

Проаналізовано теплофізичні особливості спеціалізованого обладнання для виробництва моделей, що газифікуються. Експериментально показано зміну умов теплопередачі в залежності від температури рідкого теплоносія. Звернено увагу на доцільності застосування плавного підвищення напруги на нагрівачі на початковому етапі роботи.

УДК 621.744.072.2

К. Х. Бердыев, В. С. Дорошенко (ФТИМС НАНУ\*)

## **Проходной туннельный автоклав для получения пенопластовых литейных моделей**

Структурно-инновационное совершенствование отечественного производства связано с использованием научно-технологического потенциала, внедрением ресурс- и природосберегающих технологий. В выпуске отечественной промышленной продукции долю машиностроения планируется довести почти до 1/5 при сокращении доли металлургии [1]. Это вызывает потребность ориентации на наукоемкие технологии, снижающие металло- и энергоемкость продукции машиностроения, при развитии его собственной заготовительной базы, к которой относится литейное производство.

Обладая солидным научно-техническим заделом и патентами десятков изобретений в области литья по газифицируемым моделям (ЛГМ), ФТИМС НАНУ постоянно совершенствует эту технологию как одну из наиболее перспективных для получения точных отливок. Цикл научно-технических работ, проводимых сегодня институтом, включает перевод ЛГМ на конвейерные и непрерывного действия способы с максимальным энергосбережением. Если ряд образцов нового проходного оборудования непрерывного действия для переработки формовочных сыпучих материалов при ЛГМ описан в недавно опубликованной статье [2], то для синхронизации потоков модельного и формовочного производств необходимы такие же конструкции модельных установок.

Выполнен анализ основных современных методов производства моделей для литья по газифицируемым моделям. Выбор их зависит от серийности и размеров получаемых отливок. Разработана конструкция автоклава проходного типа с тремя камерами. Она легко встраивается в конвейерные линии изготовления моделей, экономит энергию путем уменьшения выбросов пара в атмосферу цеха, а также снижает затраты ручного труда автоматизацией процесса охлаждения пресс-форм и их перемещения

Литейщики на сегодняшний день применяют при ЛГМ четыре основных способа модельного производства (перечислены в порядке возникновения и усложнения конструкций оборудования): вырезание из блочного пенополистирола (ППС) нагретой проволокой; спекание в пресс-формах в камерах автоклавов; спекание в пресс-формах на модельных полуавтоматах; вырезание на фрезеровально-гравировальных станках с ЧПУ. Кратко рассмотрим состояние этих способов в современных условиях, основными критериями выбора которых при проектировании производственного процесса являются количество и размеры получаемых отливок.

Использование сравнительно простого оборудования для вырезания нагретой проволокой единичных моделей и элементов литниково-питающей системы из блочного ППС (в частности, стола для термопорезки ППС по шаблонам) может быть выгоднее других способов, хотя более трудоемко. При этом изготовление моделей сложной кон-

\* Работа выполнена под руководством проф. О. И. Шинского

фигурации или больших размеров, как правило, выполняют по частям с предварительной разбивкой модели на эти части еще на чертеже и изготовлением соответствующих шаблонов для каждой части. Затем выполняют сборку модели на клею, что легко осуществимо, хотя наличие клея нарушает однородность химического состава модели, а сборка может повлечь перекосы и щели, которые приводят к ухудшению качества отливки. Изготовление качественных моделей сложной геометрической формы требует высокой квалификации модельщика. Кроме этого, рабочее место модельщика должно быть оборудовано вытяжной вентиляционной системой для обеспечения надлежащей гигиены труда.

Разработанные во ФТИМС последние конструкции столов порезки блочного ППС нержавеющей проволокой обеспечивают изготовление моделей, имеющих форму тел вращения, а также с наклонными плоскостями. Из-за малопроизводительного труда стоимость изготовления, например, модели фланца  $d_y = 50$  мм (ГОСТ 12820-80) составляет около 2 грн./шт, что оправдано для единичных моделей. Качество поверхностей и точность размеров такой модели в 2-3 раза ниже, чем полученных автоклавным способом, размеры и их повторяемость неточные, что, в большинстве случаев, приводит к необходимости увеличения объема механической обработки отливки и конечному удорожанию детали. В этом случае сохраняется наиболее низкая из перечисленных способов культура производства моделей с большой долей ручного труда и значительными отходами ППС.

Практически со времени создания ЛГМ-процесса основным способом производства моделей является получение их в пресс-формах с использованием камерных автоклавов, сконструированных, прежде всего, для применения в медицине. Получение моделей различных размеров в традиционных камерных автоклавах в зависимости от габаритов пресс-форм требует наличия нескольких типоразмеров этого оборудования с камерами объемом от 100 до 700 л. Их неправомерная загрузка в литейных цехах в зависимости от изменчивой рыночной конъюнктуры на отливки, а также непроизводительная затрата теплоносителя при выпуске пара в окружающее пространство цеха при открывании-закрывании двери камеры для каждой модели увеличивает стоимость оборудования и энергопотери. Кроме несоответствия объема пресс-формы и камеры, к недостаткам традиционных автоклавов относится необходимость иметь рядом с ними ванны охлаждения пресс-форм. Все это приводит к удорожанию ППС модели. Для примера: себестоимость изготовления одной модели фланца  $d_y = 50$  мм из ППС марки ПСВ-Л-1 в автоклаве

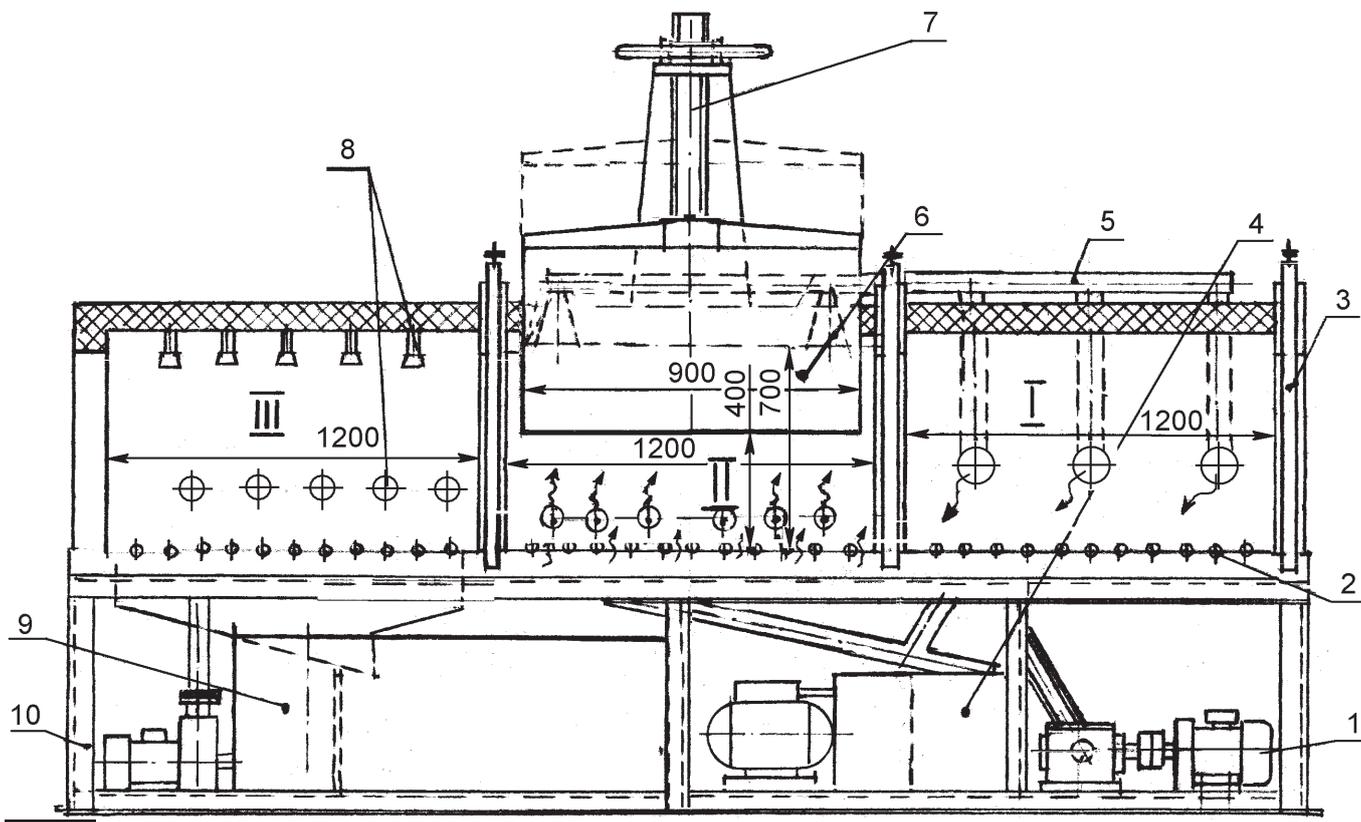
ГК-100 составляет  $\approx 1,5$  грн./шт (стоимость материала, амортизация оборудования и пресс-формы, ЗП, энергоносители и пр.).

Для работы модельного полуавтомата ПМ-5, описание и эскизы которого представлены на сайте РАЛ [3], и аналогичных необходимо рядом на модельном участке иметь парогенератор, компрессор, вакуумный насос, систему подачи охлаждающей воды. Комплект такого оборудования наиболее дорогой из перечисленных, он требует соответствующих площадей, а полуавтомат – трудоемкую переналадку при замене пресс-форм. Использование полуавтомата экономически обосновано при изготовлении среднегабаритных (до 0,6 м) и массовых отливок. В этом случае оправданы затраты на проектирование и изготовление дорогостоящих пресс-форм, их установку и переналадку, включая первоначальную стоимость всего периферийного оборудования, а также энергозатраты.

На опытном производстве ФТИМС создан модельный участок с установленными на нем двумя модельными полуавтоматами указанного типа с замкнутой оборотной системой воды и парогенератором, который также подключен к подвспенивателю исходных гранул ППС и автоклаву. Участок предназначен для получения более 200 тыс. моделей в год. При таких объемах стоимость модели фланца  $d_y = 50$  мм составляет менее 1 грн./шт.

Использование станка с ЧПУ с программным обеспечением и 3D-моделированием [4] является последним нынешним методом, который позволяет получать модели с высоким качеством поверхности различной сложности (кривизны) и стабильной повторяемостью размеров, но имеет малую производительность (на порядок ниже автоклавного) и большой объем отходов ППС, чем загрязняет окружающую среду. Для обслуживания этого оборудования требуется высокая квалификация технологов-программистов. Такие трехкоординатные фрезерно-гравировальные станки эффективны при изготовлении единичных или мелких серий крупногабаритных (1-3 м) моделей сложной конфигурации из блочного ППС, в т. ч. для художественных отливок, а также в экспериментальном производстве.

Наиболее заметным преимуществом таких станков является то, что на них удобно изготавливать модели деталей пресс-форм, по которым ЛГМ-процессом получают пресс-формы в металле. Программные средства позволяют на компьютере из чертежа детали получить чертежи модели пресс-формы и в цифровом виде ввести их в станки с ЧПУ, проходя стадии: деталь – отливка детали – пресс-форма – отливка пресс-формы. Аналогично вырезанию модели нагретой проволокой, послойное вырезание/фрезерование приводит к необходимости



**Рис.** Автоклав туннельный модельный. Камеры: I – предварительного прогрева; II – спекания; III – охлаждения. Элементы: 1 – привод транспортной системы; 2 – ролик; 3 – шибер; 4 – парогенератор; 5 – рекуператор; 6 – подвижной свод; 7 – привод свода; 8 – охладители; 9 – система водооборота; 10 – каркас

склеивания частей с теми же технологическими последствиями. Станки с ЧПУ быстро совершенствуются, постепенно дешевеют при увеличении их разновидностей на рынке и упрощении управления.

Учитывая отмеченные недостатки и преимущества ныне используемого оборудования, специалистами ФТИМС (отдел ФХПФ) разработана конструкция туннельного проходного автоклава для изготовления в пресс-формах моделей для ЛГМ-процесса, упаковочных элементов и других изделий из ППС. Эскиз установки приведен на рисунке. С целью уменьшения энергозатрат на нагрев теплоносителя (пара) предложенная конструкция автоклава позволяет изменять объем камеры спекания в зависимости от размеров используемых пресс-форм, а также оставшийся несконденсированный пар как теплоноситель эжектировать в камеру предварительного нагрева пресс-форм. Конденсат и остатки пара из камеры откачиваются в приемник парогенератора. Пресс-форма после спекания единой транспортной системой подается в камеру охлаждения. Использованная вода попадает в систему водооборота. Камеры I и III служат своеобразными шлюзами для камеры II в целях уменьшения выхода пара в атмосферу цеха. Камеры разделены между собой шиберными заслонками с пневмоприводами, а подвижный свод (потолок) камеры спекания имеет привод опускания-подъема винтового типа. Перемещением свода ка-

меры можно плавно уменьшить нагревательную камеру II в 4 раза. Распылители камеры охлаждения расположены в потолочной, боковых и нижних стенках для эффективного использования охладителя (воды).

Транспортная система рольгангового типа позволяет устанавливать на поток пресс-формы различных размеров и количества. Установка может быть укомплектована собственным источником сжатого воздуха (компрессором) или подключаться к цеховым источникам сжатого воздуха. Ролики транспортной системы приводятся в движение цепной передачей, они могут приводиться в движение отдельно и совместно. Распылители, расположенные на 4-х стенках камеры III, выполнены поворотными с целью управления потоками распыляемой воды в различных направлениях с учетом конструкций используемых пресс-форм. Габаритные размеры установки (длина-ширина-высота) – 4000x1500x2400 мм. Энергопотребление – 40 кВт. Максимальные размеры используемых пресс-форм – 1150x1150x650 мм.

Разработанная конструкция автоклава по производительности занимает промежуточное положение между серийными камерными автоклавами и модельными пресс-автоматами. Она легко встраивается в конвейерные линии изготовления моделей, практически сможет заменить два камерных автоклава различной емкости при снижении

Таблица  
Технические характеристики модельного оборудования

Характеристики	Автоклав ГК-100	Автоклав ГК-400	Полуавтомат ПМ-5М	Туннельный автоклав
Производительность*, цикл/ч	5÷25	5÷25	15÷25	10÷25
Потребляемая мощность**, кВт·ч	16	30	≈110	30
Соотношение стоимости оборудования (базовая ГК-100)	1	2,3÷2,6	7÷10	2,5÷3
Время переналадки на производство других типоразмеров моделей, ч	0	0	8÷12	0
Соотношение стоимости пресс-форм*** (базовая ГК-100)	1	1÷3	3÷5	1
Занимаемая площадь****, м <sup>2</sup>	6	8	35÷40	10

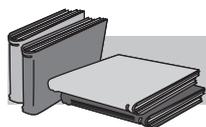
\* – с учетом времени на задувку ППС в пресс-форму; \*\* – с учетом мощности подключенных к полуавтомату парогенератора, вакуумного и водного насосов, компрессора; \*\*\* – с учетом стоимости проектирования; \*\*\*\* – с учетом площадей под минимально необходимое технологическое оборудование (стол сборки пресс-форм, ванны охлаждения и др.)

выбросов пара в атмосферу цеха одновременно с экономией энергии. Кроме того, снижает затраты ручного труда автоматизацией процесса охлаждения пресс-форм и их перемещения (последнее может быть усилено дополнительной комплектацией – рольгангом возврата опустошенных пресс-форм на позицию заполнения их ППС). Сравнение технических характеристик модельного оборудования представлено в таблице.

### Выводы

Таким образом, удешевление изготовления в туннельном автоклаве моделей происходит за счет:

изменения объема камеры спекания в зависимости от размеров помещаемых в автоклав пресс-форм при соответственном значительном снижении расхода теплоносителя; передачи использованного пара в камеру предварительного нагрева при дополнительной экономии пара; использования замкнутой системы водяного охлаждения пресс-форм; накопления нескольких пресс-форм на транспортной системе одновременно, что устраняет жесткую связь по времени операций заполнения гранулами ППС пресс-форм с работой автоклава.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Загальнодержавна цільова економічна програма розвитку промисловості на період до 2017 р. Сайт Мінпромполітики України. – Industry.kmu.gov.ua/control/uk/publish/article?art\_id=67333&cat\_id=57966.
2. Дорошенко В. С., Шинский И. О., Бердыев К. Х. Оборудование непрерывного действия для литья по газифицируемым моделям // Процессы литья. – 2009. – № 2. – С. 56 – 61.
3. Мелитопольпродмаш. Оборудование на сайте РАЛ. www.ruscastings.ru/work/168/170/428/4335.
4. Дорошенко В. С., Шинский И. О. 3D-технологии при литье по газифицируемым моделям. – Металл и литье Украины. – 2009. – № 4-5. – С. 30-33.

### Summary

K. Berdyev, V. Doroshenko

### Communicating tunnel autoclave for production of castings patterns of foam plastics

The analysis of basic modern methods of production of patterns is executed for Lost Foam Casting Process. Choice them depends on serialness and sizes of the got metal castings. The construction of autoclave of communicating type is developed with three chambers. She is easily built into the conveyer lines of making of patterns, saves energy by diminishing of the troop landings of steam in the atmosphere of workshop, and also reduces the expenses of hand labour by automation of process of cooling of press-moulds and their moving.

### Ключевые слова

Автоклав, литье по газифицируемым моделям, конвейерные линии, экономия энергии

К. Х. Бердиєв, В. С. Дорошенко

**Прохідний тунельний автоклав для виробництва пінопластових ливарних моделей**

Виконано аналіз основних сучасних методів виробництва моделей для лиття за моделями, що газифікуються. Вибір їх залежить від серійності та розмірів виливків, які отримують. Розроблена конструкція автоклава прохідного типу з трьома камерами. Вона легко вбудовується в конвеєрні лінії виготовлення моделей, економить енергію шляхом зменшення викидів пари в атмосферу цеху, а також знижує витрати ручної праці автоматизацією процесу охолодження прес-форм та їх переміщення.

**РАСЦЕНКИ НА РАЗМЕЩЕНИЕ РЕКЛАМЫ***(цены приведены в гривнах с учетом налога на рекламу)*

<b>3, 4-я страницы обложки</b>		<b>страница внутри журнала</b>	
цветная	1400 грн.	цветная	1050 грн.
черно-белая	700 грн.	черно-белая	500 грн.
<b>1/2 страницы формата</b>		<b>1/2 страницы формата А4</b>	
цветная	900 грн.	цветная	800 грн.
черно-белая	500 грн.	черно-белая	450 грн.
<b>1/4 страницы формата</b>		<b>1/4 страницы формата А4</b>	
цветная	550 грн.	цветная	300 грн.
черно-белая	300 грн.	черно-белая	200 грн.

При повторном размещении рекламы – скидка 15 %

*Редакция журнала может подготовить заказной номер журнала**Ориентировочная стоимость заказного номера – 6750 грн.**(объем до 5 уч.- изд. л.)**Ориентировочная стоимость заказного спаренного номера – 13000 грн.**(объем до 10 уч.- изд. л.)*

УДК 621.744.072.2: 678.746.22-404.8

**В. С. Дорошенко\*** (ФТИМС НАНУ)**Пространственные литые конструкции, получаемые в объеме песчаной формы**

**П**роектирование конструкции отливки при получении ее в песчаной литейной форме для большинства видов форм (назовем их традиционными) предполагает размещение отливки в плоскости (поверхности) разъема формы. Наличие разъема формы в технологии литья создало стойкий стереотип, формирующий пред-

Предложено каркасные и ячеистые металлические конструкции отливать по газифицируемым моделям. Описан ряд примеров таких отливок, выполненных по аналогам из живой и неживой природы. Эти изделия относят к материалам будущего, они расширят существующий спектр свойств металлопродукции. Кроме того, они имеют потенциал применения в конструкциях, взаимодействующих с объемом или потоком вещества или энергии, а также как костяк для армированных, композиционных материалов и внутренних холодильников для слитков и фасонных отливок

\* Работа выполнена под научным руководством проф. О. И. Шинского

ставление о том, как должна выглядеть отливка. Эта тема, находящаяся на стыке сфер деятельности