

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДВИЖЕНИЯ ГИДРОАБРАЗИВНОЙ СМЕСИ В АППАРАТЕ ДЛЯ СТРУЙНОЙ ГИДРОАБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ

Мешеряков А.В., Шулепов А.П.

Самарский университет, г. Самара, al-mes1@mail.ru

Ключевые слова: струйная гидроабразивная обработка, струйный аппарат, активное сопло, смесительное сопло, давление торможения, статическое давление.

При струйной гидроабразивной обработке сжатый воздух, подаваемый через активное сопло струйного аппарата, смешиваясь с гидроабразивной суспензией в смесительном сопле, разгоняет её до заданной скорости. Теоретический расчёт скорости гидроабразивной смеси на срезе смесительного сопла даёт два значения: дозвуковое или сверхзвуковое истечение [1]. Скорость звука в смеси зависит от режима работы струйного аппарата. При дозвуковом режиме истечения воздуха из активного сопла в смесительном сопле не возникает скачка уплотнения и режим истечения смеси можно определить по отношению давления торможения смеси к давлению окружающей среды. При сверхкритическом перепаде давлений на активном сопле в проточной части смесительного сопла возможно появление скачков уплотнения. Скорость воздушной струи после скачка становится дозвуковой, но для гидроабразивной смеси она может быть сверхзвуковой. Появление скачков уплотнения может приводить к нестабильной работе аппарата и даже к прекращению его работы.

С целью получения достоверной физической картины течения гидроабразивной смеси были проведены исследования распределения давлений внутри струйного аппарата. Учитывая, что разница в скоростях движения фаз потока гидроабразивной струи, движущейся в воздухе, незначительна, её можно рассматривать как струю газа, а гидроабразивную смесь как жидкость [1, 2]. Скорость движения в любой точке струи можно определить, если в ней известны статическое давление и давление торможения. Планом экспериментов предусматривалось определение статического давления на срезе активного сопла; распределения статического давления по длине смесительного сопла; эпюр давления торможения в различных сечениях смесительного сопла при изменении давления воздуха на входе в активное сопло (давления торможения).

Теоретическое отношение давлений, при котором наступает критический режим истечения из активного сопла, равно $\epsilon = 0,528$. Однако, как показали эксперименты по определению коэффициента расхода, его максимальное значение достигается при $\epsilon \approx 0,4$, т.е. имеется участок, на котором осуществляется переход от докритического к сверхкритическому режиму истечения [3]. Подтверждением этому служит график изменения статического давления в выходном сечении активного сопла (рис. 1).



Рис. 1 – Зависимость статического давления в выходном сечении активного сопла от давления торможения на входе в сопло

При $p_{в}^* = 0,025...0,127$ МПа давление практически не изменяется. С наступлением критического режима ($p_{в}^* = 0,127$ МПа, $\varepsilon = 0,528$) статическое давление начинает постепенно увеличиваться, а при $p_{в}^* = 0,2$ МПа зависимость становится прямолинейной, что соответствует сверхкритическому режиму истечения.

На рис. 2 приведены графики изменения статического давления по длине смесительного сопла. На начальном участке потоки воздуха и суспензии движутся раздельно [3]. Затем, в результате взаимодействия потоков, происходит их перемешивание с торможением струи воздуха, ускорением суспензии и увеличением статического давления. Далее происходит выравнивание полей скоростей по сечению потока, давление падает и на выходе из сопла становится равным давлению окружающей среды. При $p_{в}^*$ меньше критического статическое давление уменьшается по всей длине смесительного сопла.

На рис. 3 представлены графики изменения профиля давления торможения в различных сечениях смесительного сопла.

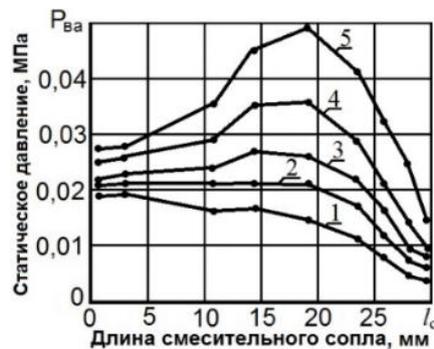


Рис. 2 – Изменение статического давления по длине смесительного сопла
1 – 0,1 МПа, 2 – 0,2 МПа, 3 – 0,3 МПа, 4 – 0,4 МПа, 5 – 0,5 МПа

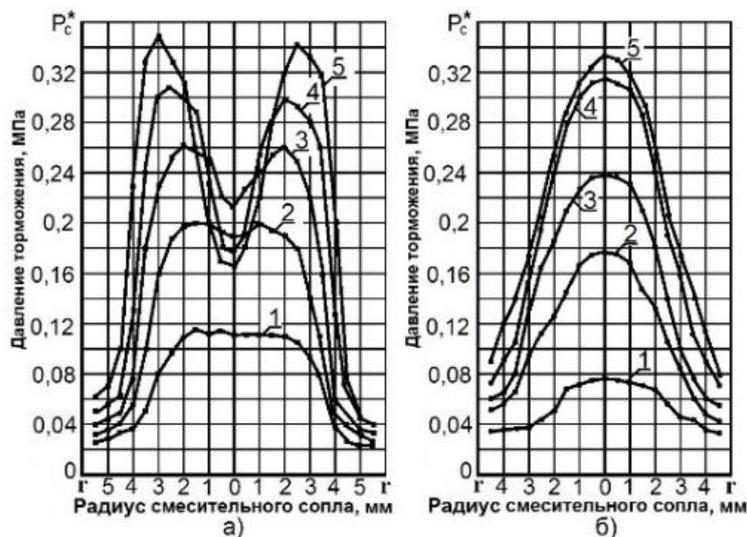


Рис. 3 – Распределение давлений торможения во входном (а) и выходном (б) сечениях смесительного сопла
1 – 0,1 МПа, 2 – 0,2 МПа, 3 – 0,3 МПа, 4 – 0,4 МПа, 5 – 0,5 МПа

Во входном сечении, при сверхкритических режимах истечения воздуха из активного сопла, возможно появление скачков уплотнения, в результате чего скорость и давление торможения на оси струи воздуха резко уменьшаются (рис. 3, а), причём снижение тем больше, чем больше давление воздуха на входе в активное сопло. В результате выравнивания полей скоростей на выходе из смесительного сопла, профиль давлений торможения имеет вид, показанный на рис. 3, б. С увеличением давления воздуха на входе в активное сопло давление торможения в выходном сечении смесительного сопла, а, значит, и скорость истечения гидроабразивной смеси увеличиваются.

Полученные данные позволяют моделировать работу струйного аппарата и определять скорость движения гидроабразивной смеси на выходе из струйного аппарата, что, в свою очередь, даёт возможность определять скорость движения гидроабразивной струи в воздухе.

Список литературы

1. Мещеряков А.В. Определение параметров гидроабразивной смеси в выходном сечении струйного аппарата / А.В. Мещеряков, А.П. Шулепов, И.В. Ерхов // Вестник СГАУ. Серия: Проблемы и перспективы развития двигателестроения. Вып. 2. Часть 1. Самара: СГАУ. 1998. С. 168-175.

2. Мещеряков А.В. Определение расходных характеристик аппарата для струйной гидроабразивной обработки / Проблемы и перспективы развития двигателестроения: материалы докладов междунар. науч.-техн. конф. 12-14 сентября 2018. Самара: Изд-во Самарского университета. 2018. С. 283-284.

Сведения об авторах

Мещеряков Александр Викторович, канд. техн. наук, доцент, al-mes1@mail.ru. Область научных интересов: обработка поверхностей потоком свободного абразива, обеспечение качества поверхностного слоя деталей ГТД.

Шулепов Александр Павлович, канд. техн. наук, доцент, pdla@ssau.ru. Область научных интересов: электрохимические и электрофизические методы обработки, надёжность ГТД.

RESEARCHING OF THE PROCESS OF MOVEMENT OF THE HYDROABRASIVE MIXTURE IN THE DEVICE FOR ABRASIVE WATER-JET MACHINING

Meshcheryakov A.V., Shulepov A.P.

Samara National Research University, Samara, Russia, al-mes1@mail.ru

Keywords: abrasive water-jet machining, jet apparatus, active nozzle, mixing nozzle, braking pressure, static pressure.

The issues of improving the efficiency of the device for abrasive water-jet machining are considered. The method and results of experimental determination of static pressure and braking pressure of the hydroabrasive mixture during its movement through the jet apparatus are presented. The presence of compression surges in the mixing nozzle at supercritical air pressure drops in the active nozzle is shown.