

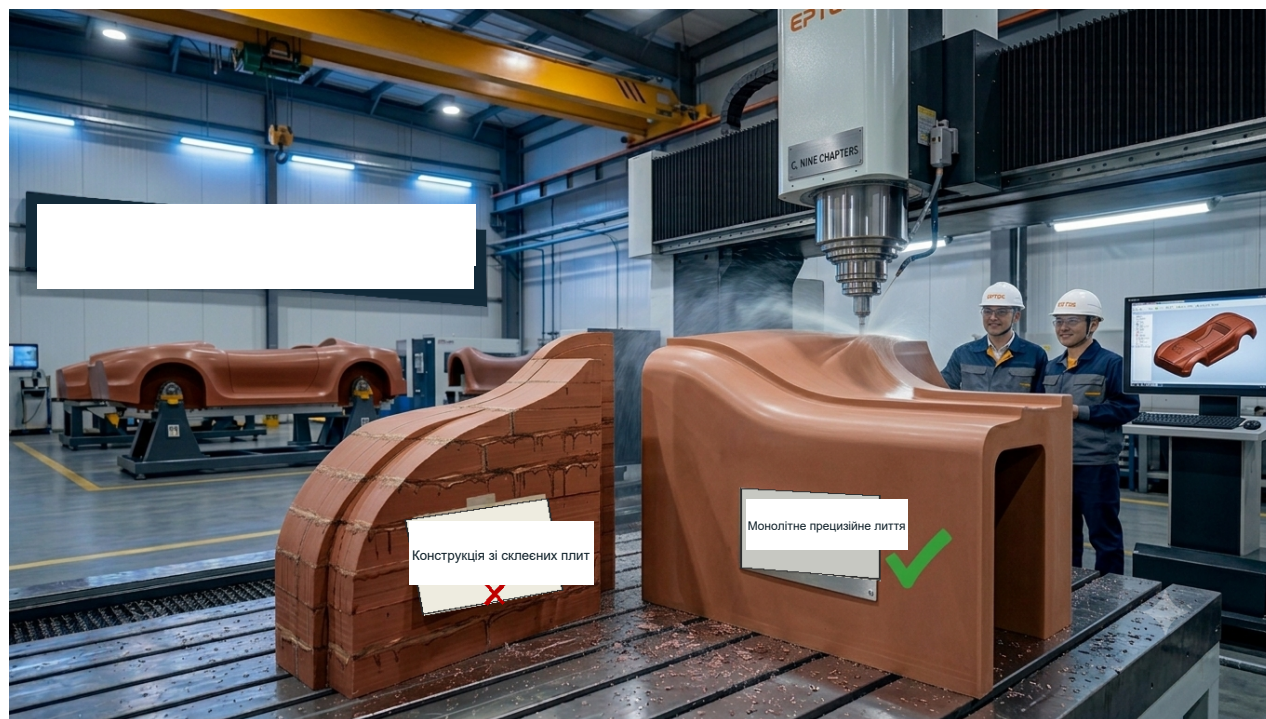
## Прецизійне виробництво ЕРТЕК - Точне лиття та композитна оснастка

БІЛЬШЕ, НІЖ СКЛЕЄНІ ПЛИТИ

ПРЕЦИЗІЙНО ВІДЛИТЕ ОСНАЩЕННЯ ЕРТЕК

Від склеєних плит до монолітного лиття за контуром

Автомобільні моделі • Авіаційне оснащення • Прецизійні пристрої



Менше стиків - більше впевненості.

Неметалеві системи ЕРТЕК для оснащення: лиття, пасти та жорсткі піноматеріали.

Конструкція зі склеєних плит

Монолітне прецизійне лиття

П'ятиосова обробка монолітної литої заготовки на верстаті з ЧПК: без стиків склеєних плит, із гладкою безперервною поверхнею.

У автомобільному дизайні, перевірці моделей і прецизійному авіаційному оснащенні якість заготовки визначає безперервність відтворення складних поверхонь і надійність перенесення проєктних розмірів. Вона безпосередньо впливає на ефективність подальшого склеювання, ремонту й механічної обробки.

Для великих деталей, глибоких порожнин і складної геометрії традиційні модельні плити потрібно розкроїти, склеїти й затвердити клей до обробки всього блока. Стики, клейові шари та повторне доведення подовжують процес і створюють невизначеність щодо однорідності поверхні, вакуумної герметичності та довготривалої стабільності розмірів.

Щоб подолати обмеження склеєних плит, ЕРТЕК розробила Precision Cast Tooling - технологію прецизійних литих заготовок. За 3D-даними замовника ЕРТЕК проєктує спеціальну ливарну порожнину за контуром і виготовляє монолітну заготовку, близьку до кінцевої форми. Так складні моделі й оснащення переходять від складання плит до інтегрованого лиття.

«Менше стиків - більше впевненості у виготовленні». Це принцип технології прецизійного литого оснащення ЕРТЕК.

### 01 - Чотири обмеження склеєних модельних плит

Зазвичай модельні плити постачають у вигляді стандартних прямокутних панелей. Великі деталі, глибокі порожнини й складні поверхні потребують компонування розкрою, різання, чорнової обробки, нанесення клею, складання, затискання, затвердіння та доведення стиків. Стандартні плити зручні для невеликих деталей простої

форми, але їхні обмеження стають помітнішими зі збільшенням розміру, складності поверхні та вимог до вакууму.

- Видимі стики важко усунути

Клей і плити відрізняються кольором, твердістю, тепловим розширенням і поведінкою під час шліфування. Навіть після шпаклювання, шліфування й фарбування стики можуть знову проявитися на глянсових поверхнях, поверхнях класу А або після тривалих коливань температури, порушуючи однорідність дизайн-моделей, майстер-моделей і високоякісного оснащення.

- Вакуумна герметичність може погіршуватися

Стики, краї клею та локально неповне зчеплення можуть створювати приховані канали або мікропорожнини. У вакуум-формувальних формах, майстер-моделях для викладання композитів і вакуумних пристроях для обрізання вони можуть спричинити витоки, зниження вакууму або нестабільне його утримання.

- Клейові стики можуть обмежувати ресурс

Клейові стики порушують безперервність конструкції. Повторні переміщення, обробка, вакуумне й механічне навантаження та термоцикли можуть спричинити локальне відшарування, тріщини або уступи, збільшуючи потребу в ремонті й повторному калібруванні.

- Нижча ефективність виготовлення

Традиційне складання плит потребує різання, нанесення клею, позиціювання, затискання, затвердіння, ремонту стиків і повторного встановлення баз, а потім значного зняття матеріалу з прямокутної заготовки. Монолітне лиття за контуром залишає потрібний припуск навколо кінцевої геометрії, зменшуючи надлишок матеріалу та чорнову обробку.

|                              |                                                                                                                                           |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| КОНСТРУКЦІЯ ЗІ СКЛЕЄНИХ ПЛИТ | Розкрій → попередня чорнова обробка → склеювання й затискання → затвердіння → ремонт стиків → повторне базування → значна чорнова обробка |
| Лиття за контуром            | 3D-дані → спеціальна порожнина → монолітне лиття → цілеспрямована чистова обробка                                                         |

Стандартні плити доречні для невеликих деталей простої форми. Їхні недоліки найпомітніші для великих форм, глибоких порожнин, складних поверхонь, вакуумних застосувань і високих вимог до зовнішнього вигляду.

## 02 - Лиття за контуром: новий шлях виготовлення заготовок

Прецизійне лиття ЕРТЕК використовує міжнародно визнаний підхід лиття за контуром: об'ємну заготовку, близьку до кінцевої форми, відливають навколо геометрії виробу. Порівняно зі склеєними плитами це зменшує зняття матеріалу, час обробки на ЧПК, зношування інструменту та стружку й забезпечує безперервну поверхню без стиків.

Це не лише зміна форми матеріалу, а перебудова всього процесу виготовлення заготовки. Від 3D-даних і проектування порожнини до монолітного лиття та прецизійної обробки матеріал розташовують навколо кінцевого контуру. Залишається лише потрібний припуск, тому заготовку можна одразу чистово обробляти на ЧПК або п'ятиосьовому верстаті, без різання плит, склеювання, затвердіння клею та ремонту стиків.

| Етап процесу                      | ОПИС                                                                                                                                               |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 01 Дані та проектування оснащення | За 3D-даними замовника спроектуйте спеціальну ливарну форму, визначивши припуск, місця вставок, вакуумні контури та інші технологічні деталі.      |
| 02 Обробка ливарної порожнини     | Обробіть ливарну порожнину з піни на ЧПК, точно відтворивши геометрію виробу, контролюючи витрату матеріалу та наближаючи її до кінцевого контуру. |

| Етап процесу                  | ОПИС                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 03 Лиття й затвердіння        | Залити рідку поліуретанову (PUCAST®) або епоксидну (EPCAST®) систему та затвердьте до монолітної структури. Для товстих перерізів можливі поетапне затвердіння й дозатвердіння.                    |
| 04 Мінімальна чистова обробка | Після розпалублення отримують монолітну заготовку з невеликим припуском. Легка чистова обробка дає кінцеву деталь; у відповідних проєктах час механічної обробки можна скоротити більш ніж на 50%. |

EPTEK добирає поліуретанову PUCAST® або епоксидну EPCAST® систему за розміром, робочою температурою, твердістю поверхні, властивостями при стисканні, масою та вимогами до обробки. Для товстостінних, високоточних або високотемпературних деталей застосовують поетапне затвердіння й дозатвердіння для зменшення внутрішніх напружень і стабілізації властивостей.

### 03 - Прецизійне лиття порівняно зі склеєними плитами

Цінність прецизійного лиття оснащення полягає не лише в заміні стандартної плити. Воно дає змогу наблизити початкову заготовку до остаточної геометрії.

| Критерій               | СКЛЕЄНІ МОДЕЛЬНІ ПЛИТИ                                                                                                              | ПРЕЦИЗІЙНО ВІДЛИТЕ ОСНАЩЕННЯ EPTEK                                                                                                  |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Розмірна стабільність  | Кілька клейових меж можуть по-різному деформуватися зі зміною температури.                                                          | Безперервна монолітна структура, контрольована рецептура й дозатвердіння сприяють рівномірній стабільності розмірів.                |
| Вакуумна герметичність | Стики та порожнини можуть створювати шляхи витоку, ускладнюючи підтримання вакууму.                                                 | Менше меж між плитами - менше потенційних шляхів витоку.                                                                            |
| Ефективність обробки   | Різання плит, склеювання, затвердіння, ремонт стиків і значна чорнова обробка створюють довгий ланцюг операцій.                     | Малий припуск за близькою до кінцевої формою скорочує траєкторії чорнової обробки та зношування інструменту.                        |
| Ресурс експлуатації    | Клейові шви є відносно слабкими зонами: під дією теплових і механічних навантажень вони можуть відшаровуватися або розтріскуватися. | Без клейових стиків ресурс можна оптимізувати вибором системи матеріалу, густини та конструкції.                                    |
| Загальна вартість      | Економічні для невеликих регулярних деталей; для великого оснащення витрати на складання й чорнову обробку різко зростають.         | Спеціальна порожнина потребує початкових витрат, але для великих складних форм загальні строк і вартість краще піддаються контролю. |

Зменшення маси, ефективність обробки та строк залежать від розміру, густини матеріалу, конструкції, припуску й критеріїв приймання. Для малих регулярних або надтермінових деталей стандартні плити можуть бути економічнішими. Монолітне лиття за контуром зазвичай ефективніше для великих деталей, складних поверхонь, вакуумної герметичності й високої якості оздоблення.

### 04 - Автомобільний дизайн, моделі й оснащення

Автомобільні застосування становлять приблизно 50% проєктів прецизійного лиття EPTEK. Технологія охоплює процес від ранньої перевірки дизайну й інженерних даних до інтер'єрних та екстер'єрних моделей, функціональних моделей, контрольних пристроїв і малосерійних форм.



Автомобільна дизайн-модель: монолітна лита заготовка допомагає відтворити безшовну поверхню класу А.

- Дизайн-моделі та майстер-моделі

Придатна для зовнішніх моделей цілого автомобіля та його частин: кузовних секцій, бамперів, крил, передніх і задніх облицювань, спойлерів, колісних арок, світлотехніки, решіток та аеродинамічних елементів. Для великих поверхонь, глибоких порожнин і нерегулярних конструкцій монолітна заготовка зменшує ризик прояву стиків під глянсовою фарбою, підтримуючи перенесення пластилінової моделі в CAD, перевірку поверхонь класу А та фінальне затвердження дизайну.

- Моделі контролю даних і габаритно-складальні моделі

За даними автомобіля або вузла виготовляють моделі контролю даних, сполучення та перевірки складання для оцінювання зазорів, урівень встановлених поверхонь, меж і сумісності. Ключові вимоги до матеріалу - стабільність розмірів, збереження крайок і чистота поверхні.

- Моделі й оснащення інтер'єру та екстер'єру

Застосування: панелі приладів і дверей, центральні консолі, стійки, стельові обшивки, елементи сидінь, оздоблення багажника, світлотехніка та кузовні панелі електрифікованих автомобілів. Матеріал також придатний для вакуум-формування форм, низькотискових RIM-форм, форм для піни, м'якого оздоблення та малосерійних композитів.

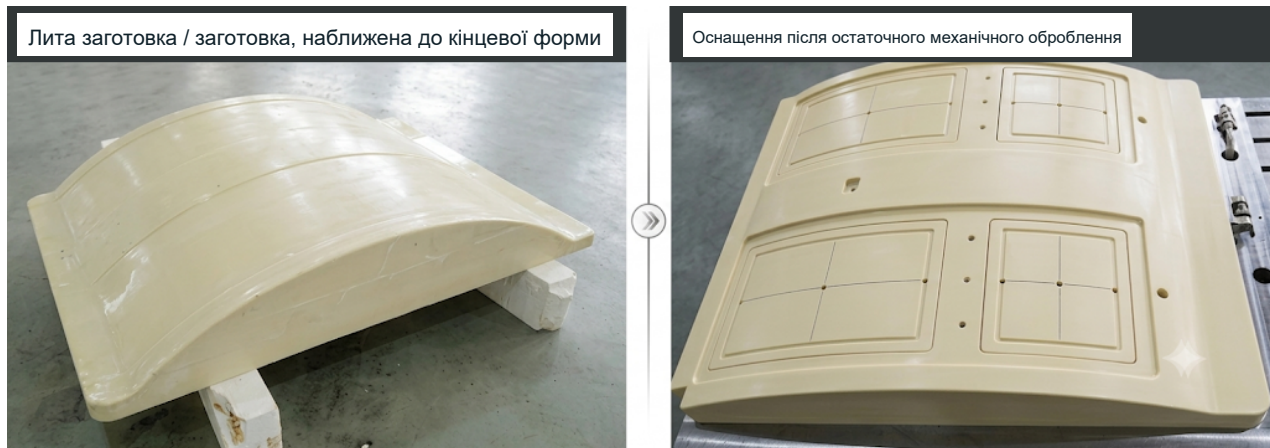
- Контрольні й складальні пристрої та опори деталей

Для контурних контрольних пристроїв, позиціювальних пристроїв, складальних опор, вимірювальних основ і демонстраційного оснащення кузовних панелей, оздоблення та конструкційних деталей. Заготовку відливають близько до потрібного опорного контуру, потім обробляють базові отвори, місця штифтів, контрольні блоки та металеві вставки - поєднуючи точність, малу масу й зручність переміщення.

## 05 - Авіаційне та космічне оснащення

Авіаційні композитні й листові деталі часто великі, тонкостінні, маложорсткі, зі складною кривизною та високими вимогами до точності. Спеціальне оснащення потрібне для викладання й формування, обрізання й свердління, контролю та складання. Авіаційні застосування нині становлять приблизно 50% проєктів прецизійного лиття EPTEK.

## Велике оснащення: порівняння етапів виготовлення



Велике оснащення: порівняння етапів виготовлення

Лита заготовка / заготовка, наближена до кінцевої форми

Оснащення після остаточного механічного оброблення

Велика заготовка оснащення до й після обробки: лиття близько до кінцевої форми мінімізує зняття матеріалу, зберігаючи потрібний припуск на поверхні.

- Майстер-моделі для композитних форм

Майстер-модель - високоточна основа для виготовлення серійної композитної форми. ЕРТЕК може відлити монолітну заготовку безпосередньо за даними композитної деталі або кінцевої форми. П'ятиосьова обробка створює безперервну поверхню; далі виконують герметизацію, нанесення покриття, гелькоуту чи розділювального шару. Типові деталі: вуглепластикові обшивки крила, панелі фюзеляжу, двері, обтічники, закінцівки, лонжерони та нервюри.

- Для низько- чи середньотемпературних майстер-моделей добирайте поліуретанову або епоксидну систему за матеріалом викладання, температурою затвердіння, кількістю термоциклів і точністю.
- Для майстер-моделей препрегових форм перевірте HDT, коефіцієнт теплового розширення, цикл дозатвердіння та сумісність із гелькоутом.

- Вакуумні пристрої для утримання й обрізання

Після затвердіння композитні деталі зазвичай установлюють на вакуумні опорні пристрої, які повторюють їхню поверхню. Прецизійне лиття ЕРТЕК дає суцільну заготовку корпусу; ЧПК формує сполучну поверхню, вакуумні пази, повітряні канали, канавки ущільнень і бази. На відміну від склеєних плит, через робочу поверхню не проходять стики, що зменшує ризик витоків уздовж клейових швів.

- Типові деталі: вуглепластикові обшивки крила, панелі фюзеляжу, двері, обтічники, стільникові сендвіч-панелі та композитні елементи інтер'єру.
- Після обробки виконайте герметизацію поверхні, перевірку безперервності ущільнень, зональні вакуумні випробування та перевірку утримання вакууму всім пристроєм.

## 05 - Авіаційне та космічне оснащення: продовження

- Заготовки форм для розтягування та листового формування

Алюмінієві обшивки літаків і тонколистові деталі потребують точної поверхні форми, достатньої міцності при стисканні та зносостійкості для низькотемпературного розтягування, формування розтягуванням, ручної обробки й коригування форми. Для розробок, малих серій і складних поверхонь полімерні заготовки швидко обробляють на п'ятиосьових верстатах; ними легше маніпулювати та їх легше змінювати, ніж металеві.

- Контрольне оснащення та складальні пристрої

Контроль і складання авіаційних компонентів потребують надійного перенесення баз, позиціонування за контуром і повторюваного затискання. Лиття ЕРТЕК придатне для контурних і поверхневих калібрів, складальних позиціювальних пристроїв, основ свердлильних кондукторів і пристроїв для склеювання. Монолітна заготовка дає

складні опори за відносно малої маси; у неї можна інтегрувати штифти, втулки, різьбові вставки, кульові опори й вимірювальні мішені.

Для авіаційних проєктів добір матеріалу й цикл затвердіння перевіряють за робочою температурою, кількістю термоциклів, точністю розмірів, сумісністю покриття чи гелькоуту, вимогами до вакууму та планом кінцевого контролю.

## 06 - АСОРТИМЕНТ ПРОДУКЦІЇ ЕРТЕК

ЕРТЕК пропонує комплексний асортимент матеріалів і обладнання для автомобільного дизайну, авіаційних форм і прецизійного технологічного оснащення: від модельного пластиліну, легких матеріалів для основи та модельних плит до прецизійного лиття, пастоподібних модельних матеріалів, водорозчинних матеріалів для стрижнів і п'ятиосьових обробних систем.

| ГРУПА ПРОДУКЦІЇ                                                    | ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ЗАСТОСУВАННЯ                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PUCAST® - поліуретанові матеріали для прецизійного лиття оснащення | Швидке тверднення, відмінна оброблюваність, низьке пилоутворення та вибір густини. Для автомобільних дизайн-моделей, контрольних і складальних пристроїв, вакуумних пристроїв для обрізання та майстер-моделей для низькотемпературного формування композитів. |
| EPCAST® - епоксидні матеріали для прецизійного лиття оснащення     | Відмінна розмірна стабільність, добра стійкість до підвищених температур і низьке теплове розширення. Для майстер-моделей композитних форм із вищою робочою температурою, майстер-моделей препрегових форм і прецизійних контрольних пристроїв.                |
| PUBOARD® / EPBOARD® - модельні плити                               | Поліуретанові та високотемпературні епоксидні модельні плити для невеликих моделей, швидкого виготовлення оснащення, контрольних пристроїв і майстер-моделей препрегових форм.                                                                                 |
| PUFOAM® / LBOARD® - легкі матеріали для основи                     | Жорсткий дрібнопористий поліуретановий піноматеріал для великих майстер-моделей, легких модельних основ, майстер-моделей композитних форм та внутрішньої підтримки конструкцій, що повторюють задану форму.                                                    |
| EPMOLD® - пастоподібний модельний матеріал                         | Для поверхневого шару великих майстер-моделей, доведення складних поверхонь, місцевих змін і виготовлення оснащення з ручним або машинним нанесенням.                                                                                                          |
| EPMOLD® - смоли та препреги для форм                               | Високоєфективні системи для авіаційних композитних форм: для вакуумної інфузії, препрегових форм і високотемпературного композитного оснащення.                                                                                                                |
| iClay - модельний пластилін                                        | Для розроблення автомобільного дизайну та перевірки дизайнерських рішень. Можна повторно моделювати; легко доводиться для виготовлення моделей із поверхнями класу А.                                                                                          |
| Матеріали водорозчинних осердь                                     | Для формування складних порожнистих композитних конструкцій. Після тверднення стрижень видаляється водою, усуваючи обмеження виймання звичайного стрижневого оснащення.                                                                                        |

## ЗАПИТИ ЩОДО ПРОЄКТІВ

Безшовні литі заготовки, моделі, форми та пристрої на замовлення

Надішліть нам ваші 3D-дані. EPTEK може надати комплексне рішення - від прецизійно відлитої заготовки до готової деталі після п'ятиосьового оброблення.