УДК 681.7.069

Макаров М.Д., магистрант. ФГБОУ ВП ДГТУ, г. Ростов-на-Дону, Россия
Каймакчи А. В., магистрант, ФГБОУ ВП ДГТУ, г. Ростов-на-Дону, Россия
Лукьянов А.Д., к.т.н., доцент, заведующий каф., ФГБОУ ВП ДГТУ, Россия

ПРОМЫШЛЕННЫЕ СПОСОБЫ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТИ. СУХАЯ ЛАЗЕРНАЯ ОЧИСТКА

Аннотация. *В статье выполнен аналитический обзор способов очистки поверхностей в промышленных целях. Задача статьи заключается в раскрытии состояния вопроса в этом динамично развивающемся направлении. Материал изложен доступно. Для детального знакомства с этими способами сделаны подробные ссылки.*

Abstract. *The article deals with the analytical methods of surface cleaning in industry. The object of the article is to make clear the condition of this dynamically developing sector. The material is presented rather accessible. There are detailed references for further acquaintance with these methods.*

Ключевые слова: *промышленные способы очистки, сухая лазерная очистка.*

Keywords: *industrial surface cleaning, dry laser cleaning.*

Введение.

Техническое решение проблемы повышения качества верхнего слоя поверхности в значительной мере обусловлено возможностью технологического обеспечения, которое включает в себя как геометрические характеристики, так и физико-химические свойства. Перед нанесением защитных материалов на металлические конструкции необходимо удалить поврежденные слои и участки, очистить их от ржавчины. Для очистки от ржавчины применяют множество способов очистки: механическую, химическую, гидродинамическую, гидроабразивную, пескоструйную, термическую, ультразвуковую, лазерную и др. Эти способы имеют свои преимущества и недостатки. [1,5].

© Электронный научный журнал «Инженерная Наука и Образование», 2015-2016

1. Механическая очистка.

Очистка металла от ржавчины может проводиться ручным инструментом. Этот способ не предполагает применение энергопитания: используется только ручной инструмент. Но главным достоинством можно называть то, что человек может добраться в труднодоступные места (рис.1).

Недостатки: человеческий фактор; неэффективная очистка; не подходит для проведения общей подготовки поверхности перед нанесением покрытия; очищаемая поверхность полностью не освобождается от продуктов коррозии[2].

Рис.1. Механическая очистка.

2. Электрохимическая обработка (химическая).

Для очистки от ржавчины применяют также электрохимическую обработку с цинком или алюминием в 10%-ном растворе щелочи. Этот метод пригоден для любых железных и стальных предметов, в том числе тонких, так как абсолютно безопасен для обнаженной металлической поверхности (рис.2). Большим преимуществом этого метода является равномерность очистки.

© Электронный научный журнал «Инженерная Наука и Образование», 2015-2016

Недостатки: процесс очистки длится долго, до нескольких суток; негативное влияние на здоровье человека; использование специальной защиты; требуются расходные материалы; процесс не позволяет удалять загрязнения неорганического характера; процесс не позволяет удалять дефекты поверхностного слоя. [3].

Рис.2. Электрохимическая обработка металла.

3.Высоконапорная гидродинамическая кавитационная и гидроабразивная очистка.

Кавитация возникает в результате местного понижения давления в жидкости, которое происходит при увеличении её скорости (гидродинамическая кавитация). Перемещаясь с потоком в область с более высоким давлением или во время полупериода сжатия кавитационный пузырёк схлопывается, излучая при этом ударную волну. Бесступенчатым

© Электронный научный журнал «Инженерная Наука и Образование», 2015-2016

регулированием параметров воздействия можно обеспечить как легкий отмыв от незначительных загрязнений, так и разрушение любых по прочности и адгезии отложений (рис.3).

При использовании этого метода не повреждается поверхность очищаемого оборудования. Возможно сочетание с химическими методами очистки (углеводородными растворителями, кислотами и т.д.) для повышения качества и эффективности. [4-5].

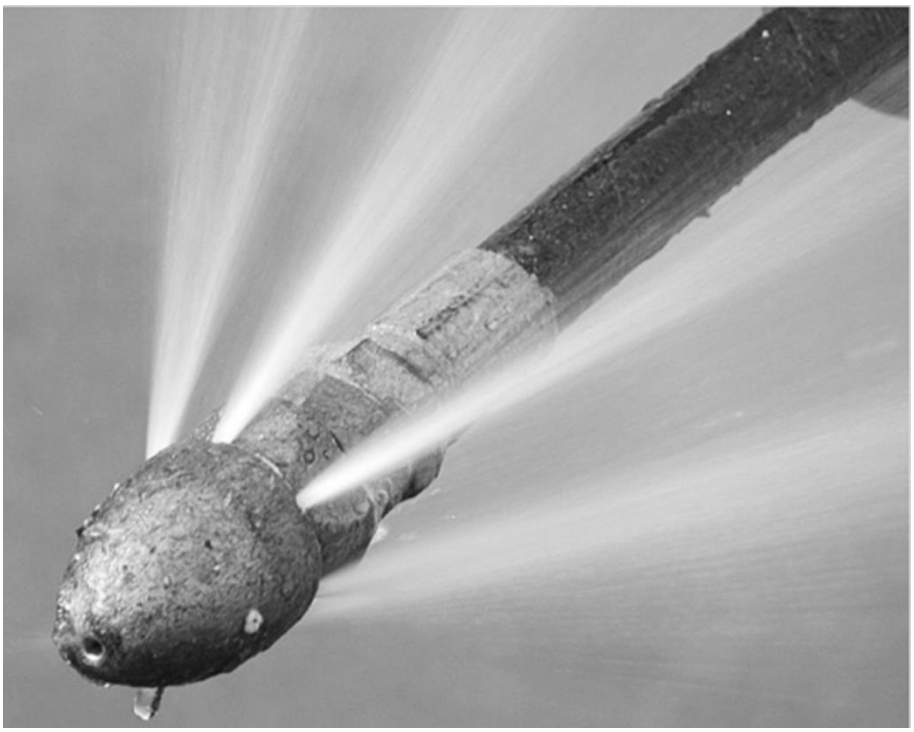

Рис.3. Гидродинамическая очистка.

4. Гидроабразивная очистка.

Под гидроабразивной очисткой подразумевается струйный метод промышленной очистки, который осуществляется при помощи воздействия на очищаемую поверхность воды и абразивов (рис.4). Абразивным материалом служит кварцевый или металлический песок, стальная дробь, корунд.

© Электронный научный журнал «Инженерная Наука и Образование», 2015-2016

Гидроабразивная очистка поверхности широко используется во многих сферах промышленности: удаляется ржавчина, окалина, старые лаки и краски, а также другие покрытия. При формировании гидроабразивной смеси происходит обволакивание частей абразива водой, что, в свою очередь, увеличивает вес гранулы, а, соответственно, увеличивает силу столкновения абразивного вещества с очищаемой поверхностью. При этом обеспечивается мощное отделение загрязнений с поверхности, при этом сама поверхность не повреждается, что обеспечивается тем, что при столкновении с поверхностью в первую очередь контактирует вода.

Рис.4. Гидроабразивная чистка.

Недостаток вышеперечисленных методов: выделение абразивной пыли при абразивной обработке, что требует изготовления или приобретения

© Электронный научный журнал «Инженерная Наука и Образование», 2015-2016

соответствующего оборудования; попадание абразивной пыли или гидроабразивной жидкости в микропоры, микротрещины поверхности, что ухудшает эксплуатационные свойства поверхности; большое потребление воды; проблемы с позиционированием; невозможность использования метода при отрицательных температурах; утилизация воды и продуктов очистки; не убирает вторичную ржавчину. После обработки черных металлов гидроабразивной струей процесс окисления металла ускоряется, поэтому необходимо применять срочные или специальные меры по защите консервации поверхности. [6].

5. Пескоструйная очистка, огненный пескоструй.

Пескоструйная очистка происходит с помощью центрифуги, сжатого воздуха и вакуума. Происходит столкновение потока абразивного материала, обладающего высокой кинетической энергией, с подготовленной поверхностью (рис.5). Этот процесс управляется либо вручную, струёй, либо автоматически, с помощью колеса с лопатками. Данная очистка осуществляется путем совмещения реактивной струи и пескоструйного аппарата под давлением.

Минусы пескоструйной очистки: повышенное пылеобразование; большой уровень шума и грязи; дороговизна оборудования; необходимость постоянного контроля процесса во избежание утечки топлива и возгорания; высокие энергетические затраты абразивной очистки, доходящие до 100кВт и выше. Поверхность металла после пескоструйной очистки имеет свойство быстро окисляться и насыщаться влагой, так что последующая операция окраски должна выполняться через непродолжительное время (не более 4 часов) [2].

© Электронный научный журнал «Инженерная Наука и Образование», 2015-2016

Рис.5. Пескоструйная очистка.

5 Ультразвуковая очистка.

Ультразвуковая очистка – способ очистки поверхности твёрдых тел, при котором в моющий раствор вводятся ультразвуковые колебания (рис.6). Введение УЗ позволяет не только ускорить процесс очистки, но и получить высокую степень чистоты поверхности, а также заменить ручной труд, исключить пожароопасные и токсичные растворители, [11]. Ультразвуковая очистка применяется в машиностроительной, металлургической, электронной промышленности, в полупроводниковой технике и в приборостроении для очистки прецизионных деталей точных приборов, часов и ювелирных изделий, интегральных схем, хирургических инструментов, металлокерамических фильтров, металлургического проката и др.

© Электронный научный журнал «Инженерная Наука и Образование», 2015-2016

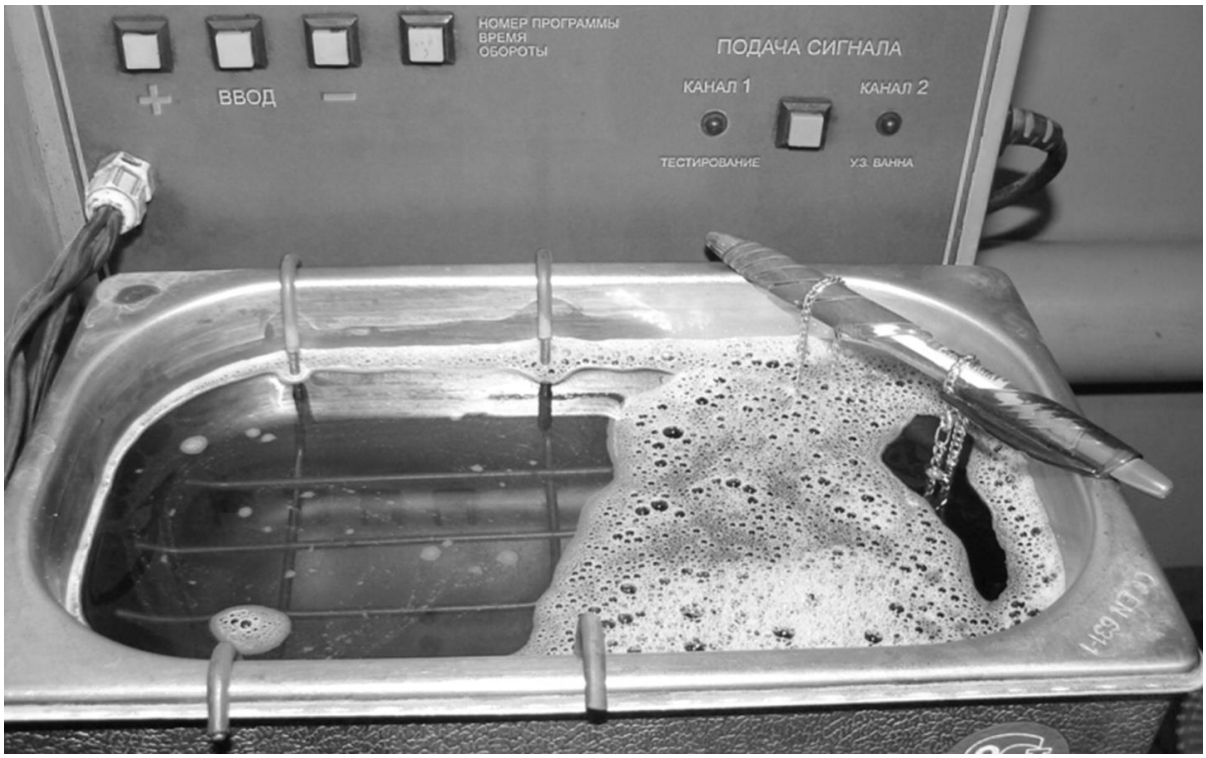

Рис.6. Ультразвуковая очистка.

Достоинством ультразвуковой очистки является возможность очистки деталей сложной формы, в том числе, с полостями и отверстиями различной формы и размеров. Например, при очистке труб качество очистки внутренних полостей такое же, как и открытой поверхности. В процессе ультразвуковой очистки не используется ручной труд, его несложно автоматизировать. Также к достоинствам можно отнести отсутствие сливов воды и использования других сред и материалов.

К недостаткам способа относятся: сравнительно медленный процесс очистки трубок от отложений продолжительностью три месяца; отключения питания генератора при аварийных пропаданиях напряжения электрической сети; невозможность очистки трубок, полностью забитых отложениями или имеющих локальную закупорку в виде пробок [8-9].

© Электронный научный журнал «Инженерная Наука и Образование», 2015-2016

6. Лазерная очистка.

Лазерное излучение – это разновидность электромагнитного излучения оптического диапазона, которое, обладая рядом уникальных физических свойств, получило широкое применение в различных областях науки и техники (рис.7). Свойства лазерного излучения, проявляются в самых различных технологических возможностях обработки материалов – универсальности, гибкости, локальности обработки в пространстве и во времени, производительности, прецизионности, селективности, корпоративности, «безызносности» [10, 11].Универсальность лазерного излучения как технологического инструмента проявляется в том, что его можно применять для ведения различных технологических процессов: резки, сварки, термообработки, легирования, прошивки отверстий, токарной, фрезерной обработки и т. д.

Основное преимущество лазерной очистки — это возможность селективной (выборочной) обработки изделия, что чрезвычайно важно: материал и поверхностные примеси по-разному реагируют на излучение, и это, в свою очередь, позволяет удалять загрязнения при минимальном риске повредить металл. К числу прочих достоинств лазерных методов относятся:

- неконтактность и локальность воздействия;

- отсутствие остаточных химических веществ и процессов;

- управляемость процессом путем простой регулировки мощности излучения;

- мобильность, возможность очистки объектов «на месте»;

© Электронный научный журнал «Инженерная Наука и Образование», 2015-2016

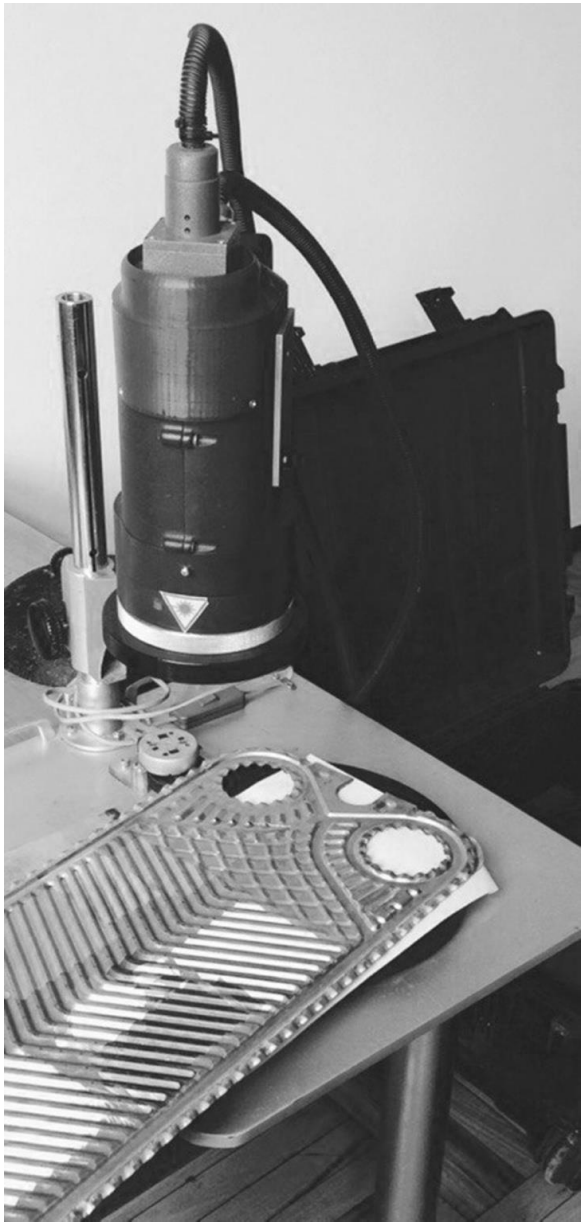

Рис.7. Лазер РЛ-20 очищающий поверхность (студенческая лаборатория ДГТУ)

Использование лазера для позиционирования портальной координатной системы позволяет автоматизировать процесс в целом и повысить производительность обработки. [7]. Современный уровень мощности волоконных излучателей способен обеспечить промышленные уровни высокопроизводительной очистки до десятков квадратных метров в час при низкой стоимости процесса.

© Электронный научный журнал «Инженерная Наука и Образование», 2015-2016

Таблица 1. Экспериментальные параметры очистки различных изделий волоконными импульсными лазерами.

Материал	Покрытие/ загрязнение	Ориентировочная производительность, $м^2/ч$	Ориентировочная цена очистки, $руб/м^2$
Металлы и сплавы	Окисные пленки	0.6..1.2	230
Сталь	Ржавчина с толщиной слоя до 100 мкм	0.3..0.6	450
Металлы и сплавы	Масла и прочие консерванты	4..10	30
Металлы и сплавы	Краска порошковая слой 50-100 мкм	0.4..0.8	300
Сварные швы перед покраской	Окисные структуры и остатки окалины	0.2..0.8	400
Пресс-формы	Сложные загрязнения от технологического процесса	0.6..0.9	250

Заключение.

Существует множество способов очистки поверхности, которые различаются по эффективности и воздействию на обрабатываемый объект. Для поверхностной очистки в труднодоступных местах лучше всего подойдет механическая очистка. Для качественной, но достаточно долгой очистки металлических поверхностей можно использовать химическую

© Электронный научный журнал «Инженерная Наука и Образование», 2015-2016

очистку. При работе в цеху, где поддерживается плюсовая температура и продумана система утилизации продуктов очистки и воды, используют метод гидродинамической и гидроабразивной очистки. Пескоструйная очистка может применяться для очистки больших металлических конструкций при наличии специальной защиты. Предметы, имеющие сложную форму, подвергаются ультразвуковой очистке. Лазерная очистка хорошо подходит для селективной очистки, а именно позволяет минимизировать риск повредить поверхность и избежать наличия остаточных химических процессов и веществ после очистки.

Процесс очистки поверхности является довольно трудоемким и оказывающим негативное влияние на человека. Для нигилизации негативных факторов и повышения эффективности производства требуется автоматизация процесса очистки.

© Электронный научный журнал «Инженерная Наука и Образование», 2015-2016

Список литературы

1. Очистка изделий в машиностроении [Текст] / Ю. С. Козлов, О. К. Кузнецов, А. Ф. Тельнов. - М. : Машиностроение, 1982. - 261 с. 8-11.

2. По материалам сайта Все о коррозии [Электронный ресурс] — Режим доступа: http://www.okorrozii.com/podgotovka-poverhnosti.html.

3. По материалам сайта Химик [Электронный ресурс] — Режим доступа: http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2/5335.html.

4. По материалам сайта Гидравлик инжиниринг [Электронный ресурс] — Режим доступа: http://www.h-eng.ru/resheniya/kavitatsionnaya-ochistka.html.

5. Смирнов, Н. С. Очистка поверхности стали / Н. С. Смирнов, М. Е. Простаков, Я. Н. Липкин. - М. : Металлургия, 1978. - 232 с. 50-55.

6. По материалам сайта Химпром [Электронный ресурс] — Режим доступа: http://mirprom.ru/public/gidroabrazivnaya-ochistka-i-obrabotka.html.

7. В.П. Вейко, В.Н. Смирнов, А.М. Чирков, Е.А. Шахно Лазерная очистка в машиностроении и приборостроении. Учебное пособие - Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2013. - 103 с. - 200 экз. 23-40.

8. Ультразвуковая технология / Под ред. В. А. Аграната. — М.: Машиностроение, 1974. — 503 с.

9. По материалам сайта ЗевсТруб [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://www.zevs-irp.ru/methods.

10. Забелин А.М., Оришич А.М., Чирков А.М. Лазерные технологии машиностроения, Новосибирск. НГУ. 2004г. 142 с.

11. Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И. Технологические процессы лазерной обработки. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 664 с.

© Электронный научный журнал «Инженерная Наука и Образование», 2015-2016