

УДК 629-12

**ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЛАЗЕРНОЙ ОЧИСТКИ  
ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛА В СУДОСТРОЕНИИ****Лебедева Елена Геннадьевна,**

к. т. н., доцент

Северный Арктический Федеральный Университет, Институт Судостроения и морской  
Арктической Техники (Севмашвтуз)

E-mail: eg.lebedeva@narfu.ru

**Попушин Никита Сергеевич,**

магистрант, профиль «Кораблестроение и океанотехника»

Северный Арктический Федеральный Университет, Институт Судостроения и морской  
Арктической Техники (Севмашвтуз)

E-mail: popushin.n@edu.narfu.ru

**Аннотация**

В данной статье рассматривается возможность применения лазерной очистки в судостроении. Были описаны традиционные способы очистки, применяемые на данный момент, и предложен альтернативный метод – лазерная очистка. Для данного метода приведены характеристики и принцип действия. Также были проанализированы преимущества и недостатки рассматриваемого способа очистки.

**Ключевые слова:** лазерная очистка, подготовка поверхности, судостроение, способы очистки, лазерный аппарат.

**THE POSSIBILITIES OF USING LASER CLEANING OF METAL SURFACES  
IN SHIPBUILDING****Elena G. Lebedeva**

Ph. D., associate Professor

Northern Arctic Federal University, Institute of Shipbuilding and marine Arctic Technology  
(Sevmashvtuz)**Nikita S. Popushin,**

Master's student, profile "Shipbuilding and Ocean Engineering"

Northern Arctic Federal University, Institute of Shipbuilding and marine Arctic Technology  
(Sevmashvtuz)**ABSTRACT**

This article discusses the possibility of using laser cleaning in shipbuilding. The traditional cleaning methods used at the moment were described, and an alternative method, laser cleaning, was proposed. For this method, the characteristics and principle of operation are given. The advantages and disadvantages of the considered cleaning method were also analyzed.

**Keywords:** laser cleaning, surface preparation, shipbuilding, cleaning methods, laser apparatus.

Перед покраской готовых конструкций, а также перед проведением ремонтных работ корпусов судов проводят очистку поверхности металла. Подготовка поверхности металлов – одна из важнейших и необходимых операций при окрашивании, она определяет срок службы лакокрасочных покрытий. Актуальность темы подготовки поверхности металлоконструкций под окраску определена тем, что в современном мире коррозия металлов и защита их от коррозии является одной из важнейших экономических и научно-технических задач. Состояние поверхностей, требующих очистки поверхности перед окраской, различается в широких пределах. Разные металлические поверхности могут иметь разные основные исходные состояния. Прежде всего, это касается ремонта уже окрашенных объектов. Качество первоначальной поверхности, возраст и расположение объекта, количество дефектов и свойства предыдущего ЛКП, тип агрессивных условий, которые и были и которые будут, а также предполагаемое новое лакокрасочное покрытие – все это влияет на предстоящую подготовку поверхности к покраске. Цель подготовки – удаление с поверхности любых загрязнений и наслоений, мешающих непосредственной окраске металла и металлоконструкций. К ним относятся оксиды (окалина, ржавчина), масляные, жировые и механические загрязнения, имеющиеся на поверхности старые покрытия. При выборе метода обработки следует учитывать требуемую степень очистки и шероховатость поверхности, соответствующие наносимой системе лакокрасочного покрытия. Любая подготовка поверхности связана с удорожанием покрытий, часто она составляет более половины стоимости всех окрасочных работ. Поэтому, с целью снижения стоимости работ, следует выбирать степень подготовки поверхности под окраску в соответствии с целью и типом ЛКМ или систему покрытий в соответствии со степенью очистки, которая может быть достигнута.

Способы очистки поверхности металлических корпусов применяются как традиционные, так и инновационные. В основном применяются три вида очистки металла, которые можно отнести к механическому; химическому; струйному (чаще всего пескоструйному).

Рассмотрим каждый из представленных методов очистки по отдельности.

Механический способ очистки представляет собой очищение поверхности специальной щеткой с жесткой металлической щетиной, насаженной на вал, снимающей при вращательном движении ненужный слой.

Химический способ очистки представляет собой очистку поверхности путем нанесения в несколько последовательных этапов на очищаемую поверхность химических реагентов, кислот разъедающих ржавчину, краску.

Пескоструйный способ очистки осуществляет избавление от загрязнения поверхности при помощи абразивов, попадающих на поверхность под большим давлением. В качестве абразива могут применяться песок, сухой лед, дробь. В качестве носителя абразива применяется сжатый воздух или вода под давлением.

Процесс удаления загрязнений осуществляется за счет ударов мелких абразивных частиц по поверхности и скалывания с нее ржавчины, остатков лакокрасочного покрытия и удаления вместе с гидравлической средой отколотых продуктов. Чаще всего в судостроении применяются варианты пескоструйной и дробеструйной очистки.

Таблица 1 - Сравнение применяемых методов очистки

Метод очистки	Преимущества	Недостатки	Область применения
Механический	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Низкая стоимость;</li> <li>2. Простота и удобство процесса.</li> <li>3. Не требует высокой квалификации рабочих</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Низкая эффективность и производительность;</li> <li>2. Может применяться только на доступных элементах поверхностей</li> <li>3. Есть риск нанесения на поверхность повреждений в виде царапин;</li> <li>4. Высокая степень износа инструмента и траты на расходные материалы и энергию;</li> <li>5. Выполнение требований по технике безопасности во избежание травм глаз, кожных покровов, защиты ушей от шума;</li> <li>6. Уборка рабочей зоны после механической очистки от металлических крошек, ржавчины и хлопьев остатков лакокрасочного покрытия.</li> </ol>	Крупные поверхности конструкций, не имеющие резких пространственных сломов
Химический	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отсутствие каких-либо инструментов в ходе очистки.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Не безопасная, требует строгого соблюдения техники безопасности.</li> <li>2. Необходимо использовать несколько подходов к выполнению операции очистки</li> <li>3. Высокая стоимость химических препаратов.</li> <li>4. Низкая производительность процесса</li> <li>5. Риск повреждения металла при травлении.</li> </ol>	Небольшие детали судового машиностроения

Струйный	1. Высокая производительность.	1. Проведение подготовительных работ 2. Применение отдельного помещения для размещения в нем очищаемой конструкции; 3. Использование и подведение гидравлических сред и песка /дроби; 4. Высокие затраты на расходники и энергию;	Крупные поверхности, имеющие высокую шероховатость
		5. Подготовка и наладка пескоструйного аппарата; 6. Обеспечение требований техники безопасности (применение защиты от летящего абразива и шума); 7. Износ поверхности под действием абразивов.	

На базе таблицы, где представлено сравнение различных методов очистки, сделаем следующие выводы:

1. Наиболее частое использование струйного метода очистки объясняется тем, что с помощью данного способа достигается лучшая степень очистки и он также высокопроизводителен;
2. В то время как механический способ может применять только там, где не требуется наивысшая степень очистки;
3. Химический способ менее популярен в связи с дороговизной и малой производительностью;
4. Можно заметить, что у представленных способов есть масса недостатков, и, таким образом, будет правильно найти новый способ с меньшим количеством минусов.

Исходя из анализа, представленного выше, можно предложить альтернативный метод. Таким методом может служить активно применяемый за рубежом [1] лазерный метод очистки судовых конструкций под покраску. Лазерная очистка судовых поверхностей — это метод, имеющий ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами очистки.

Рассмотрим лазерный метод очистки более подробно.

Лазерная очистка металла обладает характеристиками бесконтактности, отсутствия шлифования и теплового эффекта, подходит для очистки всех видов металлических конструкций, в том числе сложной формы. Лазерные аппараты для очистки металла, как утверждают исследователи и разработчики [6], могут решить ряд задач, которые зачастую невозможно осуществить традиционными методами очистки. Например, это задачи, связанные с очисткой труднодоступных мест конструкций. А также для лазерной обработки не требуется специальное помещение.

Сам принцип работы оборудования заключается в том, что чистый металл отражает лазерное излучение, а загрязнения поглощают лазер. Таким образом, воздействие

направлено на поверхностный налет, фокусированный луч не отражается, а поглощается им. Это происходит из-за того, что покрытие имеет сложный химический состав. В процессе воздействия луча налет нагревается, отслаивается, плавится и испаряется. А так как лазерный луч не воздействует на поверхность металла высокой температурой, а отражается от неё, то и повреждений и плавления самого металла не происходит.

Для очистки используются лазерные аппараты. Лазерный луч, испускаемый лазерным аппаратом, предназначенным для очистки, фокусируется на определенной области. При этом фотоны играют роль абразивных частиц, сбивая с поверхности металла с определенной частотой, в диапазоне 100-200 кГц загрязнения, ржавчину или остатки краски. Глубина воздействия лазера достигает до 50 мкм, нагревая поверхностный загрязненный слой, который испаряется, превращаясь в плазму. При этом поверхностный слой очищаемого основного металла не подвергается нагреву и не затрагивается [2]. Таким образом, и происходит очистка металла от коррозии и других загрязнений. После очистки металл сразу готов к следующему технологическому этапу.

Также существуют мобильные лазерные аппараты для очистки поверхности. Эти аппараты можно использовать не только при ремонтных работах, но в условиях эксплуатации судна [3].

Таким образом, как представлено в описании, метод лазерного удаления ржавчины и других загрязнений является эффективным и безопасным, и может даже идеально очистить углы деталей, таких как буквы и болты.

Исследователи [1] выделяют ряд преимуществ лазерной очистки металлических поверхностей для получения идеального изделия без коррозии, пригодных к проведению дальнейших технологических операций:

1. Высокая эффективность, что обусловлено затрачиваемым минимумом по времени и усилиями при проведении операций по очистке [4].

2. Высокая скорость операции очистки. Из-за высокой фокусировки луча нужный результат достигается всего за несколько проходов лазером [4].

3. Высокое качество очистки. Лазер снимает все следы загрязнений, оставляя после себя ровную металлическую поверхность без повреждений, царапин и т.д. [4].

4. Местная точность. Есть возможность выборочно работать только с определенной областью, выбрав необходимую мощность импульса. При этом даже на рифленых поверхностях, пазах, нестандартных формах лазерная очистка металла будет результативной и эффективной [4]. Кроме этого, возможна локальная очистка несъемных деталей без остановки производства, что опять же приводит к сокращению временных затрат на постройки/ремонта судна и судовых корпусных элементов.

5. Удобство эксплуатации, мобильность и компактность. Предлагаемые лазерные аппараты выполнены в виде компактных, мобильных и переносных установок, которые имеют форму рюкзаков с заплечными ремнями, которые можно с легкостью носить на спине, что позволяет их брать с собой при выездной работе [3].

6. Безопасность. В сравнении с механической и химической обработкой, этот метод не травматичен - человек не контактирует с обрабатываемой поверхностью, и экологичен - нет выделения токсичных испарений [5].

7. Чистота технологического процесса очистки. В процессе очищения поверхности лазером загрязнения испаряются, а не скапливаются в зоне рабочего пространства.

8. Не требует отдельного помещения. Операции очистки лазером можно выполнять без специальной подготовки и по месту.

9. Очистка металлических поверхностей проводится на заданную глубину, что зависит от настройки аппарата при этом, металл не повреждается. Также нет риска повреждения металла, с которого вы удаляете краску или ржавчину.

10. Отсутствуют расходные материалы.

12. Высокий заявленный срок службы. Российская компания "POKKELS", производящая оборудования лазерной очистки, заявляет, что ресурс работы равен 100 000 часам [6].

13. Быстрая окупаемость. По данным, предоставленным немецким производителем лазерных систем "cleanLASER", окупаемость составляет менее года [5].

Одним большим минусом при всех имеющихся преимуществах данной технологии является высокая стоимость оборудования. Однако высокотехнологичные лазерные системы окупаются за год при эксплуатации средней интенсивности.

Применение современных лазерных аппаратов, предназначенных для очистки, может быть использовано для удаления с поверхности металла ржавчины, коррозии, окислов, нагара, окислов металлов, краски, органики, масла, резины, гальванических покрытий [6]. Кроме этого, очистка лазером может применяться для всех видов судостроительных материалов, таких как сталь, алюминий, титан и т.д. [6].

Таким образом, лазерная очистка является более эффективным способом по сравнению с традиционными способами и позволит применять ее для следующих видов очистки:

1. Очистки металлоконструкций от ржавчины и коррозии.
2. Снятия старой краски с поверхностей листового и профильного металла, трубопроводов, оборудования.
3. При ремонте снятие глубокой и рыхлой ржавчины с металлоконструкций.
4. Очистка швов после сварки.
5. Удаление масляного налета с поверхностей деталей судового машиностроения, инструментов, технологического оборудования и т.д.

Вывод: Лазерную очистку можно рассматривать как реальную, экономически целесообразную альтернативу классическим методам очистки. Лазерные методы очистки являются экологически чистым процессом очистки и обеспечивают возможность высокой степени автоматизации процесса. Применение современных инновационных технологий в судостроении позволит повысить эффективность судостроительного производства. Данный метод можно использовать с целью подготовки судовых конструкций для дальнейшей покраски.

#### Список литературы:

1. Лазерная очистка экономически эффективна и надежна [Электронный ресурс]. URL: <http://photonica.pro/2019/08/01/lazernaya-ochistka-ekonomicheski-effektivna-i-nadezhna/>
2. Вейко В.П., Мутин Т.Ю. Лазерная очистка поверхностей металлов: физические процессы и применение [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/lazernaya-ochistka-poverhnostey-metallov-fizicheskie-protsessy-i-primenenie/viewer>
3. Технологии лазерной очистки поверхностей [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rnlt.su/ru/lazer-tehnologii/lazer-ochistka/>

4. Вейко В.П., Смирнов В.Н. Лазерная очистка в машиностроении и приборостроении. СПб: НИУ ИТМО, 2013. – 103 с.
5. Частные лазерные системы – очистка и обработка поверхностей [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cleanlaser.de/de/>
6. Компания “Pokkels” – российский производитель лазерного оборудования [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pokkels.ru/>

**References:**

1. Laser cleaning is cost-effective and reliable [Electronic resource]. URL: <http://photonica.pro/2019/08/01/lazernaya-ochistka-ekonomicheskii-effektivna-i-nadezhna/>
2. Veiko V.P., Mutin T.Yu. Laser cleaning of metal surfaces: physical processes and application [Electronic resource]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/lazernaya-ochistka-poverhnostey-metallov-fizicheskie-protsessy-i-primeneniye/viewer>
3. Technologies of laser cleaning of surfaces [Electronic resource]. URL: <http://www.rnlt.su/ru/lazer-tehnologii/lazer-ochistka/>
4. Veiko V.P., Smirnov V.N. Laser cleaning in mechanical engineering and instrumentation. St. Petersburg: NIU ITMO, 2013. – 103 p.
5. Private laser systems – cleaning and surface treatment [Electronic resource]. URL: <https://www.cleanlaser.de/de/>
6. The company “Pokkels” is a Russian manufacturer of laser equipment [Electronic resource]. URL: <https://www.pokkels.ru/>