

УДК 621.923

Филиппов С.В.

ОАО «Казанское моторостроительное производственное объединение», Казань, Россия

ВЛИЯНИЕ ЗАКРУТКИ СЖАТОГО ВОЗДУХА НА ВЕЛИЧИНУ ИЗНОСА СОПЛА ПРИ ПНЕВМОГИДРОСТРУЙНОЙ ОБРАБОТКЕ (ПГСО)

Проведены опытные работы по исследованию износа камеры смешения при использовании завихрителя сжатого воздуха на входе в эжекционное сопло при пневмогидроструйной обработке. При проведении эксперимента исследовался износ камер смешения при использовании только завихрения и комбинация завихрения с различными диаметрами прямого потока. Описана конструкция эжекционного сопла и завихрителя. Показано, что при использовании завихрителя без центрального отверстия происходит значительное увеличение износа камеры смешения по массе. При увеличении диаметра центрального отверстия происходит уменьшение износа камеры смешения по массе. Износ камеры смешения по массе больше, чем при работе без завихрителя, но при этом износ распределяется более равномерно, и в результате этого стойкость камеры смешения увеличивается. Приведена методика расчета силы трения между потоком рабочей смеси и стенками камеры смешения при использовании закрутки сжатого воздуха на входе в газовое сопло.

Ключевые слова: завихритель, износ, сопло, абразив, сжатый воздух, АЖО.

Введение

Пневмогидроструйная обработка применяется для подготовки поверхности под алитирование, снятия шлама после алитирования и удаления нагара после эксплуатации. Данный способ нашел широкое применение на КМПО взамен АЖО, так как имеет целый ряд преимуществ: в конструкции отсутствует быстроизнашивающийся струйный насос, низкий уровень шума и отсутствие аэрозольного распыления, так как обработка происходит под жидкостью.

При работе эжектора быстроизнашиваемой деталью является камера смешения, которая прорезается рабочей средой в нижней части, и данная работа направлена на увеличение ее стойкости. Для увеличения стойкости камеры смешения применен завихритель.

1. Экспериментальная часть

В экспериментах использовался эжектор, завихритель сжатого воздуха и установка для пневмогидроструйной обработки (ПГСО), представленные на рис. 1, 2 и 3.

Он состоит из корпуса - 1, газового сопла - 2, камеры смешения - 3, и штуцеров - 4, 5. При подаче сжатого воздуха в штуцер 4, через штуцер 5 происходит засасывание рабочей среды (жидкость + абразив). С помощью струи сжатого воздуха рабочая среда разгоняется до определенной скорости в камере смешения эжектора и выбрасывается на обрабатываемую поверхность детали.

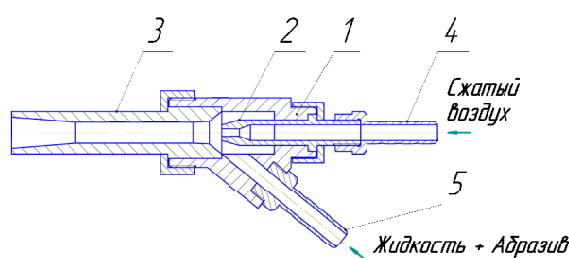


Рис. 1. Конструкция эжектора

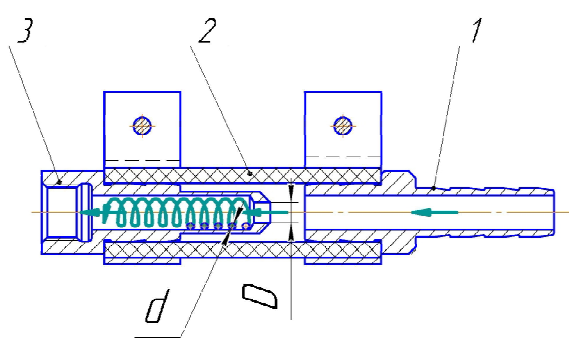


Рис. 2. Конструкция завихрителя

Завихритель состоит из штуцера подвода сжатого воздуха - 1, камеры - 2 и завихрителя - 3 с тангенциальными отверстиями d для закрутки пограничного слоя, и центральным отверстием D . При подаче сжатого воздуха к штуцеру 1 воздух проходит через центральное отверстие D и фор-

мируется прямой поток. При прохождении сжатого воздуха через тангенциальные отверстия d происходит закручивание пограничного слоя вокруг прямого потока через отверстие D . За счет закрученного пограничного слоя происходит более равномерное распределение рабочей среды (жидкость + абразив) по поверхности камеры смешения.

Схема установки для пневмогидроструйной обработки представлена на рисунке 3.

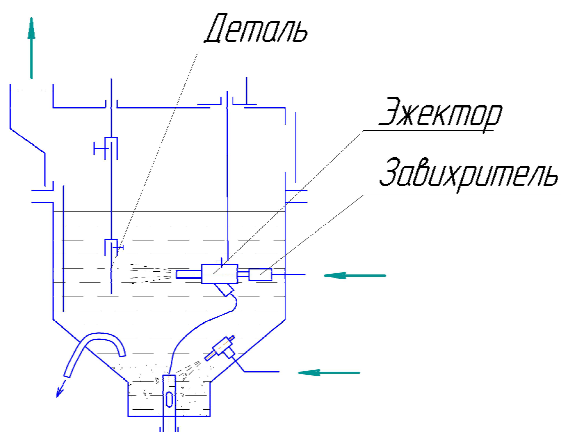


Рис. 3. Схема установки для пневмогидроструйной обработки

Обработка проводилась одновременно двумя эжекторами двух деталей. При этом, на одном из эжекторов был установлен завихритель. Одновременная работа двух эжекторов позволяет исключить влияние скачков давления сжатого воздуха и величины износа свободного абразива на сравнительные результаты по износу камеры смешения.

В качестве свободного абразива использовался электрокорунд белый марки 25А63. Давление сжатого воздуха 4 кгс/см^2 . Время обработки 10 мин. Расстояние от среза камеры смешения до обрабатываемой поверхности 60 мм. Материал обрабатываемой детали – Сталь 45. Эксперименты проводились при разных диаметрах центрального отверстия D от 0 до 10 мм.

Эксперименты были направлены на исследование влияния износа камеры смешения при использовании вихревого движения сжатого воздуха и при использовании комбинации вихревого и прямого движения. Величина износа камеры смешения определялась методом взвешивания.

2. Анализ полученных результатов

На рис. 4 показаны результаты взвешивания камеры смешения при различных сочетаниях прямого и вихревого движения.

Левый столбец показывает износ камеры смешения без завихрителя. Правый столбец показывает износ камеры смешения при использовании завихрителя. Неравномерность высоты левых столбцов связана с различной величиной

износа свободного абразива. Из диаграммы видно, что с увеличением диаметра D происходит уменьшение величины износа камеры смешения, но она остается выше, чем без завихрителя.

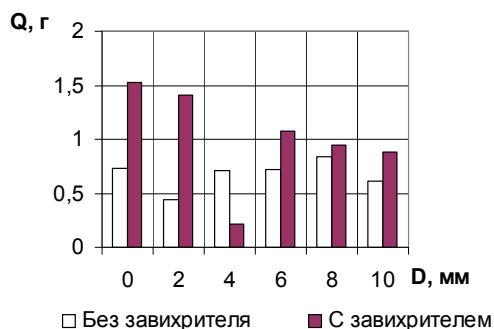


Рис. 4. Диаграмма износа сопла

Также было отмечено, что при $D = 10 \text{ мм}$ происходит увеличение диаметра пятна контакта с обрабатываемой поверхностью с 45 мм до 55 мм. На рис. 5 приведена фотография пятна контакта. Слева без завихрителя, справа с завихрителем.



Рис. 5. Пятно контакта с обрабатываемой деталью

Величина эжекции при $D = 10 \text{ мм}$ на обоих эжекторах одинаковая.

В работе Лабутина А.Ю. [1] приведена расчетная схема прямого эжектора, представленная на рис. 6 и математическая модель эжектора в которой рассмотрена сила трения между потоком рабочей жидкости и стенками камеры смешения.

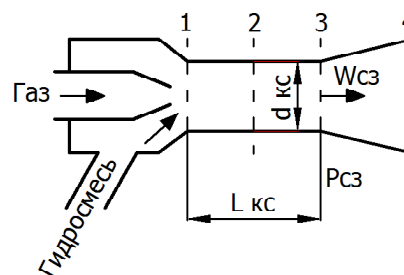


Рис. 6. Расчетная схема эжектора

Основные допущения.

1. Турбулентное течение смеси является стационарным: все параметры в расчетах осреднены по времени.

2. Течение смеси одномерное, смесь гетерогенная, находится в термодинамическом равновесии. Параметры смеси в каждом сечении осреднены по расходу.

3. В смеси не происходит химических превращений, газ не растворяется в жидкости, парами жидкости пренебрегаем.

4. Газ считаем идеальным. Теплоемкость и плотность жидкости не зависят от температуры и давления.

5. Стенки эжектора нетеплопроводные.

6. Скольжение фаз учитывается через поправочный коэффициент в уравнении сохранения движения для камеры смешения.

7. Течение смеси изотермическое. Температура смеси в камере смешения и диффузоре равна температуре жидкости.

8. Внутренняя энергия смеси газа, жидкости и твердых частиц зависит как у идеального газа только от температуры. Теплоемкость рабочей смеси не зависит от температуры и давления.

Удельный объем газа на выходе из камеры смешения определяется из уравнения состояния для газа

$$V_{ГЗ} = \frac{R_{Г} T_{СЗ}}{P_{СЗ}} \quad (1)$$

где $R_{Г}$ – удельная газовая постоянная;

$T_{СЗ}$ – температура;

$P_{СЗ}$ – давление.

Объемная концентрация гидрсмеси в сечении 3

$$r_{ГС} = \frac{Q_{ГС}}{Q_{ГС} + Q_{Г}} \quad (2)$$

где $Q_{ГС}$ и $Q_{Г}$ – объемные расходы гидрсмеси и газа.

Эффективную вязкость рабочей смеси $\mu_{С}$ рассчитываем по формуле Г. Уоллиса [2]

$$\mu_{С} = \mu_{Г} (1 + 2,5r_{ГС}) \frac{\mu_{ГС} + 0,4\mu_{Г}}{\mu_{ГС} + \mu_{Г}} \quad (3)$$

где $\mu_{Г}$ и $\mu_{ГС}$ – динамическая вязкость газа и гидрсмеси.

Режим течения смеси в камере смешения определяется по числу Рейнольдса

$$R_e = \frac{W_{СЗ} d_{КС} \rho_{СЗ}}{\mu_{С}} \quad (4)$$

где $W_{СЗ}$ – скорость смеси;

$d_{КС}$ – диаметр камеры смешения;

$\rho_{СЗ}$ – плотность рабочей смеси.

Коэффициент сопротивления течения смеси определим по известной формуле Никурадзе [3]

$$\lambda = 0,0032 + \frac{0,221}{R_e^{0,237}} \quad (5)$$

Формула справедлива для значений R_e от 2500 до 3981072.

Касательное напряжение трения на стенке камеры смешения по формуле Л.Г. Лойцянского [3] будет:

$$\tau = \lambda \frac{\rho_{СЗ} W_{СЗ}^2}{8} \quad (6)$$

Среднюю по длине камеры смешения силу трения потока смеси о стенки камеры смешения приближенно рассчитываем по формуле:

$$R_{ТР} = \pi d_{КС} L_{КС} \tau \quad (7)$$

где $d_{КС}$ – диаметр камеры смешения;

$L_{КС}$ – длина камеры смешения.

При применении закрутки сжатого воздуха на входе в эжектор при расчете силы трения потока смеси о стенки камеры смешения мной предлагается в формуле (6) взять уточненную скорость газовой смеси, которая получается в результате векторного сложения скорости потока вдоль оси камеры смешения и тангенциальной скорости потока.

$$W_{СЗ} = \sqrt{W_{СЗ0}^2 + W_{СЗТ}^2} \quad (8)$$

где $W_{СЗ0}$ – скорость потока вдоль оси камеры смешения;

$W_{СЗТ}$ – тангенциальная скорость газового потока.

Заключение

Использование завихрителя позволяет более равномерно распределить поток рабочей среды по внутренней поверхности камеры смешения, что положительно сказывается на ее стойкости. Учет тангенциальной скорости потока смеси при определении касательных напряжений на стенке камеры смешения позволяет более точно определить среднюю по длине камеры смешения силу трения потока о стенки камеры смешения.

Литература

1. Лабутин А.Ю. Исследование, разработка и внедрение процесса пневмогидроструйной обра-

ботки лопаток компрессора ГТД в среде жидкости: дис. ... канд. техн. наук: 05.07.05 захищена 02.12.99; утв. 24.03.00 / Лабутин Александр Юрьевич. - Казань, 1999 – 165 с.

2. Уоллис Г. Одномерные двухфазные течения [Текст] / Г. Уоллис. - М.: Мир, 1972. - 440 с.

3. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа [Текст] / Л.Г. Лойцянский. - М.: Наука, 1978. - 736 с.

Поступила в редакцию 25.06.2012

С.В. Філіппов. Вплив закручування стислого повітря на величину зносу сопла при пневмогідроструйній обробці (ПГСО)

Проведені дослідні роботи по дослідженню зносу камери змішення при використанні завихрювача стислого повітря на вході до ежекційного сопла при пневмогідроструйній обробці. При проведенні експерименту досліджувався знос камер змішення при використанні лише завихрення і комбінація завихрення з різними діаметрами прямого потоку. Описана конструкція ежекційного сопла і завихрювача. Показано, що при використанні завихрювача без центрального отвору відбувається значне збільшення зносу камери змішення по масі. При збільшенні діаметру центрального отвору відбувається зменшення зносу камери змішення по масі. Знос камери змішення по масі більший, ніж при роботі без завихрювача, але при цьому знос розподіляється більш рівномірно, і в результаті цього стійкість камери змішення збільшується. Приведена методика розрахунку сили тертя між потоком робочої суміші і стінками камери змішення при використанні закручування стислого повітря на вході в газове сопло.

Ключові слова: завихрювач, знос, сопло, абразив, стисле повітря, АЖО.

S.V. Filippov. Turbulizer's influence of the compressed air on size of wear of the nozzle at pneumohydrojet processing (PHP)

Skilled works on research of wear of the chamber of mixture when using turbulizer of the compressed air on an entrance are carried out to an ejective nozzle at pneumohydrojet processing. At carrying out experiment wear of chambers of mixture was investigated when using only turbulences and a turbulence combination with various diameters of a direct stream. The design of an ejective nozzle and a turbulizer is described. It is shown that when using a turbulizer without the central opening there is a significant increase in wear of the chamber of mixture on weight. At increase in diameter of the central houl there is a reduction of wear of the chamber of mixture on weight. Wear of the chamber of mixture on weight more than at work without a turbulizer, but thus wear is distributed more evenly and as a result it firmness of the chamber of mixture increases. The method of calculation of force of friction is resulted between the stream of working mixture and walls of chamber of mixing at the use of rollup of the compressed air on the entrance of the gas nozzle.

Key words: a swirl, wear, a nozzle, an abrasive, the compressed air, ALP.