

УДК 681.7.069.24 : 621.79.02

С. И. Планковский, д-р техн. наук,
Е. В. Цегельник, канд. техн. наук,
П. И. Мельничук,
И. И. Головин

К ВОПРОСУ НАЗНАЧЕНИЯ РЕЖИМОВ ЛАЗЕРНОЙ ОЧИСТКИ ЭЛЕМЕНТОВ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ОТ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ

При производстве и в процессе ремонта авиационной техники (АТ) в результате регламентных и восстановительных работ, как правило, сталкиваются с композицией различных типов загрязнений на деталях и элементах конструкций АТ. Все виды загрязнений имеют различную связь с очищаемой поверхностью, но, как правило, их очистка вызывает ряд затруднений.

В результате регламентных (C-check, D-check) и восстановительных работ или же при смене фирмы эксплуатанта и ребрендинге возникает проблема удаления лакокрасочных покрытий (ЛКП) с элементов конструкций объектов авиационной техники [1].

Для снятия ЛКП с авиационной техники наряду с химическим методом, при котором используются как различные по составу смывки, так и разное оборудование (передвижные валиковые кисти, вакуумные и вакуумно-вихревые установки), находят применение лазерные технологии очистки [2, 3].

На западе лазерные технологии активно развиваются с конца 80-х годов прошлого столетия. На текущий момент уже созданы порталные установки для удаления ЛКП с отдельных элементов АТ, а также разработана концепция создания автоматизированной установки для удаления ЛКП без разборки самолета [4, 5].

Практические исследования позволили сделать выводы о высокой экономической эффективности данной системы по сравнению с традиционным химическим методом очистки поверхности [6].

Однако следует отметить, что информация о режимах, на которых обрабатываются зарубежные образцы, – отсутствует, и тем более она отсутствует для алюминиевых сплавов, применяемых в отечественном самолетостроении.

Целью данной работы является исследование влияния лазерного излучения на анодированное покрытие алюминиевого сплава Д16Т для определения таких режимов лазерной очистки, которые позволили бы удалить систему ЛКП (возможно, за несколько проходов), при этом защитное анодированное покрытие должно оставаться не поврежденным.

Ранее в поисковых исследованиях [1] в качестве источника лазерного излучения был рекомендован волоконный лазер. Эксперимент проводился на установке Aramis LTG7-20F-8060, расположенной на базе ГП «Антонов» (рис. 1).

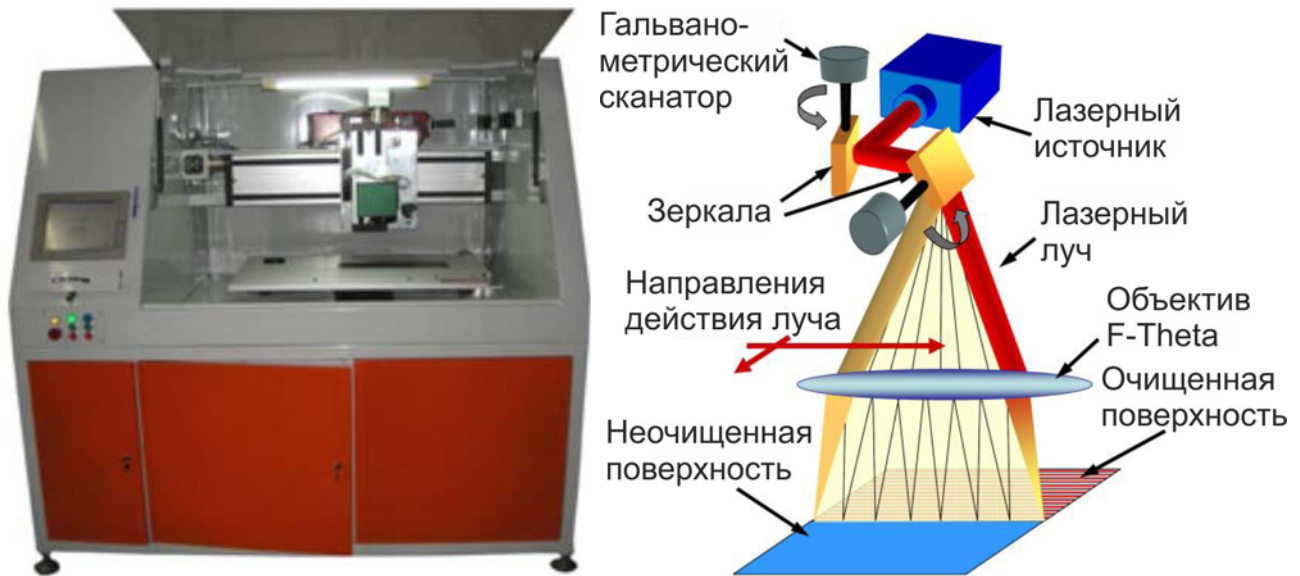


Рисунок 1 – Лазерный комплекс Aramis LTG7-20F-8060 (слева) и схема процесса лазерной очистки (справа)

В качестве экспериментальных образцов для исследования влияния лазерного излучения на анодированное покрытие применялись пластины из алюминиевого сплава Д16Т.

Для исследований применялся импульсный иттербиевый волоконный лазер YLP 1/100/20 (IPG Photonics) с длиной волны $\lambda = 1062$ нм, который входит в состав лазерного комплекса Aramis LTG7-20F-8060. Номинальная выходная мощность лазера – 20 Вт, длительность импульсов – 120 нс, частота модуляции – 20...80 кГц, пиковая мощность в зависимости от длительности импульсов для различных частот модуляции приведена на рис. 2.

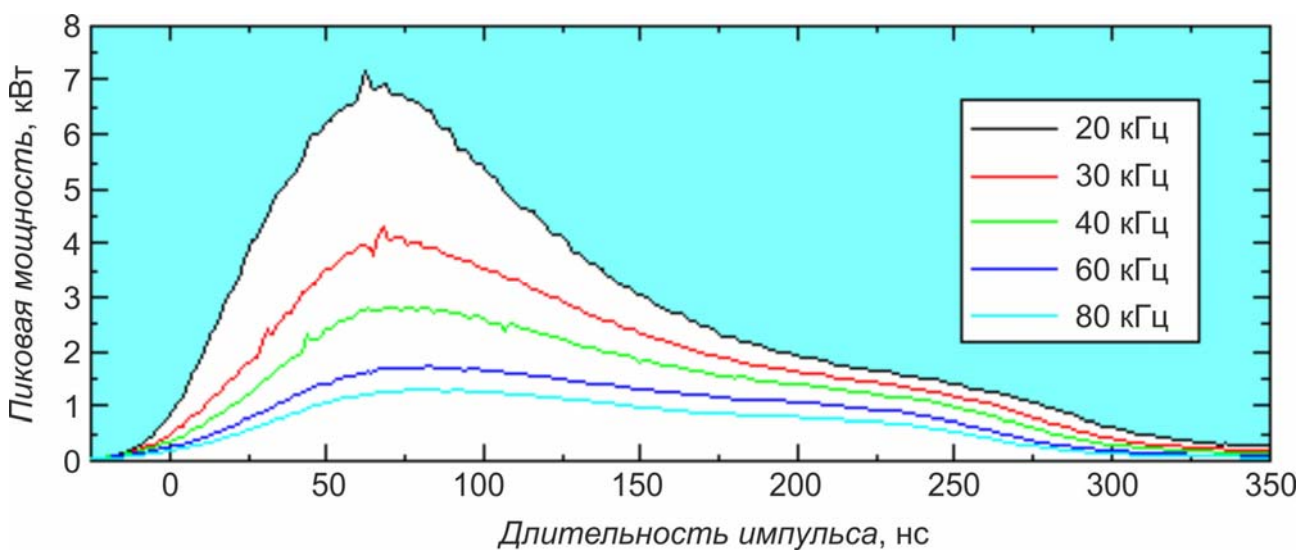


Рисунок 2 – Форма импульса волоконного лазера YLP 1/100/20 (IPG Photonics) для различных частот модуляции [7]

Варьируемые параметры для решения поставленной задачи представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Варьируемые параметры для отработки режимов очистки

Мощность лазерного источника	Скорость перемещения лазерного луча	Частота модуляции
10...100%	0,1...5 м/с	20...80 кГц

В процессе обработки управление лазерным лучом осуществлялось с помощью гальванометрического сканатора RAYLASE и управляющей электроники (см. рис. 1).

Сканатор использовался для смещения лазерного пучка в двух измерениях. Таким образом, создавалась двухмерная область, что позволяло наплавить луч лазера в любую точку на плоскости. Дефлексия осуществлялась с помощью двух зеркал, которые перемещаются посредством гальванометрического сканатора.

В дефлекторе имеется входное отверстие, через которое подается лазерный луч, и выходное отверстие, через которое лазерный луч выходит после дефлексии. Выходное отверстие снабжено линзой F-Theta.

На рис. 3 показаны обработанные анодированные образцы из алюминиевого сплава Д16т при различных сочетаниях варьируемых параметров. Видно, что при некоторых сочетаниях варьируемых параметров анодированное покрытие на исследуемых образцах не повреждено. Анализируя полученные результаты, были отобраны допустимые режимы. Сведенные результаты представлены в табл. 2.

После подбора допустимых режимов обработки они были опробованы на предварительно окрашенных по технологии образцах. На рис. 4 приведены результаты отработки режимов удаления ЛКП лазерным методом.

Результаты показали, что на некоторых режимах даже за 40 проходов система ЛКП не была удалена. На режимах при частоте модуляции от 20 до 50 кГц при скорости обработки 0,1 м/с удаление системы ЛКП удалось получить за 5 – 9 проходов. При частоте модуляции 65 и 80 кГц и скорости обработки 0,1 м/с результат удалось получить за 3 – 4 прохода, а при скорости 0,5 м/с – за 10 проходов. Таким образом, предположение о том, что можно подобрать режим очистки, при котором не будет повреждаться анодированное покрытие, подтвердилось.

В дальнейшем планируется провести весь комплекс экспериментальных исследований для выбранных режимов в соответствии с международным стандартом [8].

Также в процессе обработки дистанционно контролировалась температура на поверхности обрабатываемых пластин с помощью инфракрасного пирометра. Температура не превышала 35°C, что является ниже предельно допустимой 80°C для сплава Д16т [9].

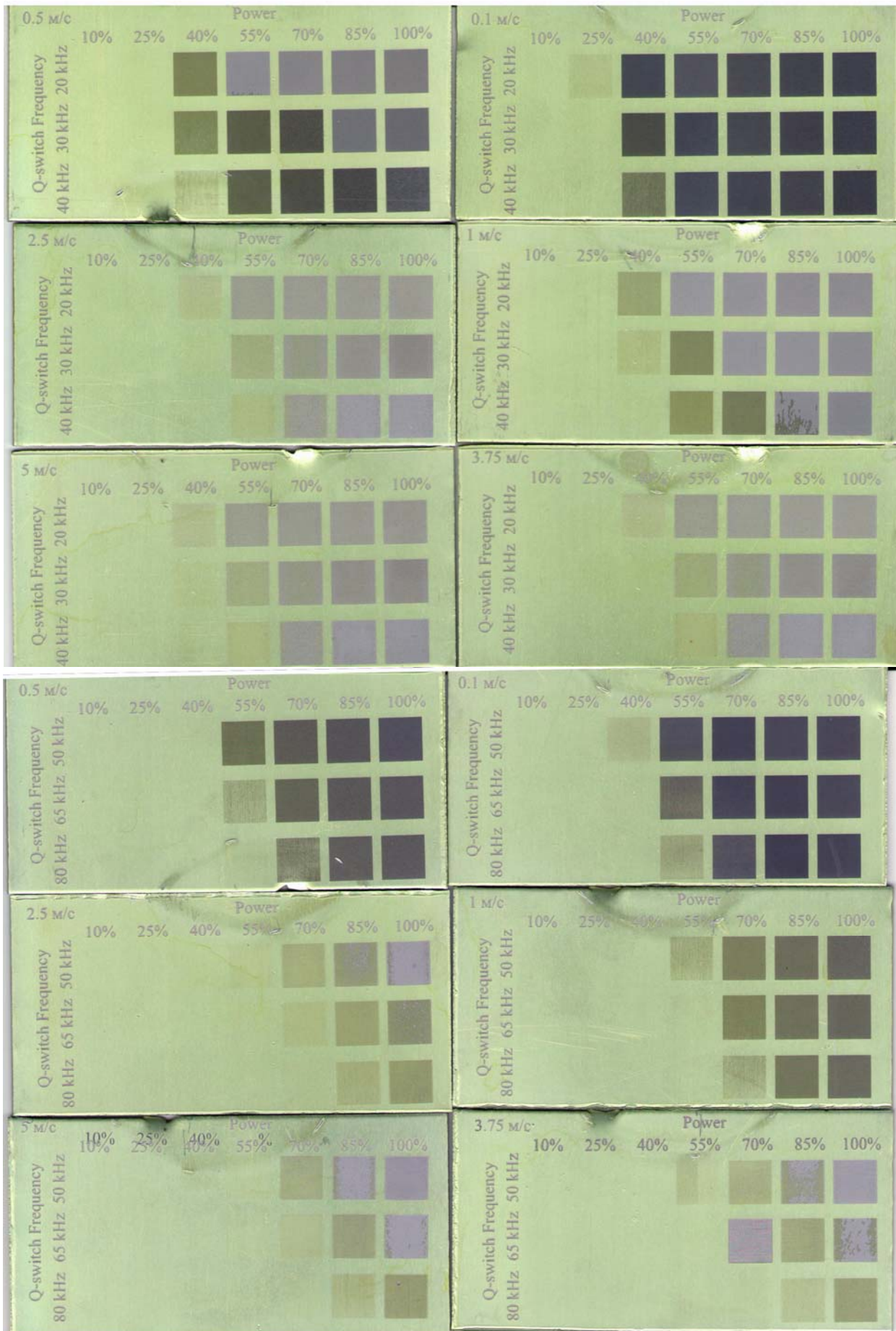
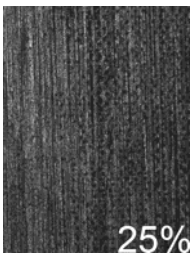

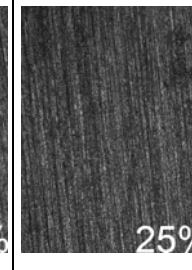
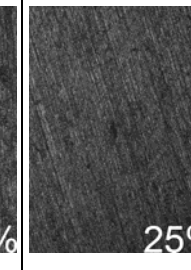
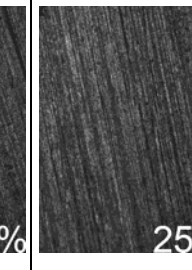
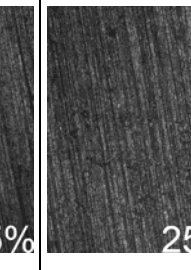


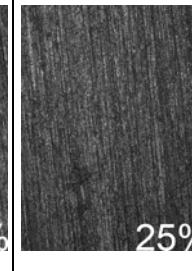
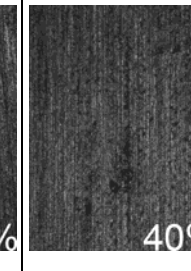
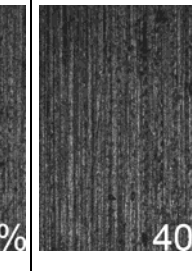
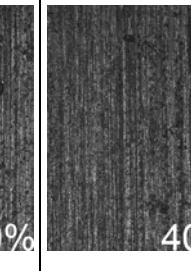
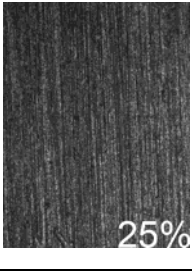

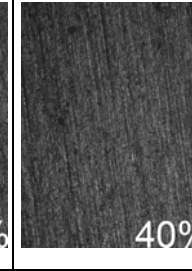
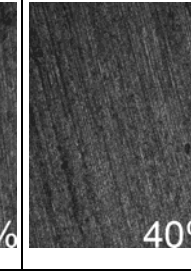
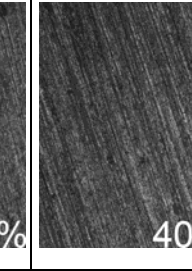
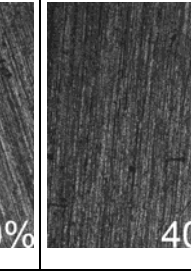
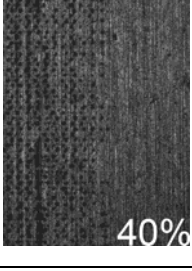
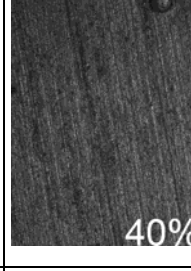
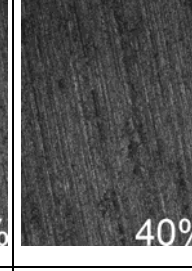
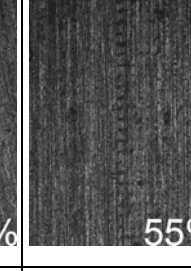
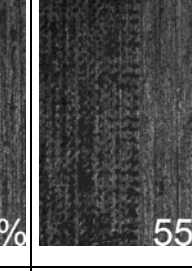
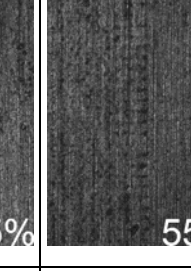
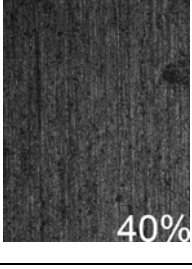
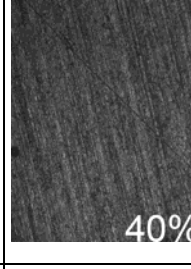
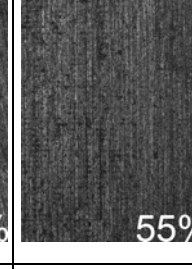
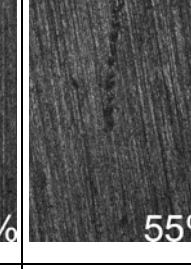
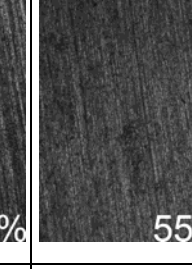
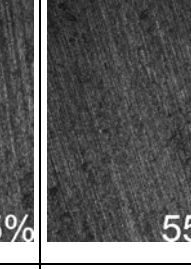
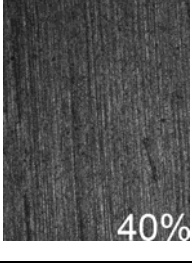
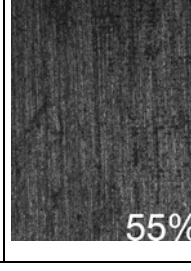
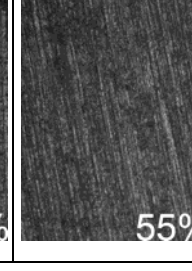
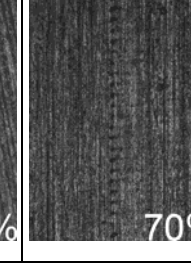
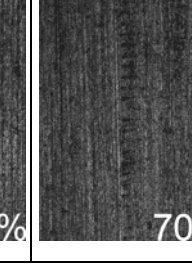
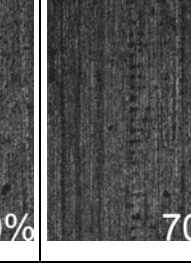


Рисунок 3 – Обработанные анодированные образцы

Таблица 2 – Подобранные режимы для варьируемых параметров

		Скорость обработки, м/с					
		0,1	0,5	1,0	2,5	3,75	5,0
Частота модуляции, кГц	20	 25%	 25%	 25%	 25%	 25%	 25%
	30	 25%	 25%	 25%	 40%	 40%	 40%
	40	 25%	 25%	 40%	 40%	 40%	 40%
	50	 40%	 40%	 40%	 55%	 55%	 55%
	65	 40%	 40%	 55%	 55%	 55%	 55%
	80	 40%	 55%	 55%	 70%	 70%	 70%

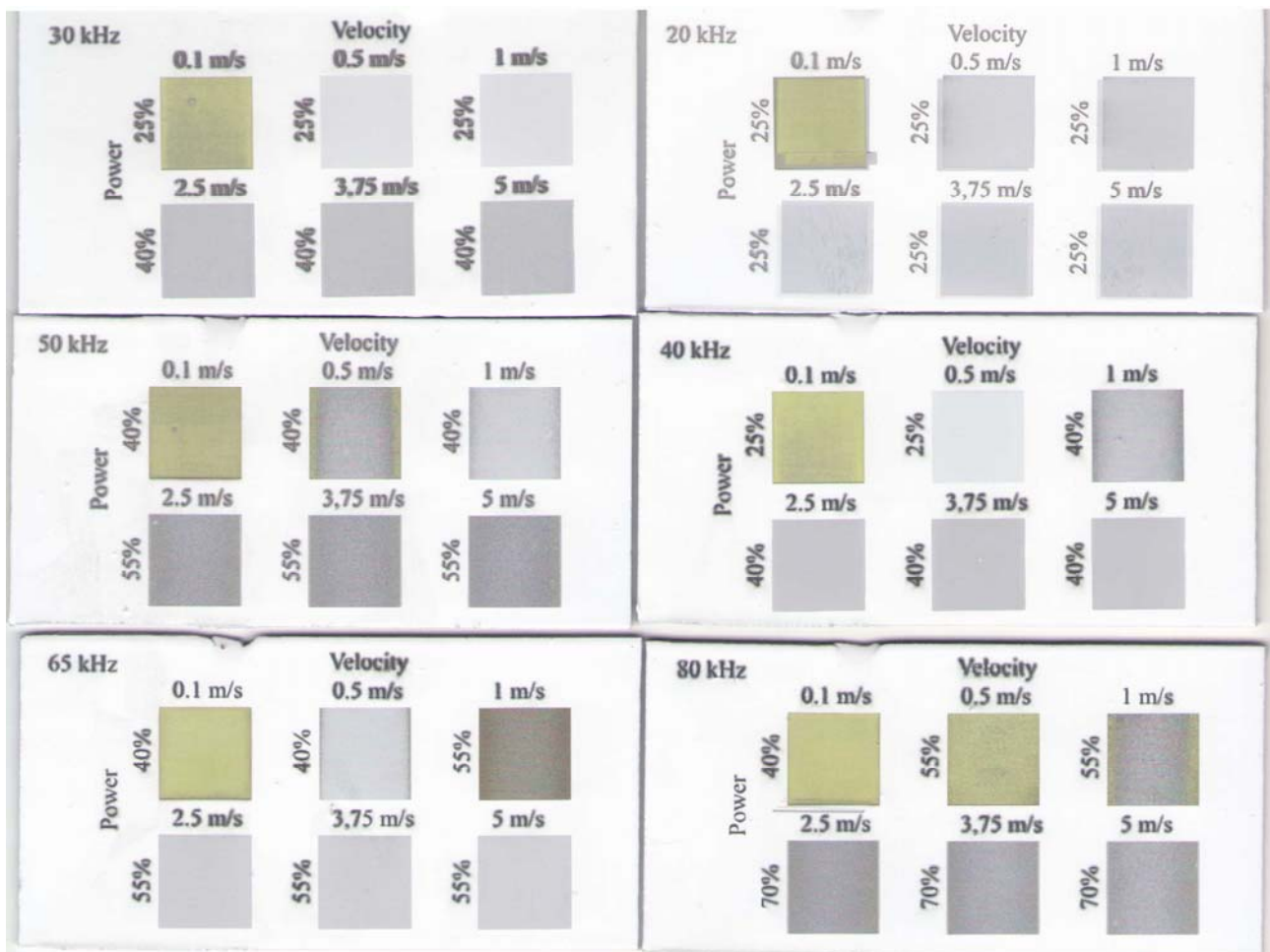


Рисунок 4 – Результаты удаления ЛКП на подобранных режимах

Выводы

Проведенные исследования показали возможность определения допустимых режимов лазерной очистки лакокрасочных покрытий с деталей из алюминиевого сплава Д16Т, не повреждая анодированное покрытие. Однако для подтверждения отсутствия влияния лазерного излучения на механические характеристики алюминиевого сплава Д16Т необходимо проведение полного комплекса исследований для выбранных режимов в соответствии с международными стандартами.

Список использованных источников

1. Вибір джерела лазерного випромінювання для цілей промислового очищення деталей авіаційної техніки [Текст] / С.І. Планковський, Є.В. Цегельник, І.І. Головін, П.І. Мельничук // Наукоємні технології. – 2014. – № 4 (24). – С. 503 – 507.
2. The Future of Aircraft Paint Removal Methods [Текст] : Thesis / Air Force Institute of Technology; adv. McNeeley D.C.; auth. Then M.J. – Wright-Patterson AFB, OH (USA), 1989. – 169 p.

3. Automated Laser Depainting of Aircraft – Survey of Enabling Technologies [Текст] : Final Report / Arthur D. Little Inc.; auth. Kopf P. [et al.]. – Cambridge, MA (USA), 1991. – 254 p. – No. WL-TR-91-4024.

4. Цегельник, Е.В. Современные подходы к автоматизации процессов лазерной очистки элементов авиационных конструкций от лакокрасочных покрытий [Текст] / Е.В. Цегельник, П.И. Мельничук // АВИА-2015 : материалы XII Междунар. науч.-техн. конф., Киев, 28-29 апреля 2015 г. – Киев: НАУ, 2015. – С. 16.35 – 16.38.

5. Schulz, O.G. Paint Stripping & Activating of Aircraft Composite Structures; Tested and Approved According to SAE MA4872 [Текст] / O.G. Schulz, C.W. Matz // Abstracts Book and CD-ROM Proceedings of SAE Aerospace Manufacturing Technology Conference «2001 Aerospace Congress». – Seattle, WA (USA). – 2001. – 48 p. (Paper No. 2001-01-2627).

6. Robotic Laser Coating Removal System [Текст] : Final Technical Report / Concurrent Technologies Corp., Oklahoma City Air Logistics Center, Air Force Research Laboratory; auth. Arthur J. [et al.]. – Wright-Patterson AFB, OH (USA), 2008. – 117 p. – No. WP-0526.

7. Stieger, E. What is the Best Choice for Laser Material Processing – Rod, Disk, Slab or Fiber? [Текст] / E. Stieger // Conference Proceedings of 26th International Congress on Applications of Lasers and Electro-Optics «ICALEO 2007». – Orlando, FL (USA). – 2007. – 6 p. – Paper No. 201.

8. Paint Stripping of Commercial Aircraft – Evaluation of Materials and Process [Текст] : Metric Aerospace Standard SAE MA4872 rev. A. – Superseding SAE MA4872; Stabilized 2012-11-09. – SAE International Group, 2012 – 72 p.

9. Фридляндер, И.Н. Алюминиевые деформируемые конструкционные сплавы [Текст] / И.Н. Фридляндер. – М.: Металлургия, 1979. – 208 с.

Поступила в редакцию 04.12.2015.

*Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.И. Костюк,
Национальный аэрокосмический университет
им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков.*