

## Summary

O. A. Iakovyshyn

### Forming of the distributed regions of mould from granular filler in the conditions of Lost-Foam casting

The physical model of the temporal distributing of liquid phase and condensed steam-and-gas phase of products of thermal destruction polymeric model in the volume of mould from granular filler is offered. Creation of condition for forming of a different speed of change of the temperature stress state mould from granular filler is experimentally shown. The numeral values of force of cooperation of vitrescent liquid phase of products of thermal destruction model and quartz grain of filler of mould are production

## Анотація

О. А. Яковишин

### Формування розподілених областей форми із сипучого наповнювача в умовах лиття за моделями, що газифікуються

Запропоновано фізичну модель тимчасового розподілу рідкої фази і конденсованої парогазової фази продуктів термодеструкції полімерної моделі в об'ємі форми із сипучого наповнювача. Експериментально показано створення умов для формування різної швидкості зміни термонапруженого стану форми із сипучого наповнювача. Отримані числові значення сили взаємодії рідкої фази, що переходить у склоподібний стан, продуктів термодеструкції моделі і кварцевого зерна наповнювача форми

УДК 621.744.072.2

В. С. Дорошенко, И. О. Шинский (ФТИМС НАНУ)

## 3D - технологии при литье по газифицируемым моделям

Сегодня именно в науке усматривают путь спасения национальной экономики от последствий глобального кризиса. Президент Украины В. А. Ющенко на международном инвестиционном саммите в октябре 2008 г. в г. Донецке заявил, что государство намерено перенаправить отечественные экспортно-ориентированные отрасли на внутренний рынок, поставив задачу формирования эффективного спроса на внутреннем рынке на продукцию металлургии. Строительство и машиностроение как потребители металла – это сейчас те две отрасли, которые определяют развитие страны и которые остро нуждаются во внедрении металлоемких, энергосберегающих технологий по выпуску наукоемкой продукции. На саммите наибольшую популярность имели именно такие проекты в области инновационных технологий.

Отечественные металлообработка и машиностроение в условиях системной интеграции в мировую экономику нашей страны как полноправного члена ВТО с появлением избытка недорогого металла получают дополнительный стимул перехода от неглубокой переработки и экспорта изделий металлургии к выпуску наукоемкой продукции (машин, механизмов, станков, приборов и инструмента). Это является

Рассмотрен ряд новых достижений совершенствования технологии литья по газифицируемым моделям, в частности, опыт применения станков с ЧПУ для быстрого изготовления моделей отливок и пресс-форм

несомненным вызовом отечественным ученым и инженерам, достойный ответ на который позволит полнее реализовать то преимущество, что Украина относится к немногочисленным странам с замкнутым металлургическим циклом производства металлов из собственных руд. В частности, в области литейного производства отечественная инженерная наука обладает технологиями, относящимися к наукоемким высоким технологиям, к которым вполне можно отнести современные разновидности литья по газифицируемым моделям (ЛГМ, в англоязычной версии Lost Foam Process) и которые вопреки сложившемуся стереотипу свидетельствуют, что высокие технологии – это не обязательно сложные малодоступные процессы.

В машиностроении Украины при появлении за годы независимости на месте крупных производств множества некрупных самостоятельных предприятий, при характерных для них малосерийностью и многономенклатурностью продукции, гибкость технологии литейного производства в сочетании с невысокими капитальными затратами на внедрение и высокой точностью выпускаемых заготовок



Рис. 1. Комплекс оборудования пескооборота в цехе ФТИМС

является решающим фактором. Этим параметрам вполне соответствует технология ЛГМ, что подтверждает мировая практика постоянного роста производства отливок этим способом, которое уже достигает 1,5 млн. т/год. В одной КНР работает до 1 тыс. таких участков при активном использовании этой технологии в авто- и двигателестроении.

В институте ФТИМС НАНУ на базе разработанных научных основ под руководством проф. Шинского О. И. постоянно совершенствуется процесс ЛГМ, что подтверждает непрекращающийся поток изобретений по технологии и оборудованию [1, 2], мировая новизна которых подтверждена патентами различных стран, число которых приближается к сотне штук, и, безусловно, говорит о лидирующих позициях института по этой теме. ФТИМС поставляет «в металле» заказчикам технологическое оборудование литейных цехов и участков для единичного, серийного и массового производства отливок из черных и цветных сплавов способом ЛГМ производительностью 100-5000 т отливок в год.

В действующем опытно-промышленном литейном цехе института, базирующемся на ЛГМ-процессе и служащим демонстрационной базой, где это оборудование проходит отладку и модернизацию до уровня лучших зарубежных аналогов, выпускается до 50 т в месяц отливок из черных и цветных металлов. При проектировании литейных участков и цехов конструкторы института на планировке помещений в соответствии с инвестиционными возможностями завода-заказчика выполняют расстановку оборудования и компоновку его в разных производственных вариантах – от единичного и ремонтного литья до серийного производства отливок. Часто производство легковесных пенополистироловых моделей с плотностью до 25 кг/м<sup>3</sup> выносят на второй этаж помещения цеха, а система оборотного транспортирования, подготовки и складирования сухого песка выносятся на открытый воздух с

внешней стороны литейного цеха (песок «не боится» мороза) и состоит преимущественно из проходного оборудования и системы бункеров-трубопроводов, изготовленных из листового металла, как показано на рис. 1. Такое вынесение оборудования пескооборота экономит площадь цеха, а в сочетании с отсосом газов из форм, подключаемых к вакуумному насосу на период заливки-затвердевания отливки, улучшает санитарно-гигиенические условия труда (устраняя шум и пылевыведения) и в целом способствует повышению культуры производства.

В ЛГМ-процессе получить модель отливки означает уже наполовину получить отливку. Остановимся на этом подробнее с учетом современных тенденций. Сегодня производства высокоточных пространственных (трехмерных) изделий, моделей, форм, мастер-моделей из алюминия, дерева, МДФ, макетных пластиков и прочих связаны со стремительным развитием компьютерной техники, программного обеспечения, цифровой передачи данных, а также усовершенствованием систем приводов обрабатывающих станков (применение серводвигателей с обратной связью). Производственникам сегодня стало доступно по ценам и широкому ассортименту автоматизированное оборудование с числовым программным управлением. Системы ЧПУ вытесняют любые другие системы управления как на крупных автоматизированных производствах, так и на совсем небольших, гибких универсальных производствах (макетно-модельное, инструментальное, сувенирно-рекламное, ремонтное). Таким оборудованием все чаще пользуются как частные предприниматели, так и обслуживающие широкий круг заказчиков специализированные участки. Для оперативного просчета и изготовления форм, матриц, моделей необходимо лишь прислать им на электронный адрес трехмерное изображение изделия.

Указанная доступность компьютеризированных систем и систем с ЧПУ послужила толчком для появления целого класса оборудования, позволяющего с чертежа детали на компьютере получить с фрезерного станка с ЧПУ готовую пресс-форму в металле или ее модель из пенополистирола, когда программа такого изготовления «сама учитывает» литейную усадку, а также припуски литейные и на механообработку. При этом применяют программы, которые помогают максимально использовать потенциал этих станков с поддержкой 3D-моделей и токарной обработки.

Появился ряд программных комплексов компьютерного моделирования литейных процессов, позволяющих при выборе параметров технологического процесса разработать конструкцию блока моделей [3]. Отработка конструкции литниково-питающей системы и температурно-



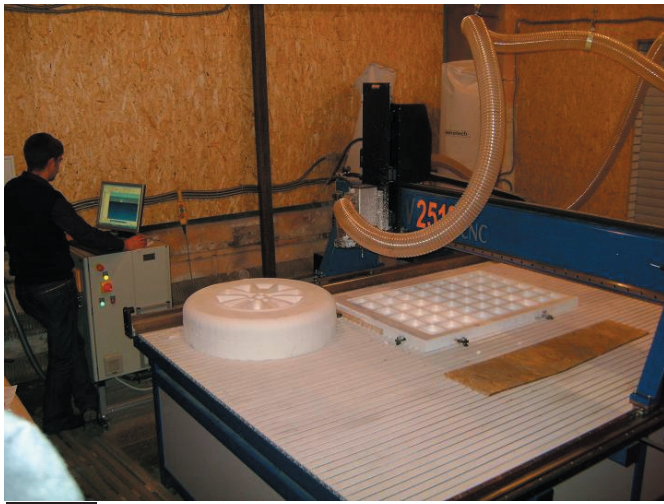


Рис. 2. Станок с ЧПУ с моделями на столе

временных параметров технологического процесса ведется не в цехе с металлом на реальных дорогостоящих плавках, а в виртуальном пространстве математической модели. Короткие сроки выполнения компьютерного эксперимента, а также большой объем и наглядность полученной информации о ходе технологического процесса и качестве будущей отливки делают компьютерное моделирование важнейшим инструментом опытного производства все большего числа заводов. По электронной модели литейного блока изготавливают также комплект модельной оснастки и для сборки модельных блоков.

Производственный цикл изготовления детали во ФТИМС от разработки конструкторской документации до готовой детали состоит в следующем. После получения технического задания конструктор разрабатывает документацию (КД), обычно используя следующие программы: AutoCAD, CADMECH, Inventor. Готовая КД сдается в электронный конструкторский архив, который находится на общем сервере организации. При получении задания на изготовление той или иной детали технолог-программист производственного отдела берет чертеж и 3D-изображение модели, разрабатывает техпроцесс, программу управления и помещает ее на сервер. Затем, после установки заготовки на стол станка оператор станков с ЧПУ вызывает эту программу с сервера и после ее проверки и наладки станка приступает к обработке заготовки, получая литейную модель детали или ее пресс-форму из блочного пенопласта. На рис. 2 показана работа оператора в цехе ФТИМС, на столе станка с ЧПУ лежат вырезанные фрезой станка модели.

Из пенополистироловой модели пресс-формы по ЛГМ-процессу часто отливают алюминиевую пресс-форму, а затем, если необходимо, доводят ее до требуемой чистоты поверхности на том же станке с ЧПУ. Это упрощает всю технологию перевода



Рис. 3. Модели художественной отливки и пресс-формы

изделия с чертежа до пеномодели и отливки, ускоряет получение пресс-форм (до нескольких часов) для производства моделей от стадии проектирования до их изготовления, в то же время требуя компьютерной грамотности занятого этим трудом персонала. На рис. 3 показаны одновременно модель пресс-формы и модель художественной отливки, полученные на станке с ЧПУ из блочного пенопласта. На рис. 4 показаны крупные модели желоба из двух частей, каждая габаритами до 2 м.

По принципу действия система ЧПУ с серводвигателем является системой с обратной связью, сигнал позиции подается от оптического датчика (инкодера), который закреплен на двигателе и снабжает контролер информацией о реальном повороте вала двигателя. Эта информация используется для постоянной коррекции отклонений между величиной заданного и реального перемещения режущего инструмента. Для получения объемной копии с детали без чертежа в этих станках используется сканирование с цифровой записью информации. Управление станком осуществляется через USB-порт с обычного персонального компьютера в среде



Рис. 4. Модели отливок желоба

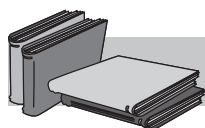
Windows; с помощью модема возможна функция удаленного доступа к ЧПУ, включающая диагностику и модернизацию программного обеспечения.

На рынке Украины широко представлены станки с ЧПУ фирмы «Obrusn» (Польша) десяти моделей для объемной обработки цветных металлов и сплавов, полимеров, дерева с точностью позиционирования от  $\pm 0,05$  до  $\pm 0,10$  мм, разрешающей способностью ЧПУ  $\pm 0,01$  мм и массой станка от 60 до 1450 кг, более крупные станки фирмы «Vertmaq» (Испания) с точностью позиционирования  $\pm 0,03$  мм, повторяемостью позиции  $\pm 0,015$  мм и массой 1,5-3,0 т, а также станки немецких фирм.

Описанная отечественная литейная технология, обогащенная накопленным опытом ее использования, наряду с другими инновационными технологиями углубленной переработки металла, в частности, рассмотренными на вышеуказанном международном инвестиционном саммите, служат примерами наличия значительного научно-технического потенциала украинской технической науки. Растущее

понимание этого и очевидную согласованность позиций верховной власти и крупного капитала следует приветствовать как первый шаг в направлении перехода на инновационно-инвестиционную модель экономического роста экономики Украины.

С учетом современных кризисных явлений, которые воочию демонстрирует системное несовершенство глобальной экономической конструкции, все более спорной становится идеология так называемой «доганяльной» модернизации, которая на протяжении всех лет нашей независимости служила одним из определяющих неоспоримых ориентиров нашего трансформационного процесса. Имеет ли смысл продолжать имплементацию того, что демонстрирует свою недееспособность, дублировать и далее шаг за шагом путь, пройденный западным обществом к современным реалиям? Не стоит ли, прежде всего, задействовать инновационный потенциал отечественной науки, особенно в тех отраслях, где она имеет лидирующие, защищенные патентами, бесспорные приоритеты, в частности, науке о литье металлов?



## ЛИТЕРАТУРА

1. Дорошенко В. С. Способы получения каркасных и ячеистых литых материалов и деталей по газифицируемым моделям // Литейн. пр-во. – 2008. – № 9. – С. 28-32.
2. Дорошенко В. С., Шинский И. О., Бердыев К. Х. Оборудование непрерывного действия для литья по газифицируемым моделям. – Процессы литья. – 2009. – № 3.
3. Монастырский В. П. и др. Разработка технологии литья крупногабаритных лопаток ГТД для энергетических установок с применением систем «Полигон» и ProCAST. – Литейн. пр-во. – 2007. – № 9. – С. 29-34.

### Summary

V. S. Doroshenko, I. O. Shinsky

#### 3D-technologies of Lost Foam Process

New achievements are described on perfection of casting technology of Lost Foam Process, in particular, experience of application of PNC machine-tools with for the rapid making of models of castings and press-forms

### Анотація

В. С. Дорошенко, І. О. Шинський

#### 3Д-технології при литті по газифікованим моделям

Розглянуто ряд нових досягнень по вдосконаленню технології лиття за моделями, що газифікуються, зокрема, досвід застосування верстатів з ЧПУ для швидкого виготовлення моделей виливків та прес-форм

### Ключевые слова

Литье по газифицируемым моделям, отливка, пресс-форма, 3Д-технология, ЛГМ-процесс