

Введение. Современные производственные процессы сталкиваются с растущими эксплуатационными нагрузками на детали машин и механизмов, что приводит к их ускоренному износу и преждевременному выходу из строя. Продление срока службы таких деталей имеет важное значение для уменьшения времени простоя оборудования, снижения затрат на замену и переплавку изношенных компонентов. В связи с этим, поиск новых методов повышения износостойкости деталей является одной из ключевых задач современного машиностроения. Наиболее актуальными в данном случае являются методы упрочнения поверхностного слоя за счет сохранения механических характеристик в объеме неизменными.

Результаты разработки новой методики лазерного термоупрочнения поверхностного слоя титанового сплава уже показали десятикратное увеличение твердости относительно исходной. Однако более тщательный анализ при увеличении площади обработки до изделий среднего размера показал разброс значений твердости, сопоставимый с величиной упрочнения.

Таким образом, целью стало исследование подходов к управлению однородностью механических свойств функционального покрытия, сформированного методом лазерного термоупрочнения поверхности под слоем графитового порошка в сжатых условиях.

Основная часть. Титановые образцы предварительно обрабатывались шлифовальной бумагой с зернистостью от 600 до 2500 Р, после чего при помощи лазерного воздействия на их поверхности был сформирован оксидный слой. Структурирование было выполнено с использованием коммерческой лазерной установки «Минимаркер-2». Лазерное термоупрочнение проводилось под слоем графитового порошка при варьировании развертки и времени задержки между зонами обработки. Измерение твердости полученных структур было проведено методом Виккерса с использованием твердомера ПМТ-3М путем внедрения алмазного индентора с углом при вершине 136°. Анализ и измерение диагоналей отпечатков проводились с помощью оптического микроскопа Carl Zeiss Axio Imager A1.m. В результате проведения испытаний получено:

1. Исследовано влияние дискретизации заполнения площади обработки на твердость и однородность образованной структуры. Таким образом получилось добиться увеличения твердости покрытия на 15% и уменьшение разброса значений на 34%;
2. Получено сравнение методов последовательного и рандомизированного заполнения площади обработки. Например, последовательная развертка дает наиболее высокие показатели твердости, в то время как рандомизированная позволяет добиться большей однородности покрытия;
3. Исследовано влияние задержки при дискретной обработке на твердость и однородность образованной структуры. Так, при последовательной обработке значения твердости вырастают на 28%, а при рандомизированной разброс значений падает на 42%;
4. Получены данные о наиболее перспективном режиме обработки для дальнейшего развития методики лазерного термоупрочнения.

Выводы. Были получены значения твердости по Виккерсу на поверхности и шлифах покрытий, обработанных различными типами дискретной развертки. По результатам анализа установлено существенное положительное влияние введения дискретизации и временной задержки в процессе обработки. В зависимости от режима обработки удалось добиться

увеличения медианной твердости на 28% и снизить разброс значений на 42%, что говорит о повышении однородности полученных структур. Также был отобран как наиболее интересный для дальнейших исследований режим с рандомизированной дискретной разверткой без задержки. Это позволит усовершенствовать имеющуюся методику лазерного термоупрочнения титановых изделий.

Финансирование исследования выполнено за счет НИРСИИ Университета ИТМО (проект №640114 Метод синтеза параметров обработки материалов на основе строгих (математических) и нестрогих (машинных) предсказаний).

Список использованных источников:

1. Егорова К. А., Розанов К. А., Киян А.И., Синев Д.А. Управление твердостью поверхностного слоя титановых образцов за счет аддитивной лазерной обработки // Фотоника [Photonics Russia] - 2023. - Т. 17. - № 1. - С. 437–445.
2. Badkar D. S. Experimental investigation on hardness properties of laser hardened bead profile of commercially pure titanium grade3 using Nd: YAG laser //Journal of Advanced Manufacturing Systems. – 2018. – Т. 17. – №. 03. – С. 291-316.
3. Seo D. M., Hwang T. W., Moon Y. H. Carbonitriding of Ti-6Al-4V alloy via laser irradiation of pure graphite powder in nitrogen environment //Surface and Coatings Technology. – 2019. – Т. 363. – С. 244-254.