

дит процесс микрорезания шаржированными в полировальник зернами и выглаживание зернами, которые перекатываются.

Выводы. Полирование деталей необходимо выполнять в несколько этапов с использованием микропорошков разной зернистости.

Эффективность абразивной обработки при достижении минимальных значений параметров шероховатости поверхности увеличивается при последующем последовательном применении абразива зернистостью равной достигнутому значению R_{\max} на предшествующем этапе. Эффективность обработки увеличится также при применении на окончательных переходах овалированных алмазных зерен, что увеличит количество перекатывающихся зерен и сглаживание.

Список литературы: 1. Абразивная и алмазная обработка материалов: Справочник / Под ред. проф. А.Н. Резникова. – М.: Машиностроение, 1977. - 390 с. 2. *Цеснек Л.С.* Механика и микрофизика истирания поверхностей. – М.: Машиностроение, 1979. - 264 с. 3. *Шубников А. В.* Элементарные механические явления при шлифовании и полировании. – М.: Изд. АН СССР. – Сб.: Качество поверхности деталей машин, 1957, №3. – С. 32-35. 4. *Ваксер Д. Б.* Пути повышения производительности абразивного инструмента при шлифовании. – М.-Л.: Машиностроение (Ленинградское отделение), 1964. – 176 с. 5. *Кащеев В.Н.* Абразивное разрушение твердых тел. – М.: Наука, 1970. - 247 с.

Поступила в редколлегию 16.04.2010

УДК 621.527.4

И.И. МОРОККО, В.В. СЕДАЧ, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ»,
г. Харьков

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ КПД ВОДОВОЗДУШНОГО ЭЖЕКТОРА

Стаття висвітлює питання застосування двофазних ежекторів як джерела вакууму у різних галузях. Проведено аналіз існуючих проблем проектування та дослідження двофазних струминних апаратів з точки зору факторів, що найбільш впливають на їх роботу. Наведені деякі шляхи вирішення питання підвищення ефективності роботи ежекторів.

The article is in regards to applying two-phase ejectors in different branches. Analyzed are the existing problems of designing and researching of two-phase jet apparatuses and the factors most influencing on their work. Given are some ways of solving such a problem like an efficiency upgrading of the ejectors.

Водовоздушные эжекторы получили широкое применение в различных областях техники, медицине, пищевой и химической промышленности, энергетике, где они используются для создания вакуума, пневмотранспорта, очистки рабочей зоны от загрязнений и на ряде других технологических операций.

Эти устройства обладают конструктивной простотой и удобством в эксплуатации, однако отличаются чрезвычайной сложностью гидро- и газоди-

намических процессов течений рабочих сред в проточных трактах, что делает процесс их рационального проектирования достаточно сложной инженерной задачей. При этом одним из основных является вопрос повышения эффективности работы эжектора, в частности, выбор геометрических и эксплуатационных параметров аппарата, обеспечивающих максимально возможный КПД.

Приведенный далее анализ основных возможных путей повышения КПД водовоздушного эжектора, не претендуя на исчерпывающую полноту исследования, тем не менее, даёт необходимое представление о состоянии вопроса и наиболее перспективных направлениях дальнейшей работы.

Если методика расчёта однофазных струйных аппаратов разработана уже достаточно полно [1, 2, 3, 4], подтверждена многочисленными теоретическими и практическими исследованиями, то для двухфазных струйных аппаратов общепринятой методики расчётов пока не существует. В данной области проведены обширные исследования и получены определённые результаты, которые в ряде случаев не только расходятся или не совпадают, но и противоречат друг другу. Это связано с тем, что используемые методики исследований и проектирования основаны в основном на эмпирических данных или являются решениями частных задач, что не позволяет в достаточной степени учитывать сложные физические процессы, происходящие при работе эжектора.

Так, в ряде трудов отмечается, что слабо разработан математический аппарат, который бы чётко описывал тепломассообмен двухфазных турбулентных струй, формируемых при работе эжектора. Существующие методики также не всегда учитывают, что не весь захваченный рабочей струей воздух сжимается в проточной части аппарата, а некоторый объём воздуха возвращается в камеру смешения и образует обратные токи вдоль её стенок. Эти и многие другие причины в той или иной степени оказывают влияние на эффективность работы аппарата.

Можно выделить следующие основные факторы, от которых зависит величина потерь энергии в струйном аппарате: степень сжатия рабочего потока и её распределение по длине проточной части аппарата; структура двухфазного потока; геометрические параметры рабочего сопла, камеры смешения, диффузора и их взаимного расположения; отношение давления насыщенных паров воды при температуре рабочего потока к давлению в приёмной камере.

Рассмотрим некоторые из них более подробно.

Для эжектора с цилиндрической камерой смешения в широком диапазоне изменения параметров состояния смешиваемых сред наиболее выгодными режимами работы являются критические режимы, что объясняется возникновением двухфазного сверхзвукового потока на выходном участке камеры смешения. При этом в случае недостаточной степени дробления струй жидкости на капли большая часть камеры занята газовой фазой, что приводит к снижению КПД. Для улучшения дробления используют эффект соударения струй, для чего соседние стволы активных сопел наклонены друг к другу и

происходит попарное соударение струй на некотором расстоянии от среза сопла. Такие исследования проводились для угла наклона сопел $\beta = \pm 4^\circ$ при противодавлении в диапазоне 110-130 кПа [5]. При этом наблюдалось увеличение коэффициента эжекции и КПД на 30-45 %. Однако при дальнейшем увеличении противодавления эти показатели начинали снижаться, а при противодавлении порядка 20 кПа становились неощутимыми.

При работе аппарата на предельных критических режимах снижается полное давление воздуха, и эжектор со сверхзвуковым диффузором обеспечивает более глубокий вакуум при более высоком противодавлении, что усиливает эффект от воздействия наклона стволов сопла.

Улучшение характеристик эжектора, возможно и путём изменения условий запирания, для чего на начальном участке камеры смешения выполняется установка перфорированной продольными щелями стенки, разделяющей высоконапорную и низконапорную струи [6]. При этом высоконапорный газ, проходя через перфорированную стенку частично смешивается с низконапорным газом до сечения запирания, что приводит к увеличению перепада статического давления за перфорированным соплом. Таким образом, увеличивается площадь сечения запирания и, следовательно, повышается коэффициент эжекции. При этом недостаточно исследованным остаётся вопрос о поведении смешивающихся струй на начальном участке камеры смешения и внутри перфорированного стакана, что связано с необходимостью корректного учёта вязкости и трёхмерности течений рабочей среды.

Одной из основных задач остаётся повышение технологичности конструкции водовоздушного эжектора, в частности, оптимальное уменьшение длины камеры смешения. Для этого последняя выполняется не с гладкой, а с волнистой внутренней поверхностью [7] (см. рис.1). При этом происходит выравнивание скоростей смешиваемых потоков, сопровождающееся повышением давления, и обратное преобразование кинетической энергии смешанного потока в потенциальную. Струя рабочей жидкости в газовой среде разрушается, начиная с расстояния нескольких диаметров от среза сопла. Разрушение вызвано появлением волн на ее поверхности. Расстояние, на котором происходит разрушение струи, является зоной перемешивания. При недостаточной длине зона перемешивания переходит в диффузор, что резко снижает КПД водовоздушного эжектора. Для высокоэффективных аппаратов длина камеры смешения должна быть порядка 40 – 50 калибров. Выполнение внутренней части камеры смешения волнистой интенсифицирует разрушение среды, процесс смешения рабочей и инжектируемой сред протекает на значительно меньшей длине, что позволяет существенно уменьшить длину камеры смешения.

Большое внимание при проектировании оптимальной конструкции уделяется выбору межсоплового расстояния, которое оказывает существенное влияние на рабочую характеристику газожидкостного эжектора [8].

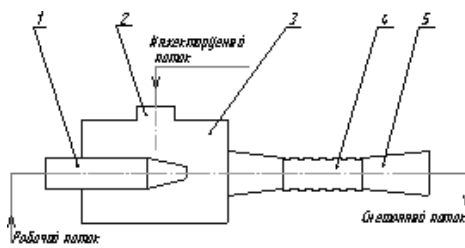


Рис. 1

1 – центральное активное сопло, 2 – патрубок ввода пассивной среды, 3 – приемная камера, 4 – камера смешения, 5 – диффузор

Наибольшее влияние на рабочую характеристику аппарата оказывают геометрические критерии, которые обычно записываются в виде [8]:

$$\Pi_1 = \frac{l_c}{d_k}, \quad \Pi_2 = \frac{l_k}{d_k}, \quad \Pi_3 = \frac{d_k}{d_c}$$

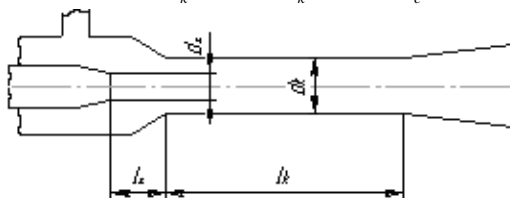


Рис. 2 – Основные конструктивные параметры струйного аппарата

d_c – диаметр сопла d_k – диаметр камеры смешения l_c – длина камеры смешения l_k – расстояние от среза сопла до входа в камеру смешения

Целью многих исследований является изучение влияния этих параметров на КПД эжектора и нахождение их оптимальных значений, обеспечивающих достижение максимального КПД эжектора без ухудшения остальных критериев оценки качества работы струйного аппарата. При этом наблюдаются значительные расхождения как в полученных результатах, так и в их оценках. Это объясняется различием в постановке и проведении экспериментов, использовании несовпадающих диапазонов исходных данных, для которых проводились исследования, что ещё раз доказывает, что регулярная методика расчета и выбора оптимальных геометрических и эксплуатационных параметров газожидкостного эжектора пока не разработана.

Именно с этой проблемой и столкнулись авторы данной статьи при проектировании линии вакуумной пропитки деталей.

Вакуумная линия пропитки (ВЛП) предназначена для ликвидации дефектов литья и прессования, которые возникают в результате некачественного материала, некорректных настроек оборудования или недостаточно квалифицированной работы оператора. В настоящее время машины литья и прессования широко применяются благодаря своей высокой производитель-

ности, однако достаточно высок и процент брака. В основном дефекты проявляются после механической обработки. Переработка деталей влечёт дополнительные затраты, поэтому возникает необходимость в применении технологии, позволяющей исправить брак в уже изготовленных деталях.

Вакуумная линия позволяет исправлять брак в виде трещин, рыхлостей и пор размерами до 0,5 мм. Технология основана на эффекте десорбции газов и последующем заполнении освобождённых полостей пропитывающей композицией, которая по своим свойствам сходна с основным материалом детали.

Очевидно, что комплектация ВЛП экономичным источником технологического вакуума является важным этапом проектирования данной системы. В качестве базового варианта предполагалось применять как источник вакуума механический вакуумный насос, однако анализ особенностей данного технологического процесса показал возможность замены вакуум-насоса эжекторным источником вакуума. Данная замена рациональна, так как водоструйный эжектор является простым и надёжным средством получения вакуума в широком диапазоне рабочих давлений, а при технической необходимости вместо воды можно использовать другие жидкости. Кроме этого, операция продувки деталей перед пропиткой сжатым воздухом позволяет совместить два процесса – создание вакуума и продувку.

В данной статье затронуты лишь некоторые из существующих проблем рационального проектирования двухфазных струйных аппаратов и обозначены направления их решения. Проведенный обзор позволил раскрыть перспективу дальнейшей работы в данном направлении и обосновать всю её важность при решении вопросов проектирования нового или модернизации уже существующего оборудования для создания технологического вакуума посредством двухфазных струйных аппаратов.

Список литературы: 1. Соколов Е.Я., Зингер Н.М. Струйные аппараты. М.: Энергия, 1970 2. Гончаров В.Н. Теория эжектора. Новочеркасск: Наука, 1930. 3. Христианович С.А. О расчёте эжектора // Сборник ЦАГИ Промышленная аэродинамика, 1944. 4. Дэйман С. Научные основы вакуумной техники. М.: Мир, 1964. 5. Васильев Ю.Н., Гладков Е.П., Горшкова Г.А. Экспериментальное исследование вакуумного водовоздушного эжектора с многоствольным соплом для подачи жидкости, обеспечивающим попарное соударение струй // Учёные записки ЦАГИ, №3, 1984, с. 45-54 6. Зайцев Е.Г. Экспериментальное исследование перфорированного сопла на характеристики эжектора М.: ВИНТИ, 1984 7. Патент №23136А// Коваленко А. А. Башнак Ф. Вялих К. А., Восточноукраинский государственный университет, Луганск, 1998. 8. Долгов Д.В. Влияние межсоплового расстояния на характеристику жидкостно-газового эжектора // УГНТУ, Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело», 2008 9. Гуревич М.И. Теория струй идеальной жидкости. М: Наука, 1979. 10. Повх И.П. Техническая гидромеханика. Л.: Машиностроение, 1976.

Поступила в редколлегию 15.04.10