



Секция
«Применение искусственного интеллекта для
решения задач машинного зрения в производстве.
Практика и перспективы»

Платформенное решение интеллектуальной оценки качества микроструктур материалов на примере плазменных покрытий

Паламарь Ирина Николаевна

канд. техн. наук, зав. кафедрой МПО ЭВС

Калинин Александр Юрьевич

магистр

Гагарина Алиса Игоревна

ассистент кафедры МПО ЭВС

РГАТУ 2024



Актуальность работы

В современной промышленности широко используются плазменные покрытия. Их эксплуатационные характеристики напрямую зависят от микроструктуры. Недостатком существующих решений является отсутствие возможности автоматического анализа, для его проведения требуется оператор-эксперт. Разрабатываемая система позволяет автоматизировать данный процесс и обеспечить большую скорость обработки, чем экспертный анализ, а также достичь детерминированности и систематизируемости результатов.

Цели работы

1. Исследование методов извлечения критериев оценки из изображения поперечного шлифа плазменного покрытия.
2. Разработка программной системы автоматической оценки качества плазменных покрытий по изображению поперечного шлифа.

Существующие аналоги

Функционал	<i>MATBOX</i>	<i>SIAMS 800</i>	<i>Image-Pro</i>	Разработанная система
Выделение слоя покрытия	Автоматиз.	Автоматиз.	Вручную	Автоматически
Расчет толщины покрытия	Вручную	Вручную	Поддерживается	Автоматически
Расчет размеров пор	Неизвестно	Автоматиз.	Поддерживается	Автоматически
Расчет размеров непроплавов	Автоматиз.	Автоматиз.	Автоматиз.	Автоматически
Расчет процента пористости	Автоматиз.	Автоматиз.	Автоматиз.	Автоматически
Расчет процента непроплавов	Автоматиз.	Автоматиз.	Автоматиз.	Автоматически
Расчет статистических показателей	Да	Да	Да	Автоматически
Создание отчета	Нет	Да	Да	Да

Оценка качества плазменных покрытий. Проблема

Экспертный анализ:

- временные затраты
- требует высокую квалификацию
- внимательность эксперта

Выявляемые дефекты:

- пористость
- растрескивание и коробление
- зоны перегрева металла
- непроплавленные участки

«

влияют на



Автоматизированное решение:

- высокая скорость
- адаптационные механизмы
- метрики качества

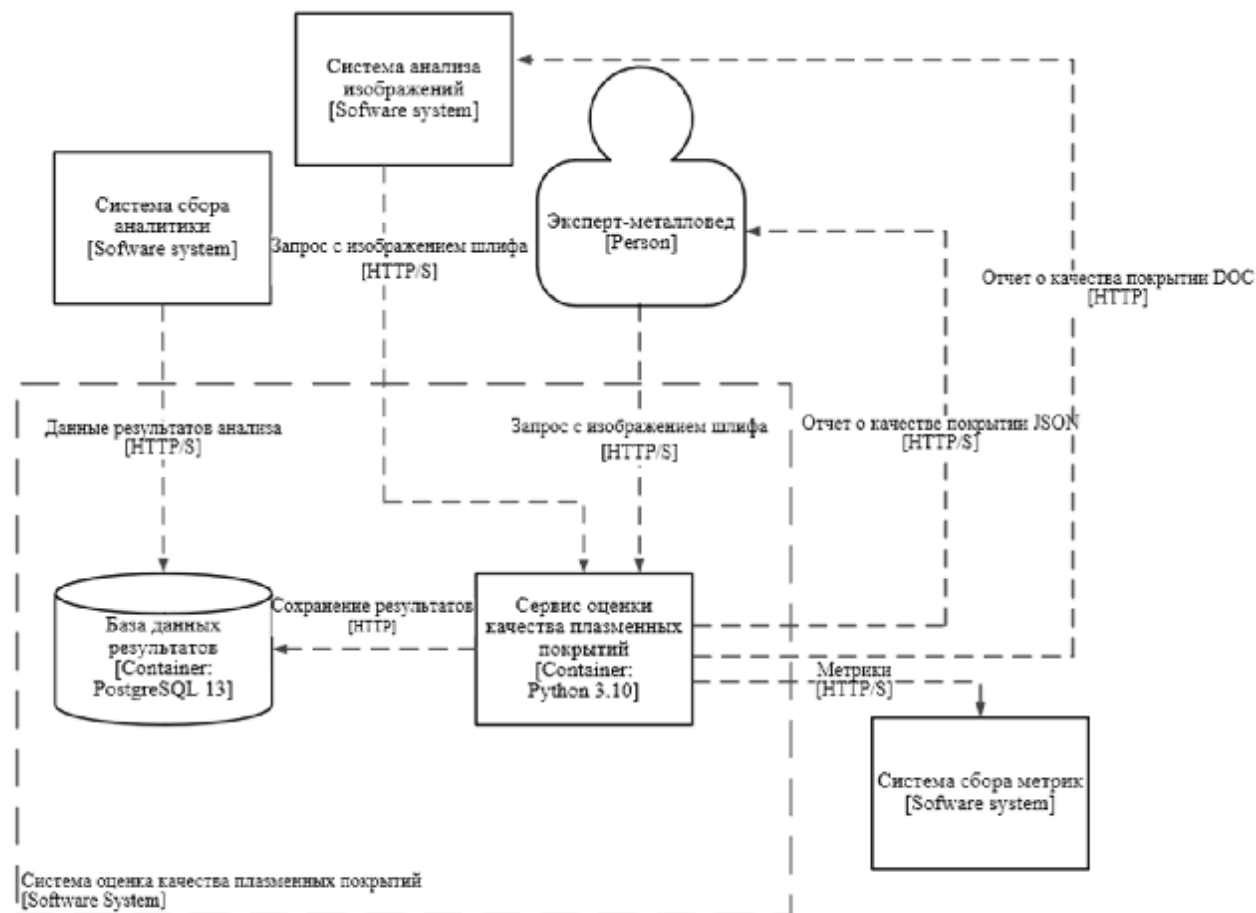
Эксплуатационные свойства:

- прочность
- твердость
- жаропрочность
- износостойкость

Ключевая проблема:

- нет системы метрической оценки структуры покрытия

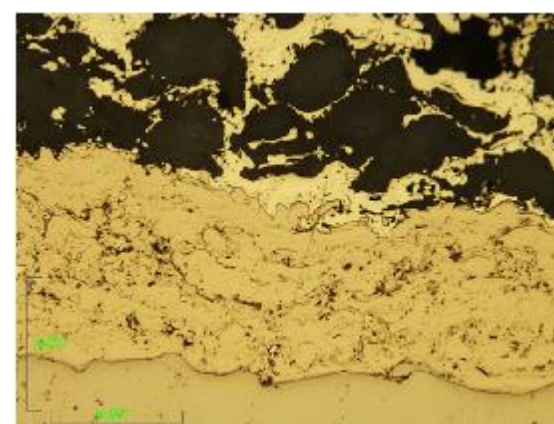
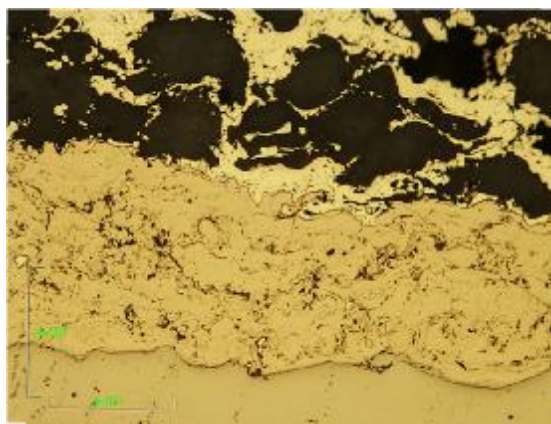
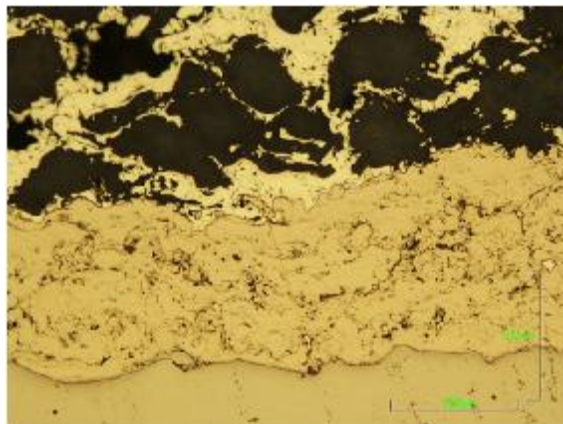
Диаграмма контекста системы



Аугментация датасета

Методы аугментации:

- поворот;
- упругие деформации;
- приближение и отдаление.

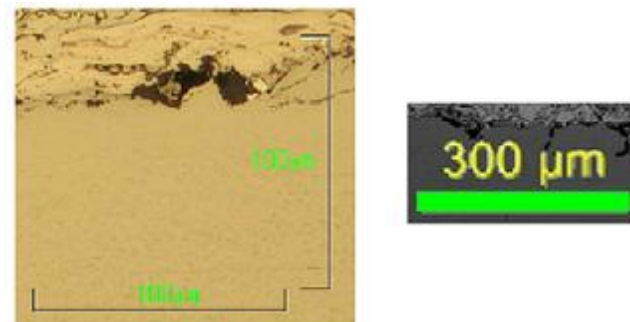


Извлечение параметров масштаба

1 Поиск прямой линии на изображении и расчёт её длины:

1.1 Поиск местоположения шкалы;

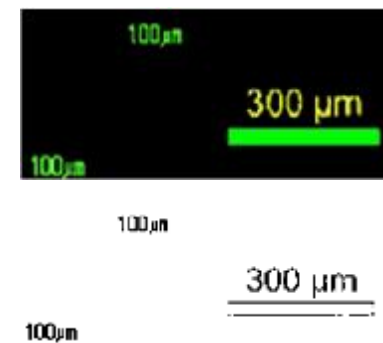
1.1 Поиск прямых и фильтрация.



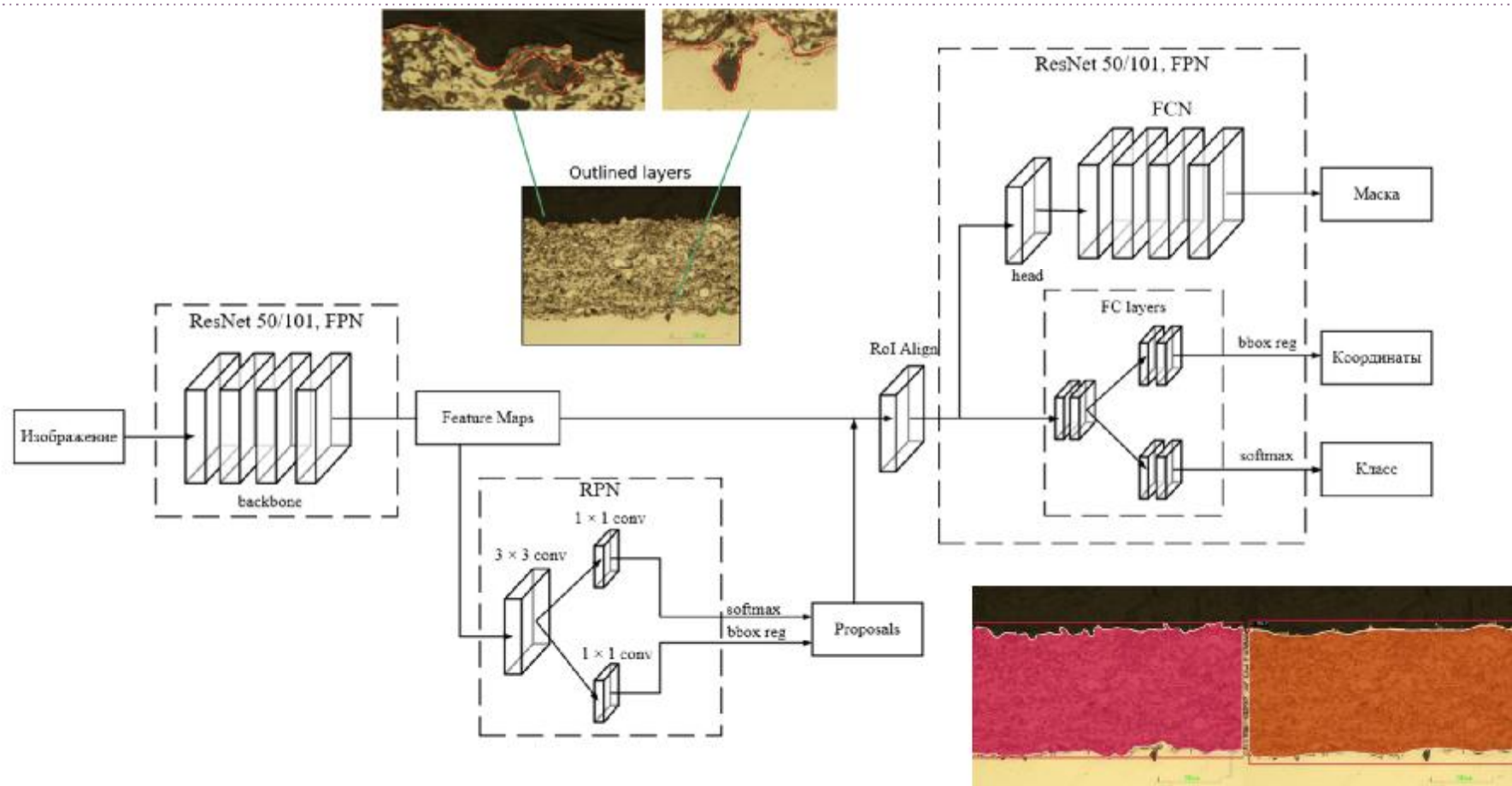
2 Детектирование и распознавание цифр на изображении:

2.1 Фильтрация в цветовом пространстве *HSV*;

2.2 Распознавание цифр.



Архитектура нейронной сети детектирования слоя покрытия



Принципы проектирования системы

Движущие силы архитектуры:

- Масштабируемость;
- Изолированность сбоев;
- Независимость разработки и сопровождения.



Целевая архитектура

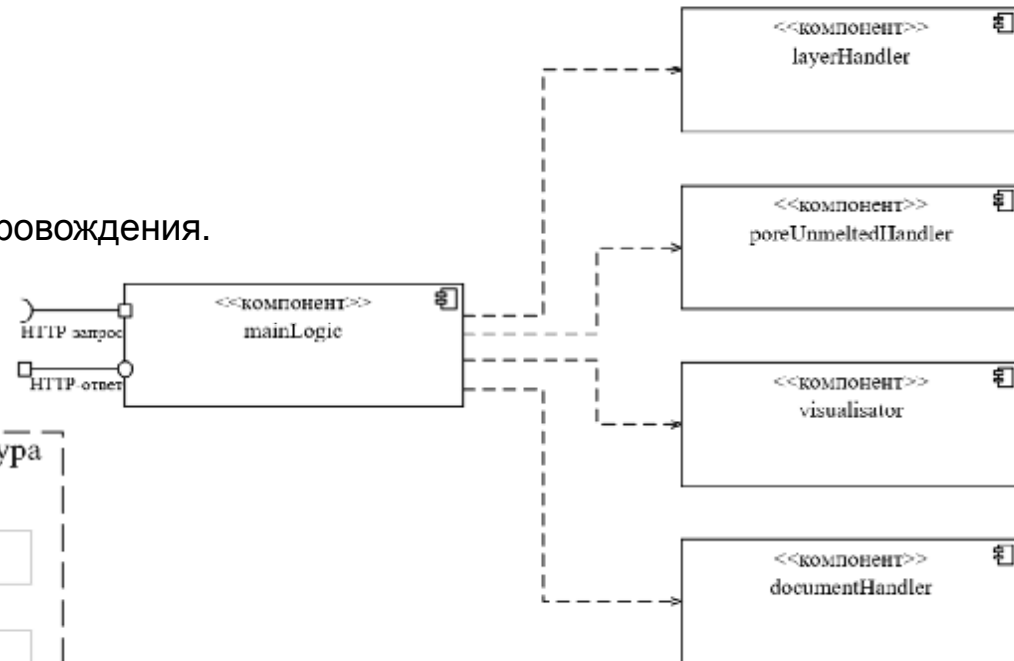
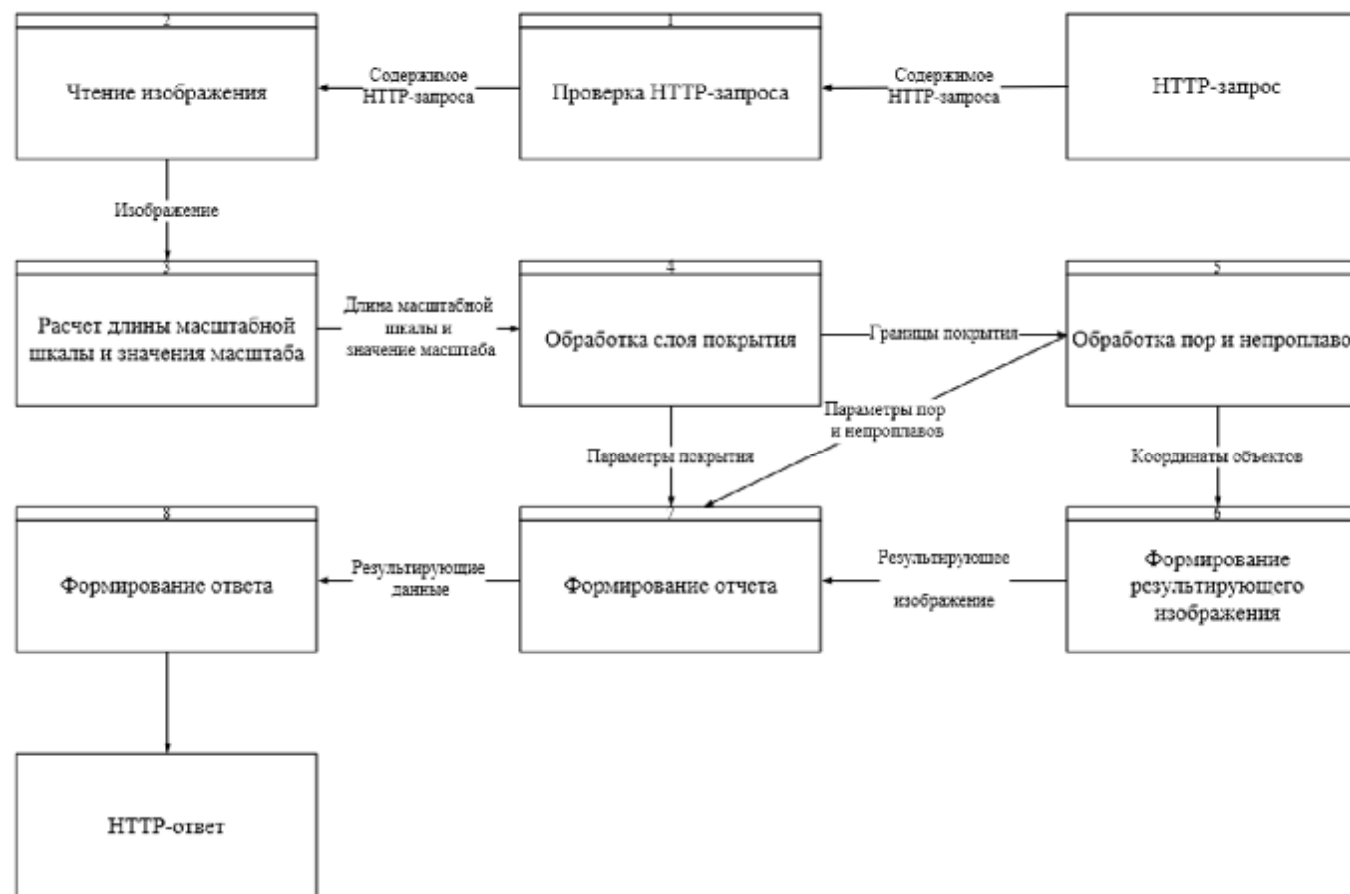
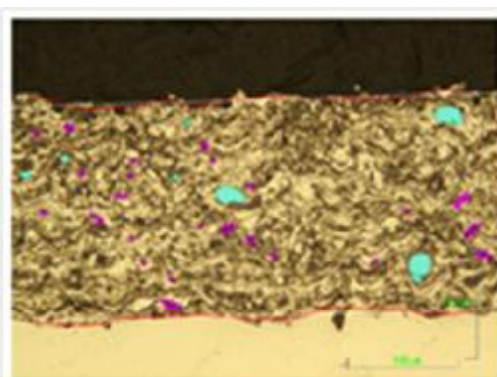


Диаграмма компонентов

Диаграмма информационных потоков данных

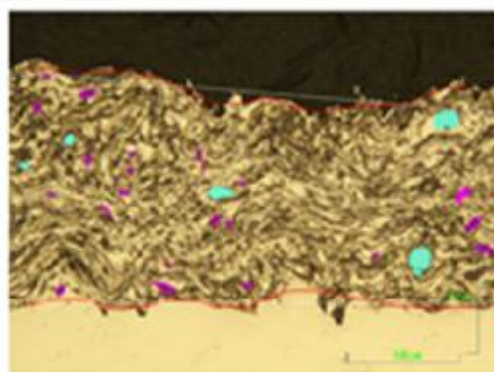


Отчеты с оценкой качества плазменного покрытия



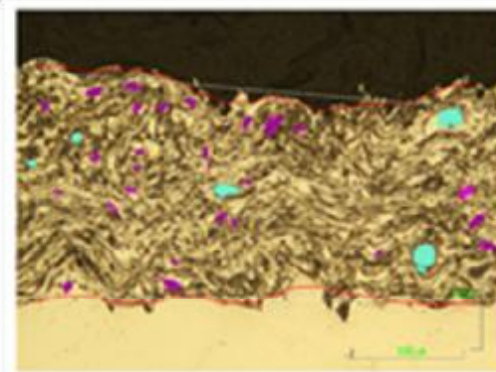
Критерии качества

Критерий	Значение
Максимальная толщина покрытия, мкм	194.64
Медиана толщины покрытия, мкм	186.61
Минимальная толщина покрытия, мкм	180.8
Корреляция положения пор и глубины	0.29
Средняя площадь пор, мкм	34.12
Корреляция нерасплавленных частиц и глубины	0.62
Средняя площадь нерасплавленных частиц, мкм	138.73
Пористость, %	1.96
Непроплавы, %	1.55



Критерии качества

Критерий	Значение
Максимальная толщина покрытия, мкм	204.46
Медиана толщины покрытия, мкм	176.34
Минимальная толщина покрытия, мкм	153.12
Корреляция положения пор и глубины	0.28
Средняя площадь пор, мкм	32.88
Корреляция нерасплавленных частиц и глубины	0.64
Средняя площадь нерасплавленных частиц, мкм	118.02
Пористость, %	2.0
Непроплавы, %	1.36



Критерии качества

Критерий	Значение
Максимальная толщина покрытия, мкм	204.46
Медиана толщины покрытия, мкм	176.79
Минимальная толщина покрытия, мкм	153.12
Корреляция положения пор и глубины	0.25
Средняя площадь пор, мкм	39.12
Корреляция нерасплавленных частиц и глубины	0.64
Средняя площадь нерасплавленных частиц, мкм	118.02
Пористость, %	2.66
Непроплавы, %	1.36

Результаты разработки

- Разработаны и исследованы методы детектирования слоя покрытия.
- Точность сегментации слоя покрытия 75 %, общая точность модели сегментации пор и нерасплавленных частиц 87,7 %.
- Задача оценки качества покрытия реализована с помощью автоматического выявления 9 критериев.
 - Толщина покрытия: средняя \ максимальная \ минимальная.
 - Пористость покрытия.
 - Нерасплавленные частицы.
 - Эффективная площадь сцепления с подложкой.
- Спроектирован веб-сервис для проведения оценки.



Паламарь
Ирина Николаевна
irina.palamar@mail.ru
t.me/in_palamar



Платформенное решение интеллектуальной оценки качества микроструктур материалов на примере плазменных покрытий

РГАТУ 2024

