

В. С. Дорошенко, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., e-mail: doro55v@gmail.com

В. О. Шинский, науч. сотр.

Е. В. Токовая*, мл. науч. сотр.

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

*Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем НАН и МОН Украины, Киев

Предпосылки создания базы данных на основе концепции «регулирование скорости охлаждения отливки в форме – структура металла – металлосберегающие конструкции ОТЛИВОК»

В развитие концепции сочетания процессов получения высокопрочных сплавов со способами точной песчаной формовки предложена методика создания базы данных с несколькими разделами. Описана взаимосвязь разделов данных по регулированию скорости охлаждения отливки, соответствующих структур металла и металлосберегающих конструкций отливок. Работа выполнена на основании исследований, проведенных под руководством проф. Шинского О. И. в ФТИМС НАН Украины. Использовали преимущества ЛГМ-процесса и опыт регулируемого охлаждения отливок в песчаной форме.

Ключевые слова: литье по газифицируемым моделям, высокопрочный чугун, база данных, серый чугун, охлаждение отливки, песчаная форма, вакуумная формовка.

Одной из актуальных научных и практических задач литейного производства является существенное уменьшение массы литых конструкций для изделий машиностроения, в первую очередь транспортных средств, и повышение их эксплуатационного ресурса. Этому посвящены исследования под руководством проф. Шинского О. И. по теме «Разработка научных и технологических основ создания литых конструкций, оптимальных процессов их получения и проектирования».

Устаревшие технологии песчаной формовки (формы в парных опоках с разъемом полуформ и стержнями), используемые для проектирования литых конструкций с размерной точностью отливок не выше 9-12 квалитета по ГОСТ 26645-85 (ГОСТ Р 53464-2009, ISO 8062-1:2007, -8062-3:2013), сдерживают развитие литейного производства, как заготовительной базы отечественного машиностроения, снижают производительность машин. Это не способствует созданию литых конструкций меньшей массы и, в целом, уменьшению массы изделий машиностроения, а также конкурентоспособности продукции украинского машиностроения на европейском и мировом рынке. Кроме того, весьма неэффективно использование для тонкостенных изделий высокопрочных чугунов, сталей, алюминиевых сплавов, предел прочности которых в 1,5–2,5 раза выше, чем рядовых марок, но низкая размерная точность не позволяет пропорционально уменьшить толщины стенок литых конструкций.

Одной из научно-технологических задач указанного исследования является создание базы данных литых конструкций из моно-, армированных железо-

углеродистых и цветных сплавов низкой металлоемкости, в первую очередь для транспортных средств (автомобили, тракторы, грузовые вагоны), а также арматуростроения, нефтехимической и горно-обогатительной промышленности, военной техники, в том числе для газотурбинных двигателей (ГТД). Ранее в большинстве исследований, технологических разработок и публикаций отдела физико-химии литейных процессов (ФХЛП) ФТИМС НАН Украины руководствовались концепцией: «сочетание точных способов песчаной формовки с литьем высокопрочных сплавов» [1–3].

Однако, обобщение последних исследований по регулированию скорости охлаждения отливок, выполненных отделом ФХЛП [4, 5], дает основание для уточнения и углубления концепции проектирования металлосберегающих литых конструкций с новых научно-технологических позиций. Это расширит основы для прогнозирования их эксплуатационных свойств, создания методов оптимального выбора технологических процессов получения точных отливок из железоуглеродистых и цветных сплавов, разработки нормативно-технической базы проектирования литых конструкций для различных отраслей машиностроения.

Анализ состояния разработки проблемы показал следующее. Системно и комплексно созданием концепции или своего рода идеологии конструирования литых деталей на основе новейших технологий изготовления точных разовых литейных форм с одновременной адаптацией для литья в такие формы высокопрочных сплавов (взамен или в развитие существующих концепций конструирования) не

занимается ни одна из организаций литейно-металлургического профиля в Украине, России и Западной Европе. В Украине такими проблемами, связанными с автоматизированными системами проектирования технологических процессов (САПР ТП), без оптимизации или конструирования литых деталей занимается Одесский национальный политехнический университет (зав. кафедрой, проф., д.т.н. Становский А. Л., зав. кафедрой, проф., д.т.н. Лысенко Т. В.).

Известные иностранные компании, в том числе MagmaSoft (Германия), ProCast (США, Франция), Полигон (Россия), SolidCast (США), концентрируются на создании компьютерных программ для оценки гидродинамических и теплообменных процессов в литейной форме без оптимизации литых конструкций и воспринимают отливку уже как готовый, предварительно созданный конструктором продукт. К тому же, эти программы не адаптированы к литейным процессам точных (так называемых специальных) методов литья, созданных в ФТИМС, как литье по моделям, которые газифицируются (ЛГМ-процесс), растворяются, выжигаются, а также по ледяным моделям (ЛЛМ), как для гравитационного литья металла, так и под избыточным давлением. В этих программных продуктах не достаточны возможности оценки литейных процессов в форме при использовании низкотемпературных, оболочковых форм и получении отливок в формах, наполненных армирующей фазой из металлических и неметаллических материалов, приближающих отливки к изделиям из композитных материалов. А ряд программных комплексов для моделирования гидродинамики и теплообмена не предназначен для конструкторских задач со свойственным им расчетом прочности деталей [6].

Как подчеркивал акад. В. Л. Найдек, получение отливок с заданными структурой и свойствами возможно лишь при обеспечении управления интенсивностью теплоотвода в литейной форме [7]. Наиболее близки к реализации управления теплоотводом в широком интервале методы, основанные на физических способах упрочнения песчаной формы: разновидности ЛГМ-процесса, литье в вакуумируемые, магнитные и замороженные формы. Однако ни один из них в отдельности не решает всей проблемы, и каждый имеет недостатки. Тенденция развития технологии литья в песчаные формы и формирования свойств литых конструкций, включая фундаментальные исследования, создающие основу этого направления, вызывает необходимость синтеза различных физических воздействий в процессах формовки для создания высокоэффективных методов литья [7].

В результате исследований авторов, методом термоанализа и технологическими разработками [4] получены различные значения скорости охлаждения чугуна отливки в песчаной форме, которые показаны по нарастающей в таблице и могут служить прообразом создаваемой базы данных. Основным объектом исследования была вакуумируемая песчаная форма (в варианте литья по ЛГМ-процессу), которая позволяет использовать силовое поле вакуума в толще песчаной формы для продувания воздуха через штуцеры в стенках опочной оснастки сквозь песчаную среду или

закачивать в нее воду с откачиванием ее паров, внося конвективную составляющую в процесс охлаждения отливки. Также сыпучий песок формы позволяет выполнить его высыпание при образовании вокруг отливки подвижной среды, которая также ускоряла охлаждение отливки за счет принудительной конвекции.

Время охлаждения цилиндрического образца массой 4 кг и такой же отливки в течение 40 мин соответствовало времени охлаждения до температуры выбивки. В результате различных воздействий увеличение скорости охлаждения образца (пункты 1–18 таблицы) произошло в 1,2–2,0 раза. А повышение скорости охлаждения отливок в песчаной форме при традиционных для ЛГМ-процесса производственных условиях – в 1,2–1,5 раза (пункты 19–23). Оценивая диапазон значений скорости ($^{\circ}\text{C}/\text{с}$) в целом по таблице с первого (0,068) по последнее значение (0,305), эти данные термоанализа охватывают изменение скорости в 4,5 раза на операции охлаждения в форме практически одинакового образца из железоуглеродистых сплавов за одинаковое время.

Запись кривых охлаждения выполняли многоканальным прибором, и в таблице показаны средние скорости охлаждения на операции выдержки перед выбивкой для оценки пределов их регулирования. Кроме того, для подробного анализа доступно сравнение таких скоростей на определенных участках кривых, в частности, в зонах прохождения структурных изменений металла, с соотношением этих значений с создаваемым разделом базы данных показателей структуры металла. Также целесообразно пополнение ряда кривых термоанализа для более широкого диапазона отливок, литейных форм и сравнение их значений с аналитическими выражениями, полученными в сотрудничестве с к.ф.-м.н. В. С. Кравченко [4], для проектирования техпроцесса охлаждения отливок.

Завершая тему о предпосылках создания базы данных скоростей охлаждения отливок в песчаных формах, приведен перечень полученных за последние годы институтом ФТИМС НАН Украины патентов Украины на способы литья и формовки с регулированием такого охлаждения. По номеру патента (рис. 1) доступны их полные описания в открытой базе Укрпатента, а англоязычные рефераты – в базе worldwide.espacenet.com. Их выбор будет зависеть от конкретного процесса литья и достижения заданной структуры отливки из вариантов структур, в частности, ряд примеров которых показан на рис. 2, 3. Эти данные о технических решениях с конструкциями соответствующей оснастки в пределах их диапазона действия также следует увязать с данными, аналогичными указанным в таблице.

Результаты изучения влияния интенсивности теплоотвода на затвердевание и охлаждение ступенчатых проб при литье в разовые формы, в том числе по ЛГМ-процессу, предусмотрено включить в раздел базы данных о структурах металла в соответствии с изменением скорости его охлаждения. Ниже показан ряд примеров структур высокопрочного (ВЧ, рис. 2) и серого (СЧ, рис. 3) чугунов.

Эти исследования проведены в сотрудничестве с к.т.н. Н. Я. Терещенко [8]. По мере уменьшения

Скорости охлаждения нагретого образца и чугунной отливки

№ п/п	Охлаждение стального образца от 600–550 °С в течение 40 мин в песчаной форме при различных условиях	Скорость, °С/с
1	В кварцевом песке без уплотнения и продувания	0,068
2	В кварцевом песке, уплотненном вибрацией	0,075
3	В кварцевом песке, продувание через 1 штуцер	0,086
4	В оборотном кварцевом песке без продувания	0,091
5	В кварцевом песке без уплотнения, продувание через 1 штуцер	0,092
6	В кварцевом песке, продувание через 2 штуцера	0,095
7	В стальной дроби без воздействия	0,107
8	В кварцевом песке, продувание через 3 штуцера	0,108
9	В оборотном песке, продувание через 3 штуцера	0,110
10	Добавка в кварцевый песок 100 г воды, продувание – 3 штуцера	0,113
11	В кварцевом песке, охлажденном в морозильной камере (-12 °С)	0,117
12	Добавка в кварцевый песок 200 г воды, продувание – 3 штуцера	0,119
13	В стальной дробе, охлажденной в морозильной камере (-38 °С)	0,121
14	В стальной дробе, продувание через 3 штуцера	0,125
15	Охлаждение на воздухе в пустом контейнере с крышкой	0,125
16	Добавка в песок 400 г воды (1,7 %), продувание – 3 штуцера	0,129
17	В увлажненном оборотном песке (5 %), продувание – 3 штуцера	0,130
18	Охлаждение на воздухе в пустом контейнере без крышки	0,138
Охлаждение чугунной отливки от 1180–1200 °С в течение 40 мин		
19	В свежем кварцевом песке	0,198
20	В оборотном кварцевом песке	0,209
21	Добавка в кварцевый песок 200 г воды	0,217
22	В сырой (4,5 % влаги) песчано-глинистой смеси	0,251
23	В кварцевом песке с высыпанием через отверстие в опоке	0,305



Рис. 1. Новые технические решения (с отличительными свойствами) по регулированию охлаждения отливки в вакуумируемой форме

толщины стенки отливки (слева направо на рис. 2, 3) в песчаной форме, и в форме из стальной дробы измельчаются включения графита и зерно металлической матрицы. С ростом толщины стенки на примере СЧ показано снижение прочности и твердости чугуна, а с ростом количества феррита растет ударная вязкость (рис. 4). Слева на структурах показаны согласно ГОСТ 3443-87 размер графита в микрометрах, который уменьшается почти вдвое с уменьшением толщины стенки с 20 до 5 мм, а также для ВЧ – число включений графита на 1 мм² – с 148 до 416 для кварцевого песка и с 165 до 473 для металлической дробы [8].

Ученые отдела ФХЛП, совершенствуя методы термоанализа [9], системно накапливают результаты исследований не только параметров охлаждения отливки

из железоуглеродистых сплавов, но и наполняют такую базу данных для отливок из цветных сплавов. Аналогичные работы по регулированию скорости охлаждения отливок из алюминиевых сплавов АК9, АК7, АК5М2 выполнены к.т.н. П. Б. Калужным [10] с анализом ряда примеров микроструктур этих сплавов в соответствии с кривыми термоанализа охлаждения отливок, полученных ЛГМ-процессом, и измерением механических свойств. При этом способами охлаждения отливок с аэродинамическим перемещением формовочного материала в контейнерной опоке согласно патентам Украины № 97151 и № 106005 получены изменения скорости охлаждения в 1,2–1,3 раза, а механические характеристики указанных алюминиевых сплавов – в 1,4–2,0 раза.

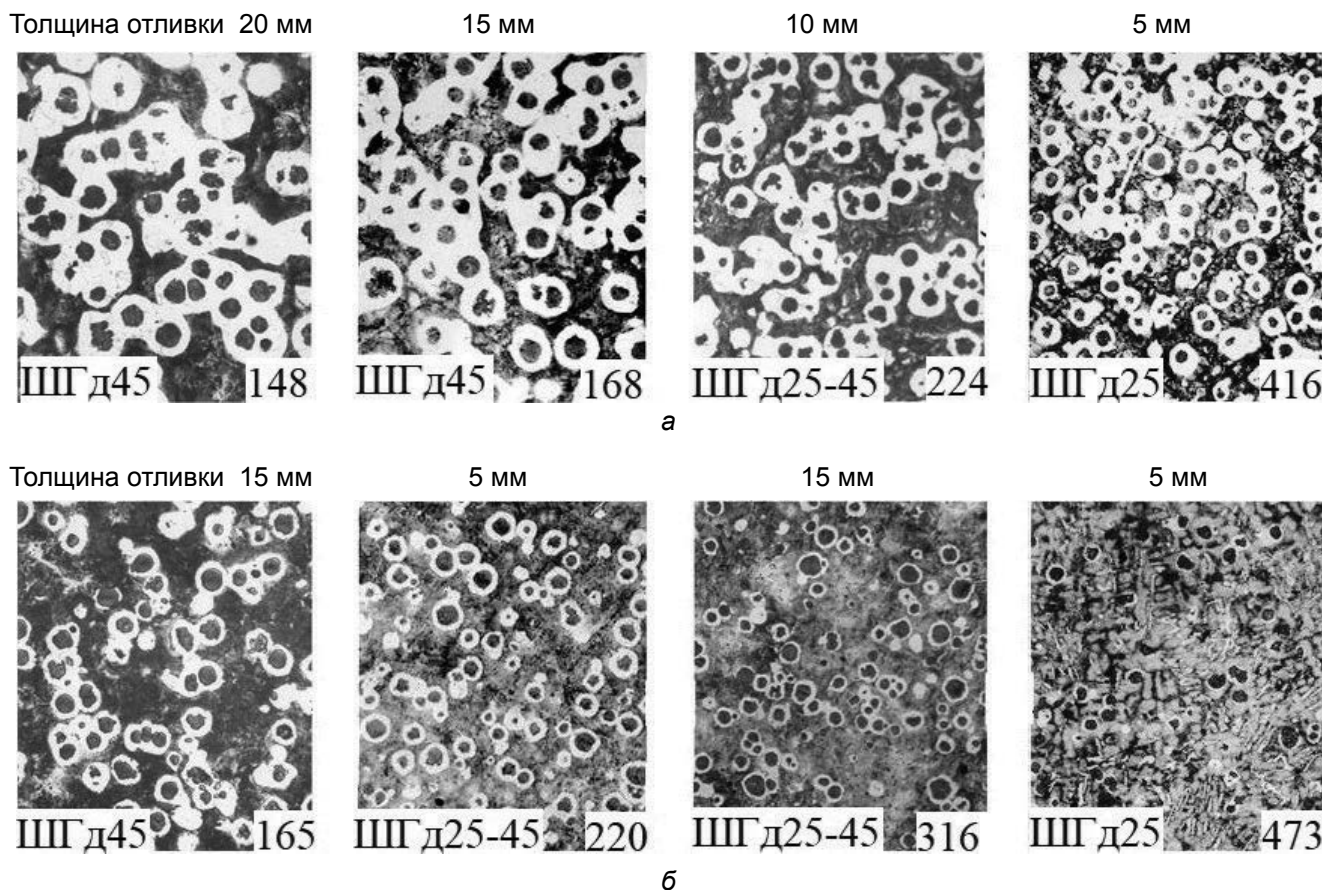


Рис. 2. Микроструктура (x100) в отливках из ВЧ с указанием размера графита и количества включений графита на 1 мм²: а – в форме из кварцевого песка; б – в форме из металлической дробы

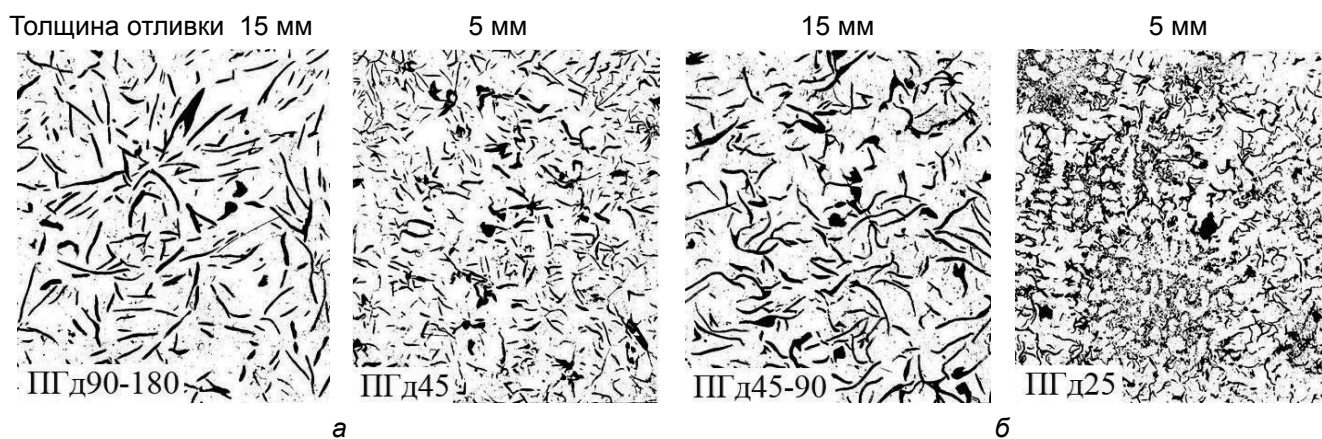


Рис. 3. Микроструктура (x100) в отливках из СЧ с указанием размера графита: а – в форме из кварцевого песка; б – в форме из металлической дробы

Накопленная информация рассматриваемой тематики исследований в течение систематизирования повлекла за собой вопрос о том, что для реализации преимуществ высокой прочности металла, достигаемой регулированием его охлаждения и применением высокопрочных марок, нужен завершающий раздел базы данных о способах конструирования и производства тонкостенных отливок с соответствующей технологией литейной формы. Это привело к расширению задачи исследований в ракурсе преследования цели металлосбережения, а также тех возможностей для повышения коэффициента использования металла, что в тонких стенках металл прочнее, как, например, это показано на литом чугуне [11].

На основе накопленного опыта при исследовании ЛГМ-процесса и представления о наличии в нем воздействий на разовую модель двух текучих сред (металла и сыпучего песка), методов математического и компьютерного моделирования, а также подражания структурам природы, разработан ряд легких ячеистых конструкций отливок. При этом аналогами служили известные в современном естествознании структуры строения твердого вещества, отдельных биологических структур и наноматериалов, модели на которые из повторяющихся деталей несложно изготовить из традиционных и новых газонаполненных полимеров для литья ЛГМ-процессом. Методы оптимизации ячеистых отливок и способы изготовления их моделей указаны на рис. 5 и 6 [5, 12–14].

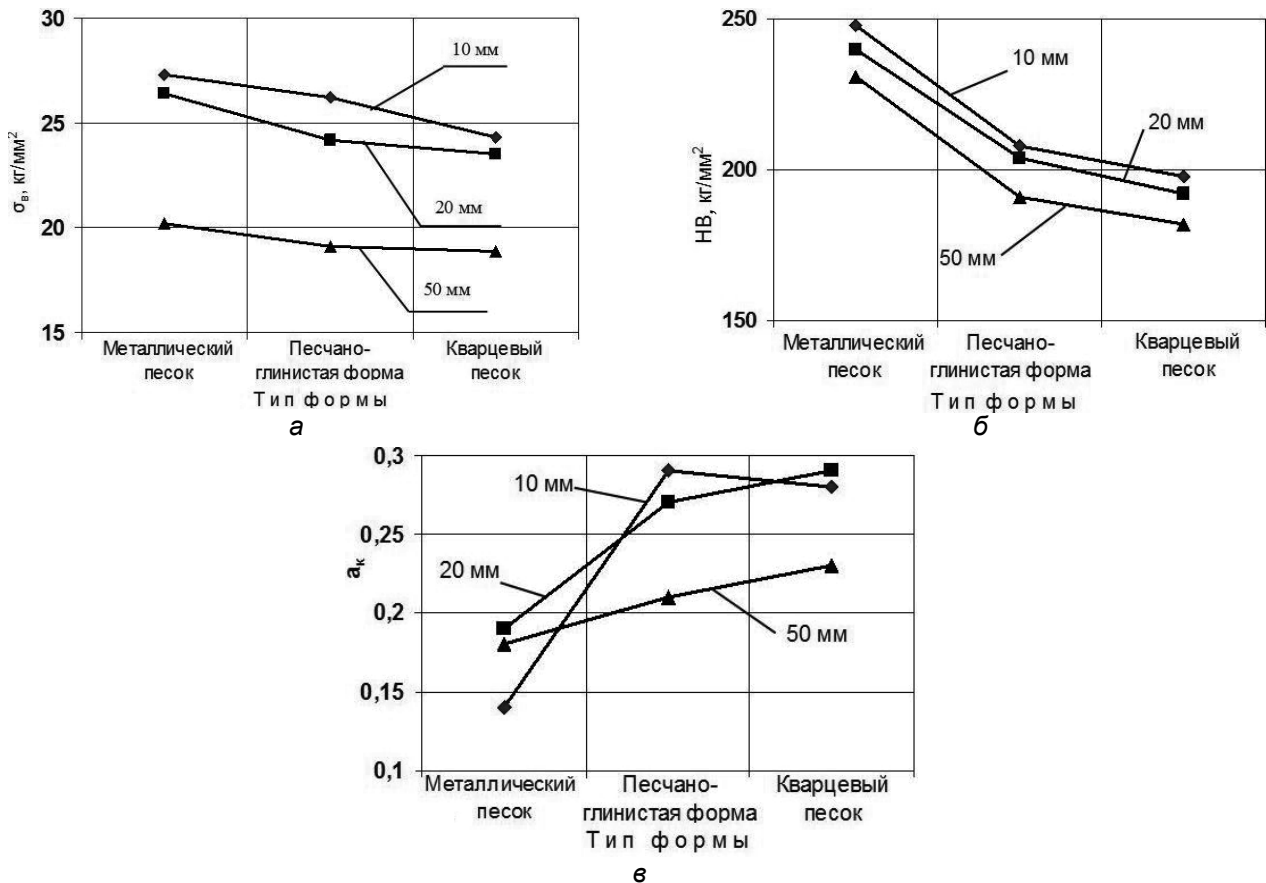


Рис. 4. Прочность (а), твердость (б) и ударная вязкость (в) в отливках из СЧ с толщиной стенки 10, 20, 50 мм

Критерии оптимизации конструкции ячеистой или каркасной отливки при ЛГМ

Максимальное заполнение объема сухого песка формы ячейками отливки, минимальной металлоемкости

Максимальная прочность отливки против определенных нагрузок

Минимальные затраты на изготовление повторяющихся деталей моделей и сборку моделей

Минимальная поверхность конструкции

Многомерная минимизация характеристик, основанная на идеях эволюции

Рис. 5. Методы оптимизации ячеистых отливок

Способы получения моделей тонкостенных отливок из ППС и других газонаполненных полимеров для ЛГМ с №№ патентов, в которых описаны такие технические решения

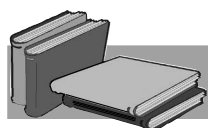
<p>Модель с разовыми вентами в стенке, 81013</p>	<p>Модель с деталями из ППС в виде дендритов, 90494</p>	<p>Модель стояка – рулон из пузырьковой пленки, 79267</p>	<p>Выпоры - оболочки с воздухом под давлением, 2020026 РФ</p>	<p>Ячеистые модели собирают из многогранников насыпью, 92163</p>	<p>Детали модели на каркасе из проволоки или нити, 81011</p>	<p>Детали моделей имеют минимальную поверхность, 82028</p>
<p>Модель из полипропиленовых трубок, собранных под углом 109,47° в решетку кристалла, 82025</p>	<p>Плоские модели из ППС сворачивают в трубку, (в т.ч. непрерывно), 92226</p>	<p>Модель – крупноячеистая пена с ячейками регулируемой проницаемости, 87782</p>	<p>Стопочная сборка (в т.ч. непрерывно) решеток из ППС в ячеистую конструкцию, 70286, 96915</p>	<p>Стояк – трубка полимерная с креплением скотчем моделей с г-образными питателями, 83447</p>	<p>Модели стояков – трубки с подвижными стенками, распорками и держателями мелких моделей, 85515</p>	

Рис. 6. Новые способы изготовления моделей ячеистых отливок для ЛГМ с применением пенополистирола (ППС) и других газифицируемых материалов

Рассмотренные последовательность и взаимосвязь разделов создаваемой базы данных на основе концепции «регулирование скорости охлаждения отливки в форме – структура металла – металлосберегающие конструкции отливок» характеризуют системные решения по расширению применения высокопрочных сплавов в литых конструкциях с учетом новых решений в области песчаной формовки и моделирования отливок. Это технологическое направление предполагается реализовать на базе точных методов литья, созданных в ФТИМС НАН Украины, а именно литья по моделям из пеноматериалов, которые выплавляются, растворяются, выжигаются или испаряются, а также процессов на основе криотехнологии с использованием неорганических модельно-формовочных материалов одновременно с использованием высокопрочных чугунов, сталей, алюминиевых сплавов и армированных материалов.

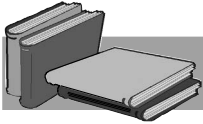
Создаваемые в рассмотренной в статье концепция базы данных и научно-технологические основы конструирования литых деталей позволят повы-

сить их размерную точность до 4–6 квалитета по ГОСТ 26645-85 (ГОСТ Р 53464-2009, ISO 8062-1:2007, -8062-3:2013), будут способствовать применению высокопрочных сплавов, включая замену, по крайней мере, СЧ, преобладающего по массе в отечественном производстве отливок. При этом предполагается снижение металлоемкости литых конструкций по сравнению с лучшими отечественными и европейскими аналогами до полутора раз. А последние разработки по встраиванию в литейный процесс термообработки методом austempering при получении отливок из ВЧ с матрицей из нижнего и бескарбидного бейнита [15, 16], показывают перспективу уменьшения массы отливок в 2,0–2,5 раза при замене СЧ, а в ряде случаев и при замене более дорогостоящих алюминиевых сплавов без превышения массы отливок. Перспектива таких конечных результатов вполне корреспондируется с целью макроэкономической политики Украины максимально быстрого перехода от сырьевой модели развития к модели инновационно-высокотехнологической.



ЛИТЕРАТУРА

1. Шинский О. И. Снижение металлоемкости литейной продукции – основа развития отрасли // Оборудование и инструмент для профессионалов. – 2011. – № 1. – С. 78–79.
2. Дорошенко В. С. Примеры металлосбережения при литье высокопрочного чугуна в песчаные формы // Литейное производство. – 2016. – № 11. – С. 19–24.
3. Последние разработки Физико-технологического института металлов и сплавов НАН Украины в области литья по газифицируемым моделям / В. С. Дорошенко, Ю. Г. Квасницкая, И. О. Шинский и др. // Литейное производство. – 2016. – № 11. – С. 34–39.
4. Шинский О. И., Дорошенко В. С., Кравченко В. П. Интенсификация теплообмена отливки с дисперсным наполнителем литейной формы при применении хладагента и вынужденной конвекции // Процессы литья. – 2009. – № 5 – С. 74–82.
5. Дорошенко В. С. Структура исследований и технологических разработок по регулированию скорости охлаждения отливок и переход к конструированию легковесных отливок // Металл и литье Украины. – 2016. – № 8-10. – С. 58–63.
6. Свободно распространяемый программный комплекс SIGMA_FW для моделирования гидродинамики и теплообмена / А. А. Дектерев, К. Ю. Литвинцев, А. А. Гаврилов и др. // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. – 2017. – № 10(4). – С. 534–542.
7. Найдек В. Л. Создание новых технологий и материалов на основе фундаментальных научных исследований // Библиотека литейщика. – 2017. – № 8. – С. 9–14.
8. Формирование структуры чугуновых отливок при литье по газифицируемым моделям в формах из кварцевого песка и металлической дробы / Н. Я. Терещенко, Т. К. Пилипенко, В. С. Дорошенко и др. // Процессы литья. – 2009. – № 4. – С. 31–37.
9. Дорошенко В. С., Кравченко Е. В. Новые способы отбора проб при идентификации свойств металла методом термоанализа, с возможностью оптимизации конструкций отливок // Литейное производство. – 2017. – № 2. – С. 28–33.
10. Калужний П. Б. Одержання виливків із алюмінієвих сплавів литтям за моделями, що газифікуються, з аеродинамічним переміщенням формувального матеріалу у контейнері / П. Б. Калужний: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.16.04. – Київ, 2016. – 22 с.
11. Дорошенко В. С. Предпосылки и примеры металлосбережения при литье высокопрочного чугуна в песчаных формах // Литейщик России. – 2016. – № 8. – С. 13–19.
12. Doroshenko V. New Possibilities of Developing of the Lost Foam Casting Process // Revista de Turnatorie. – 2011. – № 3-4. – Р. 14–16; № 5-6 – Р. 20–22.
13. Дорошенко В. С. Способы получения каркасных и ячеистых литых материалов и деталей по газифицируемым моделям // Литейное производство. – 2008. – № 9. – С. 28–32.
14. Дорошенко В. С. Математическое проектирование каркасно-ячеистых отливок // Литейное производство. – 2013. – № 2. – С. 9–12.
15. Дорошенко В. С. О получении аусферритного чугуна из литого состояния при ЛГМ-процессе // Процессы литья. – 2017. – № 4. – С. 35–43.
16. Дорошенко В. С. Предпосылки встраивания термообработки в процесс литья высокопрочного чугуна по газифицируемым моделям // Металл и литье Украины. – 2017. – № 6-7. – С. 10–16.



REFERENCES

1. Shinskii O. I. (2011). Snizhenie metalloemkosti liteinoi produktsii – osnova razvitiia otrasli [*Decrease in metal consumption of foundry products – the basis for the development of the industry*]. Oborudovanie i instrument dlia professionalov, no. 1, pp. 78–79 [in Russian].
2. Doroshenko V. S. (2016). Primery metallosberezheniia pri lit'e vysokoprochnogo chuguna v peschanye formy [*Examples of metal saving during casting of high-strength cast iron into sand molds*]. Liteinoe proizvodstvo, no. 11, pp. 19–24 [in Russian].
3. Doroshenko V. S., Kvasnitskaia Yu. G., Shynskii I. O. et al. (2016). Poslednie razrabotki Fiziko-tehnologicheskogo instituta metallov i splavov NAN Ukrainy v oblasti lit'ia po gazifitsiruemym modeliam [*Recent developments of the Physico-Technological Institute of Metals and Alloys of NAS of Ukraine in the field of casting gasified patterns*]. Liteinoe proizvodstvo, no. 11, pp. 34–39 [in Russian].
4. Shinskii O. I., Doroshenko V. S., Kravchenko V. P. (2009). Intensifikatsiia teploobmena otlivki s dispersnym napolnitelem liteinoi formy pri primenenii khladagenta i vyzhdennoi konveksii [*Intensification of the heat transfer of the casting with the disperse filler of the casting mold with the use of refrigerant and forced convection*]. Protsessy lit'ia, no. 5, pp. 74–82 [in Russian].
5. Doroshenko V. S. (2016). Struktura issledovaniia i tekhnologicheskikh razrabotok po regulirovaniu skorosti okhlazhdeniia otlivok i perekhod k konstruirovaniu legkovesnykh otlivok [*Structure of research and technological developments to regulate the cooling rate of castings and the transition to the design of lightweight castings*]. Metall i lit'e Ukrainy, no. 8-10, pp. 58–63 [in Russian].
6. Dekterev A. A., Litvintsev K. Yu., Gavrilov A. A. et al. (2017). Svobodno rasprostraniaemyi programmnyi kompleks SIGMA_FW dlia modelirovaniia gidrodinamiki i teploobmena [*The freely available software package SIGMA_FW for simulation of hydrodynamics and heat transfer*]. Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies, no. 10(4), pp. 534–542 [in Russian].
7. Naidek V. L. (2017). Sozdanie novykh tekhnologii i materialov na osnove fundamental'nykh nauchnykh issledovaniia [*Creation of new technologies and materials on the basis of fundamental scientific research*]. Biblioteka liteishchika, no. 8, pp. 9–14 [in Russian].
8. Tereshchenko N. Ya., Pilipenko T. K., Doroshenko V. S. et al. (2009). Formirovanie struktury chugunnykh otlivok pri lit'e po gazifitsiruemym modeliam v formakh iz kvartseвого peska i metallicheskoj drobi [*Formation of the structure of cast iron castings for casting gasified models in quartz sand and metal shof*]. Protsessy lit'ia, no. 4, pp. 31–37 [in Russian].
9. Doroshenko V. S., Kravchenko E. V. (2017). Novye sposoby otbora prob pri identifikatsii svoistv metalla metodom termoanaliza, s vozmozhnost'iu optimizatsii konstruksii otlivok [*New methods of sampling when identifying metal properties by thermoanalysis, with the possibility of optimizing cast structures*]. Liteinoe proizvodstvo, no. 2, pp. 28–33 [in Russian].
10. Kaliuzhnyi P. B. (2016). Oderzhannia vylyvkiv iz aliuminievykh splaviv lyttiam za modeliami, shcho gazyfikuiut'ia, z aerodynamichnym peremishchenniam formuval'nogo materialu u konteineri [*Manufacture of castings from aluminum alloys casting on Lost Foam Casting process with aerodynamic movement of molding material in a container*]. Extended abstract of candidate's thesis: 05.16.04, Kyiv, 22 p. [in Ukrainian].
11. Doroshenko V. S. (2016). Predposylki i primery metallosberezheniia pri lit'e vysokoprochnogo chuguna v peschanykh formakh [*Preconditions and examples of metal saving during casting of high-strength cast iron in sand molds*]. Liteishchik Rossii, no. 8, pp. 13–19 [in Russian].
12. Doroshenko V. (2011). [*New Possibilities of Developing of the Lost Foam Casting Process*]. Revista de Turnatorie, no. 3-4, pp. 14–16; no. 5-6, pp. 20–22 [in English].
13. Doroshenko V. S. (2008). Sposoby polucheniiia karkasnykh i yacheistykh litykh materialov i detalei po gazifitsiruemym modeliam [*Methods of obtaining wireframe and cellular cast materials and parts for gasifying models*]. Liteinoe proizvodstvo, no. 9, pp. 28–32 [in Russian].
14. Doroshenko V. S. (2013). Matematicheskoe proektirovanie karkasno-yacheistykh otlivok [*Mathematical design of frame-cell castings*]. Liteinoe proizvodstvo, no. 2, pp. 9–12 [in Russian].
15. Doroshenko V. S. (2017). O poluchenii ausferritnogo chuguna iz litogo sostoianiiia pri LGM-protseste [*On the reception of auxferritic cast iron from the cast state at the LGM process*]. Protsessy lit'ia, no. 4, pp. 35–43 [in Russian].
16. Doroshenko V. S. (2017). Predposylki vstraivaniia termoobrabotki v protsess lit'ia vysokoprochnogo chuguna po gazifitsiruemym modeliam [*Preconditions for the integration of heat treatment in the casting process of high-strength cast iron for gasifying patterns*]. Metall i lit'e Ukrainy, no. 6-7, pp. 10–16 [in Russian].

Анотація

Дорошенко В. С., Шинський В. О., Токова О. В.

Передумови створення бази даних на основі концепції «регулювання швидкості охолодження виливка у формі – структура металу – металозберігаючі конструкції виливків»

У розвиток концепції поєднання процесів отримання високоміцних сплавів зі способами точного піщаного формування запропоновано методику створення бази даних з декількома розділами. Описано взаємозв'язок розділів даних з регулювання швидкості охолодження виливка, відповідних структур металу і металозберігаючих конструкцій виливків. Роботу виконано на підставі досліджень, що проведені під керівництвом проф. Шинського О. Й. у ФТІМС НАН України. Використовували переваги ЛГМ-процесу і досвід регульованого охолодження виливків у піщаній формі.

Ключові слова

Лиття за моделями, що газифікуються, високоміцний чавун, база даних, сірий чавун, охолодження виливка, піщана форма, вакуумне формування.

Summary

Doroshenko V., Shinskii O., Tokovaia E.

The prerequisites for creating a database based on the concept of “controlling the cooling rate of castings in a mold – the structure of a metal – the metal saving designs of castings”

In the development of the concept of a combination of processes for obtaining high-strength alloys with precise sand molding methods, a methodology for creating a database with several sections was proposed. The interrelation of the data sections on the regulation of the cooling rate of the casting, the corresponding structures of the metal and the metal-saving constructions of the castings are described. The work was carried out on the basis of studies conducted under the guidance of prof. Shinskii O. Y. in PTIMA NAS of Ukraine. The advantages of the Lost Foam process and the experience of controlled cooling of castings in sandy form were used.

Keywords

Lost Foam casting, ductile cast iron, database, gray cast iron, casting cooling, sand mold, vacuum molding.

Поступила 29.11.17