

РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ДАВЛЕНИЯ РЕВЕРСИВНОЙ СТРУИ НА ОБРАБАТЫВАЕМУЮ ПЛОСКУЮ ПОВЕРХНОСТЬ

Качанов И.В., Жук А.Н., Вермениук В.В., Филипчик А.В.,
Шаталов И.М., Быков К.Ю.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Исследования, проведенные на кафедре «Кораблестроение и гидравлика» БНТУ показали, что весьма экономично и с малыми затратами мощности можно подготовить листовый материал под лазерную резку (ЛР) применяя реверсивно-струйную очистку (РСО) для обработки поверхностей.

Для реализации этой технологии РСО на кафедре «Кораблестроение и гидравлика» БНТУ была разработана конструкция струйного блока (рисунок 1) характеризующаяся патентной новизной [1]. Конструкция включает конусное сопло 1, установленное в корпус 2, который через уплотнение 3 плотно прижимается к очищаемой поверхности 4. Изменение расстояния L между поверхностью и соплом обеспечивается за счет перемещения последнего в радиальных опорах 5.

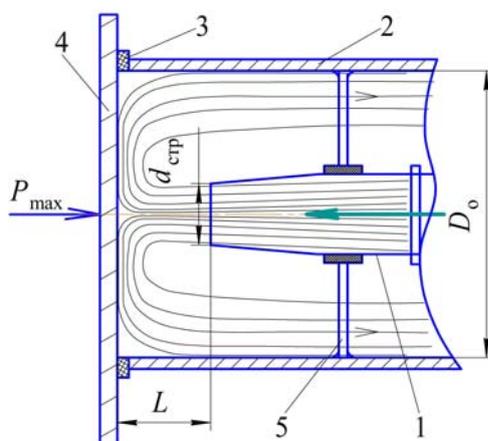


Рисунок 1 - Схема струйного устройства для реализации процесса реверсивно-струйной очистки

При подключении данного струйного блока к насосной установке поток рабочей жидкости после взаимодействия с поверхностью 4 разворачивается на 180° относительно своего первоначального движения. Этот разворот обеспечивает формирование реактивной силы, которая, складываясь с силой от воздействия струи, приводит к увеличению давления p_{max} струйного воздействия в $1,25 \div 1,5$ раза (теоретически – в 2 раза) по сравнению с традиционной схемой очистки, когда струя после

взаимодействия с поверхностью растекается под углом 90° относительно своего первоначального направления течения.

Отмеченный выше параметр силы (давления) струйного воздействия на обрабатываемую поверхность является одним из основных при разработке технологии РСО и выборе насосного оборудования, предназначенного для реализации технологии.

Анализ показал, что значительный объем теоретических исследований по расчету силы (давления) струйного воздействия основан на использовании теоремы об изменении количества движения, что не позволяет авторам установить взаимосвязь между усилием (давлением) обработки и механическими свойствами обрабатываемых материалов, включая технологические параметры процесса РСО [4].

Для получения решения, лишенного указанных недостатков, предлагается использовать теоретический метод, который в механике сплошной среды известен как приближенный энергетический метод (метод верхней оценки).

На основе этого метода разработана математическая модель расчета давления разрушения от воздействия реверсивной струи на обрабатываемую поверхность, состоящую из слоя коррозионных отложений.

В результате решения вариационной задачи получена теоретическая зависимость (1) для расчета минимальной величины давления разрушения p_{\min} в точке соударения реверсивной струи с преградой, учитывающая механические свойства разрушаемого материала (σ_s , ρ), скорость струи $v_{\text{стр}}$ и параметр реверсивного течения – коэффициент обжатия струи λ :

$$p_{\min} = 2,6\sigma_s + 0,25\rho(1 + \lambda)v_{\text{стр}}^2. \quad (1)$$

Сопоставление экспериментальных данных, полученных с помощью двух методик (базируются на основе применения датчика разности давлений ЭДП-30 и пружинного динамометра с пределами измерений 25 и 80 МПа соответственно), с теоретическими (получены на основе расчета по формуле (1)) в диапазоне рабочих скоростей реверсивного струйного воздействия ($v_{\text{стр}} = 140 \div 200$ м/с) и давлений на преграду (14 ÷ 43 МПа) показало расхождение порядка 4 ÷ 15 %. Полученное незначительное расхождение между теорией и экспериментом показывает, что оптимизированная теоретическая зависимость (1) является вполне корректной и может быть использована в инженерной практике как для прогнозирования энергосиловых и кинематических параметров процесса реверсивно-струйной очистки, так и для подбора соответствующего насосного оборудования, предназначенного для реализации этого процесса.