

## К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ РЕВЕРСИВНО-СТРУЙНОЙ ОЧИСТКИ СТАЛЬНЫХ ЛИСТОВ ПЕРЕД ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКОЙ

Жук А. Н., Качанов И. В., Шаталов И. М.

Белорусский национальный технический университет

e-mail: hidrokaf@bntu.by

*Summary.* A methodology has been developed for the selection of pumping equipment necessary for the implementation of reverse jet cleaning with minimal costs, taking into account the physical and mechanical properties of the destroyed corrosive materials.

Одним из приоритетных направлений развития машино- судостроительной отрасли Республики Беларусь является разработка энерго- и ресурсосберегающих технологий, и техпроцессов, обеспечивающих получение высококачественной и конкурентоспособной продукции. Успешная реализация целого ряда современных высокоэффективных технологических процессов напрямую зависит от качества очистки и защиты поверхностей от коррозии. Так, например, процесс лазерной резки, относящихся к числу таких техпроцессов, может быть эффективно реализован, только при проведении предварительной обработки поверхности стального листа. Суть этой обработки сводится к обеспечению наряду с очисткой от продуктов коррозии, нагара, окалина, формирования поверхности с высокой светопоглощающей способностью, низким уровнем упрочнения и чистотой порядка  $Ra = 0,2-0,4$  мкм. При этом актуальным является вопрос по предотвращению повторной коррозии, которая начинает протекать на уже очищенной поверхности через 2–5 часов под воздействием кислорода, находящегося в составе окружающей среды, а также регенерация и дальнейшее использование рабочей жидкости.

Одним из возможных направлений для решения указанной задачи является использование метода реверсивно-струйной очистки (РСО), основанного на струйном воздействии рабочей жидкости на обрабатываемую плоскую поверхность. Для теоретического описания процесса РСО и определения минимального (энергоэффективного) давления разрушения в точке соударения реверсивной струи с преградой получена зависимость (1):

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

где  $\sigma_s$  – предел текучести деформируемого материала, МПа;  $\rho$  – плотность разрушаемого материала, кг/м<sup>3</sup>;  $v_{\text{стр}}$  – скорость струи, м/с,  $\lambda$  – коэффициент обжатия реверсивной струи.

Уравнение (1) наряду с научной имеет и существенную практическую значимость, заключающаяся в возможности применения полученного уравнения (1) для разработки методики расчета параметров насосного оборудования, от обоснованного выбора которого зависит эффективность реализации технологии РСО.

Решается эта задача следующим образом. Из уравнения (1) определяется скорость струи  $v_{\text{стр}}$  при которой происходит разрушение слоя продуктов коррозии на очищаемой поверхности, по следующей зависимости (2)

$$v_{\text{стр}} = \sqrt{\frac{P_{\min} - 2,6\sigma_s}{0,25\rho(1 + \lambda)}} \quad (2)$$

Из зависимости (2) видно, что для материала с заданными физико-механическими свойствами ( $\sigma_s, \rho$ ) скорость струи  $v_{стр}$  возрастает при увеличении давления разрушения  $p_{мин}$  и уменьшении коэффициента обжатия струи  $\lambda$ .

Из (2) и рисунка 1 видно, что максимальная скорость струи  $v_{стр}$ , вызывающая разрушение слоя коррозии на очищаемой поверхности отмечается при коэффициенте обжатия  $\lambda = 0$ , который соответствует радиальному растеканию струи на очищаемой поверхности при угле  $\beta = 90^\circ$ .

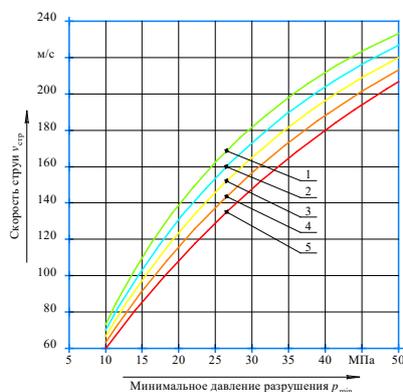


Рисунок 1 – Зависимость скорости  $v_{стр}$  от минимального давления разрушения  $p_{мин}$  при  $\sigma_B = 2,5$  МПа;  $\rho_M = 3,5 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>: 1 –  $\lambda = 0$ ; 2 –  $\lambda = 0,05$ ; 3 –  $\lambda = 0,063$ ; 4 –  $\lambda = 0,1$ ; 5 –  $\lambda = 0,2$

Величина подачи насоса  $Q_H$  определяется из выражения (3)

$$Q_H = \frac{\pi d_c^2}{4} \cdot v_{стр}, \quad (3)$$

где  $d_c$  – диаметр сопла струйного конфузора, м;  $v_{стр}$  – средняя скорость струи в выходном сечении сопла, м/с.

Принимая во внимание выражение (2), формула (3) примет вид (4)

$$Q_H = \frac{\pi d_c^2}{4} \sqrt{\frac{p_{мин} - 2,6 \sigma_B}{0,25 \rho (1 + \lambda)}} \quad (4)$$

Для конфузора с оптимальным углом конусности  $\alpha_{опт} = (41-44^\circ)$ , пренебрегая потерями давления, местным и по длине величину давления во входном сечении  $p_{вх}$  можно определить из выражения (5)

$$p_{вх} = \rho \frac{v_{стр}^2}{2}, \quad (5)$$

Принимая суммарные потери давления в гидрوليнии от конфузора до насоса равными 10 %, найдем с учетом (5) давление насоса  $p_H$ , учитывая, что  $p_H = 1,1 p_{вх}$ , из выражения (6)

$$p_H = 1,1 \rho \frac{p_{мин} - 2,6 \sigma_B}{0,25 \rho (1 + \lambda) 2}. \quad (6)$$

Мощность  $N$ , потребляемая насосом для реализации технологии РСО определяется по формуле (7)

$$N = \frac{N_n}{\eta_n}, \quad (7)$$

где  $N_n$  – полезная мощность насоса, кВт;  $\eta_n$  – полный КПД насоса.

Учитывая, что полезная мощность насоса  $N_n = p_n \cdot Q_n$  и принимая во внимание (4) и (6) получим формулу для расчета потребной мощности насоса  $N$  (8)

$$N = 1,1 \frac{\rho_{\text{ж}}}{\eta} \frac{p_{\text{min}} - 2,6\sigma_{\text{в}}}{0,25\rho(1+\lambda)} \cdot 0,785dc^2 \sqrt{\frac{p_{\text{min}} - 2,6\sigma_{\text{в}}}{0,25\rho(1+\lambda)}} \quad (8)$$

Таким образом предложенная методика расчета параметров насосного оборудования ( $P_n$ ,  $Q_n$ ,  $N_n$ ), позволяет оперативно подобрать конкретную марку насоса для эффективной реализации технологии РСО в лабораторных либо промышленных условиях с учетом физико-механических свойств разрушаемых коррозионных материалов ( $\sigma_{\text{в}}$ ,  $\rho$ ), коэффициента обжатия реверсивной струи  $\lambda$ . Используя предложенную методику обеспечивается подбор насосного оборудования для разрушения коррозионных отложений с минимальными затратами мощности.

УДК 621.7.09

### НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА РЕВЕРСИВНО-СТРУЙНОЙ ОЧИСТКИ СТАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПЕРЕД ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКОЙ

Жук А. Н., Качанов И. В., Шаталов И. М.

Белорусский национальный технический университет

e-mail: hidroka@bntu.by

***Summary.** The influence of the main parameters of the working fluid jet necessary for the development of energy-saving reversible-jet cleaning of surfaces before laser cutting has been established.*

Разработка энерго- и ресурсосберегающих технологий является одним из приоритетных направлений развития машино- судостроительной отрасли Республики Беларусь. Учеными ближнего и дальнего зарубежья активно разрабатываются ресурсосберегающие технологии, основанные на оптимизации энерго- трудозатратных технологических операций. Процесс реверсивно-струйной очистки (РСО), используемый для подготовки листового материала перед лазерной резкой, является энергоемким. Основные параметры при разработке технологии струйной очистки поверхностей от коррозии является давление струи на очищаемую поверхность, величина которого полностью определяется силой от воздействия струи на поверхность, коэффициента обжатия струи  $\lambda$ , расстояния до обрабатываемой поверхности  $L$ .

Влияние коэффициента обжатия струи  $\lambda$  на силовое воздействие как реверсивной, так и струи, растекающейся под углом  $\beta = 90^\circ$  по преграде, представлено на рис. 1. Прежде всего, следует отметить, что при всех проведенных исследованиях независимо от расстояния  $L$  и значения давления  $p_{\text{вх}}$  на входе в сопло имеется оптимальный диапазон значений  $\lambda_{\text{опт}} = 0,05-0,08$  в котором сила  $F$  от воздействия реверсивной струи имеет