
ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ, МЕХАНИЗАЦИИ И КОМПЬЮТЕРИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ЛИТЬЯ

УДК 669.14.046:621.746.6:530.17:51

Н. И. Тарасевич, д-р техн. наук, ст. науч. сотр., зав. отделом,
e-mail: nit@ptima.kiev.ua

И. В. Корниец, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., зам. зав. отделом,
e-mail: ivk@ptima.kiev.ua

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

ОТДЕЛ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ – 35 ЛЕТ В СОСТАВЕ ФТИМС НАН УКРАИНЫ

Представлен исторический обзор работ, выполненных отделом математических методов исследования и информационно-компьютерных технологий, в соответствии с его научным направлением в области математического и компьютерного моделирования физических и технологических процессов литья и металлургии, а также информационных технологий.

Ключевые слова: математическое моделирование, теплофизика, массообмен, слиток, отливка, кристаллизация, информационные технологии.

В феврале 1983 г. в Институте проблем литья АН УССР (с февраля 1996 г. – Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины) при отделе физико-химических методов исследования была создана структурная лаборатория математических методов исследования процессов литья. Заведующим лаборатории был назначен молодой кандидат технических наук Тарасевич Николай Иванович. В 1999 г. лаборатория была реорганизована в отдел, который сегодня носит название – отдел математических методов исследований и информационно-компьютерных технологий.

Основное направление научной деятельности отдела – математическое и статистическое моделирование процессов структурообразования при переходе сплава из жидкого в твердое состояние и наоборот; моделирование физических и технологических процессов литья и металлургии; компьютерные и информационные технологии.

Указанные направления предполагают:

- разработку теоретических основ и раскрытие механизмов структурообразования при формировании слитков и отливок;
- исследование физико-химических процессов, которые сопровождают формирование слитков и отливок, получаемых по различным технологическим схемам;
- разработку математических и статистических моделей, соответствующих алго-

ритмов и программного обеспечения для исследования тепловых, массообменных и гидродинамических процессов, а также процесса структурообразования слитков и отливок;

– внедрение современных информационно-компьютерных технологий в подразделениях Института.

В первые годы становления лаборатории была оказана большая поддержка со стороны ведущих ученых Института – академика НАН Украины Ефимова В. А.; докторов технических наук Шумихина В. С., Шевченко А. И., Ладохина С. В., Затуловского С. С.; кандидата технических наук Литовки В. И. и др. Совместные работы с ними позволили сотрудникам лаборатории на примерах конкретных технологических процессов создать сопряженные математические модели процессов затвердевания слитков и отливок, которые были использованы для моделирования широкого класса металлургических и литейных технологий.

Вычислительные эксперименты сотрудники лаборатории в то время проводили в Институте металлофизики им. Г. В. Курдюмова и Институте электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины на ЭВМ БЭСМ6 и Минск-32. В конце 80-х годов прошлого столетия благодаря сотрудничеству в рамках совместного Болгаро-Украинского центра в Институте появились компьютеры «Правец». Это было время внедрения нового поколения вычислительной техники – персональных компьютеров. Тогда же Институт приобретает мини-ЭВМ СМ1420, на которой проводились не только инженерные расчеты и вычислительные эксперименты, но и начисление заработной платы сотрудников Института. С появлением персональных компьютеров с процессорами 286 и выше имеющееся в отделе программное обеспечение было конвертировано под эти ПЭВМ, что позволяет их успешно использовать и в настоящее время.

Штат лаборатории пополнялся в основном за счет выпускников механико-математического факультета и факультета кибернетики Киевского государственного университета им. Тараса Шевченко. В те времена количественный состав лаборатории достигал 25 человек. К сожалению, большая часть молодых талантливых специалистов в силу экономической обстановки в стране вынуждена была уйти.

Широкое внедрение персональных компьютеров во всех сферах общественно-политической и научной деятельности, экономики и бизнеса происходило в 80-х – начале 90-х годов. Это относится и к нашему Институту. В этот период специалисты лаборатории на протяжении нескольких лет проводили обучение сотрудников Института компьютерной грамотности. Редакция Института, одна из первых в Национальной академии наук Украины, благодаря усилиям Ярославец З. А., переходила на компьютерный набор и верстку журнала «Процессы литья».

Для планово-финансовой службы Института разрабатывается программный комплекс для персональных компьютеров, позволяющий контролировать расходы как по бюджетной тематике, так и по хозяйственным договорам; разработана программа начисления заработной платы сотрудникам Института в соответствии с действующим законодательством. Этот программный комплекс использовали до централизованного внедрения стандартных пакетов программ для бюджетных организаций.

Время информационных технологий выпало на 90-е годы. Электронная почта – это первая нетрадиционная возможность быстро и надежно передавать информацию различного вида широкого использования (текстовые документы, медиафайлы, программы, архивы и т. д.). Надо отметить, что наш Институт был в пятерке научных учреждений Академии наук, которые одни из первых подключили электронную почту, домен *ptima.kiev.ua* является действующим и успешно используется до настоящего времени.

В это время в институте появляется достаточно большое количество компьютеров, работающих отдельно друг от друга и не имеющих возможность оперативно обмениваться информацией. Существующие локальные сети объединяют в себе небольшое количество компьютеров и работают только над конкретными и узкими задачами. Вся переписка велась через один компьютер. Поэтому в рамках поисковой темы «Создать на базе современных информационных технологий единую локальную общеинститутскую компьютерную сеть» (2004–2005 гг.) выполнены работы по проектированию и созданию локальной компьютерной сети Института,

охватывающей все отделы и службы Института. Созданная единая информационная сеть позволила охватить все подразделения и службы Института в виде пользователей и предоставить им возможность использовать информационные банки данных, созданные в разное время для их обработки; повысить достоверность информации и надежность ее хранения; обеспечить всех пользователей сети индивидуальными адресами электронной почты; обеспечить высокоскоростной, бесперебойный выход в глобальную сеть Internet с любого компьютера ФТИМС НАН Украины. В настоящее время сеть насчитывает 248 пользователей, ежемесячное использование информации из сети Internet составляет около 600–700 ГБ.

Ниже хочется остановиться на некоторых работах, в выполнении которых принимали участие сотрудники отдела.

При моделировании главный вопрос – это достоверность полученных результатов, чем она подкрепляется? Во всех работах, которые проводились и проводятся в отделе, достоверность результатов обусловлена использованием фундаментальных положений механики сплошных сред, современных методов построения математических моделей и компьютерных систем, а также сравнением результатов вычислительных экспериментов с прямыми замерами в лабораторных и промышленных установках.

Одной из первых значительных работ, выполненных в лаборатории, является моделирование процесса центробежного литья многослойных длинномерных отливок под флюсом. Эта работа выполнялась под руководством и непосредственным участии сначала кандидата наук, а в последствии доктора наук, заведующего лаборатории (отдела) центробежного литья Шевченко А.И.

В рамках этой работы были разработаны модели процессов формирования крупных центробежнолитых отливок, которые позволили исследовать объемное изменение температурного поля формы, многослойной отливки и шлака, распределение скоростей вращения жидкого металла и шлака в различные моменты времени, а также напряженного состояния формы и затвердевшей части отливки. Разработанная методика была опробована при отработке технологии получения длинномерных центробежнолитых бронзовых и стальных отливок под флюсом. Были предложены технологические приемы управления затвердеванием металла во вращающейся форме за счет изменения толщины теплоизоляционного слоя и теплоизоляции свободной поверхности отливки флюсом [1, 2], которые обеспечили направленное затвердевание отливки.

Были изучены теплофизические особенности формирования двухслойных длинномерных прокатных валков для стана 5000. Предложены рациональные параметры утепления формы и времени выдержки порций, обеспечивающих высокое качество литых гетерогенных изделий [3].

Обобщая данные проведенных вычислительных экспериментов для чугуновых, стальных и бронзовых центробежнолитых отливок были построены регрессионные модели, связывающие толщину отливки, толщину формы, внутренний радиус отливки и степень теплоизоляции формы с термовременными характеристиками (время снятия теплоты перегрева, время полного затвердевания отливки, максимальной температуры внутренней и наружной поверхностей формы, максимальных радиальных и тангенциальных термонапряжений, возникающих в форме) [4]. Полученные рекомендации были использованы на ПО «Ижтяжбуммаш», Лутугинском заводе прокатных валков и др.

Совместно с отделом литья композиционных материалов под руководством д. т. н. Затуловского С. С. проводились работы для МК «Азовсталь», Ждановского завода им. Ильича по отработке технологии суспензионного литья, в частности, для определения закономерностей теплофизического взаимодействия дисперсного инокулятора с расплавом [5, 6].

Учитывая технологические особенности получения различных типов композиционных материалов, были предложены и реализованы несколько подходов к построению математических моделей для исследования теплофизических процессов формирования литых композиционных материалов различного типа с учетом тех-

нологических особенностей их получения: армированные гранулами (литье и пропитка); слоистые материалы; композиты с макровставками. Было оценено влияние теплофизических и геометрических факторов на термовременные характеристики формирования литых композитов, обеспечивающие заданный комплекс служебных свойств [7, 8].

Используя методы теории случайных функций, разработана методика расчета физико-механических характеристик литых композиционных материалов, предложен алгоритм и создана компьютерная система прогноза свойств композита в зависимости от его типа, массового соотношения компонентов, ориентации волокон либо слоев [9].

Большой комплекс работ связан с изучением особенностей формирования литых штампов с внутренними вставками: установлено влияние начальной температуры вставки и матричного металла на параметры формирования гетерогенной отливки; получены аналитические характеристики, связывающие параметры затвердевания (время достижения заданной температуры, толщину намороженного слоя) с начальной температурой вставки для различных пар материалов; исследовано влияние геометрии вставки и ее расположения (центральная, треугольная, круглая, расщепленная) на качество затвердевшего металла [10]. Апробация полученных результатов проходила на ПО «Ждановтяжмаш».

Работы по крупному слитку выполнялись совместно с отделом литья стали под руководством академика НАН Украины Ефимова В.А. Они были связаны с изучением теплофизических особенностей процессов теплообмена с боковой поверхности затвердевающих слитков и отливок. Используемые математические модели позволили промоделировать условия образования и динамику формирования газового зазора на границе «слиток-форма» в условиях атмосферного и избыточного давления. Установлено влияние внешнего давления, приложенного к жидкому и кристаллизующемуся металлу, на динамику образования газового зазора. Было показано, что для заданной толщины отливки существует величина критического давления, выше которого затвердевание жидкого металла будет происходить в условиях плотного контакта затвердевшей корки со стенкой изложницы [11, 12].

Обобщая данные вычислительного эксперимента для нескольких марок стали, получены аналитические зависимости, связывающие время затвердевания и величину критического давления с геометрическими характеристиками отливки (слитка).

Исходя из теории контактного теплообмена, изучена возможность эффективного управления затвердеванием слитков и отливок за счет внешнего теплоотвода. Установлено, что для заданной геометрии слитка изменение внешнего теплоотвода влияет на скорость затвердевания у теплоотводящей поверхности до определенной толщины твердой корки. После достижения этой толщины изменение интенсивности теплоотвода оказывает локальное действие на тепловое состояние пристеночной области [13].

Были проведены исследования влияния скорости и способа разлива на затвердевание 30-тонного слитка. Установлено, что теплофизика формирования слитков в изложнице определяется скоростью заливки жидкого металла, условиями теплоотвода, а также теплофизическими и геометрическими характеристиками прибыли. Изучена тепловая работа прибыли при формировании крупных кузнечных слитков, получены рекомендации по выбору ее рациональных характеристик [14], которые были опробованы на ПО «Ижорский завод».

Показана эффективность использования принудительного перемешивания жидкого металла для интенсификации теплообменных процессов при затвердевании крупных слитков.

Используя компьютерное моделирование, изучена эффективность управления затвердеванием непрерывного слитка за счет внешнего и внутреннего теплообмена, с помощью которого можно существенно влиять как на тепловое состояние затвердевшей корки, так и на ее прочностные характеристики. Предложен алгоритм оценки оптимальных режимов теплоотвода в зоне вторичного охлаждения, которые исключают повторный разогрев поверхности непрерывнолитой заготовки после выхода из кристаллизатора, что обеспечивает снижение термических напряжений за-

твердевшей оболочки и вероятность условий, способствующих появлению наружных трещин и дефектов [15]. Исследования проводились для условий МК «Азовсталь».

В случае применения энергетических воздействий на поверхности затвердевающего металла исходили из следующих предпосылок. При электронно-лучевом и лазерном нагреве считали заданной поверхностную плотность тепловых источников, которая рассчитывается, исходя из подводимой электрической мощности, площади обрабатываемой поверхности и учитывает потерю энергии на вторичную эмиссию электронов и другие факторы. При электрошлаковом нагреве исходили из объемной плотности энергии, которая распределена по объему шлакового расплава [16] (заводы «Днепроспецсталь» и «Красный Октябрь»).

Методом математического моделирования для различных источников нагрева изучены и экспериментально подтверждены тепловые режимы нагрева твердой заготовки до предплавильных температур. Получены зависимости, позволяющие определить длительность нагрева твердой заготовки до оплавления. Предложен метод расчета основных технологических параметров: интенсивность нагрева, ширина и скорость перемещения зоны при электроннолучевом нагреве твердой заготовки перемещающейся зоной нагрева [17].

Также в лаборатории были проведены ряд исследований по изучению теплофизики формирования горизонтальных гомо- и гетерогенных плоских слитков и эффективности управления их затвердеванием за счет изменения величины теплового потока со свободной поверхности, в том числе за счет применения внешних источников нагрева (электрошлаковый, электроннолучевой, лазерный, плазменный и др.) [18]. Подобные технологии были реализованы на заводе им. Ильича и «Ждановтяжмаш».

Изучены особенности кинетики затвердевания плоских слитков. Установлено влияние теплофизических и технологических факторов на тепловое состояние и процессы их формирования. Анализ параметров затвердевания позволяет прогнозировать структурные зоны плоского слитка [19, 20].

Совместно отделом высокопрочных и специальных сплавов (заведующий отделом доктор технических наук Бубликов В. Б.) были проведены исследования процесса взаимодействия ферросплава с жидким чугуном. Получены аналитические зависимости для оценки времени начала активного взаимодействия жидкого чугуна с модификаторами и их полного расплавления при различной гидродинамике жидкого расплава. Результаты исследований показали, что существует предельное значение массового соотношения модификатор–жидкий чугун, обеспечивающее его полное усвоение, причем эта величина не зависит от размера частиц модификатора, а определяется начальной температурой жидкого чугуна [21].

В последние годы совместно с доктором технических наук Ноговицыным А.В. на базе компьютерного моделирования проделан большой объем работ по выбору оптимальных условий получения тонкой полосы из среднелегированной и нержавеющей стали в валковом водоохлаждаемом кристаллизаторе при изменении геометрических характеристик оборудования (толщина бандажа, материал бандажа и др.), а также интенсивности теплоотвода на границе металл-валок [22] и разработана методика выбора рациональных параметров.

Среди работ, связанных с прогнозированием структурообразования слитков и отливок можно выделить следующие.

В результате анализа изменения параметров затвердевания (локальная скорость охлаждения и затвердевания на фронте кристаллизации, температурный напор, время пребывания в зоне двухфазного состояния, кинетика затвердевания и др.) и сопоставления их с результатами металлографических исследований предложены критерии, по которым можно оценить протяженность структурных зон в затвердевающем слитке либо отливке [23].

В середине 90-х годов прошлого столетия Государственный комитет Украины по вопросам науки и технологии объявил программу «Компьютерное материаловедение и информатизация создания новых соединений и материалов». Сотрудники лабора-

тории в рамках этой программы выполнили проект «Компьютерное проектирование свойств литейных материалов и сплавов». В результате выполнения проекта были созданы две компьютерные системы.

Создание этих систем предполагало разработку структуры базы данных и базы знаний, которые могут быть использованы для создания статистических моделей, связывающих параметры структуры с химическим составом и технологическими характеристиками, а также рядом свойств металлоизделий. Указанные базы открыты для их пополнения и координации.

Совместно с кандидатом технических наук, заведующим лабораторией Литовой В. И. была разработана компьютерная система «Высокопрочные чугуны». В основу системы положены регрессионные модели, полученные при обработке массивов экспериментальных данных предприятий Украины и стран СНГ (базы данных), которые связаны с производством высокопрочного чугуна с шаровидным графитом в литом и термообработанном состоянии. Система позволяет: по заданному химическому составу магнийсодержащих комплексных модификаторов на основе кремния и железа определять значения параметров структуры и механические свойства чугуна с шаровидным графитом (степень сфероидизации графита, количество включений графита, количество цементита в структуре, предел прочности на растяжение, относительное удлинение, твердость); по заданному набору свойств получить прогноз оптимизированного химического состава чугуна и вид его термической обработки, определить состав магнийсодержащих модификаторов, которые обеспечивают заданный комплекс свойств или параметров структуры; получать зависимости указанных свойств от содержания в чугуне основных легирующих элементов и от скорости кристаллизации металла в отливках [24, 25].

Совместно с доктором технических наук, заведующим отделом Кондратюком С. Е. создана компьютерная система «Конструкционные стали». В ее основу положены регрессионные модели, полученные при обработке экспериментальных данных ФТИМС НАН Украины и литературных источников за последние 50 лет по свойствам сложнолегированных литых (более 200 наблюдений) и деформированных (более 400 наблюдений) сталей [26].

С учетом влияния химического состава, условий затвердевания и термокинетических параметров термической обработки были установлены закономерности формирования структуры и свойств конструкционных сталей. Система позволяет: по заданному химическому составу определять значения механических свойств стали (предел прочности на растяжение, предел текучести, относительное удлинение, ударную вязкость, верхнюю и нижнюю критические точки, ширину межкритического интервала температур); получать в графическом виде зависимости этих свойств от содержания конкретного элемента химического состава или температуры; по заданным свойствам получать прогноз оптимизированного химического состава стали; по заданному химическому составу и свойствам определять условия термообработки.

В ближайшие годы усилия сотрудников в соответствии с направлением деятельности отдела будут сосредоточены на продолжении работ, связанных с повышением качества слитков и отливок, оптимизацией технологических процессов, связанных с приготовлением и разливкой специальных и высокопрочных чугунов, сталей, цветных сплавов и получением из них металлоизделий для машиностроения, строительства и техники специального назначения.

Список литературы

1. Тарасевич Н. И., Шелковникова Л. П., Корниец И. В. Исследование процессов формирования крупногабаритных центробежнолитых отливок. – Киев, ИПЛ АН УССР, препринт. 1988. – 43 с.
2. Шевченко А. И., Тарасевич, Н. И., Корниец И. В., Кутузов В. П., Шелковникова Л. П. Математическая модель центробежного литья крупных длинномерных отливок / Краевые задачи. – ППИ, Пермь, 1987. – С. 73–81.
3. Тарасевич Н. И., Кутузов В. П., Диденко В. К., Корниец И. В. Исследование процесса за-

- твердения двухслойных прокатных валков для стана 5000 // Новое в механизации черной металлургии. – Днепропетровск: НПО «Черметмеханизация», 1988. – С. 5–10.
4. *Тарасевич Н. И., Шелковникова Л. П., Корниец И. В.* Численное моделирование особенностей формирования центробежнолитых крупногабаритных заготовок // Процессы литья. – 1992. – № 4. – С. 35–42.
 5. *Затуловский С. С., Демченко В. Ф., Тарасевич Н. И., Юдович А. А.* Исследование влияния технологических параметров и дисперсных инокуляторов на затвердевание непрерывной сортовой отливки методом математического моделирования // Непрерывное литье. – № 7. – М.: Металлургия, 1981. – С. 5–9.
 6. *Тарасевич Н. И., Корниец И. В., Мартынюк В. В.* Некоторые теплофизические исследования формирования литой дроби // Процессы литья. – 1993. – № 3. – С. 20–26.
 7. *Тарасевич Н. И., Корниец И. В.* Математическое моделирование процессов формирования литых композитов, армированных гранулами // Проблемы кристаллизации сплавов и компьютерное моделирование. – Ижевск: УдГУ, 1990. – С. 35–38.
 8. *Тарасевич Н. И., Корниец И. В., Затуловский А. С.* Моделирование процесса формирования литых композиционных материалов // Процессы литья. – 1995. – № 4. – С. 40–49.
 9. *Корниец И. В.* Система компьютерного прогнозирования литых композиционных материалов // Процессы литья. – 1997. – № 4. – С. 64–69.
 10. *Тарасевич Н. И., Корниец И. В.* Численное моделирование затвердевания ограниченного объема жидкого металла с массивным внутренним холодильником при учете внешнего воздействия на свободной поверхности // Численные методы механики сплошной среды. – КГУ: Красноярск, 1989. – С. 21–30.
 11. *Тарасевич Н. И., Корниец И. В., Шелковникова Л. П.* Моделирование процессов формирования крупных плоских слитков // Известия ВУЗов. Черная металлургия. – 1991. – № 12. – С. 56–58.
 12. *Тарасевич Н. И.* Влияние давления на формирование газового зазора при затвердевании стальной отливки // Процессы литья. – 1997. – № 1. – С. 23–31.
 13. *Тарасевич Н. И., Ефимов В. А., Корниец И. В.* К вопросу управления процессом затвердевания слитка путем регулирования интенсивности внешнего теплоотвода // Процессы литья. – 1994. – № 4. – С. 3–10.
 14. *Тарасевич Н. И., Корниец И. В., Осипов В. П., Дубровин Э. Ю.* Некоторые теплофизические особенности затвердевания листовых слитков // Процессы литья. – 1992. – № 1. – С. 38–44.
 15. *Тарасевич Н. И., Корниец И. В., Тарасевич И. Н.* Выбор оптимальных условий теплоотвода с боковой поверхности непрерывнолитой заготовки в зоне вторичного охлаждения // Металл и литье Украины. – 2014. – № 10. – С. 8–12.
 16. *Перелом В. А., Тарасевич Н. И., Ликер Р. А.* Исследование тепловых процессов при лазерной обработке железоуглеродистых сплавов // Процессы литья. – 1995. – № 2. – С. 38–48.
 17. *Тарасевич Н. И., Ладохин С. В., Лапшук Т. В.* Оценка параметров электроннолучевой плавки алюминиевого сплава в гарнисажном тигле // Проблемы специальной электрометаллургии. – К.: ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины, 1989. – № 3. – С. 68–70.
 18. *Тарасевич Н. И., Медовар Л. Б., Корниец И. В.* Влияние интенсивности теплоотвода на скорости затвердевания горизонтальных бесприбыльных слитков // Физико-химические основы металлургических процессов. – Москва, 1991. – С. 56–57.
 19. *Borisov A. G., Tarasevich N. I., Korniets I. V., Semenchenko A. I.* Predicting Type of Morphology of Primary Phase in a Thin-Walled Metal Mould // The Physics of Metals and Metallography – Pleiades Publishing, Ltd. – 2013. – Vol. 114. – No. 3. – pp. 242–245.
 20. *Тарасевич М. И., Корнієць І. В.* Прогнозування структурних зон виливка на базі теплофізичних досліджень // Металознавство та обробка металів. – 1996. – № 4. – С. 61–63.
 21. *Тарасевич Н. И., Бубликов В. Б., Корниец И. В., Суменкова В. В.* Теплофизика взаимодействия модификаторов с жидким чугуном // Процессы литья. – 2007. – № 6. – С. 39–46.
 22. *Naidek V.L., Tarasevich N.I., Korniets I.V., Tarasevich I.N.* Computer modelling for thin strip twin-roll casting // Steel in Translation. – Vol. 47. – No. 7. – pp. 497–503.
 23. *Корниец И. В., Тарасевич И. Н., Стась И. Н., Рыбицкий А. И.* Влияние термовременных параметров кристаллизации на структурообразование углеродистых сталей // Литейное производство: технологии, материалы, оборудование, экономика и экология. – Киев, 2012. – С. 164–165.
 24. *Тарасевич Н. И., Литовка В. И., Токарева О. О.* Прогнозирование структуры и свойств чугуна с шаровидным графитом // Прогрессивные технологии, автоматизация и применение ЭВМ в литейном производстве. – М.: 1987. – С. 41–44.

25. Литовка В. И., Тарасевич Н. И. Компьютерный банк по высокопрочным чугунам с шаровидным графитом // Компьютерное материаловедение и информатизация создания новых веществ и материалов. – Киев: ИЭС им. Е.О.Патона. – 1995. – С. 41–42.
26. Тарасевич Н. И., Кондратюк С. Е., Касаткин О. Г. Прогнозирование механических свойств стальных отливок в связи с изменением тепловых параметров затвердевания // Процессы литья. – 1998. – № 4. – С. 53–58.

Поступила 23.10.2018

References

1. Tarasevich, N. I., Shelkovnikova, L. P., Korniets, I. V. (1988) Study of the formation of large-sized centrifugal castings. Kiev, IPL AN USSR, preprint, 43 s. [in Russian].
2. Shevchenko, A. I., Tarasevich, N. I., Korniets, I. V., Kutuzov, V. P., Shelkovnikova, L. P. (1987) Mathematical model of centrifugal casting of large long castings Kraevyie zadachi. PPI, Perm, pp. 73–81 [in Russian].
3. Tarasevich, N. I., Kutuzov, V. P., Didenko, V. K., Korniets, I. V. (1988) Study of process of solidification of double-layer mill rolls for mill 5000. Novoe v mehanizatsii chernoy metallurgii. Dnepropetrovsk, NPO «Chermetmehanizatsiya», pp. 5–10 [in Russian].
4. Tarasevich, N. I., Shelkovnikova, L. P., Korniets, I. V. (1992) Numerical modeling of the formation of centrifugally cast large-sized castings. Protsessy litya, no. 4, pp. 35–42 [in Russian].
5. Zatulovskiy, S. S., Demchenko, V. F., Tarasevich, N. I., Yudovich, A. A. (1981) Study of the influence of technological parameters and dispersed inoculators on the solidification of continuous varietal casting by the method of mathematical modeling. Nepreryivnoe lite. M.: Metallurgiya, no. 7, pp. 5–9. [in Russian].
6. Tarasevich, N. I., Korniets, I. V., Martyinyuk, V. V. (1993) Some thermophysical studies of the formation of cast shot. Protsessy litya, no. 3, pp. 20–26 [in Russian].
7. Tarasevich, N. I., Korniets, I. V. (1990) Mathematical modeling of the formation of cast composites reinforced with granules. Problemy kristallizatsii splavov i kompyuternoe modelirovanie. Izhevsk: UdGU, pp. 35–38. [in Russian].
8. Tarasevich, N. I., Korniets, I. V., Zatulovskiy, A. S. (1995) Mathematical modeling of the formation of cast composites reinforced with granules. Protsessy litya, no. 4, pp. 40–49 [in Russian].
9. Korniets, I. V. (1997) Computer Prediction System for Cast Composite Materials. Protsessy litya, no. 4, pp. 64–69 [in Russian].
10. Tarasevich, N. I., Korniets, I. V. (1989) Numerical simulation of solidification of a limited volume of liquid metal with a massive internal cooler, taking into account external effects on the free surface. Chislennyye metody mehaniki sploshnoy sredy. KGU: Krasnoyarsk, pp. 21–30 [in Russian].
11. Tarasevich, N. I., Korniets, I. V., Shelkovnikova, L. P. (1991) Modeling of the formation of large flat ingots. Izvestiya VUZov. Chernaya metallurgiya, no. 12, pp. 56–58 [in Russian].
12. Tarasevich, N. I. (1997) The effect of pressure on the formation of a gas gap during solidification of steel castings. Protsessy litya, no. 1, pp. 23–31. [in Russian].
13. Tarasevich, N. I., Efimov, V. A., Korniets, I. V. (1994) To the question of controlling the process of solidification of the ingot by regulating the intensity of the external heat removal. Protsessy litya, no. 4, pp. 3–10 [in Russian].
14. Tarasevich, N. I., Korniets, I. V., Osipov, V. P., Dubrovin, E. Yu. (1992) Some thermophysical features of solidification of sheet ingots. Protsessy litya, no. 1, pp. 38–44. [in Russian].
15. Tarasevich, N. I., Korniets, I. V., Tarasevich, I. N. (2014) Selection of optimal heat removal conditions from the side surface of a continuously cast billet in the secondary cooling zone. Metall i lite Ukrainy, no. 10, pp. 8–12 [in Russian].
16. Pereloma, V. A., Tarasevich, N. I., Liker, R. A. (1995) Investigation of thermal processes in the laser processing of iron-carbon alloys. Protsessy litya, no. 2, pp. 38–48 [in Russian].
17. Tarasevich, N. I., Ladovin, S. V., Lapshuk, T. V. (1989) Estimation of parameters of electron-beam melting of aluminum alloy in a skull crucible. Problemy spetsialnoy elektrometallurgii, no. 3, pp. 68–70. [in Russian].
18. Tarasevich, N. I., Medovar, L. B., Korniets, I. V. (1991) The effect of heat removal intensity on the solidification rate of horizontal non-casting heat ingots. Fiziko-himicheskie osnovy metallurgicheskikh protsessov. Moscow, pp. 56–57. [in Russian].
19. Borisov, A. G., Tarasevich, N. I., Korniets, I. V., Semenchenko, A. I. (2013) Predicting Type of Mor-

- phology of Primary Phase in a Thin-Walled Metal Mould. The Physics of Metals and Metallography – Pleiades Publishing, Ltd. Vol. 114, no. 3, pp. 242–245 [in Russian].
20. Tarasevich, M.I., Korniets, I.V. (1996) Forecasting of structural zones of casting on the basis of thermophysical research. Metaloznavstvo ta obrobka metallu, no. 4, pp.61–63 [in Ukrainian].
 21. Tarasevich, N.I., Bublikov, V.B., Korniets, I.V., Sumenkova, V.V. (2007) Thermophysics of interaction of modifiers with liquid iron. Protsessy litya, no.6, pp. 39–46. [in Russian].
 22. Naidek, V.L., Tarasevich, N.I., Korniets, I.V., Tarasevich, I.N. Computer modelling for thin strip twin-roll casting. Steel in Translation, Vol. 47, no. 7, pp. 497–503. [in English].
 23. Korniets, I.V., Tarasevich, I.N., Stas, I.N., Rybitskiy, A.I. (2012) Influence of thermo-temporal parameters of crystallization on the structure formation of carbon steels. Liteynoe proizvodstvo: tehnologii, materialy, oborudovanie, ekonomika i ekologiya. Kiev, pp.164–165. [in Russian].
 24. Tarasevich, N.I., Litovka, V.I., Tokareva, O.O. (1987) Prediction of the structure and properties of ductile cast iron. Progressivnyie tehnologii, avtomatizatsiya i primenenie EVM v liteynom proizvodstve, pp. 41–44. [in Russian].
 25. Litovka, V.I., Tarasevich, N.I. (1995) Computer bank for high-strength ductile cast iron. Kompyuternoe materialovedenie i informatizatsiya sozdaniya novyih veschestv i materialov, pp. 41–42. [in Russian].
 26. Tarasevich, N.I., Kondratyuk, S.E., Kasatkin, O.G. (1998) Prediction of the mechanical properties of steel castings due to changes in the thermal parameters of solidification. Protsessy litya, no. 4, pp. 53–58. [in Russian].

Received 23.10.2018

М. І. Тарасевич, д-р техн. наук, ст. наук. співр., зав. відділу,
e-mail: nit@ptima.kiev.ua

І. В. Корнієць, канд. техн. наук, ст. наук. співр., заст. зав. відділу,
e-mail: ivk@ptima.kiev.ua

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ

ВІДДІЛ МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ – 35 РОКІВ У СКЛАДІ ФТІМС НАН УКРАЇНИ

Представлено історичний огляд робіт, що виконані відділом математичних методів дослідження та інформаційно-комп'ютерних технологій, у відповідності до його наукового напрямку в області математичного і комп'ютерного моделювання фізичних і технологічних процесів лиття та металургії, а також інформаційних технологій.

Ключові слова: математичне моделювання, теплофізика, масообмін, зливки, виливки, кристалізація, інформаційні технології.

N. I. Tarasevich, Doctor of Engineering Sciences, Senior Researcher, Head of Department, e-mail: nit@ptima.kiev.ua

I. V. Korniets, Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher, Deputy Head of Department, e-mail: ivk@ptima.kiev.ua

Physico-technological Institute of Metals and Alloys NAS of Ukraine, Kyiv

Department of mathematical methods of research and informational and computer technologies is part of PTIMA NAS of Ukraine during 35 years

The historical survey of works executed by the Department of mathematical methods of research and informational and computer technologies in accordance with its scientific direction in the branch of mathematical and computer simulation of physical and technological processes of foundry and metallurgy so as in the information technologies is presented.

Keywords: mathematical simulation, thermal physics, mass transfer, ingot, casting, solidification, information technologies.