

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АППАРАТА ДЛЯ СТРУЙНОЙ ГИДРОАБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ

©2018 А.В. Мещеряков, А.П. Шулепов

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

### DETERMINATION OF SUPPLIES CHARACTERISTICS OF THE DEVICE FOR ABRASIVE WATER-JET MACHINING

Meshcheryakov A.V., Shulepov A.P. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

*The technique of experimental determination of the consumption characteristics of the apparatus for jet hydroabrasive processing is considered. Results are presented for determining the costs of abrasive slurry and compressed air through a jet apparatus.*

Производительность и качество струйной гидроабразивной обработки (ГАО) зависят от энергетических возможностей гидроабразивной струи, формируемой струйным аппаратом. Основными требованиями, предъявляемыми к струйным аппаратам, являются: обеспечение максимальной скорости струи при минимальном расходе энергоносителя и максимальном расходе гидроабразивной суспензии; обеспечение равномерного распределения абразивных частиц по сечению струи. Первое требование определяет производительность, а второе - качество обработки. Производительность и шероховатость поверхности при струйной ГАО определяются глубиной внедрения абразивных частиц, которая, в свою очередь, зависит от скорости частиц в момент удара о поверхность.

Для расчёта скорости гидроабразивной струи необходимо иметь данные по массовым расходам сжатого воздуха через активное сопло и абразивной суспензии через смешительное сопло струйного аппарата.

Определение расходных характеристик струйных аппаратов проводилось на стенде, схема которого приведена на рис. 1.

Расход воздуха через струйный аппарат 1 определялся с помощью стандартной диафрагмы 2 диаметром 19,4 мм, установленной в трубе 3. Перепад давлений на диафрагме измерялся пьезометром 9.

Сжатый воздух к струйному аппарату подавался из ресивера 5, который через кран б был подключён к центральной пневмосети. Давление воздуха на входе в активное сопло струйного аппарата регулировалось вентилем 10, а перед диафрагмой — вентилем 4.

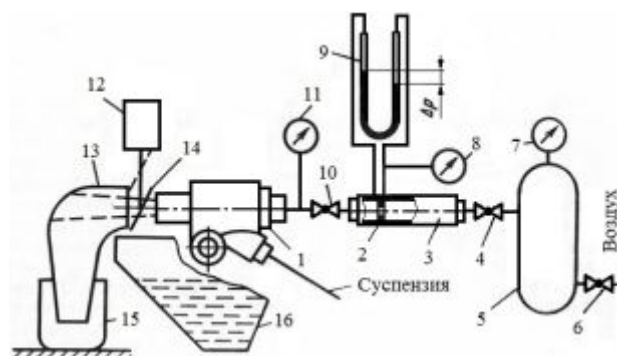


Рис. 1. Схема стенда для измерения расходов суспензии и воздуха

Измерение давлений производилось образцовыми манометрами 7, 8, 11 с пределом измерений 0... 1,0 МПа. Температура воздуха перед диафрагмой измерялась с помощью ртутного термометра. Массовый расход воздуха рассчитывался по следующей формуле:

$$m_{вз} = 4 \times 10^{-3} \alpha_d \varepsilon d_d^2 \sqrt{\rho_{вд} \times \Delta p_d},$$

где  $\alpha$ - коэффициент расхода диафрагмы ( $\alpha = 0,643$ );  $\varepsilon$ - поправочный коэффициент;  $d_d$ - диаметр диафрагмы, мм;  $\rho_{вд}$ - плотность воздуха перед диафрагмой, кг/м<sup>3</sup>;  $\Delta p_d$ - перепад давлений на диафрагме, Па.

Полученные экспериментально значения расхода воздуха были использованы для определения коэффициента расхода активного сопла

$$\mu_\alpha = \frac{m_{в.ид.}}{m_{в.э.}},$$

где  $m_{в.ид}$  — идеальный расход воздуха через сопло.

В общем случае  $m_{в.ид}$  вычисляется по следующей формуле:

$$m_{в.ид} = \frac{4,0408 \times 10^{-2} p_v F_a q(\lambda_v)}{\sqrt{T_v}}$$

где  $p_v$  - давление воздуха на входе в активное сопло;  $F_a$  - площадь сечения активного сопла;  $q(\lambda_v)$  - приведённый расход воздуха.

В реальных условиях струйный аппарат работает при сверхкритическом перепаде давлений на активном сопле. В этом случае на выходе из активного сопла устанавливается скорость истечения, равная местной скорости звука. Для воздуха теоретическое значение критического отношения давлений равно 0,528.

При проведении экспериментов давление суспензии в приёмной камере струйного аппарата поддерживалось равным  $p_c = 0,12$  МПа и критический режим истечения воздуха из активного сопла наступал при  $p_v = 0,227$  МПа. Расход воздуха для критического и сверхкритического перепадов давлений рассчитывался при  $q(\lambda_v) = 1,0$ .

Определение расхода суспензии проводилось в следующем порядке. Струйный аппарат выводился на заданный режим работы. При этом пластина 14 (рис. 1), установленная на штоке электромагнита 12, находилась в нижнем положении и направляла гидроабразивную струю на слив в бак 16. Затем включался электромагнит 12, пластина 14 отводилась вверх и гидроабразивная струя по коллектору 13, где происходило гашение скорости, попадала в мерный бачок 15. Отбор пробы проводился в течение 20 с. Полученная проба взвешивалась, а затем с помощью мерного стакана контролировалось значение концентрации абразивных частиц в суспензии.

Были проведены эксперименты по определению расходных характеристик струйного аппарата с использованием чистой воды, а также абразивных материалов зернистости 10, М63, М20 при концентрации абразива в суспензии  $K = 20\%$ . Результаты экспериментов приведены на рис. 2.

При  $p_v = 0$  наступает режим истечения жидкости из круглого отверстия - расход суспензии максимален (на графике не указан). С увеличением давления воздуха расход суспензии уменьшается, расход воздуха возрастает.

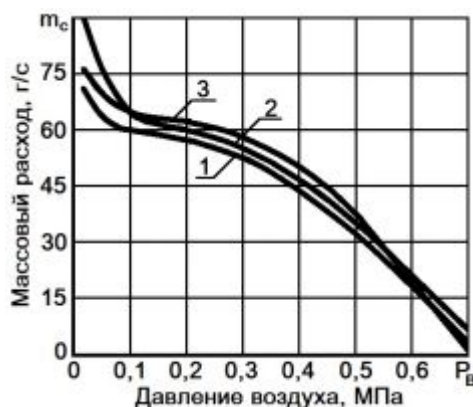


Рис. 2. Зависимость расхода суспензии от давления воздуха на входе в активное сопло  
1-вода, 2 -зернистость 10, 3 -М63

При давлениях порядка 0,6...0,7 МПа наблюдается пульсирующая подача суспензии, дальнейшее увеличение  $p_v$  приводит к «запиранию» смесительного сопла воздухом. Эксперименты показали, что в диапазоне давлений 0,1...0,6 МПа массовые расходы чистой воды и гидроабразивных суспензий отличаются не более, чем на 6...7%.

На рис. 3 приведён график зависимости коэффициента расхода активного сопла от отношения давления за соплом ( $p_c = 0,02$  МПа) к давлению воздуха на входе в сопло  $\epsilon = p_c / p_v$ .



Рис. 3. Зависимость коэффициента расхода активного сопла от отношения давления за соплом к давлению торможения на входе в сопло

В докритической зоне ( $\epsilon \leq 0,528$ ) коэффициент расхода быстро увеличивается с увеличением  $p_v$ . При сверхкритическом истечении  $\mu_a$  изменяется не более, чем на 6%.

Полученные расходные характеристики и коэффициенты расхода использовались при расчётах скорости истечения гидроабразивной смеси из струйного аппарата, массового съёма металла и моделирования процесса формирования микрорельефа обрабатываемой поверхности.