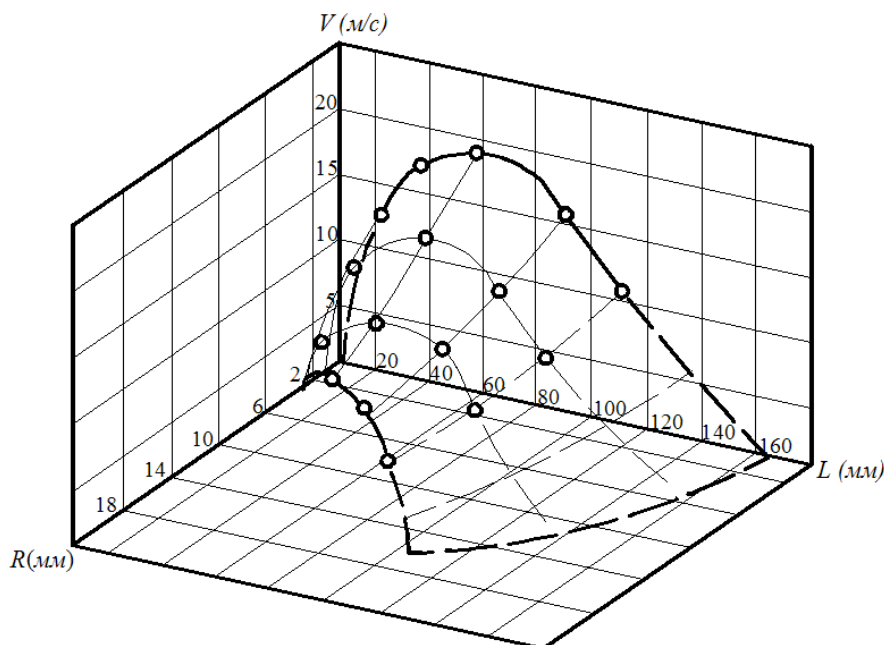


Рис. 2. Изменение скорости V абразивных зерен, присоединенных к струе сжатого воздуха по мере удаления L от среза сопла и от осевого сечения R . Давление сжатого воздуха 0,4 МПа, диаметр сопла 2 мм. Штриховые линии графика достроены экстраполяцией.

На рис. 2 представлены графики изменения средней скорости абразивных зерен в трехмерном пространстве по мере удаления от среза сопла в диапазоне от 20 до 80 мм по оси струи и по мере удаления от середины на периферию струи. Как видно, до определенного значения L скорость движения абразивных зерен увеличивается, а затем уменьшается. На рис. 3 представлена зависимость скорости движения абразивных зерен, присоединенных к струе за срезом сопла, от зернистости абразива. В данном случае с увеличением зернистости абразива скорость движения абразивных зерен непрерывно уменьшается, т.е. сложно добиться увеличения скорости движения крупных зерен.

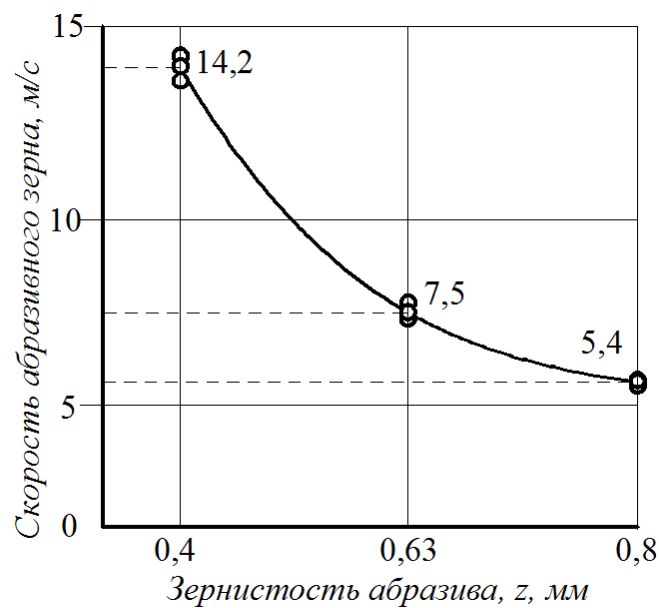


Рис. 3. Зависимость скорости движения абразивных зерен, присоединенных к струе за срезом сопла, от зернистости абразива.

Полученные результаты свидетельствуют о значительной разнице в скоростях абразивных зерен, прокачиваемых через сопло и зерен, присоединяемых к струе, затопленной абразивной суспензией, а, следовательно, и о кинетической энергии, сообщаемой зернам в первом и втором способах струйно-абразивной обработки. Однако скорость абразивных зерен в струе, затопленной абразивной суспензией, можно увеличить благодаря использованию сжатого воздуха высокого давления, поскольку такое увеличение не приведет к повышенному износу канала сопла.

Результаты исследований скорости движения абразивных частиц в зависимости от расстояния от среза сопла L для различных значений длины канала сопла l представлены на рис. 4.

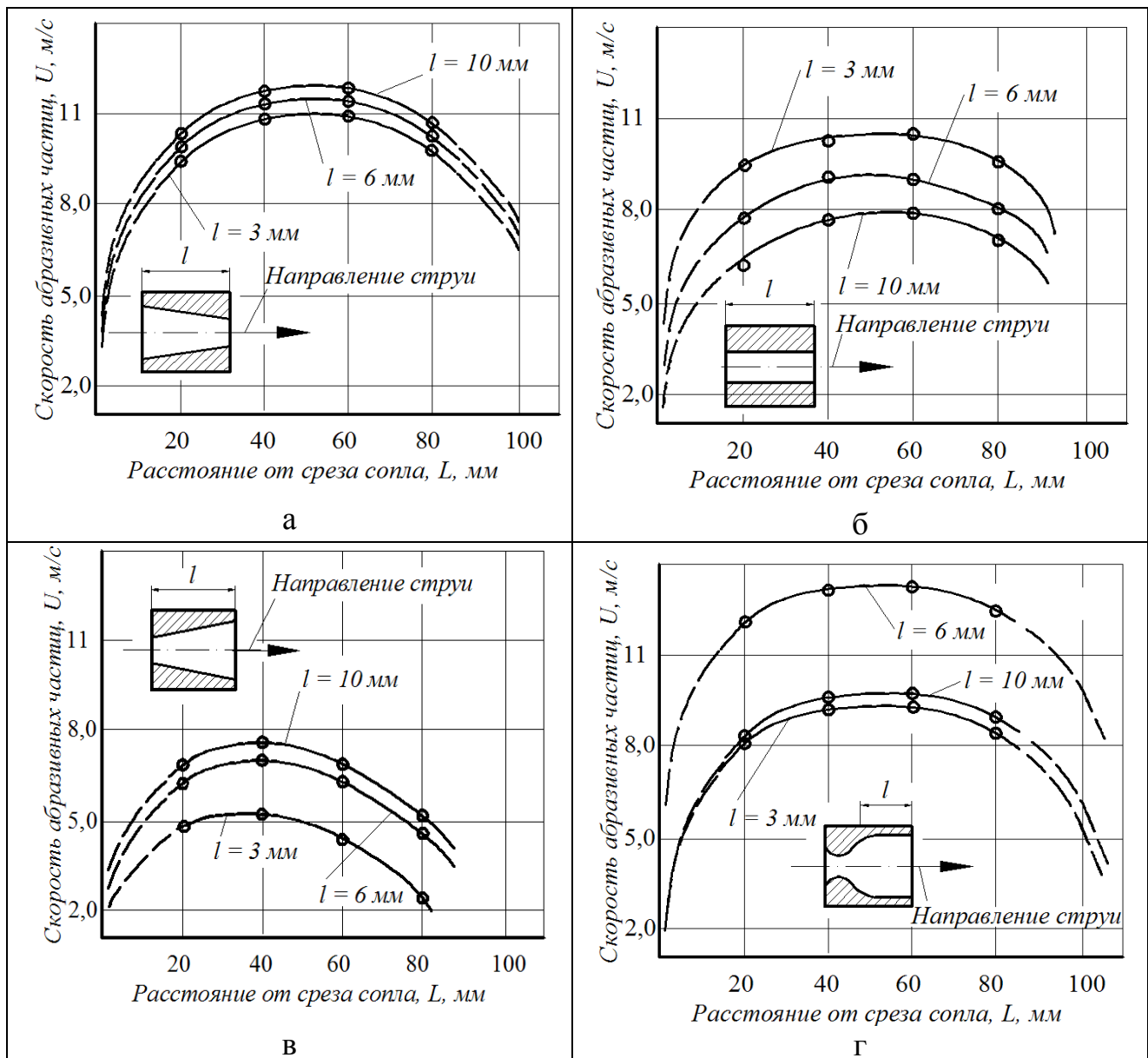


Рис. 4. Изменение скорости абразивных частиц, присоединяющихся к струе сжатого воздуха, по мере удаления от среза конического сужающегося сопла (а), цилиндрического сопла (б); конического расширяющегося сопла (в); сверхзвукового сопла Лавалья (г): диаметр наименьшего сечения 2 мм; давление сжатого воздуха перед соплом 0,5 МПа; l – длина канала сопла (длина сверхзвуковой части канала сопла Лавалья).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андилахай А.А. Абразивная обработка деталей затопленными струями / А.А. Андилахай. – Мариуполь: ПГТУ, 2006. – 190 с.