



Sarginsons — єдиний у світі ливарний завод з виробництва алюмінієвих відливок, що інтегрує технології контрольованого затвердіння, цифрового моделювання цифрових двійників та топологічної оптимізації для створення полегшених, високоміцних і практично беззуглецевих компонентів. Він є галузевим лідером у сфері підвищення експлуатаційних характеристик ТУЕ (технологічно-еквівалентних елементів) у деталях складної форми або в крупногабаритних конструкціях, забезпечуючи при цьому стабільність процесів і відтворюваність характеристик.

Sarginsons співпрацює з багатонаціональними OEM-виробниками та ливарними заводами по всьому світу — від Каліфорнії до Китаю — у партнерстві з провідними науковими установами та за підтримки програми фінансування Innovate UK. Загальна мета — розкрити потенціал рідкометалевої інженерії за рахунок передових ливарних технологій. Завод спеціалізується на виробництві інтелектуальних алюмінієвих відливок, що поєднують високу структурну складність з відмінними механічними характеристиками.



## Цифрові двійники та ітеративне проєктування в ливарному виробництві

Висока варіативність параметрів ливарного процесу ускладнює класичну модель швидкого проєктування — особливо враховуючи кошти і часові витрати на виготовлення та тестування фізичних зразків. Проте компанії Sarginsons Industries вдалося впровадити по-справжньому ітеративний підхід до розробки ливарних деталей завдяки використанню цифрових двійників та інтегрованих симуляційних платформ.

Завдяки застосуванню віртуального моделювання з урахуванням локалізованих навантажень та умов експлуатації (Targeted Yield Engineering, TYE) інженерні команди можуть тестувати й оптимізувати безліч варіантів конструктивних рішень без необхідності виконання реального лиття на кожному етапі. Результати симуляцій використовуються в подальших циклах проєктування, що дозволяє оперативніше знаходити оптимальні конфігурації.

Такий змодельований ітеративний підхід відкриває можливості для реалізації більш сміливих і нестандартних конструктивних рішень, що виходять за межі традиційного проєктування литих компонентів — без ризику для виробничого графіка.

### ■ Реалізація принципу: «Більше матеріалу — не завжди більше міцності»

В одному з нещодавніх проєктів виробник обладнання звернувся до Sarginsons із завданням оптимізації форми серійного лиття, де була штучно збільшена маса деталі для компенсації зон з високим навантаженням.

Проте такий підхід, заснований на рівномірному розподілі запасу міцності, призвів до погіршення характеристик виробу.

Інженери Sarginsons переглянули концепцію, впровадивши TYE-орієнтовану симуляцію з локальним опрацюванням критичних зон. Використовуючи параметричну оптимізацію на базі цифрових двійників, вони запропонували нові інженерні рішення, підтвердивши їх ефективність уже на віртуальному рівні. Це дозволило суттєво скоротити час на розробку, зменшити масу деталі та підвищити її експлуатаційні характеристики.

**Інтеграція вдосконаленого ливарного моделювання та топологічної оптимізації стала ключовим інструментом для реалізації потенціалу полегшеного проєктування. Глибоке розуміння впливу органічної геометрії на теплові цикли, ливарну технологічність і локальні показники механічної міцності дозволило створювати відливки, які одночасно є легшими, міцнішими та ефективнішими в експлуатації.**

Високоточне моделювання характеристик міцності в кожній зоні відливки забезпе-

чило пряму кореляцію з мікроструктурою та процесами затвердіння. Це дозволило впровадити принцип «менше — значить більше»: використовувати скелетні полегшені конструкції, що відповідають або перевищують вимоги за TYE (технологічно еквівалентним навантаженням), знижуючи масу на 30%. При цьому точність моделювання TYE знаходилася в межах  $\pm 2\%$  від результатів фізичних випробувань.

### ■ Ключові переваги підходу:

- Моделювання TYE розширює можливості для швидкої ітеративної розробки.
- Підтримка локалізованих симуляцій дозволяє враховувати напружені зони на мікрорівні.
- Маса може бути знижена без шкоди для міцності — завдяки адресній геометричній оптимізації.
- Конфігурація компонентів безпосередньо впливає на відведення тепла та швидкість кристалізації.
- Змодельовані параметри TYE демонструють високу кореляцію з реальними даними (точність до 2%).

## ■ Колосальний потенціал використання

Здатність фахівців компанії Sarginsons точно моделювати ливарні процеси за допомогою цифрових двійників, а також ефективно усувати оксидні та феритні вclusions — навіть за використання переробленого алюмінію — відкриває двері для широкого впровадження складних, несучих алюмінієвих відливок у критичних вузлах виробів авіакосмічної промисловості. Це фундаментальний технологічний зсув, здатний привести до масштабної оптимізації вартості компонентів без шкоди для безпеки та надійності.

В рамках дослідницького проєкту Foundry 2030, реалізованого спільно з Інститутом аерокосмічних технологій, було підтверджено, що навіть деталі, що підлягають високим експлуатаційним навантаженням, такі як ролики закрилків літаків, можуть бути виконані в литому виконанні зі збереженням характеристик міцності при зменшенні маси до 30%. Результати фізичного тестування повністю підтвердили точність цифрового моделювання.

Колосальний потенціал використання полегшених відливок в аерокосмічній галузі — зокрема у виробництві БПЛА та дронів — на сьогодні є недооціненим. Sarginsons, маючи досвід виготовлення дрібнопористих, високоеластичних алюмінієвих відливок із заданою геометричною точністю, є одним із небагатьох гравців, здатних реалізувати цей потенціал на практиці.

Досі традиційні ливарні методи, такі як гравітаційне лиття чи лиття під тиском, практично не застосовувалися в аерокосмічній промисловості, особливо для елементів негерметичних зон конструкції. Проте дослідження, проведені в рамках Foundry 2030, демонструють, що відсутні об'єктивні технологічні бар'єри для їх використання. Виявилось, що міф про нестабільність механічних характеристик литих компонентів не витримує об'єктивної верифікації. Сучасне моделювання та контроль якості дозволяють досягати повторюваності та відповідності вимогам до безпеки.

Особливо актуальним є цей підхід у сегменті безпілотних літальних апаратів. На відміну від пілотованої техніки, до БПЛА висуваються менш суворі вимоги щодо міцності окремих елементів, що відкриває шлях до використання лиття для створення інтегральних елементів конструкції — включно з монолітними шасі, акумуляторними відсіками, вузлами кріплення роторів та композитними каркасами. Лиття забезпечує швидкість виробництва, його економічність і конструктивну гнучкість, необхідні для стрімко зростаючої галузі.

Sarginsons має не лише виробничу базу, але й методологію проєктування, сертифіко-

вану в авіаційній сфері. Завдяки тісній співпраці з профільними науково-дослідними інститутами, компанія довела життєздатність масового лиття елементів конструкції літака. Інститут аерокосмічних технологій підтвердив безпеку, точність і технологічність розроблених рішень, що відкриває шлях до їх масштабної інтеграції в серійні повітряні судна нового покоління.

## ■ Штучний інтелект оптимізує відливки

У 2022 році Sarginsons Industries випустила автомобільний підрамник, конструкція якого була скоригована для економії ваги, а сьогодні, завдяки новому програмному забезпеченню на базі ШІ, він став майже вдвічі легшим — з 28 кг до 15 кг.

Нова конструкція розроблена в рамках проєкту Performance Integrated Vehicle Optimization Technology (PIVOT), який підтримується двома британськими дослідницькими агентствами — Advanced Propulsion Centre та Innovate UK. Серед його завдань — розробка програмного забезпечення для зменшення ваги відливок транспортних засобів до 30%.

Проєкт PIVOT об'єднує ливарне виробництво Sarginsons з провідними гравцями галузі, включно з Aston Martin та Altair, з метою радикального підвищення ефективності конструкторських рішень в автомобілебудуванні. Основний акцент — на створенні більш легких, міцних та екологічно стійких компонентів шляхом упровадження цифрового проєктування, топологічної оптимізації та передових ливарних технологій.

Ключове завдання PIVOT — інтеграція даних про затвердіння алюмінієвих відливок, симуляції цифрових двійників та алгоритмів топологічної оптимізації в єдине цифрове рішення. Це дозволить здійснювати ітеративне проєктування та віртуальну валідацію відливок на ранніх стадіях НДДКР, суттєво скорочуючи терміни та вартість виведення продукту на ринок.

Друга фаза проєкту зосереджена на підвищенні характеристик міцності вторинних (перероблених) алюмінієвих сплавів без шкоди для пластичності та надійності. Заключний етап передбачає промислову реалізацію органічно оптимізованих конструкцій — форм, отриманих за допомогою ШІ-оптимізації, які раніше були важковідтворюваними традиційними методами.

Проєкт, який стартував менше року тому, вже вийшов на етап практичної реалізації. Sarginsons планує відлити перші дослідні зразки в рамках проєкту цим літом. «Завдяки технологіям Altair ми не просто зменшуємо масу компонентів — ми створюємо конструкції, які мають кращі механічні властивості при суттєво меншому впливі

на довкілля», — пояснив керуючий директор Sarginsons Марк Нунан.

Один з концептів, розроблених у рамках PIVOT, наочно демонструє зони цілеспрямованого видалення матеріалу: там, де він не бере участі в несучій функції. Цей підхід ілюструє, як ШІ здатний розрахувати оптимальний розподіл маси для забезпечення міцності, стійкості та енергоємності конструкції під час зіткнення.

«Ці конструкції не тільки виглядають незвично — вони і є незвичними. Їх маса знижена на 50%, без шкоди для функціональності», — підкреслив технічний директор Sarginsons Гевін Шіплі. — Нам вдалося подолати основні труднощі, пов'язані з моделюванням ливарної текучості, міцності на розрив і пластичних деформацій. Сьогодні ми можемо з високою точністю прогнозувати механічні властивості в будь-якій точці литва — і це вперше дає можливість моделювати поведінку компонентів в умовах краш-тесту ще до їх фізичного виробництва».

Можливість інтеграції таких цифрових інструментів у ливарний процес відкриває шлях до промислового виробництва органічно спроектованих, конструктивно нестандартних компонентів, які раніше були поза зоною досяжності традиційного інжинірингу. Це — крок у бік ливарної інженерії наступного покоління. 🚀

