

Панащук О.С., Дорошенко В.С., Клименко С.І.
(ФТІМС НАН України, Київ)

ДРІБНОСЕРІЙНЕ ВИРОБНИЦТВО МЕТАЛОПРОДУКЦІЇ ЯК ПОЧАТКОВИЙ КРОК ДО ВІДНОВЛЕННЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

E-mail: doro55v@gmail.com

У 2023-му році структура експорту в Україні суттєво змінилась у бік посилення сировинної залежності, що відображає суттєві негативні трансформації в економіці країни. Експорт товарів з високим рівнем доданої вартості зменшився до 2,15 млрд дол. США або до 6,2 %, поступившись навіть експорту корисних копалин в умовах транспортної блокади; експорт металів впав до 3,9 млрд дол. або до 11,2 % (рис. 1) [1]. Падіння рівня доданої вартості призводить до спрощення ринку праці, скорочення внутрішніх ресурсів, які можна направити на освіту та науку і, на новому колі – чергове падіння продуктивності економіки.

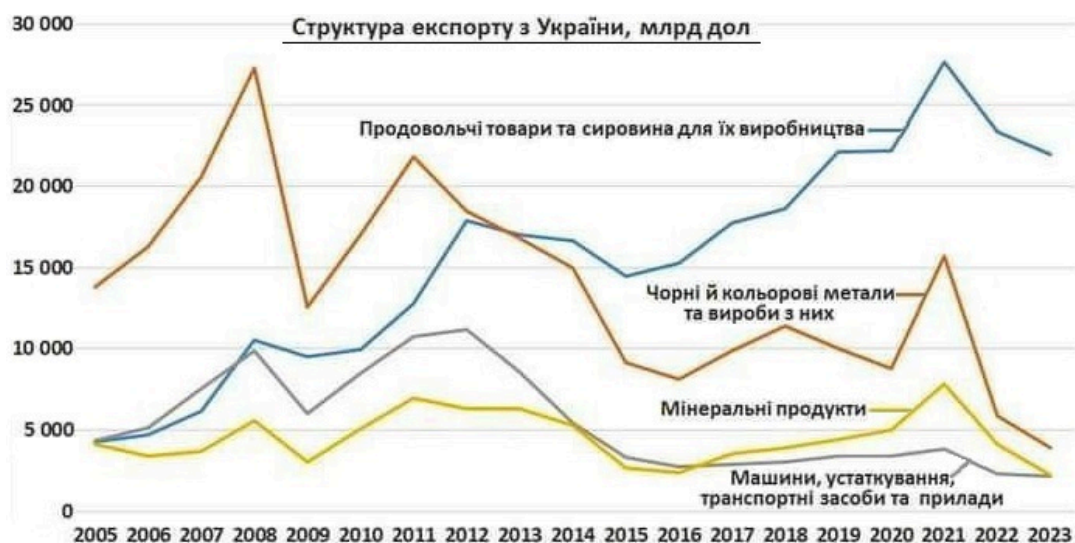


Рис. 1. Структура основних статей експорту України по роках [1]

Для збалансування цієї ситуації та зменшення сировинної залежності доцільні такі рішення як розвиток високотехнологічних галузей, стимулювання інновацій та підвищення конкурентоспроможності виробництва. Такі заходи сприятимуть диверсифікації експортних напрямків та підвищенню доданої вартості виробленої продукції. Експерти радять акумулювати доходи від

сировинного сектору та сектору послуг на потреби технічної освіти, науки, інновацій і стимулів розвитку проривних галузей промисловості, зокрема військово-промислового комплексу (ВПК) [1]. Для підтримки ВПК необхідні галузі подвійного призначення: суміжники, комплектуючі, переробка сировини, обробні галузі, машинобудування.

Дрібносерійне виробництво металопродукції може бути важливим кроком у відновленні машинобудування (як однієї з найбільш трудомістких і наукомістких галузей промисловості), особливо для початкових та невеликих підприємств. Такий підхід дає змогу почати виробництво в невеликому обсязі, що зменшує фінансові ризики та дає змогу випробувати нові ідеї, технології та продукцію на ринку. Також він сприятиме розвитку локального виробництва (зокрема ремонтних запчастин), місцевої економіки та створенню нових робочих місць. Крім того, цей підхід може допомогти залучити інвестиції та стимулювати подальший розвиток виробництва в машинобудуванні.

Ливарне виробництво відіграє ключову роль у машинобудуванні як його основна заготівельна база, оскільки багато деталей та вузлів виготовляються саме ливарними методами. Ливарне виробництво постачає продукцію з різних металів та сплавів для машин і механізмів, транспортної індустрії, енергетики, ВПК тощо, виготовляючи складні за формою та конструкцією деталі, які було б складно або неможливо виготовити іншими способами.

Створення дрібносерійного виробництва металевих виливків в дослідно-промисловому цеху ФТІМС НАН України продуктивністю 30-40 тонн на місяць є прикладом диверсифікації виготовлення металопродукції як за масою (від 0,2 до 1100 кг), металевими сплавами (чорні чи кольорові), так і за серійністю продукції. Такої варіативності виробництва досягнуто завдяки впровадженню в цеху технології лиття за моделями, що газифікуються (ЛГМ, Lost Foam Casting). Технологію ЛГМ ґрунтовно удосконалено і впроваджено у виробництво дослідженнями під науково-проектним керівництвом проф. О.Й. Шинського. Якщо типова порожниста піщана форма під час заливання металу є носієм функції утримання і перенесення на метал геометрії (конфігурації) майбутнього виливка,

то при ЛГМ ці функції виконує разова ливарна модель. В першому випадку міцність стінки форми зумовлена адгезійно-когезійними силами в піску зі зв'язувальним компонентом, а в другому – градієнтом газового тиску завдяки різниці тиску в вакуумованому середовищі сухого формувального піску і тиску газів від термодеструкції моделі, яка служить рухомим джерелом газовиділення по мірі заміщення її розплавом металу.

Застосування ливарних форм із сухого піску багаторазового обігу дає змогу без капіталоемного масивного обладнання регулювати виробництво як за строками (з накопиченням разових моделей протягом часу до місяця і більше), за металоємністю форми, розміщуючи до 20 модельних кушів чи кластерів з окремими стояками в одній формі, так і за локацією виробничих ділянок, з можливістю винесення модельної ділянки в прибудові до цеху на поверхи вище першого чи в окремі легкої конструкції приміщення. Циклічний обіг і охолодження формувального піску взагалі можливо проводити поза цехом вздовж зовнішньої його стіни. Об'ємна комплектація моделей з пінополістиролу (ППС) у куші і застосування багатомісних ливарних форм (з окремими стояками для кожного куша моделей) суттєво економлять виробничі площі (на тонну продукції) для заливання і вистоювання форм або скорочують ливарні конвеєри порівняно з литтям у більш поширені традиційні форми в парних опоках. Застосування сухого піску для форм спрощує обіг піску, для чого застосовують обладнання, аналогічне до типового для заводу підготовки будматеріалів, і яке нескладно виготовити в більшості вітчизняних механічних цехів. Останні розробки інституту ФТІМС НАН України щодо моделювання біонічних литих конструкцій з ППС, регулювання швидкості охолодження литва у піщаній формі, включно з варіантами його термообробки [2], застосування 3D-фрезерів та 3D-принтерів для виготовлення моделей, в тому числі з вентиляцією моделей і знешкодженням викидів газів [3] суттєво удосконалюють ЛГМ-процес із можливістю його комп'ютеризації, автоматизації, поліпшення екологічної безпеки та збільшення можливості виготовлення легковагих тонкостінних виливків [4] складної геометрії.

Практика показала вигідне застосування технології ЛГМ для ремонтного та індивідуалізованого литва, особливо для виробництва швидкозношуваних та навісних робочих органів ґрунтообробного (передусім сільськогосподарського призначення), землерийного та гірничодобувного обладнання [5], імпортного та вітчизняного. Приклади підготовлених до заливання ливарних форм різного розміру і металоємності (одно- двох- та чотиримісних) в цеху ЛГМ ФТІМС НАН України показано на рис. 2, а також процес їх заливання металом.



Рис. 2. Піщані форми різних розмірів в цеху ЛГМ та заливання їх металом

Також на рис. 3, 4 показано приклади моделей та виливків, які нині виготовляють дрібними серіями в цеху ЛГМ ФТІМС НАН України по мірі надходження замовлень. Це робочі органи ґрунтообробного та землерийного обладнання, ланки конвєсєрів та інші деталі рухомих механізмів.



Рис. 3. Приклади ливарних моделей деталей навісного обладнання



Рис. 4. Моделі і виливки ланок конвеєра та інших деталей механізмів

Обнадійливі перспективи для дрібносерійного ЛГМ-процесу відкриває 3D-друк ливарних моделей, при якому без модельного оснащення з цифрового креслення на екрані монітора за допомогою принтера друкується модель протягом 5-10 годин (в ідеалі) та протягом наступних 1-2 днів за нею методом ЛГМ можливе виготовлення виливка. Така «матеріалізація» ливарної моделі з цифрового файлу в концепції «Індустрія 4.0» називається цифрофізичним перетворенням, що значною мірою скорочує процес від креслення до металопродукції та відповідає одному з кроків цифрової трансформації ливарної галузі.

Література:

1. Куц О.І. Аналітика Куца. Channel info. 15.04.2024. URL: https://t.me/Analitika_Kush/1394.
2. Дорошенко В.С., Калюжний П.Б. Ізотермічне гартування залізовуглецевих сплавів, що суміщене з їх виливанням // *Металознавство та обробка металів*, 2024. – № 1. – С. 47-59. doi.org/ 10.15407/mom2024.01.047.
3. Дорошенко В.С. Нейтралізація газів при литті металу за моделями, що газифікуються, та передумови застосування для цього 3D-друкованих моделей // *Процеси лиття*, 2021. – № 3. – С. 32 – 43. doi.org/10.15407/plit2021.03.032.
4. Дорошенко В.С., Ладарева Ю.Ю., Клименко С.І. Тонкостінні виливки з високоміцного чавуну за моделями, що газифікуються // *Процеси лиття*, 2023. – № 4. – С. 69-77. doi.org/10.15407/plit2023.04.069.
5. Дорошенко В.С., Калюжний П.Б. Сучасні технології зміцнення робочих органів ґрунтообробних машин // *Металознавство та обробка металів*, 2023. – №1. – С. 34–45. doi.org/10.15407/mom2023.01.034.