

**УДК 004.9**

**М. Голубовський, Б. Лемега, В. Ясній, д.т.н., доцент**  
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

## **ОГЛЯД ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СПЛАВІВ З ПАМ'ЯТТЮ ФОРМИ**

**М. Holubovskyi, B. Lemeha, V. Iasnii, Dr. Sci., Assoc. Prof.**  
**REVIEW OF THE USE OF MACHINE LEARNING METHODS FOR THE  
RESEARCH OF SHAPE MEMORY ALLOYS**

Сплави з ефектом пам'яті форми (СПФ) – це клас матеріалів, які володіють здатністю відновлювати свою початкову форму після зазначеного зміщення або деформації. Ці матеріали мають значний потенціал у промисловості та медицині завдяки їхнім унікальним властивостям. У промисловості вони використовуються для створення компонентів, які можуть змінювати свою форму відповідно до зовнішніх умов. Наприклад, для актуаторів, клапанів та інших деталей де необхідна точна, прецизійна зміна форми. У медицині СПФ мають різноманітні застосування, включаючи біомедичні пристрої які адаптуються до тіла пацієнта, такі як стенти для розширення судин або інші імплантати, що можуть змінювати форму відповідно до потреб лікування.

Останнім часом для дослідження та вдосконалення властивостей СПФ активно використовуються методи машинного навчання (МН). Ключовими областями застосування цих методів є прогнозування властивостей СПФ на основі складу сплаву, дослідження температури перетворення, коефіцієнту відновлення, супереластичності та гістерезису через різницю у температурах перетворення під час нагрівання і охолодження, що може призвести до втоми. МН використовувалося в експериментальному дослідженні для пошуку сплавів з низьким термічним гістерезисом [2], для одночасної оптимізації термічного гістерезису та температур переходу [3], а також для розробки сплавів NiTi з підвищеною стійкістю до осадження. Також були створені моделі для передбачення температур переходу [4] та для дослідження виготовлення сплавів методом лазерного порошкового напилення [5]. Лазерне напилення досліджувалося для адитивного (3D) друку NiTi СПФ. Успішність друку оцінювалася як функція лінійної, поверхневої та об'ємної питомої потужності, які є функціями потужності лазера, швидкості друку та відстані між шарами. Лінійний дискримінантний аналіз дозволив оцінити значення кожного з параметрів на якість друку.

Отже, використання методів машинного навчання в дослідженнях сплавів з пам'яттю форми відкриває нові перспективи для поліпшення їх властивостей, оптимізації процесів виготовлення та розширення сфери застосування цих матеріалів.

### **Література**

1. Machine learning for alloys / G.Hart, T. Mueller, C. Toher, S. Curtarolo. // Nature Reviews Materials. – 2021. – №6. – С. 1–5.
2. Xue D. Accelerated search for materials with targeted properties by adaptive design. Nat. Commun / Dezhen Xue. // Nature Communications. – 2016. – №7.
3. Multi-objective Optimization for Materials Discovery via Adaptive Design / [A. Gopakumar, P. Balachandran, D. Xue та ін.]. // Scientific Reports. – 2018. – №8.
4. An informatics approach to transformation temperatures of NiTi-based shape memory alloys / [D. Xue, D. Xue, R. Yuan та ін.]. // Acta Materialia. – 2017. – №125. – С. 532–541.
5. On the printability and transformation behavior of nickel-titanium shape memory alloys fabricated using laser powder-bed fusion additive manufacturing / [M. Mahmoudi, G. Tapia, B. Franco та ін.]. // 35. – 2018. – С. 672–680.