

УДК 621.373.826

ЛАЗЕРНАЯ УДАРНАЯ ОБРАБОТКА ЛОПАТОК АВИАДВИГАТЕЛЕЙ МАЛОМОЩНЫМ ЛАЗЕРНЫМ ИСТОЧНИКОМ

Лютикова Ольга Алексеевна⁽¹⁾

Аспирант 1 года⁽¹⁾,

кафедра «Лазерные технологии в машиностроении»

Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана

Научный руководитель: Д.М. Мельников,

к.т.н., доцент кафедры "Лазерные технологии в машиностроении"

Разработки современных двигателей, таких как ПД-35, требуют внедрения ряда новых критических технологий, одной из которых является лазерная ударная обработка (ЛУО). Внедрение ЛУО в технологический процесс производства деталей авиадвигателей позволит существенно повысить их долговечность, что значительно снизит затраты на обслуживание. Отсутствие теоретических результатов и специализированного оборудования препятствует внедрению технологии в РФ.

Повышение долговечности деталей авиадвигателей после ЛУО происходит благодаря основным эффектам: снижению скорости появления забоин, повышению сопротивления росту усталостных трещин, циклической долговечности и коррозионной стойкости. Бесконтактность и автоматизируемость ЛУО создают выгодные условия для обработки деталей со сложной геометрией, таких как лопатки. Локальность воздействия при ЛУО позволяет эффективно управлять распределением создаваемых остаточных напряжений. Твёрдость и прочность обработанной ЛУО поверхности также повышаются [1].

Недавно разработанный процесс лазерной упрочнения, Toshiba Лазерная ударная обработка без покрытия (ЛУОБП), существенно отличается от процесса упрочнения лазерами высокой мощности. В процессе ЛУОБП используются низкоэнергетические высокочастотные Nd:YAG-лазеры, обеспечивающие энергию импульса $\leq 0,1$ Дж и длительность импульса ≤ 10 нс при размере пятна диаметром ≤ 1 мм и длиной волны 532 нм. Более короткая длина волны уменьшает поглощение энергии луча при прохождении через воду к цели. Из-за ограничений доступа к поверхности не применяются поглощающие покрытия [2].

В обычном типе ЛУО первое тепловое взаимодействие происходит с покрытием, тогда как в ЛУО без покрытия (ЛУОБП) первое тепловое взаимодействие происходит между металлическим материалом и лазером [3]. Облученный поверхностный слой мгновенно испаряется за счет абляционного взаимодействия [4–6]. Подготовка слоя покрытия замедляет процесс ЛУО, и это неэкономично для промышленных применений. ЛУОБП может стать лучшей альтернативой.

Основные характеристики ЛУОБП:

- ЛУОБП не требует какой-либо подготовки поверхности или покрытий, которые защищали бы материал от плавления или повреждения;

- использует лазеры Nd:YAG с модуляцией добротности и удвоенной частотой, которые компактны, коммерчески доступны и просты в обращении;
- может передавать лазерные импульсы по гибкому оптическому волокну на расстояние до 50 м;
- может излучать лазерные импульсы на погруженные в воду объекты без ограничений по длине передачи из-за длины волны, проникаемой для воды;
- требует менее сложной системы обработки для доступа к объектам из-за отсутствия реактивной силы против лазерного излучения [2].

Целью работы является обеспечить равномерность эффекта лазерной ударной обработки маломощным лазерным источником для ответственных изделий из титановых сплавов.

Задачами работы являются:

- Разработка энергетических и технологических условий перехода к низкоэнергетическим источникам при ЛУО;
- Определение параметров процесса лазерной ударной обработки низкоэнергетическими источниками, сочетание которых необходимо оптимизировать для получения результатов, сопоставимых с лазерной обработкой на традиционных режимах
- Разработка технологических мероприятий по обеспечению повторяемости эффекта ЛУО;
- Выбор оптимального коэффициента перекрытия лазерных импульсов.

В рамках данной работы будет проведено исследование, направленное на развитие технологии лазерной ударной обработки в РФ, установлены важные зависимости, отработаны и предложены оптимальные режимы работы с использованием низкоэнергетической лазерной установки. В будущем планируется расширить исследование с использованием современных методов определения остаточных напряжений на материалах не только из титанового сплава.

Литература

1. Новиков, И. А. Мировой опыт в исследовании и применении технологического процесса лазерной ударной обработки металлов (обзор) / И. А. Новиков, Ю. А. Ножницкий, С. А. Шибяев // *Авиационные двигатели*. – 2022. – № 2(15). – С. 59-82. – DOI 10.54349/26586061_2022_1_59. – EDN ZVZZHF.
2. Y. Sano I, N. Mukai I, M. Obata Laser peening without coating: process, effects and applications. Режим доступа: <https://www.shotpeener.com/library/pdf/2008104.pdf> (дата обращения 10.03.2023).
3. S.G. Irizalp, N. Saklakoglu, *Comprehensive Materials Finishing*, 2016, p. 408.
4. X.D. Ren, L. Ruan, S.Q. Yuan, H.M. Yang, Q.B. Zhan, M. Zheng, and F.Z. Dai: *Surf. Coat. Technol.*, 2013, vol. 221, pp. 111–17.
5. A. Gill Telang, S.R. Mannava, D. Qian, Y.S. Pyoun, H. Soyama, and V.K. Vasudevan: *Mater. Sci. Eng., A*, 2013, vol. 576, pp. 346–55.
6. C.S. Montross, T. Wei, L. Ye, G. Clark, and Y.W. Mai: *Int. J. Fatigue*, 2002, vol. 24 (10), pp. 1021–36.