

Ресурсоощадне виробництво металевих виливків для спеціальної техніки та боєприпасів



Володимир Дорошенко
канд. техн. наук,
ст. наук. співроб.
Фізико-технологічного
інституту металів та сплавів
НАН України,
м. Київ

Понад 75 % виливків металевих деталей отримують у піщаних формах. За технологією лиття із застосуванням разових моделей, що газифікуються (ЛГМ англ. – *Lost Foam Casting Process*), моделі виготовляють з пінопласту, в основному з пінополістиролу (ППС), і розміщують у форми з сухого піску без в'язучого матеріалу. За останні 60 років у світі річний обсяг випуску виливків цим способом перевищив 2,5 млн. тон.

Конкуренція в ливарному виробництві зі швидким оновленням продукції замість масового виробництва зумовлює попит на малі й середні серії виливків з підвищеною розмірно-ваговою точністю. Розвиток ливарного виробництва супроводжується укрупненням цехів (за інвестиційними вимогами) з використанням гнучких технологій отримання виливків з високою точністю й складністю, зокрема за разовими моделями і в металеві форми. При цьому метод ЛГМ виявився найбільш придатним для заміни лиття у піщано-глинисті форми (близько 50 % за масою виливків у світі), бо порівняно з цим способом ЛГМ-процес знижує собівартість виливків, а порівняно з литтям у форми з піщаних сумішей холодного тверднення (ХТС) на органічних в'язучих матеріалах (синтетичних смолах) значно покращує екологію виробництва.

При такому способі лиття отримати модель виливка означає вже наполовину отримати сам виливок з металу. Пінопластова модель виливка на вигляд схожа на упаковку від телевізора (рис. 1)* чи на одноразову харчову тарілку, які автомати штампують мільйонами штук, а плитами з ППС утеплюють зовнішні стіни будинків. За подібною технологією для серії виливків моделі виробляють з гранул ППС в легких алюмінієвих прес-формах при їхньому нагріванні до $\sim 130^{\circ}\text{C}$. Для разових і крупних виливків (інколи вагою до декількох тон) моделі вирізують з плит пінопласту, все частіше використовуючи фрезерні станки з ЧПУ (3D-фрезери), велика кількість модифікацій яких з'явилася на ринку останнім часом. Модель і отриманий за нею виливок мають високу точність і конкурентний товарний вигляд, чому сприяє фарбування моделі вогнетривкою фарбою, яка швидко сохне.

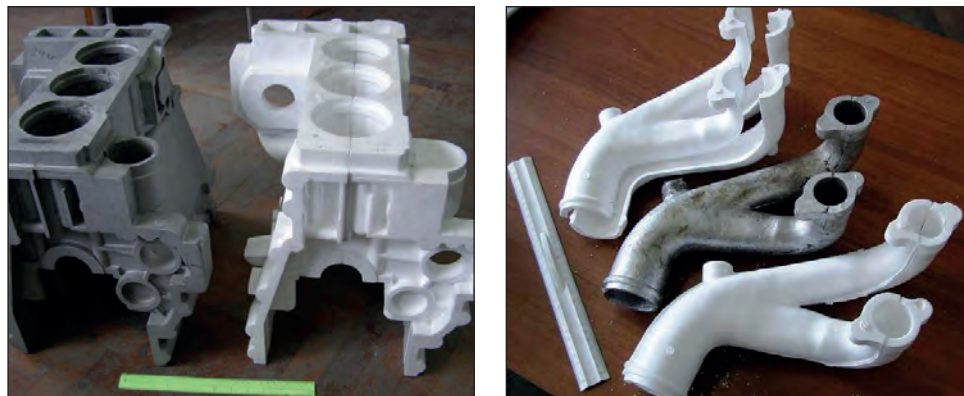


Рис. 1. Моделі та деталі двигуна внутрішнього згорання

*Вироби на всіх фото виготовлені в інституті ФТІМС НАН України. Фотографії зроблені автором, приклади моделей і виливків на них виконані ливарниками інституту.

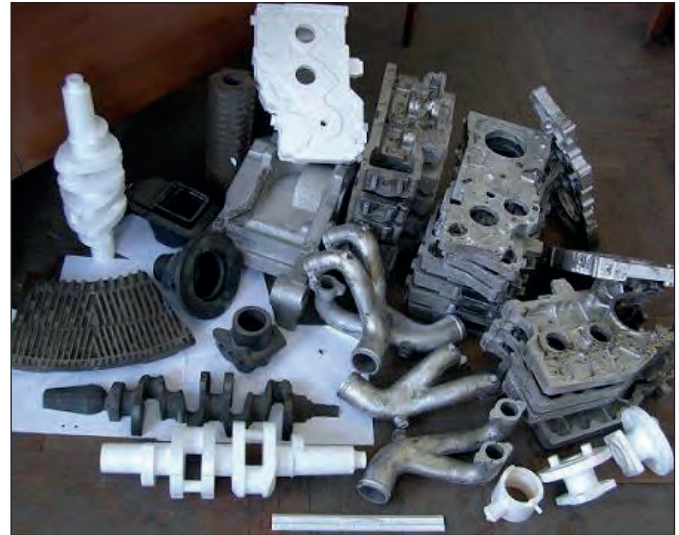


Рис. 2. Загальний вигляд модельного цеху з рядом автоклавів для спікання моделей з ППС та різні виливки у галузі моторобудування

Яким буде вилівок, можна вільно бачити, взявши в руки модель та вимірявши його стінки, чого у випадку традиційної формовки для складних з декількома стрижнями виливків узагалі не зробиш. Зміщення піщаних стрижнів і напівформ під час складання відсутнє, оскільки немає самих стрижнів, а форму отримують цілісною без традиційного з'єднання половинок форм.

Певно ливарники не звикли до таких можливостей технології ЛГМ і якості литва. Стереотипи, завчені ще в інститутах, гальмують розуміння потенціалу цієї технології. По суті, роз'ємна ливарна форма нібито «зникла» в її традиційному розумінні, її замінила ливарна форма у вигляді засипання разової моделі сухим піском у контейнері (її ще називають – піно-модель). При заливанні цієї форми метал випарює (газифікує) модель і заміщує її собою.

Екологічну безпеку технологічного процесу поліпшує відсутність застосування шкідливих в'язучих речовин, невеликий обсягом піщаних сумішей, відсутність їхнього транспортування і трудомісткого вибивання виливків. Зазвичай для традиційних видів формовки при виробленні 1 т литва у відвал йде 4-6 т використаної піщаної суміші з в'язучою складовою, і в найбільших викидах з ливарного цеху «винні» ливарні форми. Для моделей при ЛГМ застосовують ППС із густиною до 25 кг/м^3 , потім моделі вагою $\sim 25 \text{ кг}$ заміщують 7 т рідкого чавуну (густина чавуну близько 7 т/м^3). При цьому на 1 т лиття витрачається $25/7 = 3,6 \text{ кг}$ ППС. Тоді як у формах зі смоляних ХТС при використанні 3 % в'язучої складової у піщаній суміші (з не менше 3 т суміші на 1 т лиття) витрати становлять $0,03 \times 3000 = 90 \text{ кг}$ полімерної в'язучої речовини, або у $90/3,6 = 25$ разів більше. Для того щоб пінопластова модель не диміла в цеху, а також для зміцнення форми при заливанні металу в форму і в період затвердіння вилівка з форми відсмоктують насосом газу – розрідження тримають на рівні близько піватмосфери. Потім для знешкодження ці газу через трубу вакуумної системи передбачено подавати в систему каталітичного допалювання, де вони окислюються до рівня не менше 98 % і у вигляді водяної пари і CO_2 викидаються в атмосферу за межами цехового приміщення. Традиційні форми (особливо з ХТС) після заливки металом димлять у приміщенні за будь-якої вентиляції робочої зони цеху.



При ЛГМ кварцовий пісок завдяки його високій текучості після видалення з форми виливків легко висипається з ливарних контейнерів і транспортується закритою системою трубопроводів пневмотранспорту для забезпечення від запылення ним повітря цеху. Пісок в установці регенерації вивільняється від залишків конденсованих продуктів деструкції ППС, а потім після охолодження в прохідних закритих охолоджувачах подається знову на формовку з використання до 97 % від попереднього його вживання.

Більшість бункерів, трубопроводів і обладнання комплексу з охолодження і складування такого оборотного піску звичайно монтують за межами цехового приміщення, поблизу його зовнішньої стіни, при цьому сухий пісок, який не боїться морозу, швидше охолоджується на відкритому повітрі. Ізолювання в закритих трубопроводах потоку піску, відсмоктування з форми і подальше допалювання газів у поєднанні з досить чистим модельним виробництвом дозволяє створити цехи з високою екологічною культурою виробництва. На фотографії (рис. 2) видно, що модельний цех схожий на консервний чи фармацевтичний завод, формувальна дільниця також мало схожа на «ливарню, як маленьку шахту».

Технологічні потоки і просторове розташування моделей в об'ємі контейнерної форми зручно комп'ютеризувати, при виготовленні модельної оснастки все частіше застосовують 3D-графіку для програм станків з ЧПУ. Уже створені, проектується і впроваджуються у виробництво десятки різновидів конвеєрних та оснащених маніпуляторами ліній неперервної дії, які добре зарекомендували себе в автотракторному та спеціальному моторобудуванні, литті трубоарматури і деталей насосів, корпусів електродвигунів, деталей комунального машинобудування та ін. (нижче описано два приклади такого обладнання). Ливарні цехи ЛГМ складаються з модельної, формувальної, плавильної і очисної дільниць. Вони оснащуються нескладним обладнанням – однаковим для чорних і кольорових сплавів.

Якщо виготовлення форм полягає у засипанні моделей сухим піском з вібрацією упродовж близько 1–1,5 хв, то немає потреби у високоточних громіздких формувальних машинах пресування і струшування та пристроях для зби-

рання форм. Увагу зосереджено на виробництві моделей – цих «надлегких іграшок» з густиною матеріалу 23–25 кг/м³, які зазвичай «довіряють» жіночим рукам, часто розміщуючи його на других і вищих поверхах ливарних цехів. Для серійного виробництва виливків застосовуються напівавтомати, цикл виробництва моделей з ППС на яких складає близько 2 хв і які «взяті» з пакувальної галузі, де їх використовують для виробництва фасонної упаковки, легкої тари, а також декоративних панелей та елементів фасаду.

Способом ЛГМ отримують виливки з чавуну і всіх видів сталі, бронзи, латуні й алюмінію всіх ливарних марок. У ливарному контейнері у вигляді «куща» можуть відразу лити десятки виливків, як в ювелірному виробництві, звичайно з майже «ювелірною» точністю, а в одному контейнері можна формувати не один, а до 10 модельних «кущів» (їх ще називають, «кластери»). До 80 % виливків можна використовувати без механічної обробки.

Цехи й дільниці з цією гнучкою технологією швидко розповсюджуються у всьому світі, популярні вони в США і Китаї. Найбільші автовиробники Європи й Америки щорічно застосовують у виробництві автомобілів декілька сотень тисяч тон точних виливків, виготовлених способом ЛГМ. General Motors, Ford Motors, BMW, Fiat, VW, Renault і ряд інших фірм освоїли ще в 1980–90 рр. виготовлення виливків блоків циліндрів, головок блока, впускних і випускних колекторів, колінвалів для наймасовіших типів двигунів (рис. 1, 2) методом ЛГМ. Найбільший у світі ливарний завод за технологією ЛГМ успішно діє в Мексиці з річним випуском 50 тис. тон виливків із сірого і високоміцного чавунів для всесвітньо відомих фірм

«John Deere», «Caterpillar» та ін. В інституті ФТІМС НАН України наукова школа проф. *Шинського О.І.*, понад сорок років удосконалюючи свою «фірмову» спеціалізацію з ЛГМ, спроектувала устаткування і запустила ряд дільниць в Україні та за її межами для лиття 100–5000 т/рік з різним ступенем механізації. Виготовлення прес-форм для моделей часто виконують точним литтям.

Значну економію отримують при литті складних виливків із зносостійких сталей (траки і деталі гусениць воєнної техніки, бронефутеровок, корпусних деталей бронетехніки, якірних ланцюгів і самих якорів), оскільки різко знижуються витрати на їхню механічну обробку. Виливають без конструктивних обмежень колеса, шестерні, головки і блоки циліндрів, колінчасті вали бензинових і дизельних двигунів, корпуси імпульсного руйнування (у т. ч. за зразками боеприпасів НАТО), корпуси башт воєнних машин тощо (рис. 3–6).

Є досвід комплектації дільниці з лиття танкових стволів, отримані виливки довжиною понад 4 м. Розроблено виробництво виливків корпусних деталей конструкцій для радіаційного захисту, в т. ч. великих композиційних виливків контейнерів для захоронення відходів з бетонними вставками, які полегшують контейнер.

Капітальні витрати на організацію виробництва ЛГМ з використанням вітчизняного обладнання скорочуються порівняно з цехами традиційних технологій лиття у 2 рази, також як і термін введення його в експлуатацію. Для ремонтного лиття, в т. ч. спецтехніки, легко розмістити такі дільниці при кузнях, термічних, ремонтних та інших цехах.

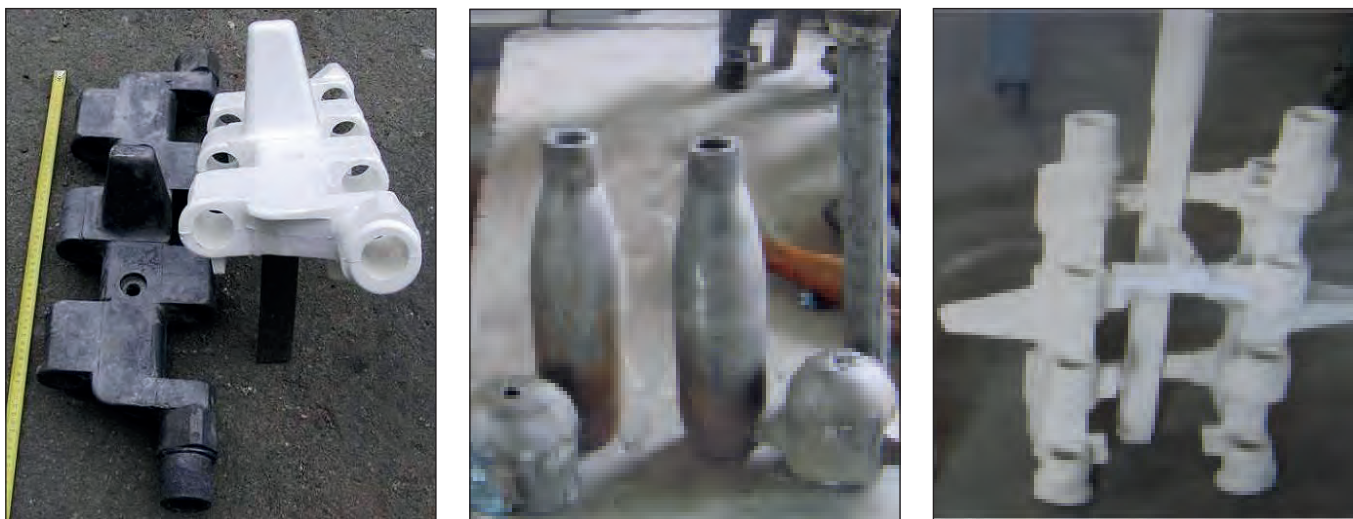
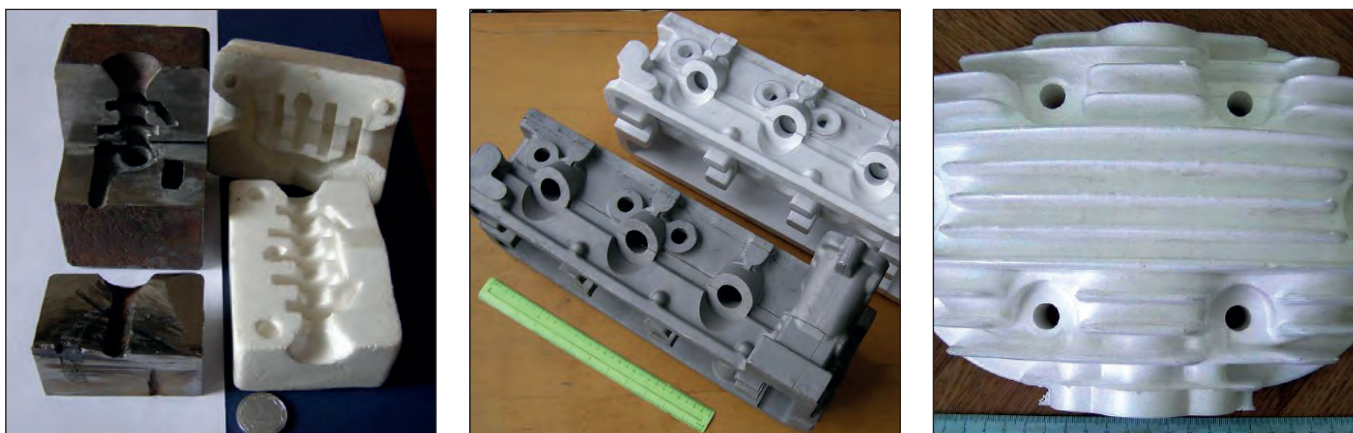


Рис. 3. Виливок і модель трака гусениці, а також виливки і моделі корпусів імпульсного руйнування у вигляді куща



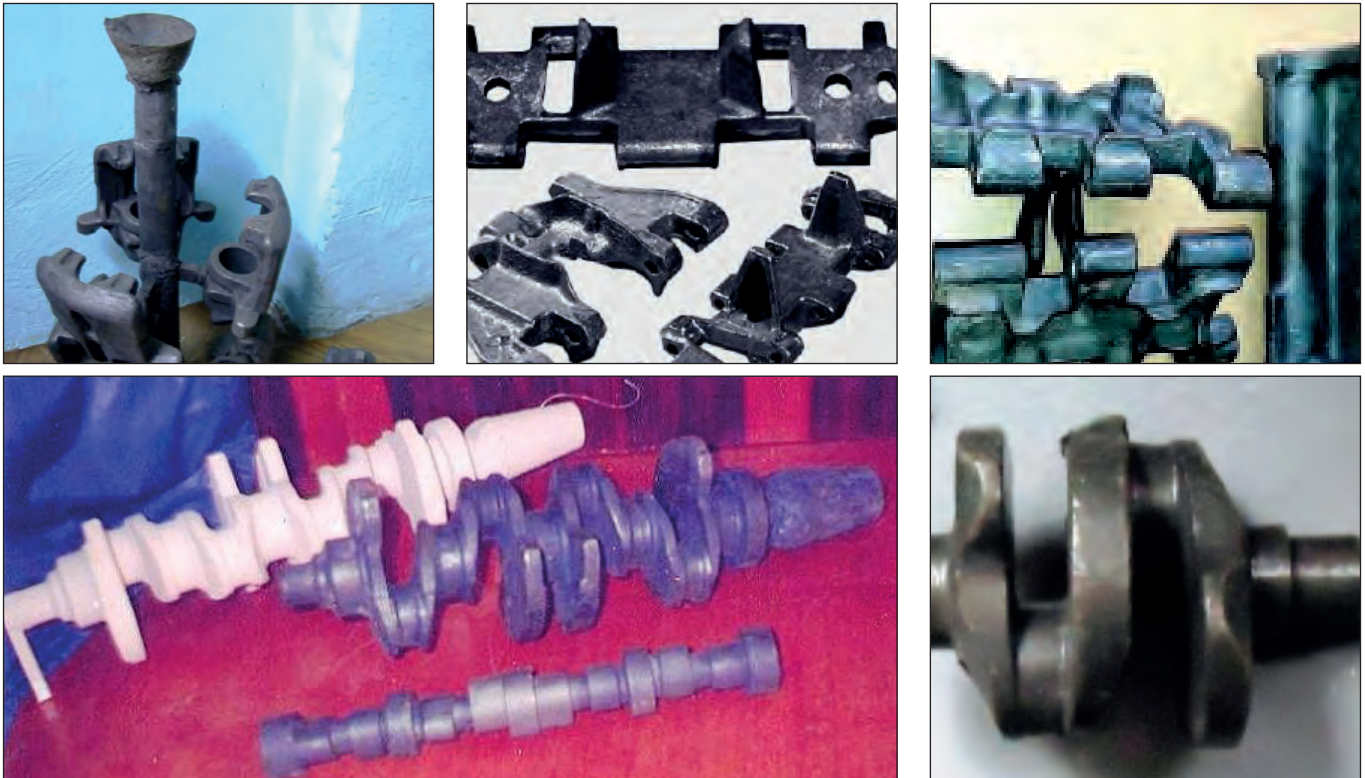


Рис. 4. Виливки і моделі деталей гідравлічної апаратури для спецтехніки, двигунів (верхній ряд), суппорти дискового гальма колісної техніки, траків (середній ряд), колінчастого валу і розподільчого валу (нижній ряд)



Рис. 5. Моделі колектора двигуна; заливка металом ливарних форм; модель катка

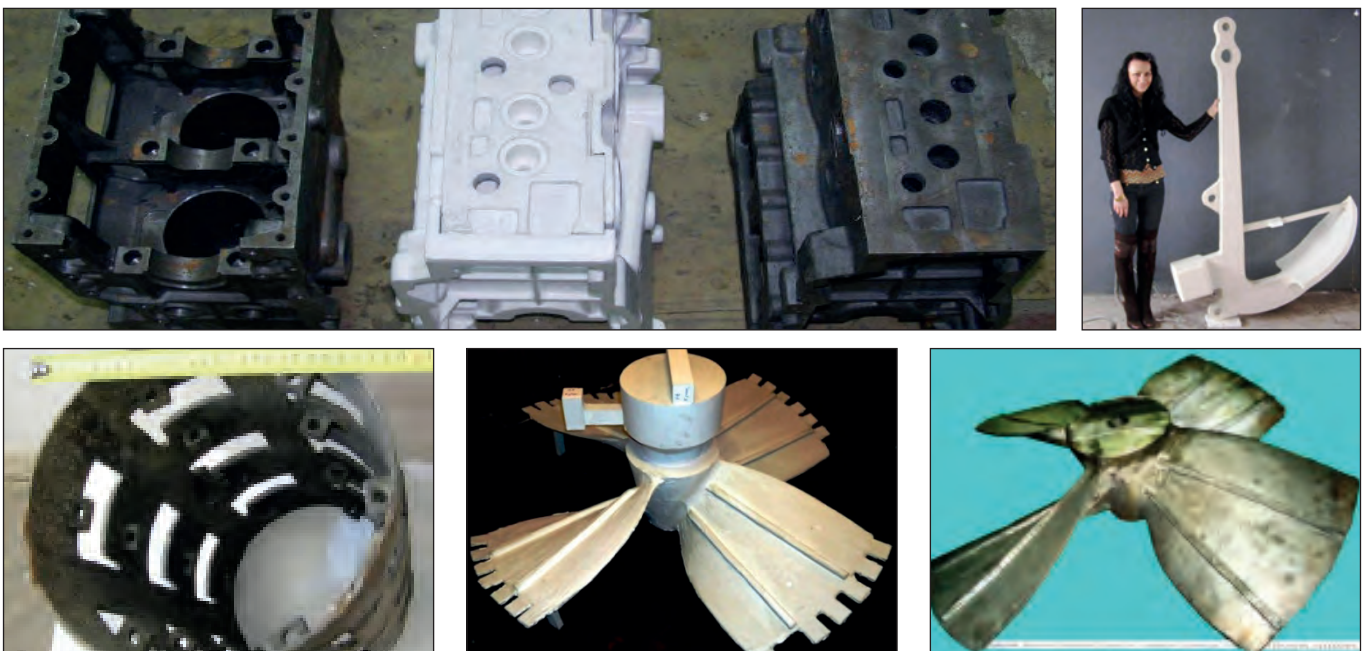


Рис. 6. Виливок і модель 2-циліндрового двигуна (ДВЗ) для електрогенератора бронемашини; модель якоря корабля; корпус касетної корзини для боеприпасів; модель гребного гвинта і його виливок із нержавіючої сталі

Виробничий потенціал технології ЛГМ далеко не вичерпаний і настільки продуктивний, що дозволяє виливати не тільки метали і сплави, але й отримувати композиції й армовані конструкції, які мають підвищені службові (бронезахисні) властивості. При цьому в модель з ППС спочатку вставляють різні деталі чи матеріали, які в процесі лиття металу формують композит або армовану конструкцію, а використання тиску на рідкий метал збільшує стабільність просочення таких виробів зі вставками на довжину понад 1 м.

ЛГМ-процес вважається технологією майбутнього, зважаючи на його рівень ресурсоефективності (малі витрати полімерного матеріалу і малі втрати оборотного формувального піску з його охолодженням поза приміщенням цеха, що знижує собівартість лиття) та високу точність отримуваних виливків (відсутність нахилів на моделях, що властиві формовці з парними півформами). Для промисловців, які створюють або реконструюють ливарний цех, технологія ЛГМ є саме тим процесом, у якому метал завдяки вітчизняному обладнанню і робочій силі перетворюється на високотехнологічний товар. Якість продукції та рівень культури виробництва відносять спосіб ЛГМ до високих ливарних технологій, які руйнують стереотип, що високі технології – це обов'язково складні, важкостворювані виробництва. Оволодіння ЛГМ дозволяє випередити на крок конкурентів у зміцненні вітчизняного машинобудування, розбудові цехів з виробництва і ремонту воєнної техніки, а також підвищення можливості експортування виливків. До цього також можна додати тезу акад. Горбуліна В.П. зі співавторами про те, що зміцнення вітчизняного оборонно-промислового комплексу може стати рушійною силою і каталізатором вітчизняної науково-технологічної революції [1].

До переваг ЛГМ-процесу також відноситься можливість суттєво збільшити продуктивність цехів при одночасному зниженні капіталовкладень, енергоємності, матеріаломісткості, трудомісткості, зменшенні виробничих площ та виключенні суб'єкта з технологічного циклу виробництва литих конструкцій при зменшенні їх маси для продукції машинобудування, що є одним із актуальних наукових і практичних завдань ливарного виробництва. Зниження ваги виливків при зростанні їх експлуатаційного ресурсу – в першу чергу цінне для деталей транспортних засобів цивільного і військового призначення та боєприпасів.

Володіючи солідним науково-технічним доробком і патентами десятків винаходів в галузі ЛГМ, інститут ФТІМС НАН України постійно удосконалює цю технологію як одну з найбільш перспективних для отримання точних виливків. Цикл науково-технологічних робіт, що проводяться сьогодні під керівництвом проф. Шинського О.І. за темою «Наукові і технологічні основи створення високопродуктивних ливарних процесів одержання литих конструкцій із залізвуглецевих і кольорових сплавів і розробка концепції ливарних роторно-конвеєрних комплексів», включає переведення ЛГМ на конвеєрні та роторно-конвеєрні способи лиття з оптимальним поєднанням підвищення продуктивності виробництва та якості виливків відповідно до зростаючих вимог сумісності роботи підприємства з навколишнім середовищем.

Висока плинність сухого піску при дії на нього вібрації під час формування (шляхом засипання в контейнер і ви-

готовлення піщаної ливарної форми) дозволяє прирівнювати його до «псевдорідини». При цьому каменеподібний стан піску під час вакуумування форми (методом створення газового розрідження в порах піску, що його пресує і ущільнює за рахунок дії атмосферного тиску ззовні форми) з розміщеною в ньому пінопластовою моделлю підтримують лише при заливанні форми розплавленим металом одночасно з газифікацією моделі і при подальшому твердінні виливка до стану, коли він сам здатний тримати свою форму в піщаному середовищі. А в інших випадках вакуумування часто не потрібне, що дозволяє обмежувати його тривалість 2–10 хв в залежності від металеємності форми. Така дія вакуумування піску заміняє собою в'язучі речовини (глина, рідке скло, крохмаль тощо), що склеюють піщинки до монолітного стану ливарної форми при традиційному формуванні в ливарних цехах.

На принципі мінімізації тривалості вакуумування форми спроектовано ряд конструкцій ліній піщаної вакуумної формовки (ВФ), при якій рухливий конвеєр являє собою не низку окремих форм, а одну ливарну форму, наприклад, у вигляді жолоба з піском на вертикально замкнутому конвеєрі (рис. 7). При безперервному литті металу такий жолоб являє собою рухомий кристалізатор, облицьований піском. По ходу безперервного переміщення жолоба на його дно спочатку насипають шар сухого піску, а поверх нього кладуть і формують в нього ливарні пінопластові моделі, досипаючи пісок з наступною герметизацією форми зверху синтетичною плівкою. До піску конвеєра підключають вакуум на тій ділянці, де необхідно утримувати стінки порожнини піщаної форми в фіксованому стані.

Таким способом при формуванні в шар піску поміщають як окремі моделі, так і пінопластову модель, яку складають з частин методом нарощування до потрібної довжини в процесі руху кристалізатора. Модель газифікується в процесі заливки металу, а для зручності збирання складові частини моделі можуть фіксувати виконаними на них знаками типу «штир–паз», або склеювати між собою.

Розглянемо докладніше принцип дії безперервного конвеєрного процесу для лиття за разовими моделями в піщаних вакуумованих формах (див. рис. 7).

Конвеєрна установка має безперервну стрічку 1, на яку насипають шар піску 2 по трубчастому живильнику 3 [2, 3]. Механізм (маніпулятор) 4 служить для підтримки на конвеєрі окремо встановлюваної або зібраної моделі 5, а другий трубчастий живильник 6 – для засипки додаткового шару піску. Валком-ротором 7 наносять синтетичну плівку 8 з рулону 9. Заливають метал з ковша 10 і отримують виливок 11. Стрічка 1 рухається по роликах 12. На валку-роторі 7 кріплять модель воронки і при формуванні в облицьованні конвеєра отримують впадину – відбиток воронки 13 для заливання металу. Стрічка 1 має фільтри 14 з клапанами 15 для підключення до вакуумної мережі. При безперервному литті воронка 13 може бути виконана у вигляді жолоба (колектора) 16.

Модель 17 невеликої довжини, що зібрана з чотирьох частин, заливають через канал ливника 18 на одній з частин моделей, а для безперервної моделі 19 такий канал 20 виконують на кожній частині моделі (або через одну частину моделі). Фіксують частини моделі опуклими знаками 21 і знаками-поглибленнями 22, також можливе склеювання частин шаром 23 клею. Модель 24 ґрат збирають з

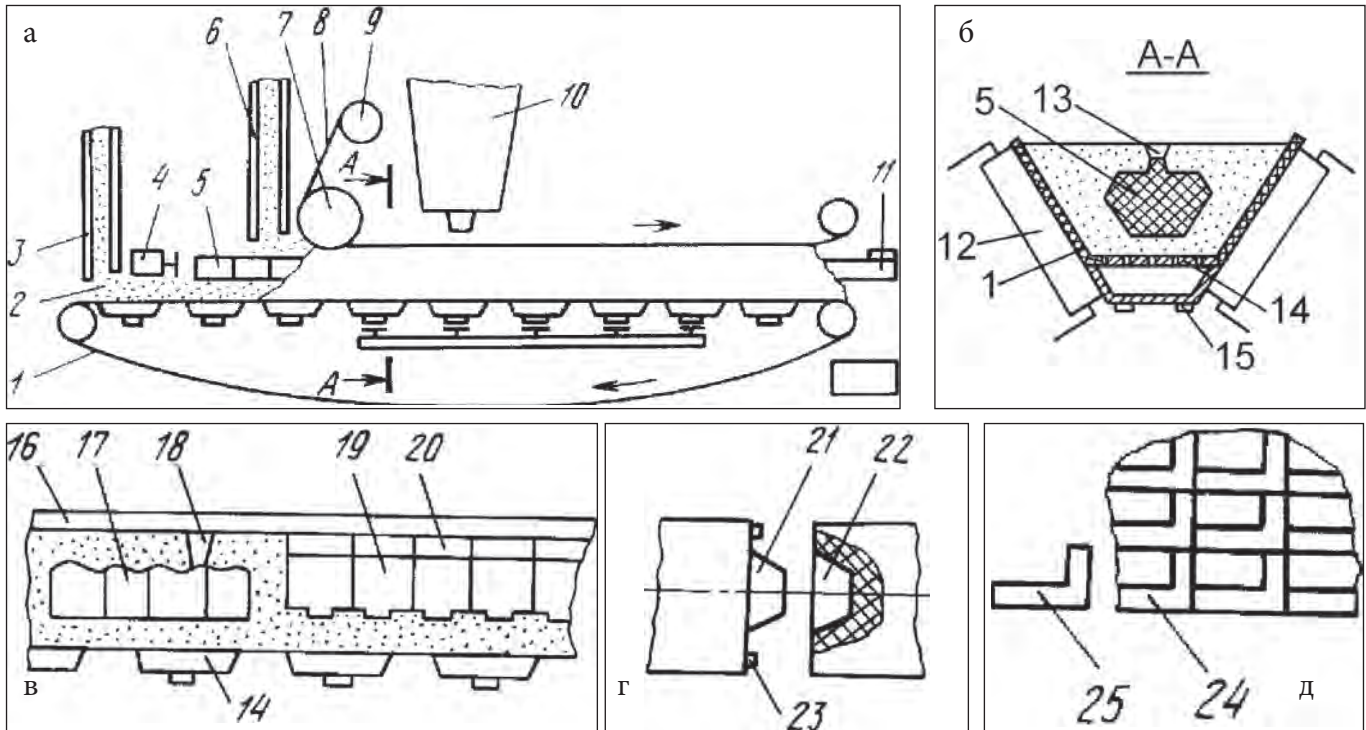


Рис. 7. Схема конвеєрної установки і приклади формування: а - вигляд збоку; б - варіант конструкції нескінченної стрічки в поперечному ререрізі (масштаб збільшено); в - формування різних моделей; г - конструкція знаків-фіксаторів; д - складання моделі каркасного виливка; 1 - безперервна стрічка; 2 - шар піску; 3 - трубчастий живильник; 4 - механізм для підтримки моделі; 5 - модель; 6 - трубчастий живильник; 7 - валок-ротор; 8 - синтетична плівка; 9 - рулон синтетичної плівки; 10 - ківш з металом; 11 - виливок; 12 - ролики; 13 - відбиток воронки; 14 - фільтри; 15 - клапани; 16 - колектор; 17 - модель; 18 - канал ливника; 19 - модель, що нарощується; 20 - канал ливника; 21 - опуклі знаки; 22 - знаки-поглиблення; 23 - шар клею; 24 - решітчаста чи каркасна модель; 25 - збірна деталь моделі

деталей 25, нарощуючи модель, як у поздовжньому, так і в поперечному напрямках.

Пісок ущільнюють у зоні засипання ним моделі за допомогою валка 7 або іншими відомими способами (вібрацією). Через фільтри 14 вакуумують ділянку піщаного облицювання конвеєра певної довжини (на операціях облицювання плівкою – заливка – твердіння виливка) шляхом сполучення розташованих на цій ділянці фільтрів 14 із зовнішньою вакуум-системою через клапани 15. Для зручності заливки воронку 13 виконують у вигляді безперервного жолоба 16 уздовж конвеєра, для цього кільцеву модель воронки встановлюють на валку-роторі 7. Моделі 17 невеликої довжини можуть заливати через воронку або жолоб 16 і вертикальний ливник 18. Якщо при отриманні товстостінних виливків у жолобі 16 повільно твердне верхня кірка металу, то застосовують відомі і розроблені нами засоби для прискорення твердіння поверхні металу в жолобі 16. Конвеєр має відповідний нахил на пониження в напрямі його руху (або з таким нахилом формують моделі) для зручності заливання металом. Вказаним способом можна отримувати виливки багатометрової довжини, складаючи моделі з частин, наприклад, довжиною по 0,2–1,2 м (рис. 8). Частини моделей (рис. 8, д, е) отримують відпрацьованими способами за технологією ЛГМ.

При виробництві дрібних виливків в контейнерних формах моделі збирають в кущі чи кластери (рис. 8, в), які часто формують в опці в кількості до десяти і більше. Кожний такий кущ заливають крізь окрему воронку (рис. 8, г). Умовно шляхом стикування багатьох таких форм з рядом воронок ми отримаємо конструкцію, подібну до конвеєра (рис. 7).

Безперервна формовка моделей і лиття металу уздовж руху конвеєра забезпечує розширення технологічних можливостей ливарного процесу, поєднуючи переваги ЛГМ і методу безперервного лиття, бо дозволяє формувати профілі моделей практично будь-якої конфігурації, складаючи моделі різної геометрії і довжини. Спосіб ЛГМ привніс можливість поряд з фасонними виливками лити раніше нетехнологічні, зокрема каркасно-ґратчасті виливки, ряд винаходів конструкцій яких запатентовано у ФТІМС НАН України, наприклад на плоскі чи просторові ґратки.

Продукти газифікації матеріалу моделі відсмоктують крізь пісок кристалізатора і фільтри вакуумної системи, вмонтовані в кристалізатор аналогічно контейнерним опокам для ЛГМ. Цим убезпечують простір навколо конвеєра від забруднення газами, покращуючи умови праці в цеху і екологічний стан навколо цеху. Традиційні піщані форми потребують ущільнення пресовими чи струшувальними машинами і, на відміну від ЛГМ-процесу, не мають можливості формування для безперервного лиття на рухливому конвеєрі з піщаним формованим шаром. При цьому маніпуляторами можуть нарощувати модель, що формується, як уздовж напрямку руху конвеєра, так і в інших напрямках [2, 4]. Це реалізує гнучкість технології формовки з сухого піску та розширює технічні можливості цього виду вакуумної формовки для лиття крупних, переважно легковагових конструкцій, як одного з найбільш ресурсоощадних ливарних процесів.

Конструктори ФТІМС НАН України також проєктують ливарні роторно-конвеєрні лінії, в яких суміщенням транспортних і технологічних операцій досягається підвищення продуктивності виробництва при скороченні



Рис. 8. Приклади моделей і форм для ЛГМ: а, б - великі складені з частин моделі; в - куц моделей; г - традиційна контейнерна форма з шістьма модельними куцями і ливниковими воронками; д, е - деталі моделей для складання довгомірних ґратчастих конструкцій

його трудомісткості. Так, формувально-заливний модуль з контейнерними опоками 600×700 мм спроектовано за роторно-карусельним принципом переміщення для послідовного виконання низки операцій на конвеєрному комплексі, включно з автоматичним заливанням форми металом.

На рис. 9 показано роторний модуль, кожну форму (в прямокутному контейнері) якого заливають по металопроводу підведенням металу в форму знизу, оскільки з метою автоматизації процесу цей модуль оснащують магніто-динамічним насосом (МДН) для заливання форм під тиском, створюваним МДН, або впливом тиску на розплавлений метал плунжером чи газовим тиском.

Конструкція роторного формувально-заливного модуля полягає в тому, що по настилу 1 рухається роторна карусель 2, яка складається зі стійки 3, що опирається на настил через кульові пари. Стійка має шість важелів (спиць). Покрокове переміщення на 60° роторної каруселі з візками 7, що мають по чотири катка, по настилу здійснюють пневмоприводом 6, який має пневмоциліндр із закріпленим на штоку упорно-поворотним механізмом.

Контейнерні форми 10 встановлюють на візки, які мають центральні елементи. Завантажувальний пристрій 4 (засипки піску в контейнер) закріплено на стійці

і він має рухливість у вертикальному і горизонтальному напрямках. МДН 9 для стикування знизу до заливального отвору форми (або до чаші для лиття металу) має в кінці металопроводу привід 11, який стикує його з нижнім отвором контейнерної форми. Вакуумний відкидний пристрій 8 модуля підключає вакуумування (відкачування) до штуцерів форми. Вібростіл 5 має привід для підйому і стикування з дном контейнера. Знімання залитих контейнерів і установка порожніх на візки здійснюється консольним краном 12.

Дана конструкція модуля забезпечує автоматизацію заливки металом форми без контакту потоку металу з відкритим повітрям. При цьому контейнерна форма 10 складається з ущільненого і герметично накритого зверху синтетичною плівкою формувального піску з пінопластовою моделлю і нижньою ливарною чашею. Заливку металом форми 10 виконують на поз. I після під'єднання форми до металопроводу МДН 9, а також одночасно – до вакуумної системи 8 модуля. Подачу рідкого металу в форму здійснюють з поста управління МДН. Після закінчення заливки і затвердіння виливка рухливий елемент вакуумної системи відключають від контейнерної форми і переміщують вгору за допомогою пневматичних систем. На поз. VI залиту форму знімають з візка роторного модуля за допо-

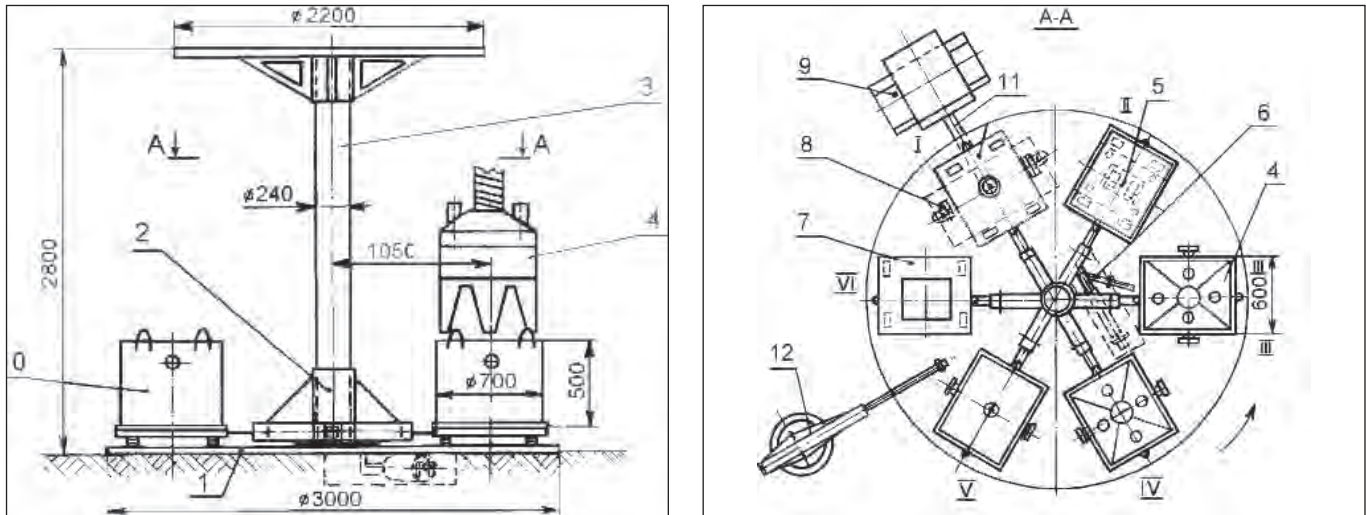


Рис. 9. Роторний формувально-залівний модуль: 1 - настил; 2 - роторна карусель; 3 - стійка; 4 - пристрій подачі піску; 5 - вібростіл; 6 - пневмопривід; 7 - візок, 8 - пристрій підключення вакуумування; 9 - МДН; 10 - контейнерні форми; 11 - привід металопроводу; 12 - консольний кран

могою консольного крана 12 і передають її на конвеєр чи майданчик поблизу роторної каруселі для охолодження і подальшого вибивання.

Виготовлення форми починають з того, що порожній контейнер подають на візок на поз. V. На поз. IV виконують засипку піщаної подушки на дно контейнера. Формувальний пісок подають чотирма живильниками завантажувального пристрою 4, який переміщують за допомогою пневмопривода по вертикалі, а запилене повітря відсмоктують через центральний гофрований трубопровід. Живильники завантажувального пристрою подають пісок не на поверхню моделі, а по чотирьох кутах контейнера із зсипанням піску до стінок моделі від стінок контейнера. Це зменшує пилоутворення і тертя піску об модель. На поз. III поміщують модель (кущ моделей) на піщану подушку і виконують засипку основної маси піску. На поз. II виконують віброущільнення, досипання, і герметизацію контейнера. Тривалість циклу роботи роторного модуля в межах 4–7 хв визначається за тривалістю технологічних операцій на поз. II, як найбільш трудомістких.

Такий роторний модуль дозволяє виготовляти виливки способом ЛГМ з нижнім підведенням металу до форми під тиском [3, 5], а також литтям в оболонкові форми.

Варіант технології отримання форми у вигляді оболонки з піщаної суміші розроблено з використанням разових крижаних моделей і виконанням ливника для нижнього підведення металу до форми [6].

Описані конструкції конвеєрних пристроїв служать прикладами реалізації раніше не розкритих інноваційних можливостей лиття за разовими моделями, застосування високої плинності сухого піску для отримання довгомірних і раніше «нетехнологічних» комірчастих металевих виливків, вакуумованої піщаної форми з регулюванням її міцності для здійснення безперервної формовки та досягнення її екологічних переваг. Використання високотехнологічних конвеєрних та роторно-конвеєрних комплексів, ресурсоефективного процесу ЛГМ сприятиме відновленню і сталому розвитку вітчизняного машинобудування, зокрема для перетворення країни з продавця напівфабрикатів в експортера технологічної продукції з великою доданою вартістю. Розвиток ливарного виробництва з відомою в світі вітчизняною науковою школою – це крок до зниження залежності національної промисловості від імпорту знань, технологій і товарів в процесі реалізації власної програми розвитку, яка дозволить нам стати рівноправним учасником глобальних інноваційних процесів. ■

Література

- Горбулін В. П., Мерніков Г. І., Шевцов А. І. Сучасні науково-технологічні можливості в оборонній сфері // Вісник НАН України, 2018, № 9. С. 19-28.
- Способ непрерывного литья: пат. 2029653 Россия, МКИ В22С 9/02 / В. С. Дорошенко, Н. И. Шейко. Опубл. 27.02.1995, Бюл. № 6.
- Дорошенко В. С., Бердыев К. Х. Конвейеры непрерывного действия для литья по разовым моделям в песчаных формах, упрочняемых под воздействием вакуума // Процессы литья. 2011. № 5. С. 49-56.
- Ливарна одноразова модель: пат. 70286 Україна. МПК В22С 7/02. / О. Й. Шинський, В. С. Дорошенко. Опубл. 11.06.2012, Бюл. № 11.
- Дорошенко В. С. Кравченко В. П. Постепенное обновление парадигмы в теории литейных процессов по теме взаимодействия металла с песчаной формой // Металл и литье Украины. 2009. № 10. С. 28-33.
- Спосіб виготовлення піщаних форм за одноразовими моделями: пат. 75888 Україна, МПК В22С 9/02 / О.Й. Шинський, В. С. Дорошенко. Опубл. 25.12.2012, Бюл. 24.