

УДК 621.787

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ РЕЛАКСАЦИИ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

Нерсисян Д.А., студент гр. МТа-231, I курс

Научный руководитель: Блюменштейн В.Ю., д.т.н., профессор

Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева,

г. Кемерово

### **Введение**

Поверхностное пластическое деформирование (ППД) роликом – это технология, при которой формируется упрочненный поверхностный слой, создаются сжимающие остаточные напряжения, способствующие улучшению её механических свойств. Эти напряжения обусловлены неоднородной пластической деформацией материала в процессе обработки. С позиций механики деформируемого твердого тела, остаточные напряжения являются результатом микроскопических пластических деформаций, происходящих в деталях в результате определенной схемы нагружения.

Релаксация остаточных напряжений в процессе эксплуатации оказывает значительное влияние на прочность и циклическую долговечность деталей. Искусственный интеллект (ИИ), применяемый для моделирования этих процессов, позволяет более точно прогнозировать поведение материалов и оптимизировать технологические параметры [1].

### **Роль ИИ в моделировании релаксации остаточных напряжений**

Использование ИИ в моделировании релаксации остаточных напряжений позволяет анализировать и предсказывать поведение материала под различными нагрузками и в различных условиях эксплуатации. Методы машинного обучения и глубокого обучения могут обрабатывать большие объемы данных, полученные в ходе экспериментальных исследований, и находить сложные закономерности, которые невозможно определить с помощью традиционных подходов. Это особенно важно при работе с упрочненными слоями, полученными в результате обкатывания роликом, где влияние различных факторов может быть нелинейным и многомерным [2].

Примеры использования ИИ для анализа остаточных напряжений включают моделирование процесса обкатывания роликом для различных типов материалов и геометрий валов. Это позволяет определить оптимальные условия обработки для минимизации негативного влияния растягивающих и повышения роли сжимающих остаточных напряжений, а также установить закономерности процессов релаксации напряжений в упрочненных слоях [3].

### **Методика моделирования релаксации остаточных напряжений с использованием искусственного интеллекта**

Более подробнее рассмотрим методику моделирования релаксации остаточных напряжений с использованием искусственного интеллекта. Этот процесс можно разделить на несколько ключевых этапов.

#### **1. Сбор и Подготовка Данных**

Экспериментальные данные: включают измерения остаточных напряжений после обкатывания методом поверхностного пластического деформирования.

Симулированные данные: генерируются с помощью компьютерных моделей процессов, влияющих на остаточные напряжения [4].

Очистка данных: удаление шумов, исправление ошибок и обработка пропущенных значений.

Нормализация данных: приведение различных параметров к общему масштабу для облегчения обучения модели.

#### **2. Выбор Модели Искусственного Интеллекта**

Регрессионные модели: для прогнозирования уровня остаточных напряжений в зависимости от различных факторов [5].

Нейронные сети: особенно эффективны в случаях, когда отношения между переменными сложны и нелинейны.

Ансамблевые методы: могут использоваться для повышения точности и устойчивости моделей.

#### **3. Обучение и Валидация Модели**

Обучение модели: используя подготовленные данные, модель обучается распознавать закономерности, связывающие различные параметры с остаточными напряжениями [5].

Кросс-валидация: применяется для проверки эффективности модели на различных наборах данных.

Настройка параметров: для улучшения точности и уменьшения переобучения.

## 4. Тестирование Модели

Применение модели на новых данных: для оценки ее способности точно прогнозировать остаточные напряжения.

Анализ результатов: оценка точности, чувствительности и специфиичности модели.

## 5. Интерпретация и Практическое Применение

Интерпретация результатов: установление закономерностей влияния переменных на релаксацию остаточных напряжений.

Применение выводов: использование полученных данных для оптимизации производственных процессов и улучшения качества продукции.

## 6. Непрерывное Обучение и Адаптация

Обновление модели: регулярное добавление новых данных для поддержания актуальности и точности модели [6].

Адаптация под новые условия: модификация модели для учета изменений в технологических процессах или материалах.

Эта методика объединяет подходы как из области искусственного интеллекта, так и из материаловедения и механики твердого тела. Она позволяет не только точно анализировать и прогнозировать процессы релаксации остаточных напряжений, но и дает возможность для их оптимизации на основе полученных данных.

Использование ИИ в моделировании релаксации остаточных напряжений, возникающих в результате обкатывания роликом, является многообещающим направлением в технологии машиностроения. Оно открывает новые возможности для повышения качества и долговечности валов и других деталей, повышает эффективность контроля процессов, происходящих в материалах деталей в ходе их обработки.

Настоящее исследование является частью текущей работы, направленной на дальнейшее изучение релаксации остаточных напряжений. В исследовании стремимся разработать и усовершенствовать модели, которые смогут более точно описывать эти процессы, включая различные методы их стимулирования и контроля. Это исследование поддерживается активным сбором данных, анализом и экспериментами, которые проводятся с использованием последних достижений в области искусственного интеллекта и машинного обучения.

### Список литературы:

- Гудков, А. А. Искусственный интеллект: перспективы практического использования в машиностроении / А. А. Гудков, Н. В. Мищенко, М. В.

Терехина // Новая наука: Современное состояние и пути развития. – 2016. – № 3-2. – С. 109-113.

2. Кордюков, А. В. Искусственный интеллект в технологии машиностроения / А. В. Кордюков, А. Н. Рябов // Вестник РГАТА имени П. А. Соловьева. – 2017. – № 4(43). – С. 147-151.

3. Кособродов, А. А. Применение искусственного интеллекта в машиностроении / А. А. Кособродов, С. А. Бесклетка // Научный Альманах ассоциации France-Kazakhstan. – 2023. – № 4. – С. 61-69.

4. Мехтиева, С. И. Использование искусственного интеллекта в машиностроении / С. И. Мехтиева, Д. М. Ильясов, К. О. Отев // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых-2023 : Сборник научных статей 12-й Международной молодежной научной конференции. В 4-х томах, Курск, 09–10 ноября 2023 года. – Курск: ЗАО "Университетская книга", 2023. – С. 118-120.

5. Мутыгуллин, К. А. Применение искусственного интеллекта в машиностроении / К. А. Мутыгуллин // Тинчуриńskie чтения - 2021 «энергетика и цифровая трансформация» : Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3 томах, Казань, 28–30 апреля 2021 года. Том 3. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2021. – С. 396-398.

6. Блюменштейн, В. Ю. Методика проведения расчетов характеристик усталостного нагружения в ANSYS FATIGUE TOOL / В. Ю. Блюменштейн, Д. А. Нерсисян // Инновации в машиностроении : материалы докладов XIII Международной научно-практической конференции ИнМаш-2022, Барнаул, 23–25 ноября 2022 года / Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова. – Барнаул: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2022. – С. 252-256.

7. Смелянский В. М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием / В. М. Смелянский. - М.: Машиностроение, 2002. - 300 с.

8. Блюменштейн В. Ю. Механика технологического наследования как научная основа проектирования процессов упрочнения деталей машин поверхностным пластическим деформированием : дис. ... д-ра техн. наук : 05.02.08. - М., 2002. - 595 с.