

РОЛЬ САПР У РОЗРОБЦІ ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ МЕТАЛУРГІЙНОЇ ГАЛУЗІ

Гречаний О.М.¹, Васильченко Т.О.², Вернидуб М.В.³, Дерновий О.О.³

¹Запорізький національний університет, Ph.D., доцент, Україна

²Запорізький національний університет, канд. техн. наук, доцент, Україна

³Запорізький національний університет, магістрант, Україна

Анотація. В умовах жорсткої кадрової кризи в металургійній галузі гостро постає питання застосування передових програмних засобів для оптимізації та прискорення вирішення складних інженерних завдань. Системи автоматизованого проектування відіграють ключову роль у моделюванні, аналізі та оптимізації металургійних процесів, але залишається відкритим питання визначення найбільш раціонального продукту, який забезпечує принципи функціональності, вартості та продуктивності. Тому основне питання, яке розглядали автори, можливість розробки мультифізичного підходу, що поєднує в собі інтеграцію потужних програмних інструментів (ANSYS, AutoCAD, SolidWorks, MATLAB) для моделювання складних металургійних процесів з акцентом на механічний, термічний та структурний аналіз. Цей підхід дозволяє значно підвищити точність інженерних розрахунків, що має важливе значення для оптимізації технологічних ліній у металургії, зокрема, в контексті передових методів аналізу та вдосконалення методики проектування з урахуванням складних виробничих умов.

Ключові слова: автоматизоване проектування, комп'ютерне моделювання, інженерні розрахунки, технічні стандарти, аналіз даних

Вступ. Переважна частина як прокатного так і допоміжного обладнання металургійної галузі України розроблено та запущено в експлуатацію на початку XX століття [1-2]. Незважаючи на значні коефіцієнти запасу міцності з часом експлуатації та бурхливого розвитку технологічних аспектів в металургії виникли потреби не тільки в глибокій модернізації існуючого обладнання, а й в розробці принципово нових конструкцій [3-5]. Також у ситуації невизначеності, спричиненої воєнним станом, проведення реальних експериментів для перевірки або спростування різних аспектів технологічних процесів стає надзвичайно складним завданням. Тому дедалі більше значення набувають методи імітаційного моделювання та експериментів при розробці металургійного обладнання [6-7].

В зв'язку з цим постає закономірне питання системного аналізу та визначення найбільш оптимальних програмних продуктів систем автоматичного проектування (САПР), які б стали у нагоді конструкторам при проектуванні та удосконаленні не тільки основного та допоміжного обладнання, а й безпосередньо технологічних процесів.

Основний матеріал. У сучасних дослідженнях програмне забезпечення, таке як ANSYS, AutoCAD, SolidWorks і MATLAB, активно застосовується для моделювання та аналізу процесів у матеріалознавстві та металургії.

ANSYS використовується для чисельного моделювання технологічних процесів, зокрема прокатки алюмінієвих сплавів у рідкому азоті та асинхронної гарячої прокатки композитних матеріалів, а також для аналізу деформацій, температурних змін і напружень у матеріалах, що дозволяє отримати точні результати щодо механічних властивостей і структури матеріалів [8-10]. Це програмне забезпечення дає змогу враховувати не лише макроскопічні характеристики, а й мікроструктурні зміни, що є важливими для прогнозування поведінки матеріалів за різних умов.

AutoCAD є однією з найбільш поширених програм для створення і обробки графічних моделей, і його застосування охоплює широкий спектр галузей, від машинобудування та архітектури до адитивного виробництва і геології. Програма забезпечує високу точність і гнучкість в процесах проектування, що робить її корисною для численних наукових та інженерних задач. Важливою перевагою є здатність AutoCAD здійснювати точні вимірювання і створювати складні геометричні моделі, що дозволяє використовувати його для моделювання процесів в порошковій металургії, плануванні гірничо-металургійних робіт та прокатному виробництві, де точність відіграє критичну роль.

Одним з прикладів успішного застосування AutoCAD є використання його для вимірювання площі розведення та осадження порошку Ti-6Al-4V у процесі МРТААМ (адитивне виробництво). Відомо, що AutoCAD використовується для аналізу оптичних зображень зразків і вимірювання геометрії осадження, що є важливим для порівняння експериментальних даних з теоретичними

моделями і числовими симуляціями [11]. В іншому контексті, AutoCAD застосовується для створення 3D моделей геологічних об'єктів, таких як відкриті кар'єри, що дозволяє покращити планування видобутку корисних копалин і візуалізувати просторові зв'язки між геологічними шарами [12]. Крім того, AutoCAD широко використовують для моделювання решітчастих структур у адитивному виробництві, де висока точність є критично важливою для подальшої оптимізації та виготовлення таких структур [13]. Це підтверджує універсальність і ефективність програми в різних наукових і промислових сферах.

Позитивними рисами SolidWorks є висока точність моделювання складних геометрій, що забезпечує якісне і детальне відображення об'єктів. Програмне забезпечення також підтримує інтеграцію з іншими програмами для чисельного аналізу, такими як ANSYS, що розширює можливості інженерного аналізу [14]. Зокрема, SolidWorks є особливо корисним для створення моделей компонентів прокатних станів [15], сплавів та сталевих профілів [16], що значно підвищує ефективність цих процесів. Недоліком SolidWorks є його висока вартість ліцензії, що може бути суттєвим бар'єром для невеликих компаній, навчальних закладів або дослідницьких організацій, де бюджет може бути обмежений.

У сучасних наукових дослідженнях у галузі матеріалознавства, металургії та інженерії програмне забезпечення MATLAB активно використовується для обробки, моделювання та аналізу складних процесів, що включають механічні випробування, термічні процеси та дослідження мікроструктур матеріалів. Однією з основних сфер застосування MATLAB є обробка результатів експериментальних досліджень та моделювання фізичних процесів у різних галузях техніки. У рамках металографічних досліджень, MATLAB використовувався для розробки універсальної методики цифрового аналізу мікроструктур металів і сплавів. Алгоритми MATLAB застосовуються для обробки цифрових зображень мікроструктур, що дозволяє автоматизувати процес вимірювання геометричних параметрів структурних елементів, таких як ферит, перліт і мартенсит, а також для оцінки впливу цих параметрів на

механічні властивості матеріалу. У результаті MATLAB значно спрощує і прискорює процес аналізу, знижуючи ймовірність помилок, що можуть виникнути при ручному вимірюванні [17]. Серед недоліків використання MATLAB можна відзначити складну адаптації програми до конкретних завдань, що вимагає значних часових і ресурсних витрат на розробку спеціалізованого коду.

Висновки. Підсумовуючи все вищесказане можна відзначити, що програмне забезпечення ANSYS має високу точність моделювання та адаптивність до конкретних умов, проте потребує потужного обчислювального обладнання та висококваліфікованих кадрів. SolidWorks і AutoCAD надають ефективні інструменти для механічного проектування, а MATLAB підвищує точність прогнозування металургійних процесів та спрощує процес обробки результатів експериментальних даних. Тому для кожного конкретного проекту слід ретельно вибирати інструмент, спираючись на його особливості та вимоги.

ЛІТЕРАТУРА

1. Shapurov O. O. Research methods for production & business activity of machine-building enterprises. Actual Problems of Economics. 2009. No. 7. P. 168–174.
2. Shapurov O. O. State and trends of machine-building development. Actual Problems of Economics. 2009. No. 3. P. 57–63.
3. Strandless rolling based on four-high modules in stands of continuous section mills / I. Oginskiy et al. *Journal of Alloys and Metallurgical Systems*. 2025. Vol. 9. P. 100149. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jalmes.2024.100149>
4. Numerical analysis of the twin-roll casting of thin aluminium-steel clad strips / M. Stolbchenko et al. *Forschung im Ingenieurwesen*. 2014. Vol. 78, no. 3-4. P. 121–130. URL: <https://doi.org/10.1007/s10010-014-0182-x>
5. Experimental twin-roll casting equipment for production of thin strips / O.Y. Grydin, et al. *Metallurgical and Mining Industry*. 2010, 2(5), pp. 348–354
6. Мурашко В., Кулік Д., Гречаний О. М. Перспектива використання імітаційного моделювання при конструюванні металургійного обладнання. Збірник наукових праць студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених «Молода наука-2023» Запоріжжя: ЗНУ, 2023. Т. 5 С. 363-365.
7. Simulation modeling in the research of metallurgical equipment operation / O. M. Yhtchanyi et al. *System technologies*. 2024. Vol. 2, no. 151. P. 62–75. URL: <https://doi.org/10.34185/1562-9945-2-151-2024-06>
8. Finite element simulation of liquid nitrogen temperature rolling of marine grade aluminium alloy 5754 / A. R. Jagadish et al. *Materials Today: Proceedings*. 2022. URL: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.618>

9. Analysis of microstructure and properties evolution of asynchronous hot rolled stainless steel clad plate with interlayer / Y. Yi et al. *Materials Today Communications*. 2024. P. 111380. URL: <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2024.111380>
10. Deformation Uniformity of Cold-Rolled Q235 Steel Rebar by FEM in Bending and Rolling Processes / F.-l. Sui et al. *Journal of Iron and Steel Research International*. 2012. Vol. 19, no. 8. P. 37–42. URL: [https://doi.org/10.1016/s1006-706x\(12\)60137-x](https://doi.org/10.1016/s1006-706x(12)60137-x)
11. Sawant M. S., Jain N. K., Nikam S. H. Theoretical modeling and finite element simulation of dilution in micro-plasma transferred arc additive manufacturing of metallic materials. *International Journal of Mechanical Sciences*. 2019. Vol. 164. P. 105166. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2019.105166>
12. Zhao H., Bai R., Liu G. 3D Modeling of Open Pit Based on AutoCAD and Application. *Procedia Earth and Planetary Science*. 2011. Vol. 3. P. 258–265. URL: <https://doi.org/10.1016/j.proeps.2011.09.092>
13. Additive manufacturing of metallic lattice structures: Unconstrained design, accurate fabrication, fascinated performances, and challenges. / Chen L.-Y., et al. *Materials Science and Engineering: R: Reports*. 2021. Vol. 146. P. 100648. URL: <https://doi.org/10.1016/j.mser.2021.100648>
14. Effect of copper on the mechanical properties of alloys formed by powder metallurgy. / Wong-Ángel W. D., et al. *Materials & Design*. 2014. Vol. 58. P. 12–18. URL: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2014.02.002>
15. Radionova L. V., Chernyshev A. D., Lisovskiy R. A. Interactive Educational System – Virtual Simulator "Sheet Rolling". *Procedia Engineering*. 2017. Vol. 206. P. 512–518. URL: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.509>
16. Design of Steel Profiles with Similar Characteristics to the Aluminum Profiles Used in Solar Panels. / Calis E., et al. *IFAC-PapersOnLine*. 2024. Vol. 58, no. 3. P. 244–249. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2024.07.158>
17. Akhmetova G., Kudrya A., Panin E. Universal technique for information and digital analysis of steel and alloy structures using MATLAB. *MethodsX*. 2024. P. 103059. URL: <https://doi.org/10.1016/j.mex.2024.103059>

THE ROLE OF CAD IN THE DEVELOPMENT OF ENGINEERING SOLUTIONS FOR THE METALLURGICAL INDUSTRY

Hrechanyi Oleksii, Vasilchenko Tetyana, Vernydub Mykhailo, Dernovyi Oleksandr

Abstract. *In the conditions of a severe personnel crisis in the metallurgical industry, the issue of using advanced software tools to optimize and accelerate the solution of complex engineering tasks is acute. Computer-aided design systems play a key role in modeling, analysis and optimization of metallurgical processes, but the question of determining the most rational product that provides the principles of functionality, cost and productivity remains open. Therefore, the main issue considered by the authors is the possibility of developing a multi-physics approach that combines the integration of powerful software tools (ANSYS, AutoCAD, SolidWorks, MATLAB) for modeling complex metallurgical*

processes with an emphasis on mechanical, thermal and structural analysis. This approach allows you to significantly increase the accuracy of engineering calculations, which is important for optimizing technological lines in metallurgy, in particular, in the context of advanced analysis methods and improving design techniques taking into account complex production conditions.

Keywords: *computer-aided design, computer modeling, engineering calculations, technical standards, data analysis*

REFERENCE

1. Shapurov O. O. Research methods for production & business activity of machine-building enterprises. *Actual Problems of Economics*. 2009. No. 7. P. 168–174.
2. Shapurov O. O. State and trends of machine-building development. *Actual Problems of Economics*. 2009. No. 3. P. 57–63.
3. Strandless rolling based on four-high modules in stands of continuous section mills / I. Oginskiy et al. *Journal of Alloys and Metallurgical Systems*. 2025. Vol. 9. P. 100149. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jalmes.2024.100149>
4. Numerical analysis of the twin-roll casting of thin aluminium-steel clad strips / M. Stolbchenko et al. *Forschung im Ingenieurwesen*. 2014. Vol. 78, no. 3-4. P. 121–130. URL: <https://doi.org/10.1007/s10010-014-0182-x>
5. Experimental twin-roll casting equipment for production of thin strips / O.Y. Grydin, et al. *Metallurgical and Mining Industry*. 2010, 2(5), pp. 348–354
6. Murashko V., Kulik D., Hrechanyy O. M. Perspektyva vykorystannya imitatsiynoho modelyuvannya pry konstruyuvanni metalurhiynoho obladnannya. Zbirnyk naukovykh prats' studentiv, aspirantiv, doktorantiv i molodykh vchenykh «Moloda nauka-2023» Zaporizhzhia: ZNU, 2023. Vol. 5 C. 363–365. [in Ukrainian]
7. Simulation modeling in the research of metallurgical equipment operation / O. M. Yhtchanyi et al. *System technologies*. 2024. Vol. 2, no. 151. P. 62–75. URL: <https://doi.org/10.34185/1562-9945-2-151-2024-06>
8. Finite element simulation of liquid nitrogen temperature rolling of marine grade aluminium alloy 5754 / A. R. Jagadish et al. *Materials Today: Proceedings*. 2022. URL: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.618>
9. Analysis of microstructure and properties evolution of asynchronous hot rolled stainless steel clad plate with interlayer / Y. Yi et al. *Materials Today Communications*. 2024. P. 111380. URL: <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2024.111380>
10. Deformation Uniformity of Cold-Rolled Q235 Steel Rebar by FEM in Bending and Rolling Processes / F.-l. Sui et al. *Journal of Iron and Steel Research International*. 2012. Vol. 19, no. 8. P. 37–42. URL: [https://doi.org/10.1016/s1006-706x\(12\)60137-x](https://doi.org/10.1016/s1006-706x(12)60137-x)
11. Sawant M. S., Jain N. K., Nikam S. H. Theoretical modeling and finite element simulation of dilution in micro-plasma transferred arc additive manufacturing of metallic materials. *International Journal of Mechanical Sciences*. 2019. Vol. 164. P. 105166. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2019.105166>

12. Zhao H., Bai R., Liu G. 3D Modeling of Open Pit Based on AutoCAD and Application. *Procedia Earth and Planetary Science*. 2011. Vol. 3. P. 258–265.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.proeps.2011.09.092>
13. Additive manufacturing of metallic lattice structures: Unconstrained design, accurate fabrication, fascinated performances, and challenges. / Chen L.-Y., et al. *Materials Science and Engineering: R: Reports*. 2021. Vol. 146. P. 100648.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.mser.2021.100648>
14. Effect of copper on the mechanical properties of alloys formed by powder metallurgy. / Wong-Ángel W. D., et al. *Materials & Design*. 2014. Vol. 58. P. 12–18.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2014.02.002>
15. Radionova L. V., Chernyshev A. D., Lisovskiy R. A. Interactive Educational System – Virtual Simulator "Sheet Rolling". *Procedia Engineering*. 2017. Vol. 206. P. 512–518.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.509>
16. Design of Steel Profiles with Similar Characteristics to the Aluminum Profiles Used in Solar Panels. / Calis E., et al. *IFAC-PapersOnLine*. 2024. Vol. 58, no. 3. P. 244–249.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2024.07.158>
17. Akhmetova G., Kudrya A., Panin E. Universal technique for information and digital analysis of steel and alloy structures using MATLAB. *MethodsX*. 2024. P. 103059.
URL: <https://doi.org/10.1016/j.mex.2024.103059>