

ния, аналогичную жидкостным прототипам. В камерах тягой менее 10Н организация пристенка еще более усложняется, так как величина расхода H_2 и конструктивные соображения не позволяют выделить для этой цели специальные форсунки. Организация смешения компонентов и охлаждения стенок одним смесителем в условиях малых линейных размеров приводит к наличию существенных потерь в таких камерах.

Систематические исследования РДМТ на газообразных $H_2 + O_2$ проводятся в СГАУ. Разработанная здесь схема смесеобразования обеспечивает и высокие удельные параметры, и приемлемое тепловое состояние конструкции камеры номиналом 3Н. Изделие имеет также высокие динамические характеристики, практически недостижимые

для РДМТ на жидких компонентах. Так, при длительности включения всего 0,015с экспериментально определенная величина среднеинтегрального расходного комплекса составляет 1600м/с. Совокупность основных конструктивных параметров этой схемы, обеспечивающая наилучшие характеристики рабочего процесса, была найдена экспериментально. Интенсификация горения с помощью закрутки компонентов предлагается и в других работах.

Таким образом, закрутка компонентов с целью интенсификации процессов их смешения, а в ряде случаев и охлаждения стенок, и для уменьшения отношения длины камеры сгорания к ее диаметру, успешно используется в схемах РДМТ на газообразных компонентах топлива.

УДК 621.795+629.78

КОЭФФИЦИЕНТ ЛОБОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ СФЕРИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ В СВЕРХЗВУКОВОМ ПОТОКЕ ПРИ СТРУЙНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ

Буланова Е.А., Первышин А.Н.

Самарский государственный аэрокосмический университет

HEAD DRAG COEFFICIENT OF SPHERICAL PARTICLES WITHIN THE SUPERSONIC FLOW IN STREAM-ABRASIVE TREATMENT

Bulanova E.A., Pervishin A.N. Stream-abrasive treatment efficiency depends on movement velocity of abrasive particles. Movement velocity mostly depends on aerodynamic force acting from the gas jet supersonic flow of supersonic stream generator. Aerodynamic force head drag coefficient includes Reynolds' number. For stream-abrasive treatment $Re = 50 \dots 1250$.

Эффективность струйно-абразивной обработки материалов на базе генераторов сверхзвуковых струй напрямую зависит от скорости движения частиц абразива в потоке продуктов сгорания.

В свою очередь, скорость частиц в газовом потоке связана с числом Рейнольдса, что имеет значение при использовании полидисперсного потока для струйно-абразивной обработки материалов.

Рассмотрим поток сферических частиц, движущийся со скоростью w_i в потоке продуктов сгорания, скорость которого w_α . Известны параметры частиц: диаметр d_i ,

плотность вещества ρ_i , расход \dot{m}_i , также известны все термодинамические параметры потока продуктов сгорания: вязкость η_α , давление p_α , температура T_α , плотность ρ_α , расход \dot{m}_α . В результате взаимодействия частиц с газовым потоком происходит обмен импульсом и соответствующее изменение скоростей.

Учитывая то, что расход абразива и расход газа являются постоянными в течение работы газогенератора на номинальном режиме:

$$\dot{m}_\alpha = Const ; \dot{m}_i = Const ,$$

уравнение движения частиц можно записать, используя закон сохранения импульса силы и второй закон Ньютона:

$$\dot{m}_\alpha \cdot \vec{w}_\alpha + \sum_{i=1}^N \dot{m}_i \cdot \vec{w}_i = Const$$

$$\vec{P}_i = m_i \cdot \frac{d\vec{w}_i}{d\tau}, \quad (1)$$

где \vec{P}_i - сила, действующая на частицы со стороны потока продуктов сгорания.

В дальнейшем при рассмотрении воздействия газового потока на частицы будем учитывать лишь аэродинамическую силу, т.к. действие остальных сил пренебрежимо мало. Величина аэродинамической силы определяется скоростью частицы относительно потока продуктов сгорания:

$$\vec{P} = \frac{1}{2} \cdot c_i \cdot f_m \cdot \rho_\alpha \cdot (\vec{w}_\alpha - \vec{w}_i) \cdot |\vec{w}_\alpha - \vec{w}_i|, \quad (2)$$

где f_m - площадь поперечного сечения частицы, $c_i = f(\text{Re}_{\text{омн}})$ - коэффициент сопротивления частицы, являющийся функцией числа Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{|\vec{w}_\alpha - \vec{w}_i| \cdot d_i \cdot \rho_\alpha}{\eta_\alpha}$$

Из результатов многочисленных экспериментов со сферическими частицами, в соответствии со значениями коэффициента сопротивления, выделены три диапазона значений числа Рейнольдса

- 1) $\text{Re} \geq 500$, где $c_i \approx 0,4$;
- 2) промежуточный диапазон: $0,2 \leq \text{Re} \leq 500$;
- 3) $\text{Re} \leq 0,2$, $c_i = \frac{24}{\text{Re}}$ - закон Стокса.

Скорость потока продуктов сгорания

$$w_\alpha \cong (350..1000) \text{ м/с};$$

характерный размер частиц абразива находится в диапазоне:

$$d_i \cong (0,05..0,9) \text{ мм};$$

динамическая вязкость сверхзвуковой струи продуктов сгорания в зависимости от состава топлива

$$\eta_\alpha = (0,2..0,7) \cdot 10^{-5} \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}};$$

скорость разгона частиц $w_i \cong (50..300) \text{ м/с}$.

Таким образом, число Рейнольдса находится в диапазоне $\text{Re} \cong 100..4000$.

В диапазоне $\text{Re} = 50..1250$ кривую зависимости коэффициента лобового сопротивления от числа Рейнольдса можно представить в виде:

$$c_i = \frac{\Psi_i}{\text{Re}^n}.$$

Методом наименьших квадратов определены коэффициенты $n = \frac{1}{2}$, $\Psi = 13$,

которые в указанном диапазоне числа Рейнольдса дают отклонение от экспериментальных данных не более 5% (рис. 1), т.е.

$$c_i = \frac{13}{\sqrt{\text{Re}}}. \quad (3)$$

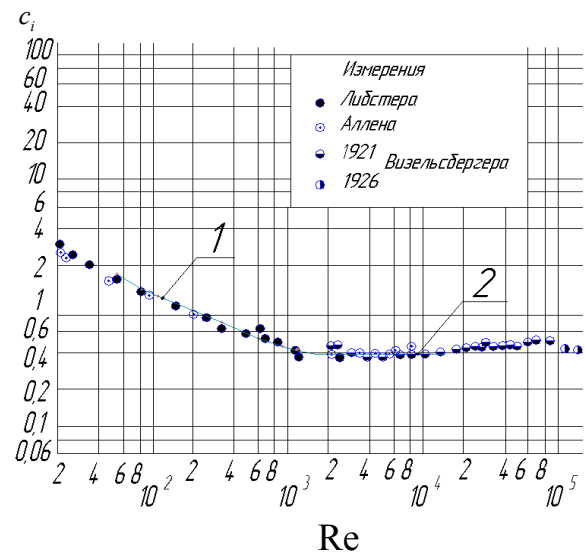


Рис. 1. Коэффициент лобового сопротивления в зависимости от числа Рейнольдса:

$$1 - c_i = \frac{13}{\sqrt{\text{Re}}}; 2 - c_i \approx 0,4$$

В дальнейшем для расчета скорости частиц, движущихся в потоке продуктов сгорания генераторов сверхзвуковых струй для струйно-абразивной обработки материалов целесообразно использовать коэффициент сопротивления в форме (3), математическая модель, таким образом, будет справедлива для частиц с числом Рейнольдса $\text{Re} = 50..1250$.