

**В. С. Дорошенко, К. Х. Бердыев, И. О. Шинский\***

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

## Обобщение опыта изготовления пенополистироловых литейных моделей

*Приведены примеры навыков и приемов, разработанных научно-техническими специалистами ФТИМС НАН Украины в течение ряда десятилетий при производстве моделей из пенополистирола, которые послужат ценным опытом литейщикам для дальнейшего его использования на участках ЛГМ. Отражен технический уровень развития ЛГМ-процесса как весомый потенциал прогресса отечественного литейного производства, восстановления его роли в качестве стимулятора роста собственного машиностроения и поставщика отливок на экспорт.*

**Ключевые слова:** ФТИМС, модель из пенополистирола, ЛГМ, литейное производство, отливка, литейный цех

На фоне закрытия многих литейных заводов в Европе (в Англии их уже единицы, Германии количество чугуно- и сталелитейных заводов в 1991-2006 гг. уменьшилось почти в 2 раза) литейное производство, по информации из технических журналов [1], переносится в Турцию, Украину, Россию. В этой связи IFC (Международная финансовая корпорация, член Группы Всемирного Банка) в 2009-2010 гг. финансирует проект «Ресурсоэффективность литейного производства в России» с планом инвестиций 250 млн. дол. США в модернизацию как самостоятельных предприятий, так и литейных цехов машиностроительных заводов. Хотя Украина – акционер и член IFC с 1993 г. и на начало 2010 г. IFC инвестирует в нашей стране 9 проектов, все они касаются агробизнеса, производства стройматериалов и других, но не относятся к машиностроению. Причина отчасти состоит в слабом отражении в отечественной технической периодике наших достижений на этом поприще, и эксперты не видят основания инвестировать в машиностроение и литейное производство Украины.

Среди последних промышленных способов получения отливок, созданных во второй половине прошлого века, литье по газифицируемым моделям (ЛГМ или англ. термин – Lost Foam Casting Process) уверенно расширяет свои объемы и географию внедрения. Украина имеет более сотни патентов по разным вариантам этой технологии, а ФТИМС НАНУ является лидером в СНГ по ЛГМ-процессу, занимающимся организацией литейных цехов с поставкой полного комплекса отечественного оборудования производительностью 100-5000 т отливок в год.

То, что жидкий металл при ЛГМ не заливается в пустую полость литейной формы, а замещает пенопластовую модель в форме, чтобы затем затвердеть там в качестве отливки, меняет технологическое видение процесса литья. Если при традиционных способах литья точность размеров и чистота поверхности отливки являются производными, прежде всего, процесса формовки, то при ЛГМ-процессе

качество пенополистироловой (ППС) модели становится главным определяющим фактором. Понимание этого служит ключом к организации производства качественных точных отливок с меньшими трудовыми и материальными затратами. Накопленный в ФТИМС НАНУ опыт, полученный при выполнении НИР, НИОКР и практического применения ЛГМ-процесса в нескольких странах, позволяет сегодня сделать и предложить вниманию литейщиков некоторый обобщенный опыт производства моделей из ППС, учитывая, что знание чужих ошибок при освоении этого вида литья лучше, чем их повторение. К тому же, при ЛГМ искусства формовщика обычно не требуется, так как в большинстве вариантов формовка ЛГМ состоит из засыпки контейнерной опоки сухим песком с виброуплотнением. При этом все другие операции, включая шихтовку, плавку, заливку металла, очистку отливок и т. п., на литейном участке ЛГМ (кроме касающихся изготовления моделей и указанной простой операции формовки), аналогичны таким же практически во всех литейных цехах и выполняются на стандартном общелитейном оборудовании. При реконструкции литейного цеха с переходом на ЛГМ-процесс планировка этих участков не изменяется.

Для производства ППС моделей имеется четыре основных способа. Выбор каждого из них зависит, прежде всего, от серийности и размера отливок. Исключительно низкая твердость и легкость обработки ППС (плотностью 20-30 кг/м<sup>3</sup>) как конструкционного материала литейных моделей в сочетании с кратко рассмотренными ниже указанными четырьмя способами объясняет высокую гибкость ЛГМ-процесса, пригодного как для ремонтного, так и массового литья.

Простой и легкодоступный способ изготовления модели на простейшем оборудовании – вырезание из блочного ППС нагретой проволокой. При получении единичной отливки, например, отливки детали для ремонта дорогостоящей или уникальной машины этот способ является почти единственно приемлемым по экономическим и технологическим соображениям. Модель необходимой детали с учетом усадки металла

\*Результат освоения ЛГМ-процесса производился под руководством проф. О. И. Шинского

массой от десятков грамм до нескольких тонн можно вырезать из ППС плит по шаблонам. Если деталь пространственно-объемная, то модель изготавливается из частей и собирается в целое.

Специалистами института разработан ряд приемов для точного изготовления модели по шаблону. Сборку частей осуществляют склеиванием или расплавлением стыка тепловым ножом, контур детали или его частей прорисовывают на плоскостях ППС плиты гелевой ручкой или фломастером. При необходимости изготовления нескольких моделей одной и той же детали с целью повторяемости размеров целесообразно изготовление шаблонов из плотного картона толщиной 1,0-1,5 мм, которые сверху и снизу ППС плиты закрепляют тонкими гвоздями или специальными кнопками. При изготовлении модели детали с элементами зубчатой передачи по картонным шаблонам необходимо их точное взаимное ориентирование в разных плоскостях. Для этого шаблоны могут иметь средства совмещения типа шип-паз и др.

Особенности получения отливки по моделям, изготовленным резанием проволокой: невысокая точность размеров; шероховатость поверхности ППС модели в точности переходит на поверхность отливки; сложность получения тонкостенных ребер (тоньше 3 мм); узкие пределы выбора ППС по плотности, которая может отличаться для отливок из разных сплавов, так как блочный ППС, в основном, выпускается для строительной отрасли и имеет небольшую плотность; сложность совмещения в единую конструкцию элементов модели, изготавливаемых по частям, особенно крупногабаритных и пространственно искривленных; возможность изготовления отливки с толстыми стенками и элементами (толщина свыше 40 мм), что часто трудно получить другими способами. На рис. 1 показаны примеры изготовления моделей вырезанием нагретой проволокой.

При изготовлении модели или ее частей, имеющих различные толщины, необходимо следить за скоростью резания и температурой проволоки, от которых зависят точность размеров и чистота поверхности реза. Для устранения залипания мест реза необходимо предварительно приблизить габариты

ППС к контуру будущей отливки, особенно при изготовлении крупномерной модели. Оптимальный диаметр применяемой нихромовой проволоки составляет 0,6-1,2 мм. Для изготовления тонкостенной модели плотность ППС плиты должна быть большей, чем для толстостенной. Использование плиты с мелкозернистой структурой, что дает экструзионный ППС, позволяет получить отливки с поверхностью низкой шероховатости. Также определенной сложностью является выполнение таких мелкогабаритных элементов поверхности модели (до 2 мм), как отверстия, пазы, зубья, шлицы и др. Модельщики опытного производства Института в таких случаях используют специальные инструменты.

Самым современным и универсальным способом получения резанием моделей крупногабаритных, сложных и точных отливок как при единичном, так и мелкосерийном производстве являются изготовленные из ППС плиты с использованием трехкоординатного фрезерного станка с ЧПУ (3D фрезера). Модели, изготовленные фрезерованием, обеспечивают повторяемость размеров, повышенную чистоту поверхности модели, соответственно, и отливки. На рис. 2 показаны примеры моделей, полученных на 3D фрезере.

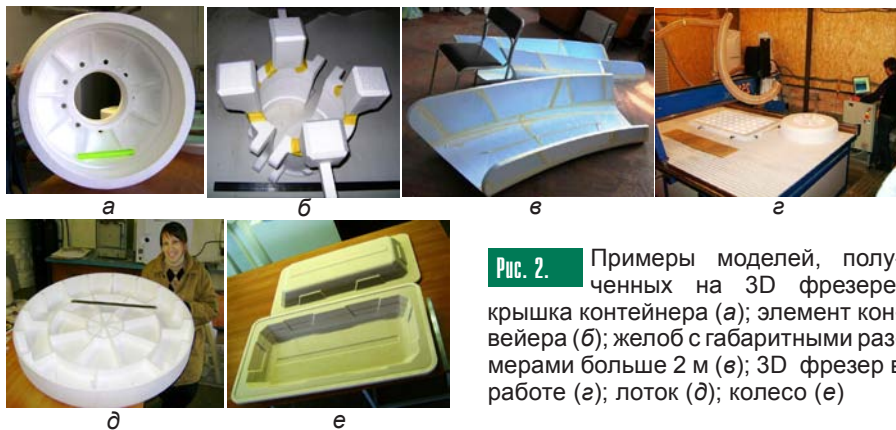
При изготовлении составных моделей легко заполнить объемные стыковочно-маркерные элементы с возможностью центровки и замыкания различной конфигурации и размеров, что позволяет сделать точные сплошные модели из составных частей, снизить вероятность образования зазоров, обеспечить качественную покраску и уменьшить использование клея, а также затекание противопожарной краски в возможные зазоры по стыку под действием капиллярного эффекта.

Управляющие программы большинства 3D станков адаптированы к различным конструкторским программам, работающим в среде Windows: «Компас», «SolidWorks», «3Ds Max», «Autodesk Inventor» и др. Оператор-конструктор при изготовлении крупногабаритных моделей определяет плоскости, разделяющие их на части, и обеспечивает при этом возможность изготовления элементов, например, пазов, отверстий, ребер усиления, площадок и т. п., расположенных на различных стыковочных плоскостях и в теле модели. Еще одним преимуществом 3D фрезеров является большая скорость резания, обеспечивающая гладкость поверхности резания, в том числе из-за расплавления тонкого слоя поверхности ППС.

При проектировании изготовления составных моделей для получения качественной отливки необходимо минимизировать количество и длину линий стыка, а также делать поверхности



**Рис. 1.** Примеры изготовления моделей вырезанием проволокой: торец модели и картонный шаблон (а); модель детали МНЛЗ для формовки способом Full Mould в песчаной смеси со связующим (б); конические шестерни (в); витые модели деталей кресла (г)



**Рис. 2.** Примеры моделей, полученных на 3D фрезере: крышка контейнера (а); элемент контейнера (б); желоб с габаритными размерами больше 2 м (в); 3D фрезер в работе (г); лоток (д); колесо (е)

нителей конструкции ФТИМС или на автоматических подвспенивателях, выпускаемых в различных странах. Последние такие конструкции, разработанные конструкторами института, позволяют в полуавтоматическом режиме получать подвспененные гранулы полистирола заданной плотности от 15 до 50 кг/м<sup>3</sup> и размеров диаметром от 0,5 до 3,0 мм. В зимнее время некоторую сложность представляют пневмотранспортировка и задувка в пресс-формы из-за повышенной

влажности как гранул, так и окружающего воздуха. Доработка разработанных технологических единиц оборудования позволила преодолеть и эту проблему путем выдержки подвспененного до определенной плотности ППС в газопроницаемых бункерах. В зависимости от марки ППС и климатических условий время стабилизации составляет от 2 до 24 ч. При автоклавном способе изготовления моделей подвспененный и выдержанный ППС задувают в пресс-формы и спекают паром с температурой 110-130 °С и давлением 110-125 кПа. Модельный ряд стандартных автоклавов по объему камер составляет 100, 400, 700, 1000 дм<sup>3</sup> (литров). Последние конструкции автоклавов имеют автоматику для контроля уровня воды в котле, температуры водяного пара, давления в камере, а также рекуператора пара. Новым техническим решением по этой теме является разработка конструкции проходного автоклава, в котором по рольгангу пресс-формы проходят три камеры, две крайние из них служат своеобразными шлюзами для экономии пара как теплоносителя [2]. Следует отметить, что ППС модели с элементами толще 30 мм сложно стабильно пропечь по толщине, поэтому такие места выполняют с пустотами внутри тела модели. Например, конструкторами и технологами института для выполнения модели литого ствола пушки в виде толстеной трубной заготовки с толщиной более 70 мм были разработаны и изготовлены пресс-формы, в которых производились составные пустотелые модели с толщиной сплошных стенок до 12-14 мм и длиной более 4 м.

стыковки в одной плоскости без закругления кромки края, что исключает затекание защитной краски в стыки. Такой методики следует придерживаться как для горизонтальных, так и вертикальных стыковочно-сборочных мест, последние желательнее размещать в шахматном порядке для придания жесткости сборной модели. При изготовлении крупногабаритных отливок с толстыми стенками и элементами предпочтительно выполнять их составными (из половинок) и в местах утолщения модели делать пустоты, оставляя стенки толщиной не более 10-15 мм. Это дает уменьшение газотворности при газификации ППС. Меньший объем газов легче утилизировать (дожигать), при этом снижаются науглероживание поверхности и количество газовых дефектов в отливке, а также экономится время и энергия на откачку газов. При этом способе изготовления моделей предпочтение отдают применению ППС плит с повышенной плотностью и мелкой зернистостью, отражаемой на поверхности модели малой шероховатостью. Защитная краска на модели, изготовленной из такого блочного ППС, легко наносится ровным слоем.

Изготовление ППС моделей автоклавным способом или на полуавтоматах технологически отличается от рассмотренных выше методов тем, что исходный гранулированный ППС необходимо подготовить к использованию, подвспенить или активировать гранулы для получения модели необходимой плотности и качества. Рекомендации к применению марки ППС в зависимости от вида материала отливки составлены специалистами Института по результатам многолетних исследовательских работ. Исследования велись как с материалами отечественного производства, так и зарубежных производителей для получения отливок различного развеса из разных металлов. Проведенные работы позволили внедрить ЛГМ-процесс на различных предприятиях и получить положительные результаты, подтвердившие его преимущества перед традиционными видами литья как по экономическим показателям, так и качеству отливок. Скрупулезное соблюдение технологии гарантирует возможность получения до 97 % годных отливок при тщательном соблюдении технологических инструкций ФТИМС, начиная от выбора марок ППС, режимов подвспенивания, хранения, изготовления модели, сборки, окраски, и включая весь литейный цикл до выбивки.

Исходный полистирол рекомендуемой марки и размеров гранул можно подвспенивать на подвспе-

и влаги, добавление к нему 30 % полистирола или



этилена повышает прочность материала до уровня ППС. Для получения тонкостенных отливок обычно изготавливают модели из более плотного подвспененного ППС, а для обеспечения меньшей шероховатости поверхности отливки применяют мелкозернистый подвспененный полистирол.

При проектировании пресс-формы из алюминия надо стремиться, чтобы ее стенки были приблизительно одной толщины и не более 15 мм для равномерного спекания модели. Чем выше чистота формообразующих поверхностей оснастки, тем выше чистота модели и отливки, а также легкость извлечения модели из пресс-формы. Получить отливку ЛГМ-процессом с наименьшей возможной шероховатостью (до 6 класса чистоты) можно, если поверхности пресс-формы и, соответственно, модели имеют шероховатость на класс выше. При конструировании пресс-формы учитывают усадку ППС и заливаемого металла.

Изготовленные модели перед окрашиванием и сборкой с элементами литниково-питающей системы (ЛПС) должны быть высушены. Сушильные шкафы конструкции ФТИМС обеспечивают качественную сушку без коробления и деформации. Высушенные модели после выхода порообразователя из ППС можно хранить долго (несколько месяцев) без потери технологических свойств и размеров.

Для уменьшения прилипаемости и облегчения выемки модели из охлажденной пресс-формы ее поверхность (предварительно перед задувкой ППС) обрабатывают аэрозольной силиконовой смазкой. Но эта смазка, частично переходящая на поверхность испеченной модели, затрудняет нанесение противопожарной краски. Технологи отдела формообразования института после серии опытов разработали составы смазок из дешевых и доступных средств и технологию их применения, а также несколько видов добавок, ПАВ, которые повышают адгезию краски к модели и регулируют ее газопроницаемость. Кроме этого, задействовали ряд добавок, которые повышают тепловые характеристики красок, а также способствуют целостности покрытия без растрескивания при сушке и складировании. При изготовлении пресс-форм также учитывалась необходимость максимального их облегчения и выполнения в них задувочных и вентиляционных отверстий, от количества которых зависит быстрое и полное заполнение пресс-форм гранулами ППС, что обеспечивает получение качественных моделей или составных частей и облегчает труд модельщика.

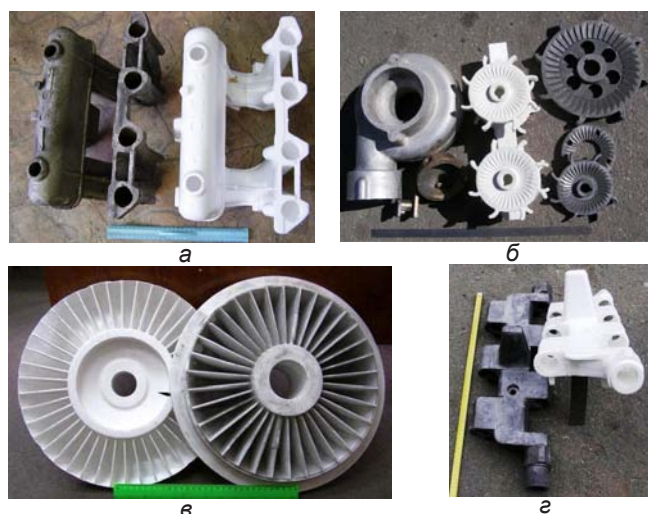
Расстановка технологического оборудования (автоклава, ванны охлаждения, рабочего стола, стеллажей для хранения пресс-форм и моделей, пневматического задувочного устройства, тары с подвспененным ППС) производится в соответствии с эргономическими и санитарными нормами. Установка вентиляционного зонта над автоклавом способствует сохранению гранул ППС сухими. На крупных модельных участках, где используют пневмотранспорт подачи подвспененного ППС из бункера вылеживания до расходной тары, на рабочем месте модельщика необходимо заземление или использование антистатического аэрозоля, иначе наэлектризован-

ные гранулы заполняют пресс-форму не полностью. Сжатый воздух давлением 200-250 кПа, необходимый для задувочного устройства, должен быть сухим и без масла. Желательно наличие влаго- и маслоотделителя на пневмотрубопроводе.

Самые недорогие и качественные ППС модели для крупносерийного производства получают на полуавтоматах методом «теплового удара». Несколько вариантов полуавтоматов разработаны сотрудниками института, они соответствуют современным требованиям. Для их эксплуатации и обслуживания требуется квалифицированный персонал. К полуавтомату подводят магистрали сжатого воздуха давлением до 1000 кПа, сухого пара с температурой +(135-150) °С и давлением 130-150 кПа, воды для охлаждения с температурой до 30 °С, вакуума с давлением 75-150 мм рт. ст., конденсатоотвода и пневмотранспорта подачи подвспененного ППС из бункера вылеживания до расходного бункера полуавтомата, электропитания 220/380 В, 50 Гц.

Технология получения ППС модели методом «теплового удара» не аналогична изготовлению изделий из полиэтиленов, полиамидов и других пластмасс на пластавтоматах, экструдерах и пресс-машинах. Поэтому для разработки пресс-форм для ППС модели на полуавтомат требуется знание существующих отличий в технологии получения изделий из газонаполненных полимеров, игнорирование которых приводит к излишним финансовым и трудовым затратам, уменьшению производительности и ухудшению качества модели. На рис. 3 показаны типовые примеры отливок, а также моделей, которые получены в пресс-формах.

Пресс-формы для полуавтоматов бывают двух типов – ящичного и контурного. В контурном нет вент для подачи теплоносителя, охладителя, воздуха и создания вакуума в модельной полости. Разновидностью контурного типа пресс-формы является форма с трубчатыми каналами, которые обеспечивают максимальную производительность и экономичность



**Рис. 3.** Отливки и модели, полученные в пресс-формах: впускной коллектор двигателя внутреннего сгорания; модель, полученная методом «теплового удара» (а); отливки и модели, спеченные в автоклаве (б-г); статор и ротор гидромолоты (в); танковый трак (г) (на каждом фото показана линейка)

изготовления модели. Самыми оптимальными по стоимости проектирования и изготовления являются контурные пресс-формы. При разработке пресс-формы тщательно согласовывают каналы подачи вышеперечисленных энергоносителей и их отвода, а также герметизации подвижных и неподвижных частей и элементов пресс-формы. Грамотно сконструированная и изготовленная пресс-форма обеспечивает получение качественных моделей с наименьшими затратами.

Если модель составная, то конфигурацией полости пресс-формы формируют стыковочные и ориентирующие элементы на частях модели, которые выполняют такими, чтобы нанесение клея при их соединении не представляло больших трудностей. Химический состав клея, используемого для сборки моделей, подобен химическому составу используемого пенопласта или специально рекомендован для этого, что обеспечивает равномерное газыделение и получение отливки без дефектов. Кроме того, клей на стыкуемых поверхностях наносят равномерным слоем минимальной толщины. Для предотвращения затягивания клея в щели и получения отливок с гладкой поверхностью без отпечатка места стыка составных моделей нередко покрывают клеевые швы узкой бумажной малярной клейкой лентой или синтетической лентой типа «скотч». Бумажная лента предпочтительнее для водной краски, на ней краска держится лучше, а спиртовые краски дают ровный слой на пластиковой пленке. Сборка сложных составных моделей в стапеле с использованием различных приспособлений (кондукторов) для фиксации и прижимания позволяет повысить качество и жесткость склеенных швов.

При сборке ППС моделей отливок малых развеса и размеров на общий/один стояк их располагают таким образом, чтобы обеспечивались равномерность откачки газов при литье, качественное окрашивание и доступность для инструмента при обрубке или отрезке отливок. Опытные модельщики располагают такие модели на разных уровнях с угловым смещением как в вертикальной плоскости, так и горизонтальной. Места установки моделей, прибылей и выporов из ППС определяет технолог с учетом их оптимального действия и последующей отрезки. Для получения отливок с залитыми элементами крепления из другого металла (например, защитные плиты дробильных машин из высокопрочного чугуна с резьбовыми шпильками из стали) такие элементы (металлические шпильки) устанавливаются в требуемые места в тело ППС модели до их покраски. Аналогично изготавливают отливки из алюминиевых или медных сплавов с элементами крепления из другого металла или в случаях установки внутренних или наружных холодильников для направленной кристаллизации металла при заливке. Создано целое технологическое направление введения «имплантантов» в модель для получения биметаллических и армированных отливок.

Важная технологическая роль при получении качественной отливки ЛГМ-процессом со стороны нанесенного на модель и модельные кусты специального покрытия объясняется тем, что этот слой крас-

ки толщиной 0,6-1,0 мм после сушки одновременно служит своеобразным фильтром дозированной газопроницаемости для пропуска газов от деструкции ППС модели, а также защитой от попадания формовочного материала в металл и противопожарной защитой поверхности отливки. Марки готовых красок, рецептура композиций и технология их приготовления в зависимости от вида металла, сложности и серийности отливки приведены в технологических инструкциях института, реже – технической литературе. Чаще всего состав импортных красок не раскрывается, а патентный поиск показывает десятки конкурирующих вариантов без возможности их гарантированного применения, что подтверждает важное (порой определяющее) их значение для обеспечения качества отливок. В зависимости от марки краски выбирается режим сушки для получения ровного и прочного слоя. Модели, окрашенные краской на спиртовой основе, в летнее время не требуется сушить, в отличие от водных красок. Конструкции сушильных шкафов разработки ФТИМС обеспечивают качественную и быструю сушку моделей без коробления и растрескивания краски в потоке теплого воздуха с температурой не более +(35-40) °С. Краски, в составе которых имеется декстрин, рекомендуется использовать в течение 72-х ч после их приготовления.

Плотность краски перед применением должна быть в пределах 1,40-1,65 г/см<sup>3</sup>, а краска – тщательно перемешанной. Как показали исследования, при плотности больше 1,8 г/см<sup>3</sup>, после высыхания краска склонна к растрескиванию и осыпанию. На модель краску можно наносить вручную, кисточкой, пульверизатором или окунанием. При окрашивании путем окунания желательнее придать краске циркуляционное движение для равномерного покрытия, особенно на внутренних плоскостях модели. Подготовленные модели или модельные кусты с ЛПС подаются к месту формовки в специальной таре, обеспечивающей их сохранность при транспортировке и хранении.

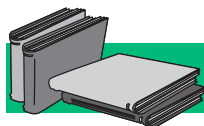
Интересными и полезными для литейщиков могут быть разработанные в институте и подтвержденные практически весьма перспективные технологии модифицирования металла отливки (например, высокопрочного и специального чугунов) при ЛГМ-процессе, когда модель в своем объеме или на поверхности содержит модификатор, то есть служит его носителем. Такой уникальной возможностью подачи на зеркало расплавленного металла модифицирующего материала по мере заполнения этим расплавом формы и газификации модели не обладает никакая другая технология литья. Модификаторы, преимущественно в порошковом виде, вносятся в объем ППС модели или добавляются в краску для легирования поверхности отливки.

Обнадеживающие результаты получены при подвспенивании исходного ППС в СВЧ установках и обработке его ультрафиолетовым облучением. Эти технологии экологически чище действующих, основанных на энергоемком нагреве гранул в кипящей воде или паре со свойственными им потерями тепла в окружающую среду. Новые указанные

технологии повышают производительность подвспенивания гранул, позволяют автоматизировать процесс и получать гранулы с размерами в строго заданных пределах. Ученые ФТИМС опытным путем определили оптимальный спектр ультрафиолетовых лучей и скорость перемещения гранул исходного полистирола в зоне облучения. Внедрение этих технологий в производство планируется после полного завершения исследовательских работ и разработки конструкторской и технологической документации. При наличии инвестирования возможно изготовление первых пилотных установок в течение полугода.

## Выводы

Таким образом, приведенные в статье примеры навыков и приемов, разработанных научно-техническими специалистами ФТИМС НАН Украины в течение ряда десятилетий при производстве моделей из ППС, послужат ценным опытом литейщикам для дальнейшего его использования на участках ЛГМ. В целом статья отражает технический уровень развития ЛГМ-процесса как весомый потенциал развития отечественного литейного производства, восстановления его роли в качестве стимулятора роста собственного машиностроения и поставщика отливок на экспорт.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Буданов Е. Н. Семь основных мифов и заблуждений относительно литейного производства // Литейн. пр-во. – 2009. – № 8. – С. 3.
2. Бердыев К. Х., Дорошенко В. С. Проходной туннельный автоклав для получения пенопластовых литейных моделей // Металл и литье Украины. – 2009. – № 7-8. – С. 41-45.

### Анотація

*Дорошенко В. С., Бердієв К. Х., Шинський І. О.*

**Узагальнення досвіду виготовлення пінополістиролових ливарних моделей**

*Наведено приклади навичок і прийомів, розроблених науково-технічним фахівцями ФТИМС НАНУ протягом десятиліть при виробництві моделей із пінополістиролу, які послужать цінним досвідом ливарникам для подальшого його використання на дільницях ЛГМ. Відображено технічний рівень ЛГМ-процесу як вагомий потенціал розвитку вітчизняного ливарного виробництва, відновлення його ролі в якості стимулятора росту власного машинобудування і постачальника виливків на експорт.*

### Ключові слова

*ФТИМС, модель із пінополістиролу, ЛГМ, ливарне виробництво, виливок, ливарний цех*

### Summary

*Doroshenko V., Berdyev K., Shinsky I.*

**Generalization of experience in manufacturing polystyrene casting patterns**

*The above examples describing the skills and techniques developed by the scientific and technical staff of the Institute PTIMA of NASU for several decades in the manufacture of polystyrene foam patterns, will provide valuable experience for foundrymen and for its further use in the Lost-Foam foundries. It is reflected the technical level of Lost Foam Casting Process as a significant development potential of the Ukrainian foundry industry, restoring its role as a stimulator of growth of its own engineering and supplier of castings for export.*

### Keywords

*PTIMA of NASU, polystyrene foam pattern, lost-foam casting, cast pattern, foundry, metal casting, industry*

Поступила 03.02.10