

---

---

# ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ И РЕСТАВРАЦИИ

---

---

УДК 621.38

Б. Ю. НОВИКОВ, Ю. В. ЧИКАЛЕВ, Е. А. ШАХНО

## ОЧИСТКА ОБЪЕКТОВ ГОРОДСКОЙ АРХИТЕКТУРЫ ОТ ГРАФФИТИ

Рассматриваются возможности метода лазерной очистки для удаления разных видов краски, используемых для граффити, со строительных и облицовочных материалов. Исследования проводились с использованием волоконного Yb-лазера и CO<sub>2</sub>-лазера непрерывного действия.

*Ключевые слова:* лазерная очистка, удаление краски, граффити, CO<sub>2</sub>-лазер, волоконный Yb-лазер.

**Введение.** Основными методами удаления краски с различных поверхностей (граффити, рисунки и надписи на стенах жилых домов и других построек) являются очистка под высоким давлением (пескоструйная очистка, использование моек высокого давления и др.), а также применение химически активных веществ. К сожалению, эти методы не всегда позволяют добиться качественной очистки, при их использовании может быть повреждена обрабатываемая поверхность, а сам процесс очистки может быть недостаточно экологически чистым.

Альтернативой этим методам может стать хорошо зарекомендовавший себя метод лазерной очистки [1—3].

С помощью лазерных технологий возможна очистка произведений искусства [4], очистка от радиоактивных загрязнений деталей атомных подводных лодок [5], скоростная очистка рельсов и многих других объектов самого различного назначения. Были проведены исследования по послойному удалению лакокрасочных покрытий с произведений живописи [6], старой краски с железнодорожных вагонов при ремонте [7], а также лазерной очистке анилоксовых валов во флексографии [8] (печать на упаковках, пластиковых пакетах) и др. Однако очистка поверхностей архитектурных и скульптурных объектов от различных типов краски обладает следующими особенностями: широкий спектр очищаемых материалов, требования, предъявляемые к производительности процесса и др.

**Выбор объектов исследования и условий обработки.** В качестве образцов очищаемых поверхностей были выбраны материалы, широко используемые для постаментов памятников и облицовки зданий (мрамор и гранит), а также наиболее распространенные строительные материалы (штукатурка, кирпич и сталь).

Рисунки, выполненные в стиле граффити, наносятся с помощью аэрозольных баллончиков с краской или с помощью перманентных маркеров. Большие картины, в которых нет незакрашенных областей, обычно нанесены именно с помощью аэрозольных баллончиков. Для исследований были выбраны следующие типы красок, составляющих основу аэрозоля: нитрокраска, синтетическая краска, битумная мастика. Исследовались изображения, нанесенные перманентным маркером.

Граффити обычно покрывают довольно большие площади. Следовательно, важна высокая производительность процесса лазерной очистки, кроме того, необходимо удалять слои краски достаточно большой толщины — порядка десятых миллиметра.

Для экспериментов были выбраны  $\text{CO}_2$ -лазер непрерывного действия (средняя мощность 24,4 Вт) и импульсный волоконный Yb-лазер (средняя мощность 6,7 Вт, длительность импульса 100 нс, частота следования импульсов 100 кГц).

При исследовании использовались двумерные сканирующие системы. Коэффициент перекрытия варьировался — для  $\text{CO}_2$ -лазера в широких пределах (до 0,998), для волоконного Yb-лазера был равен либо 0,5, либо 0,9. Площадь обработки составляла  $1 \text{ см}^2$ .

В экспериментах необходимо было определить оптимальные режимы очистки. Оптимальным можно считать режим, при котором наблюдалась максимальная очистка с сохранением структуры исходной поверхности обрабатываемого материала за наименьшее время с учетом теплофизических и оптических свойств исследуемых материалов и красок.

**Результаты экспериментов. Мрамор.** Воздействие на плиту, покрытую нитрокраской, осуществлялось с помощью  $\text{CO}_2$ -лазера. Оптимальным оказался режим двукратного прохода (без перерыва между ними). При первом проходе на поверхности оставались продукты горения краски, при втором проходе они испарялись. В этом режиме обеспечивается удаление почти 100 % краски при сохранении качества полировки поверхности (см. рис. 1; этот и последующие рисунки помещены на 3-ю полосу обложки).

При воздействии излучения Yb-лазера в проведенных исследованиях добиться полной очистки мрамора от краски удалось при схожей скорости обработки, однако верхний полированный слой мраморной поверхности разрушался. Некоторые различия результатов экспериментов и режимов обработки на установках с волоконным и  $\text{CO}_2$ -лазером объясняются разными значениями коэффициента отражения для мрамора при  $\lambda = 1,06$  и  $10,6 \text{ мкм}$ .

**Гранит.** Исследовалась возможность очистки волоконным Yb-лазером гранитной поверхности от различных видов краски. Результаты оказались неудовлетворительными: один из компонентов гранита при нагреве лазерным излучением разрушался: образовывались неглубокие отверстия в черных областях камня (рис. 2). Плотность мощности, необходимая для удаления краски, оказалась достаточной для повреждения поверхности камня.

**Кирпич.** Была проведена серия экспериментов с кирпичом, покрытым старым слоем нитрокраски. Воздействие осуществлялось излучением как  $\text{CO}_2$ -, так и Yb-лазера. Удачных результатов удалось добиться в обоих случаях. Средняя мощность  $\text{CO}_2$ -лазера в 4 раза больше средней мощности волоконного лазера, однако производительность процесса в эксперименте с  $\text{CO}_2$ -лазером (рис. 3, а) оказалась в 7 раз выше, чем в эксперименте с волоконным лазером (рис. 3, б), что, по-видимому, объясняется различным показателем поглощения краски для разных длин волн лазерного излучения.

**Штукатурка.** Также были проведены эксперименты по очистке поверхности штукатурки от старой краски излучением волоконного Yb-лазера (рис. 4). Краска была успешно удалена, но скорость обработки оказалась наименьшей по сравнению со скоростью обработки других материалов.

**Сталь.** Исследовалась возможность очистки стальных поверхностей от различных красок. Наименьшей производительность была при очистке стали от чернил фиолетового маркера и битумной мастики. Производительность очистки от нитрокраски была в два раза выше, а от чернил черного маркера и синтетической краски — в шесть раз.

**Обсуждение результатов.** На основании проведенных экспериментов были сделаны выводы о возможности и порогах очистки различных материалов от красок, используемых для нанесения граффити. Параметры режимов обработки, при которых достигалась полная очистка, приведены в табл. 1 и 2. Режим характеризуется максимальной производительностью процесса ( $A$ ,  $\text{мм}^2/\text{с}$ ); диаметром пятна ( $d$ , мм); количеством проходов ( $N$ , указано,

если выполнялись соответствующие эксперименты, в противном случае количество проходов равно единице); коэффициентом перекрытия ( $k$ ). Параметры излучения лазеров не изменялись (для  $\text{CO}_2$ -лазера: мощность 24,4 Вт, для Yb-лазера: мощность 6,7 Вт, длительность импульса 100 нс, частота следования импульсов 100 кГц).

Таблица 1

## Оптимальные режимы очистки от нитрокраски

Параметр	Мрамор			Сталь, Yb-лазер	Штукатурка, Yb-лазер	Кирпич	
	шлифованный, Yb-лазер	полированный, $\text{CO}_2$ -лазер	полированный, Yb-лазер			$\text{CO}_2$ -лазер	Yb-лазер
$A$	2,4	2,1	4,8	4,8	1,2	64	6
$d$	0,5	0,43	0,5	0,5	0,5	0,6	1
$k$	0,9	0,997	0,5	0,9	0,5	0,92	0,5
$N$		2				2	1

Таблица 2

## Оптимальные режимы очистки от различных видов краски

Материал	Синтетическая краска	Мастика	Черный маркер	Фиолетовый маркер
Мрамор (шлифованный, Yb-лазер)	$A = 2,4$ $d = 0,5$ $k = 0,9$	$A = 2,4$ $d = 0,5$ $k = 0,9$ $N = 2$	$A = 2,4$ $d = 0,5$ $k = 0,9$	$A = 2,4$ $d = 0,5$ $k = 0,9$
Мрамор (полированный, Yb-лазер)	$A = 4,8$ $d = 0,5$ $k = 0,5$	$A = 2,4$ $d = 0,5$ $k = 0,5$	$A = 4,8$ $d = 0,5$ $k = 0,5$	$A = 2,4$ $d = 0,5$ $k = 0,5$
Сталь (Yb-лазер)	$A = 14,4$ $d = 0,5$ $k = 0,9$	$A = 2,4$ $d = 0,5$ $k = 0,9$	$A = 14,4$ $d = 0,5$ $k = 0,9$	$A = 2,4$ $d = 0,5$ $k = 0,9$

Результаты исследований позволили выявить следующие закономерности:

— значения плотности энергии, необходимые для удаления различных красок со стального образца, различаются не более чем в 6 раз (от 0,93 до 2,8 Дж/мм<sup>2</sup>);

— для повышения качества очистки рекомендуется применять режим двух и более проходов;

— при лазерной очистке поверхности мрамора излучением Yb-лазера структура полированной поверхности нарушается, тогда как в случае с  $\text{CO}_2$ -лазером этого не происходит;

— производительность лазерной очистки штукатурки от краски оказалась наименьшей.

Проведенные исследования показали возможность использования метода лазерной очистки для удаления разных видов краски с поверхностей мрамора, кирпича, стали и штукатурки. Проблематичной и требующей дальнейших исследований оказалась лазерная очистка поверхности гранита. Для широкого применения лазерной очистки поверхностей от граффити необходимо увеличение производительности обработки, что может быть достигнуто использованием более мощных мобильных лазерных систем.

Работа выполнена при поддержке государственного контракта № П968.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Siano S., Giamello M., Bartoli L., Mencaglia A., Parfenov V., Salimbeni R. Laser Cleaning of Stone by Different Laser Pulse Duration and Wavelength // Laser Physics. 2008. Vol. 18, N 1. P. 27—36.
2. Вейко В. П., Мутин Т. Ю., Смирнов В. Н., Шахно Е. А. Лазерная очистка поверхностей металлов: физические процессы и применение // Изв. вузов. Приборостроение. 2008. Т. 51, № 4. С. 30—36.

3. *Шахно Е. А.* Физико-технические основы лазерной обработки систем пленка-подложка. Дисс. ... д-ра техн. наук. СПб: Санкт-Петербургский гос. ин-т точной механики и оптики, 2002. 284 с.
4. *Abraham M., Twilley J.* A Review of the State of the Art of Laser Cleaning in Conservation. National Center for Preservation Technology & Training. 1997.
5. *Вейко В. П., Шахно Е. А., Смирнов В. Н., Мясковский А. М., Боровских С. С., Никишин Г. Д.* Лазерная дезактивация металлических поверхностей // Оптич. журн. 2007. № 8. С. 33—36.
6. *Melessanaki K., Stringari C., Fotakis C., and Anglos D.* Laser Cleaning and Spectroscopy: A Synergistic Approach in the Conservation of a Modern Painting // Laser Chemistry. 2006. Vol. P. 42 709.
7. *Смирнов В. Н.* Разработка технологии лазерной очистки крупногабаритных металлоконструкций, в том числе железнодорожных вагонов, от краски и ржавчины // Мобильные лазерные системы [Электронный ресурс] <[http://laser.com.ru/refinement\\_coach.html](http://laser.com.ru/refinement_coach.html)>.
8. *Тараненко Д.* Очистка анилоксовых валов — настоящее и будущее // Флексо Плюс. 2003. № 1.

**Сведения об авторах**

- Борис Юрьевич Новиков** — канд. техн. наук; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра лазерных технологий и экологического приборостроения;  
E-mail: novikov-bu@yandex.ru
- Юрий Владимирович Чикалев** — студент; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра лазерных технологий и экологического приборостроения; E-mail: guitarrista@mail.ru
- Елена Аркадьевна Шахно** — д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра лазерных технологий и экологического приборостроения;  
E-mail: shakhno@lastech.ifmo.ru

Рекомендована  
программным комитетом Конференции

Поступила в редакцию  
08.09.10 г.