

Дорошенко В.С.

(ФТІМС НАН України, м. Київ)

МЕТОДИКА ОПРОБУВАННЯ ПІЩАНОЇ ВАКУУМНОЇ ФОРМОВКИ СПОСОБОМ ВИДАЛЕННЯ ЧИ ВІДКАЧУВАННЯ ПІСКУ

E-mail: doro55v@gmail.com

В розробці нового методу вакуумної формовки (ВФ) з сипкого піску відштовхувались від ознак способу ВФ [1] авторства Шинського О. Й. та ін., що включає накладення на поверхню моделі синтетичної плівки, заповнення опоки формувальним піском, його ущільнення, герметизацію контрлада опоки плівкою, вакуумування піску в опоці, видалення моделі і складання форми з двох півформ. Спосіб [1] відрізняє те, що з метою поліпшення якості поверхневого шару форми перед її складанням синтетичну плівку, нанесену на робочу порожнину (поверхня якої контактує з металом) півформи, піддають термодеструкції. При цьому робоча порожнина форми деякий час практично залишається непокритою плівкою. Нас зацікавило, чи не можна в цей час виконати формотворні операції, оскільки серед недоліків способу [1] – звична для ВФ потреба застосування високоточних перфорованих (з виконаними в них вентами) моделей для облицювання їх синтетичною плівкою з вакуумуванням крізь венті. Для одиничного чи дрібносерійного виробництва значні тривалість (від кількох тижнів до місяців) і вартість технологічної підготовки, що включає проектування і виготовлення таких моделей, вентильованих модельних плит та передує початку отримання перших виливків, визначає високу вартість виливків і низьку гнучкість процесу для швидкого освоєння нової номенклатури литва чи зміни конструкції виливка. Тому виникає потреба у швидкій ВФ без моделей, аналогів чого не виявлено. А наявність нині великого різновиду верстатів з числовим програмним керуванням (ВЧПК) для вирішення чи 3D-друку, зокрема піщаних форм чи моделей, навело на думку про можливість точкового чи фігурного видалення сипкого піску з форми за такими програмами, які застосовують для 3D-фрезерів чи 3D-принтерів.

Для скорочення термінів технологічної підготовки ВФ, автоматизації виготовлення таких форм на ВЧПК, особливо для разових і дрібносерійних виливків (зміна конструкції вилівка при цьому доступна зміною його «цифрового» креслення на моніторі комп'ютера) нами розроблено спосіб [2] формовки робочої порожнини при ВФ на ВЧПК видаленням піску з півформи у вигляді заповненої піском опоки з двома плоскими ладом і контрладом. Видалення піску виконують крізь всмоктувальну трубку пилососа з насадкою, залишковий тиск повітря на вході якої підтримують нижчим, ніж залишковий тиск повітря у вакуумованому піску форми. Тобто, більше розрідження повітря (пилососа) відриває піщинки з «тіла» форми, розрідження в якій перед цим зменшують до мінімально можливого (без самовільного осипання піску).

Порядок операцій такого способу ВФ полягає в тому, що після заповнення рамкової опоки формувальним піском та його ущільнення, покриття синтетичною плівкою плоских поверхонь піску в опоці, вакуумування піску, виконання термодеструкції синтетичної плівки (аналогічно [1]) на місці робочої порожнини форми, виготовляють таку порожнину форми (як варіант) на ВЧПК шляхом видалення піску крізь всмоктувальну трубку пилососа з насадкою, на вході якої регулюють залишковий тиск повітря (величину розрідження). Цим самим також регулюють відбір (розходи) піску. Або тиск повітря (розрідження) на вході в трубку пилососа регулюють в залежності від кількості проходження твердого компоненту в одиницю часу за даними датчика в трубопроводі чи рукаві пилососа. Варіанти способу видалення піску крізь всмоктувальну трубку з насадкою передбачають поворот насадки, регулювання перерізу її отвору, вібрацію насадки тощо. На рис. 1 наведено приклади насадок (головок) 3D-принтерів, яким доступні такі операції. У 3D-принтерів насадки «працюють на вихід» плинного матеріалу, у способі [2] – на його «вхід». Крім того, при видаленні чи після видалення піску поверхню утвореної робочої порожнини вакуумованої форми можуть повністю чи частково покривати герметизувальним, зв'язувальним, протипригарним матеріалом чи плівкою, та (або) шаром піщаної суміші чи покриттям із функціональними властивостями.

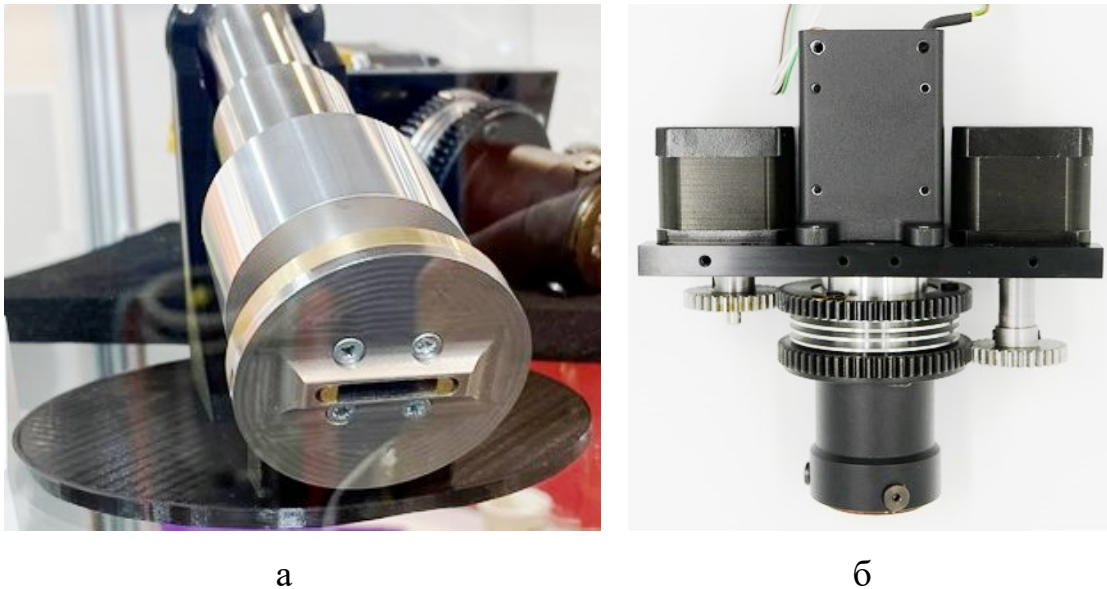


Рис. 1. Види насадок 3D-принтерів, а – з отвором сопла насадки, що по змінюється ширині від 0 до 20 мм; б – з контрольованою орієнтацією сопла [3]

Також є перспектива трансформації способу ВФ у формовку з піску зі зв'язувальним компонентом (ЗК) тим шляхом, що вакуумований пісок чи сипку піщану суміш виготовленої ливарної порожнини з боку поверхні, непокритої плівкою, можна наситити на глибину до 10...15 мм методом фільтрації рідким ЗК, що твердне, і отримати оболонкову форму. Цей процес відомий під назвою «фільтраційна формовка» [4]. При цьому слід вибрати ЗК достатньої плинності, додати (якщо передбачено рецептом) в пісок сипкий компонент, що створює в контакті з цим ЗК хімічно-твердну композицію, а регульований рівень вакууму форми сприятиме такому просоченню на глибину, яка відповідає заданій товщині утворюваної оболонкової піщаної форми.

Таким чином, на додаток до таких відомих видів 3D-формоутворюючих пристроїв на ВЧПК, як фрезерного, екструдерного (пошарового нарощування) чи деформуючого в розробленому способі застосовано пристрій для вакуумного видалення сипкого матеріалу. Обґрунтовано таке 3D-формоутворення в сипкому піску форми застосуванням ряду фізичних явищ і технічних досягнень в області технології ВФ. Згідно теорії механіки ґрунтів, пісок, що становить основу формувальних сумішей, є сипким матеріалом, що не має сил зчеплення між частинками,

але має сили внутрішнього тертя. При накладенні на поверхню піщин пониженого газового тиску з різних боків, а саме: з боку вакумованої піщаної форми і з боку наближеної до піщини насадки пілососа, відбувається деформація зсуву в напрямку меншого тиску (від більшого), а потік повітря у всмоктувальний отвір насадки пілососа захоплює і переносить піщини по його трубопроводу. Тому, як вирішальний фактор, застосували те, що залишковий тиск повітря на вході всмоктувальної трубки регулюють та підтримують нижчим, ніж залишковий тиск повітря в порах вакуумованого піску форми.

Залишковий тиск повітря у формі доцільно підтримувати максимально допустимим (тобто, розрідження мінімально допустиме), але нижче атмосферного, який складає близько 100 кПа, і не вище якого можливе самовільне осипання піску зі стінок порожнини форми під час її формоутворення. Невисокий рівень вакууму форми, але достатній для утримання без осипання (оповзання) піщинок під дією сил тяжкості, полегшує формоутворення методом відсмоктування піщин пілососом з досить невисоким вакуумом. Підвищення розрідження у формі стимулюватиме стрімкі потоки повітря між піщинками, це може «вимивати» тонку фракцію піску і деформувати чи псувати поверхню форми, що можна запобігти застосуванням різних герметизаторів піщаної поверхні та дрібнозернистих фракцій піску (до 0,1 мм) для такої ВФ. Після термодеструкції плівки на частині поверхні форми піщинки стінок новоутвореної робочої порожнини в непорушному стані утримує перепад тиску, зумовлений опором фільтрації повітря в порах піску. Цей опір фільтрації утворює градієнт тиску по товщині форми, що означає, чим глибше знаходиться прошарок піску форми, тим нижчий буде в ньому тиск. В нашому розробленому способі до цього додається можливість філігранного формоутворення робочої порожнини форми за програмами, що аналогічні сумісним з більшістю ВЧПК і функціонують у форматі файлів для 3D-пристроїв. Крім того, при видаленні чи після видалення піску поверхню утвореної робочої порожнини вакумованої ливарної форми можуть повністю чи частково покривати герметизуючим чи (та) зв'язувальним матеріалом для кращої фіксації поверхні. Також наявні у продажі рідкі матеріали під назвою «рідка плівка».

Для відпрацювання формовки відбором піску при ВФ розроблено наступну методика. На першому етапі (I) слід освоїти операції видалення з поверхні форми частини піску механічно при закріплення піску на поверхні робочої порожнини, а також заливки металом відкритої форми (з однієї півформи) у рамковій опоці з виконанням операцій в такій послідовності.

1. На вібростолі заформувати в рамковому опоку з вакуумними фільтрами форму з двома плоскими піщаними поверхнями, облицьованих плівкою. При цьому на нижню до вібростолу поверхню в опоку засипати дрібним відсіяним кварцовим піском шаром товщиною 20...30 мм, у варіанті слід пісок змішати з маршалітом або дистен-силіманітом – буде білий шар сипкої суміші.

2. Вирізати з картону шаблон, приміром, літер «ФТМС» на просвіт, підготувати інструменти: ложки, ланцети, рідкий фіксатор піску у вигляді фарби на розчиннику органіки (ацетоні чи спирті) з пульвербакелітом або розчином полістиролу, ручний пульверизатор для створення аерозолу. Лінійку дотримання однакової глибини виконання порожнини форми як у описі [2].

3. Вакуумувати форму і укласти білим дрібнодисперсним шаром нагору. У цій формі при контролі вакууму по вакууметру вирізати плівку по черзі навколо кожної літери за шаблоном при мінімальному (проти обсипання піску) вакуумі (максимальному залишковому тиску повітря) у формі та ложкою і ланцетом вибрати канавку навколо кожної літери. Вакууму має бути достатньо, щоб тримав форму піску, але вакуум повинен бути малий, щоб не було швидкої ерозії від всмоктування дрібної фракції углиб піску. Одразу після виготовлення канавку у середині літери покривати аерозолем із швидковисихаючої фарби або «рідкої плівки». Зформувати 2 варіанти табличок з запалими літерами та з опуклими літерами – вибраними навколо них канавками, по ходу механічної вибірки закріплювати аерозолем швидковисихаючої або гелеподібної фарби/плівки. Виконати воронку та живильники до літер чи навколо них.

4. Закріплену гелем форму можна тримати без вакууму на гладкій плиті, а перед заливкою металом підключити до вакууму та залити металом відкрити форму без верхньої півформи, або верхню напівформу у збірці мати гладкою зі стоя-

ком та живильниками. Вилити два варіанти металевих табличок товщиною 1...2 см з впалими і випуклими буквами і написом «ФТІМС». Оцінити їх якість.

В результаті слід отримати навички формування при ВФ під невисоким вакуумом та закріплення формотворних поверхонь, а також відпрацювати покриття, що запобігають ерозії та обсіпання стінок після видалення піску.

На етапі II готують 2 джерела вакуумування з вакууметрами для опрацювання відкачування піску. Додатковий пиросос або трійник з патрубків для підключення вакуум-насоса як до форми, так другим рукавом до пилозбірника. Повторюють операції як 1-му етапі не механічною вибіркою, а насадкою пирососа за описом [2] з використанням кількох насадок з різними входними отворами. Для фігурних деталей очевидне делікатне регулювання рівня вакууму в формі відносно вакууму в пристрої для відкачування піску.

Література:

1. А. с. СССР 1063528 А. М. кл. В22С 9/02. Способ изготовления литейных форм вакуумной формовкой. – Оpubл. 30.12.1983, Бюл. № 48.
2. Патент 150306 Україна, МПК В22С 9/02. Спосіб 3D формоутворення робочої порожнини вакуумованої ливарної форми на верстаті з ЧПК. – Оpubл. 26.01.2022, Бюл. № 4.
3. Peter Zelinsky. Faster FFF Build Rate Using Rectangular, Variable-Orifice Nozzle. 10.3.2022. URL: <https://www.additivemanufacturing.media/articles/faster-fff-build-rate-using-rectangular-variable-orifice-nozzle-includes-video>.
4. Дорошенко В.С. Трехмерная формовка из сыпучих материалов // Литейное производство. – 2013. – № 4. – С. 8–11.