

## ТЕХНОЛОГИЯ РЕВЕРСИВНО-СТРУЙНОЙ ГИДРОАБРАЗИВНОЙ ОЧИСТКИ СУДОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ И ГРЕБНЫХ ВИНТОВ ОТ КОРРОЗИИ

Денисов В. А., магистрант,

Кундир М. А., студент

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Научные руководители: д-р техн. наук, профессор Качанов И. В.,

старший преподаватель Шаталов И. М.

**Аннотация.** В статье представлены результаты разработки и исследований отечественной инновационной технологии реверсивно-струйной гидроабразивной очистки (РСО). Показано, что технология обеспечивает не только эффективное удаление продуктов коррозии, но и формирует защитное пленочное покрытие, препятствующее повторной коррозии. Установлено, что применение специальной рабочей суспензии и реверсивного эффекта струи позволяет снизить энергозатраты процесса в 1,5 раза.

Эксплуатация судов в условиях водного транспорта сопряжена с интенсивными коррозионными процессами, приводящими к значительным экономическим потерям. Существующие методы очистки (механические, химические, традиционная гидроабразивная обработка) обладают рядом существенных недостатков: низкая производительность, высокие энергозатраты, негативное воздействие на материал и окружающую среду, отсутствие долговременной защиты от повторной коррозии [1, 2]. Целью данной работы являлась разработка и исследование ресурсосберегающей технологии, лишенной указанных недостатков.

Была разработана трехэтапная технология реверсивно-струйной гидроабразивной очистки (РСО). Ключевым отличием от известных способов является использование реверсивной струи рабочей суспензии, которая после соударения с очищаемой поверхностью разворачивается на  $180^\circ$ , создавая дополнительную реактивную силу. Данный принцип позволяет увеличить силовое воздействие на 40–70 % без увеличения мощности насосного оборудования [3].

Лабораторные и производственные исследования проводились на специально разработанном стенде, позволяющем создавать давление на входе в сопло до 50 МПа и скорость струи до 550 м/с. В качестве объектов исследования использовались образцы из стали СтЗпс и судовые гребные винты из материала ВСтЗсп4.

Для реализации технологии применялись три состава рабочих суспензий:

1. Первый этап (грубая очистка): техническая вода с речным песком фракции 0,1–0,63 мм ( $K_{р.п.} = 8,7–10\%$ ) и полиакриламидом ( $K_{п} = 10^{-6} – 10^{-2}\%$ ).

2. Второй этап (промывка): техническая вода ( $K_{в} = 100\%$ ).

3. Третий этап (финишная обработка и защита): техническая вода ( $K_{в} = 95,5\%$ ), кальцинированная сода ( $K_{к.с.} = 0,2–1\%$ ) и бентонитовая глина ( $K_{б} = 3,5\%$ ).

Качество обработанной поверхности оценивалось по параметру шероховатости  $Ra$  и микротвердости поверхностного слоя  $H_{\mu}$ . Исследования проводились на профилометре-профилографе модели 252 и микротвердомере «Micromet-2». Адгезионная прочность защитного покрытия измерялась методом склерометрии.

В ходе лабораторных экспериментов были установлены оптимальные параметры процесса РСО: давление на входе в сопло  $p_{вх} = 20$  МПа, расстояние от сопла до поверхности  $L = 30$  мм, коэффициент обжатия струи  $\lambda = 0,063$ . В этих условиях достигается минимальная шероховатость поверхности  $Ra = 2–5$  мкм, что является оптимальным для последующих операций, таких как лазерная резка или нанесение лакокрасочных материалов.

Установлено, что процесс РСО обеспечивает повышение микротвердости поверхностного слоя на 7–16 % по сравнению с традиционной гидроабразивной очисткой с радиальным растеканием струи (ГАО с РРС). Это объясняется более интенсивным силовым воздействием и эффектом поверхностного наклепа.

Наиболее значимым результатом является формирование на третьем этапе обработки защитного пленочного покрытия (ЗПП) толщиной 5–9 мкм. Спектрометрический анализ подтвердил, что покрытие состоит из компонентов рабочей суспензии – бентонитовой глины и кальцинированной соды. Испытания показали высокую адгезионную прочность ЗПП, составившую 28 МПа, и его коррозионную стойкость. Визуальные наблюдения в течение 42 суток в цеховых условиях не выявили очагов повторной коррозии на обработанных поверхностях, в то время как на образцах, очищенных ручным механизированным инструментом, площадь поражения коррозией достигла 85 % (рис. 1).

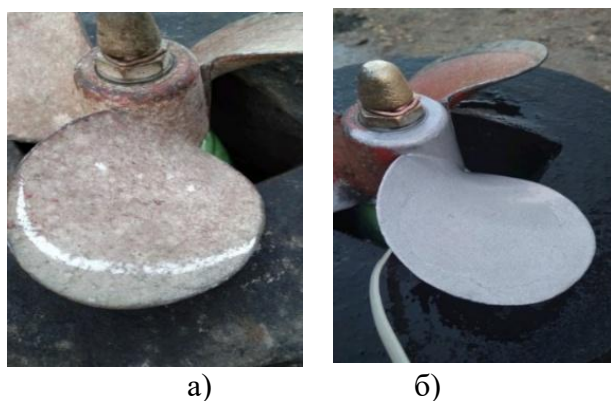


Рис. 1. Визуализация состояния лопастей гребного винта до и после обработки:  
а – необработанная поверхность; б – поверхность после обработки

За счет применения реверсивного эффекта струи и специальной суспензии на основе бентонитовой глины величина минимального давления, необходимого для разрушения слоя коррозии, снизилась в 1,8–2 раза. Это позволило снизить энергозатраты на весь процесс.

#### Список использованных источников

1. Неверов, А. С. Коррозия и защита материалов: учеб. пособие / А. С. Неверов, Д. А. Родченко, М. И. Цырлин. – Мн. : Высшая школа, 2007. – 221 с.
2. Качанов, И. В. Гидроабразивная технология очистки металлических поверхностей гребных винтов от коррозии / И. В. Качанов, А. В. Филипчик, И. М. Шаталов [и др.] // Вестник БарГУ. Сер. Технические науки. – 2021. – Вып. 10. – С. 51–59.
3. Денисов, В. А. Теоретические и экспериментальные исследования инновационной технологии реверсивно–струйной очистки судовых поверхностей от коррозии / В. А. Денисов, И. В. Чайчиц, М. А. Капуза // Студенческая международная научно-техническая конференция. – Мн. : БНТУ, 2020.
4. Способ очистки металлических поверхностей: пат. 21512 Респ. Беларусь, МКИ в 08В 3/02, в 08В 3/04 / И. В. Качанов, А. Н. Жук, А. В. Филипчик, А. С. Исаенко; заявитель Белорус. нац. техн. ун–т. – № а 20140350; заявл. 23.06.2014; опубл. 30. 12. 2017.