

чества в сфере науки и образования. Международные кластеры обеспечивают рост экспорта в наших странах посредством реализации совместных программ маркетинга и сбыта продукции в третьих странах; активизируют инновационно-инвестиционную деятельность в результате совместных инвестиционных проектов кластеров в рамках государственно-частного партнерства, привлечения иностранных инвестиций; активизируют деловую активность в трансграничных регионах посредством реализации программ трансграничного сотрудничества кластеров.

Список использованных источников

1. Инновационные системы современной экономики [Текст]: монография / Л.Н. Нехорошева, Н.И. Богдан. – Мн.: БГЭУ, 2003. – 219 с.
2. Крупский Д. М. Руководство по созданию и организации деятельности кластеров в Республике Беларусь [Текст]: Мн., 2015. – 4 с.
3. Портер М.Э. Конкуренция. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2001.
4. Эдилерская А.А. Кластерно-сетевые принципы организации современного предпринимательства //Актуальные проблемы развития общества, экономики и права / Сб. науч. трудов аспирантов, 2008.

УДК 669:620.197

ТЕХНОЛОГИЯ РЕВЕРСИВНО-СТРУЙНОЙ ОЧИСТКИ СТАЛЬНЫХ ЛИСТОВ ПЕРЕД ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКОЙ

*И.В. Качанов, А.Н. Жук, А.В. Филипчик, В.А. Ключник
Белорусский национальный технический университет*

Для современного машиностроительного производства Республики Беларусь характерно отсутствие собственной сырьевой базы, результатом чего является существенная зависимость от импортных материальных ресурсов, поставляемых по мировым ценам. При таких условиях работы эффективность производства может быть достигнута за счет экономии и использования энерго- и ресурсосберегающих технологий, обеспечивающих получение высококачественной и конкурентоспособной продукции [1–10]. Эффективность реализации целого ряда технологических процессов напрямую зависит от качества очистки поверхностей от коррозии. Так, например, для подготовки стальных листов под лазерную резку (ЛР) необходимо после очистки от коррозии иметь высококачественную поверхность с шероховатостью $R_a = 0,4–1,0$ мкм с минимальным уровнем упрочнения (микротвердость H_{μ} после обработки по сравнению с исходным значением $H_{\mu 0}$ должна находиться в пределах $H_{\mu} = 1,5–1,6 H_{\mu 0}$) и низкой отражательной способностью [11, 12].

Однако обеспечение такого качества поверхности является экономически затратным, требует значительного количества расходных материалов (чугунная, стальная дробь), участия в работе высококвалифицированного персонала.

Исследования, проведенные в лаборатории кафедры «Кораблестроение и гидравлика» БНТУ показали, что весьма экономично и с гораздо меньши-

ми затратами мощности можно подготовить листовые стальные материалы к последующей ЛР применяя для удаления продуктов коррозии реверсивно-струйную очистку (РСО), основанную на струйном воздействии рабочих жидкостей на обрабатываемую поверхность. При этом в качестве рабочих жидкостей используются водные составы с добавками на начальном этапе очистки речного песка и бентонитовой глины – на завершающем этапе. При такой последовательности обработки листовых материалов на очищенной поверхности формируется микронеровность R_a порядка 2–4 мкм, покрытая антикоррозионным защитным покрытием, которое имеет химсостав бентонитовой глины и характеризуется низкой отражательной способностью, что является актуальным при ЛР. Испытания на лазерных комплексах, относящиеся по типу к газовым лазерам, показали повышение скорости ЛР для образцов, обработанных по указанной технологии на 10–20 %, по сравнению, например, с материалами, очищенными с применением традиционных (дробеструйных, пескоструйных) технологий.

Для проведения экспериментальных исследований процесса РСО стальных листовых материалов был разработан экспериментальный стенд, представленный на рис. 1.

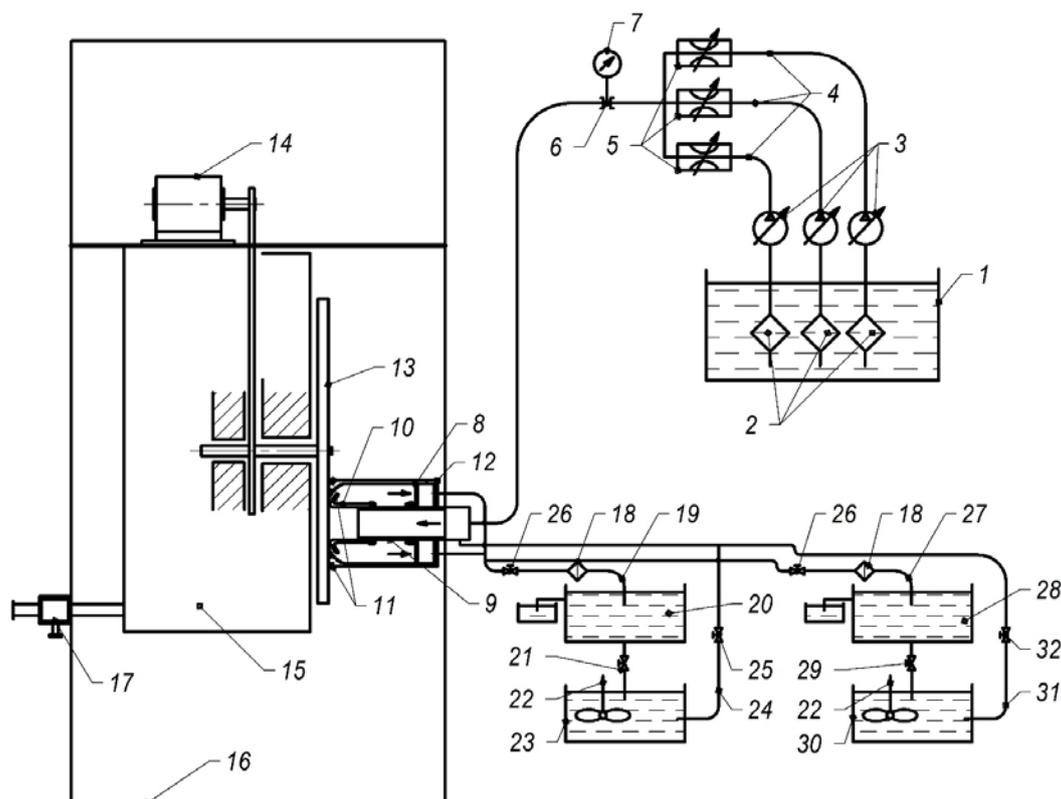


Рисунок 1 – Схема экспериментального стенда для исследования процесса РСО

Как уже отмечалось, для подготовки стальных листов к ЛР использовалась технология РСО, основанная на струйном воздействии рабочей жидкости на обрабатываемую поверхность. Схематично струйное устройство 8, предназначенное для реализации РСО, представлено на рис.1 и содержит

конусное сопло 10, установленное соосно в стакане 12. Стакан 12 через уплотнение 11 плотно прижимается к обрабатываемой поверхности 13.

При подключении данного устройства к насосной установке струйный поток рабочей жидкости, проходящий через сопло 1, после взаимодействия с обрабатываемой поверхностью 4 разворачивается на 180° относительно своего первоначального движения. Этот разворот обуславливает возникновение реактивной силы, которая, складываясь с силой от воздействия струи, приводит к увеличению максимальной силы струйного воздействия силы P_{\max} в 1,5–1,75 раз (теоретически в 2 раза) по сравнению с традиционной схемой очистки, когда струя после взаимодействия с поверхностью растекается под углом 90° по отношению к последней.

За счет отмеченного повышенного силового воздействия при неизменной подаче для данной конструкции РСО, которая имеет патентную новизну [13], характерно снижение мощности на 30–50%, увеличение производительности на 30–40% по сравнению с традиционными струйными методами очистки.

В работах [14, 15] в результате решения вариационной задачи по установлению минимальной мощности обработки было установлено, что минимальная сила разрушения слоя коррозии на обрабатываемой поверхности отмечается (при прочих равных параметрах (давление на входе в сопло p_c , расстояние L от сопла до обрабатываемой поверхности) при коэффициенте обжата струи $\lambda = 0,063$).

Работа на стенде осуществлялась следующим образом. При включении насосов высокого давления 3 рабочая жидкость (вода) из бока 1 через фильтры 2 по напорным линиям 4 подается в сопло 9, смонтированное в стакане 8. С помощью эффекта эжекции по линиям 31 либо 24 в сопло 9 подается рабочая жидкость, состав которой подбирается с учетом требований того либо иного этапа очистки.

В частности, исследованиями была установлена целесообразность проведения очистки в три этапа. При этом на первом этапе очистки для обеспечения повышенной производительности из рабочего бака 30 рабочая жидкость в сопло 9 подавалась с высокой степенью абразивного воздействия на обрабатываемую поверхность. В качестве такой рабочей жидкости, использовалась вода, содержащая речной песок с размером фракций 0,1–0,63 мм и полиакриламид. Концентрации речного песка $K_{р.п.}$ и полиакриламида K_n в баке 30 составляли соответственно 8–10% и 10^{-6} – 10^{-20} % от общего объема рабочей жидкости. Предварительная подготовка речного песка по фракционному составу осуществлялось в устройстве гравитационного типа действия, которое характеризуется патентной новизной [16].

На втором этапе РСО использовалась чистая вода, подаваемая насосами из бака 1 на обрабатываемую поверхность по линиям 4, с целью полной промывки ее от мелкодисперсных фракций речного песка, что необходимо для проведения третьего этапа очистки.

На третьем этапе осуществления РСО из бака 23 по линии 24 эжектировалась рабочая жидкость, содержащая воду, в которой были размешаны бентонитовая глина и кальцинированная сода с концентрациями соответственно $K_b = 5\text{--}20\%$ и $K_{к.с.} = 2\text{--}10\%$ от общего объема. Указанные концентрации после эжектирования в струйном сопле 9 снижались в струе, действующей на обрабатываемую поверхность, до значений $K_{б,с} = 2\text{--}5\%$ и $K_{к.с.с} = 0,2\text{--}1,0\%$. Указанные диапазоны были установлены как оптимальные при подготовке очищенной поверхности под ЛР.

При этом отличительным моментом реализации третьего этапа РСО является операция сушки образцов при комнатной температуре ($T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) в течение 20-24 ч. Указанная операция позволяет сформировать на обработанной поверхности за счет заполнения впадин микронеровностей антикоррозионный защитный слой с толщиной δ , составляющий не менее $1,1\text{--}1,2$ от максимальной высоты выступов микронеровностей $R_{a,max}$ ($\delta > 1,1\text{--}1,2 R_{a,max}$).

Эксперименты для оценки влияния качества сформированной поверхности на эффективность процесса лазерной резки (ЛР) проводились на комплексе Nureg Gear 510 корпорации Yamazaki Mazak Optonics Corp. (Япония). Для проведения исследований были подготовлены образцы размером 120×120 мм из стали Ст3пс толщиной от 3 до 10 мм. Заготовки были разбиты на три группы: 1-ая группа образцов была обработана по технологии РСО; 2-ая группа – предоставлена в условиях поставки, без дополнительной обработки поверхности; 3-ая группа образцов прошла механическую обработку – дробеструйную, согласно технологической карты.

Указанные образцы подвергались ЛР на различных режимах резки, с увеличением скорости резки от 2,5 до 4 м/мин (рис. 2).

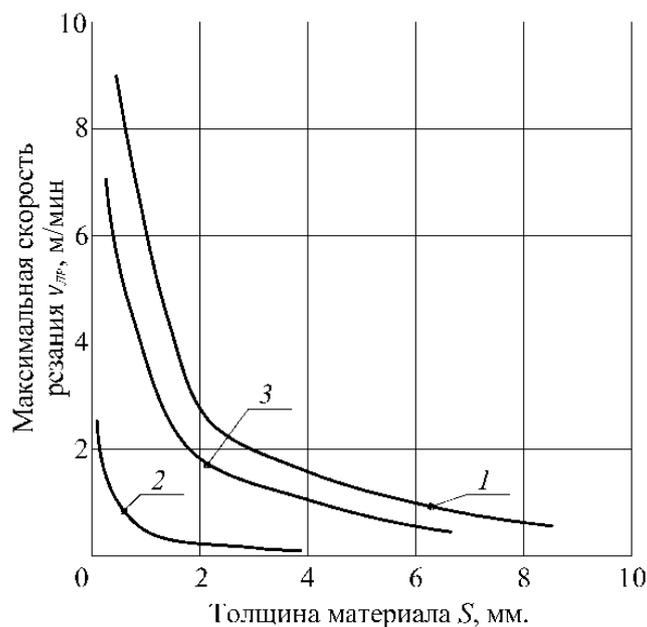


Рисунок 2 – Зависимость максимальной скорости резания от толщины материала:
1, 2, 3 – номера групп образцов

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод о том, что применение РСО обеспечивает повышение скорости ЛР в среднем на 10–20 %. Отмеченное увеличение скорости ЛР для 1-ой группы образцов можно объяснить малой величиной упрочнения поверхностного слоя, отсутствием эффекта рассеяния энергии лазерного луча от существенно шероховатой поверхности ($R_a = 2\text{--}4$ мкм), за счет того, что на этой поверхности в результате РСО формируется защитное пленочное покрытие. Последнее, на основании экспериментальных данных характеризуют светопогложительными свойствами, которые исключают отражение лазерного луча от поверхности разрезаемого материала.

Список использованных источников

1. Банников, И.И. Механизация очистки и окраски подводной части судов / Банников И.И., Финкель Г.Н., Хейфец В.Л. // Л.: Судостроение, 1980. – 116 с.
2. Агасарян Р.Р. Струйно-абразивная обработка металлов / Р.Р. Агасарян – Ереван: АрмНИИНТИ, 1990. – 51 с.
3. Меркулов В.Н. Перспективные процессы гидрообработки материалов в машиностроении / К.Н. Меркулов. – Киев: УкрНИИНТИ, 1987. – 10 с.
4. Тихомиров Г.А. Гидрорезание судостроительных материалов / Г.А. Тихомиров. – Л.: Судостроение, 1987. – 164 с.
5. Крайко А.Н. Механика жидкости и газа. Избранное / Под общей ред. А.Н. Крайко. Ред.-сост. А.Н. Крайко, А.Б. Ватажий, Г.А. Любимов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 752 с.
6. Вилькер Д.С. Лабораторный практикум по гидромеханике / Вилькер Д.С. – М.: ФИЗМАТГИЗ, 1959. – 351 с.
7. Гибсон А. Гидравлика и ее приложения / А. Гибсон; пер. с 6-го англ. изд. А.Е. Стратоницкой и С.С. Соколова; под ред. М.В. Потапова. – М.; Л.: Гос. энергетическое изд-во, 1934. – 610 с.: ил. – Указ.: с. 606-610.
8. Френкель Н.З. Гидравлика / Н.З. Френкель. – М., Л.: Госэнергиздат, 1956. – 456 с.
9. Кудинов В.А. Нанесение покрытий напылением. Теория, технология и оборудование / В.А. Кудинов, Г.В. Бобров – М.: Металлургия, 1992. – 432 с.
10. Комов В. А. Гидравлика. – М., Л., 1951. – 230-233 с.
11. Качанов И.В. Теоретические и экспериментальные исследования по определению струйного давления рабочей жидкости на обрабатываемую плоскую поверхность / И.В. Качанов, А.В. Филипчик // Наука и техника, 2012. – №1. – С. 79-85.
12. Памфилов Е.А. Формирование качества поверхностей при лазерной обработке / Е.А. Памфилов, В.Д. Северин // Вестник машиностроения, 1982. – №4. – С. 46-48.
13. Устройство для очистки от коррозии плоских стальных поверхностей: пат. № 16526 Респ. Беларусь, МПК В 08В 3/00, В63В 59/08 / Кача-

нов И.В., Жук А.Н., Шаталов И.М., Шарий В.Н., Мяделец С.О.; заявитель Белорус. нац. техн. ун-т. – № а 20100719; заявл. 12.05.2012; опубл. 30.10.2012.

14. 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 и С.И. Ушев. Моногр. – Мн.: БНТУ, 2016. – 167 с.

15. Качанов И.В. Математическая модель расчета минимального давления разрушения поверхностного слоя коррозии от воздействия реверсивной струи рабочей жидкости / И.В. Качанов, В.В. Веремеюк, А.Н. Жук // Наука и техника, 2014. – № 2. – С. 46–51.

16. Устройство для отбора осветленной гидросмеси на земснаряде пат. № 14172 Респ. Беларусь, МПК Е 02F 3/88/ Качанов И.В., Жук А.Н., Песцов Г.В., Чернобылец А.Н.; заявитель Белорус. нац. техн. ун-т. – №а20081686; заявл. 24.12.2008; опубл. 30.04.2010.

УДК 681.51.03

ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ

Я.О. Князева, М.А. Кисляков, Н.К. Симаков

Ижевский технический университет имени М.Т. Калашникова

***Аннотация.** В данной статье поднимается вопрос о внедрении цифрового управления расчетов коммунальных услуг энергоэффективных жилых зданий. Рассмотрены методологии доступности передовых измерительных технологий для возможности передачи данных. Предложено программное обеспечение, позволяющее решить острые вопросы, возникающие в сфере жилищно-коммунального хозяйства.*

***Ключевые слова:** цифровое управление, цифровая экономика, энергоэффективность, автоматизация.*

В настоящее время используемые человечеством энергоресурсы постепенно иссякают, стоимость их добычи увеличивается, а нерациональное использование сказывается на экологии. Эффективное применение энергоресурсов за счет использования инновационных методов является ключом к решению этой проблемы [1].

Цифровая экономика, как глобальная концепция развития рыночных экономик, задает новые стандарты качества жизни, работы и коммуникации между людьми. Перед городами стоят задачи, обусловленные быстрым ростом городского населения, высоким уровнем ожиданий горожан, а также нередко строгими бюджетными ограничениями. Чтобы обеспечить удовлетворённость и удержать в городе талантливых горожан, создать новые рабочие места и привлечь инвестиции, городам необходимо стать "умнее": применять современные технологии для повышения эффективности, удобства жизни и устойчивости развития [2].