

В процессе обработки при ударе струи о плоскую преграду сила давления P прямо пропорциональна плотности жидкости ρ , площади сечения струи ω и квадрату средней скорости струи v , т.е.

$$P = \rho \cdot \omega \cdot v^2, \quad (1)$$

или

$$P = \rho \cdot v \cdot Q, \quad (2)$$

где Q – расход рабочей жидкости, м³/с; $Q = v \cdot \omega$; ρ – плотность рабочей жидкости, кг/м³; ω – площадь сечения струи рабочей жидкости, м²; v – средняя скорость струи, м/с.

При ударе струи рабочей жидкости в плоскую поверхность с обеспечением ее разворота на 180° сила давления определяется по формуле

$$P = 2 \cdot \rho \cdot v \cdot Q. \quad (3)$$

Анализ формулы (3) показывает, что при неизменных параметрах обработки v и Q , в результате разворота струи на 180°, сила удара ее на очищаемую поверхность возрастает в два раза, но в формуле (3) не учтены прочностные характеристики разрушаемого слоя коррозии.

Для определения величины давления при воздействии реверсивной струи на преграду с учетом прочностных характеристик разрушаемого слоя коррозии был использован метод механики – метод верхней оценки или приближенный энергетический метод.

Этот метод позволил получить выражения (4) для расчета оптимальных углов α и β кинематически возможного поля линий скольжения, обеспечивающих минимальное значение давления струи $p_{стр}$ при разрушении обрабатываемого материала.

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha = \beta + \arccos \frac{\sqrt{9\left(\lambda + \frac{1}{\lambda}\right) + 14}}{3\left(\sqrt{\lambda + \frac{1}{\lambda}}\right)} \\ \beta = \arctg \frac{\sqrt{9\left(\lambda + \frac{1}{\lambda}\right) + 14}}{3 \cdot \lambda + 5} \end{array} \right. \quad (4)$$

Для проверки полученных теоретических решений были проведены экспериментальные исследования процесса реверсивно-струйной очистки (РСО) стальных поверхностей на специальном стенде, разработанном на кафедре «ГЭСВТТ». В результате проведенных исследований установлено влияние расстояния от сопла до обрабатываемой заготовки на силу воздействия струи и получено его оптимальное значение. Анализ полученных экспериментальных данных показал, что максимальное значение давления струи на преграду p достигается при коэффициенте обжатия струи $\lambda = 0,063$. При использовании РСО увеличивается эффективность и качество очистки обрабатываемых поверхностей, более рационально используется кинетическая энергия струи, снижается энергоемкость производимых работ, повышается производительность процесса очистки и культура производства.

УДК 627.8-1

КОНИЧЕСКАЯ НАСАДКА С ОПТИМАЛЬНЫМ УГЛОМ КОНУСНОСТИ ДЛЯ РЕВЕРСИВНО-СТРУЙНОЙ ОЧИСТКИ

*И.В. Качанов, И.М. Шаталов, А.Н. Жук, А.В. Филипчик, В.С. Ковалевич
Белорусский национальный технический университет*

Основным рабочим элементом гидромониторных стволов является конфузор [1], позволяющий сформировать струю рабочей жидкости с заданными энергетическими характеристиками.

Анализ патентно-информационных источников [2, 3] показывает, что задача по определению оптимального угла конусности конфузоров до настоящего времени не получила корректного решения. Процесс формирования струи в конфузорах определяется соотношением площадей входного и выходного отверстий и конфигурацией каналов.

С целью математического обоснования оптимального угла конусности α конфузора струеформирующего устройства была решена вариационная задача по минимизации потерь напора в потоке жидкости, проходящей через конфузор. При расчете конфузора полная потеря напора h на трение определялась как сумма двух видов потерь напора: потери на трение по длине h_{mp} и местные потери напора на плавное сужение $h_{n.c.}$ [4], т.е.

$$h = h_{mp} + h_{n.c.} \quad (1)$$

Потеря напора на трение по длине рассчитывалась с использованием формулы Дарси-Вейсбаха, записанной в дифференциальном виде

$$dh_{mp} = \lambda \frac{dl}{2r} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (2)$$

Для расчета принимался цилиндрический конфузор с прямолинейной образующей и с углом α при вершине (рисунок 1).

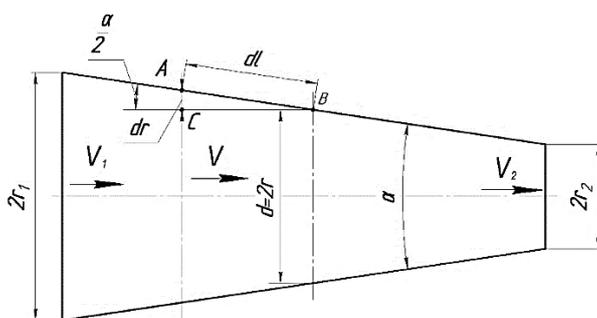


Рисунок 1 – Расчетная схема конфузора, принятая для определения оптимального угла конусности α_{opt}

При расчете местных потерь напора на плавное сужение использовалась классическая формула Вейсбаха [4]:

$$h_{n.c.} = \xi_{n.c.} \frac{v_2^2}{2g} \quad (4)$$

Для определения оптимального угла конусности α_{opt} , при котором полные потери напора на трение будут минимальными, исследовалось на экстремум выражение

$$h(\alpha) = \frac{C_{mp}}{\sin \frac{\alpha}{2}} + \left(0,6 \cdot \left(\sin \frac{\alpha}{2} \right)^{3,45} + \frac{0,0138}{\sin \frac{\alpha}{2}} + 0,13 \right) \cdot C_n \quad (5)$$

$$\text{где } C_n = \left(\frac{1}{\varepsilon} - 1 \right)^2 \cdot \frac{v_2^2}{2g}, C_{mp} = B_1 \left[\begin{aligned} &0,0582 \cdot (1 - n^4) + \frac{15,886 \cdot (1 - n^{3,5}) \sqrt{r_2}}{\sqrt{A}} + \\ &+ \frac{2,111 \cdot (1 - n^{3,7865}) \cdot r_2^{0,2135}}{A^{0,2135}} \end{aligned} \right]$$

Исследование показало, что в интервале углов конусности (0; 180°) единственным решением для $\alpha_{\text{опт}}$ является

$$\alpha_{\text{опт}} = 2 \arcsin \left(\frac{C_{\text{мп}} + 0,0138C_n}{2,07C_n} \right)^{\frac{4}{19}} = 2 \arcsin \left(\frac{C_{\text{мп}}}{2,07C_n} + 0,067 \right)^{\frac{4}{19}}. \quad (6)$$

Анализ расчетов по формуле (6) показывает, что для конструктивно обоснованных значений параметров, входящих в формулу (6), минимальные потери напора и, как следствие, максимальное воздействие струи рабочей жидкости, будут отмечаться при значении угла конусности $\alpha_{\text{опт}} = 39\text{--}43^\circ$ [5].

Список использованных источников

1. Бочаров, В.П. Расчет и проектирование устройств гидравлической струйной техники / В.П. Бочаров. – Киев: Техник, 1987. – 12 с.
2. Способы очистки металлических поверхностей: пат. №21512, Респ. Беларусь, МПК В 08В 3/04 / И.В. Качанов, А.Н. Жук, А.В. Филипчик, А.С. Исаенко; дата публ. 30.12.2017.
3. Качанов, И.В. Технология струйной гидроабразивной очистки и защиты от коррозии стальных изделий с применением бентонитовой глины / И.В. Качанов, А.В. Филипчик, В.Е. Бабич, А.Н. Жук, С.И. Ушев. – Минск: БНТУ, 2016. – 168 с.
4. Альтшуль, А.Д. Гидравлические сопротивления / А.Д. Альтшуль. – М.: Недра, 1982. – 224 с.
5. Качанов И.В., Веремеюк В.В., Мойса А.С., А.В. Филипчик. Расчет оптимального угла конусности конфузора. – Минск: Агропанорама, 2016. – С. 7–10.

УДК 620.4539.37

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СКОРОСТНОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РЕЗЦОВ ДЛЯ ДОРОЖНЫХ МАШИН

*И.В. Качанов, И.М. Шаталов, С.А. Ленкевич, К.Ю. Быков, В.С. Рабченя
Белорусский национальный технический университет*

Современное развитие промышленного производства тесно связано с использованием наукоемких и высоких технологий, обеспечивающих конкурентоспособность выпускаемой продукции на мировом рынке путем внедрения новых эффективных процессов обработки материалов при одновременном снижении энерго- и ресурсопотребления. В этой связи большими потенциальными возможностями обладают технологии, основанные на получении биметаллических формообразующих деталей штамповой оснастки методом скоростного горячего выдавливания (СГВ), позволяющие за один удар получать высокоточные изделия с экономией штамповых сталей до 90 %. Эти технологии могут получить широкое применение для получения отечественных биметаллических резцов для снятия асфальтобетонных покрытий.

Профилирование старого асфальтобетонного покрытия – это автоматически управляемый процесс его холодного фрезерования для восстановления заданного поперечного и продольного профиля, удаления бугров, выбоин, зон износа, а также других дефектов покрытия, что и выполняют современные дорожные фрезы (дорожная фреза фирмы Wirtgen).

Чтобы разработать технологический процесс изготовления биметаллического инструмента методом СГВ, необходимы информация о характере пластического течения, а также сведения об откликах системы «штамп – инструмент – деформируемый образец» на изменение технологических параметров. Для получения такой информации могут быть использованы методы экспериментального исследования и теоретического моделирования, а также их комбинации. Главная трудность применения всех методов экспериментального исследования заключается в необходимости изготовления технологической оснастки, стоимость которой весьма значительна.

Альтернативой экспериментальному и теоретическому методам исследований является использование имитационного моделирования процессов объемной штамповки с помощью метода конечных элементов (МКЭ). Неоспоримое и весьма ценное достоинство этого метода – возмож-