

# Вакуум - процесс Железнодорожные отливки



Ж.Д. отливки Промлит на GIFA-07



Ж.Д. отливки  
Tianrui, Китай

## Линии HWS-Sinto по V-процессу

- Tianrui, Китай
- Nissha Wasino, Япония
- Промлит, г. Чебоксары
- ВКМ-Сталь, г. Саранск
- Сумской Центролит, Украина
- Востокмашзавод, Казахстан
- Тихвинский Вагоностроительный



Ж.Д. отливки  
Nissha Wasino,  
Япония



# Мы ценим Ваше время

Предлагая полный спектр инновационной продукции для литейного производства, Компания Ashland предоставляет комплексные решения, позволяющие литейным предприятиям улучшить свою производительность, в том числе венты ISOVENTS.

Венты ISOVENTS, имеющие уникальную конструкцию с перфорированными отверстиями, характеризуются большой открытой площадью и низкой склонностью к засорению песком по сравнению с аналогичными прорезными или сетчатыми вентами. Венты выпускаются в широком диапазоне размеров: диаметр от 6 до 20 мм, высота от 8 до 10 мм и диаметр отверстия от 0,3 до 0,6 мм. Венты ISOVENTS с высотой 10 мм изготовлены полностью из нержавеющей стали и предназначены для Coldbox процесса с продувкой SO<sub>2</sub> и ПГС, где требуется очень высокая коррозионная стойкость вент по сравнению с обычными латунными вентами.

Венты ISOVENTS - это только одна из сторон обширной деятельности компании Ashland в области предоставления материалов и услуг, направленных на достижение максимального эффекта в использовании Coldbox-процесса.



## ASHLAND®



Охрана окружающей среды • Профессиональное мастерство • Инновационные решения • Единая команда

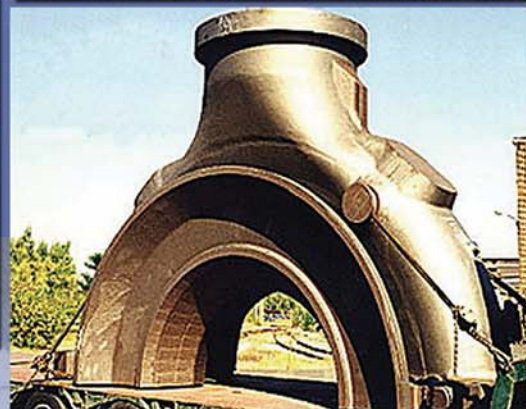
Ashland Casting Solutions, Россия, 197101, Санкт-Петербург, ул. Чапаева, 15 тел. +7 812 332 56 04, факс +7 812 332 56 05

© 2008, Ashland \*Зарегистрированный товарный знак, Ashland AD-9750

\* Марка и логотип Responsible Care являются зарегистрированными товарными знаками Американского Химического Совета (США) и различных организаций в других странах.



# ОБОРУДОВАНИЕ ИЗ ГЕРМАНИИ



ЛУЧШИЕ СИСТЕМЫ No-bake (ХТС)

## Know-How from Germany

- Смесители непрерывного действия (No-bake-процесс: фуран, альфа-сет) фирмы FAT
- Автоматические литейные линии FAT для производства отливок в формах из ХТС
- Системы регенерации, выбивки и дробления, различные охладители песка
- Линии заливки и охлаждения. Участки окраски, кантования и сборки сухих форм
- Системы пневмотранспорта смеси. Установки пылеудаления
- Транспортные системы форм ХТС и др.

Фирма FAT (Германия) в России и СНГ

Тел.: +7(499) 904-3544, 907-5290; факс: (499) 907-2150  
e-mail: fat@nl.ru; www.f-a-t.de





# ЛУКС

НА РЫНКЕ ЛИТЕЙНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ С 1931 ГОДА



КРУПНЕЙШИЙ В СКАНДИНАВИИ И БАЛТИИ ПОСТАВЩИК ЛИТЕЙНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ТЕХНОЛОГИЙ КОНЦЕРН LUX ПРЕДСТАВЛЯЕТ НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ:



**СВЯЗУЮЩИЕ ДЛЯ СВЕЖЕГО ПЕСКА И РЕГЕНЕРАТА ALPHASET и BETASET-процессов** новейшего поколения лидирующего в Европе производителя и создателя процессов концерна HEXION (в прошлом BORDEN).



**НАБИВНЫЕ ФУТЕРОВОЧНЫЕ МАССЫ ДЛЯ ИНДУКЦИОННЫХ ПЕЧЕЙ И КОВШЕЙ**  
Безупречное качество и стойкость известной английской фирмы CAPITAL REFRACTORIES.



**ПРОТИВОПРИГАРНЫЕ ПОКРЫТИЯ** английской фирмы JAMES DURRANS с более чем 150-летним опытом производства цирконовых, магнетитовых, графитовых покрытий на водной, спиртовой и порошковой основе, а также специальных покрытий для кокиля и желобов.



**ЭКЗОТЕРМИЧЕСКИЕ, ИЗОЛИРУЮЩИЕ ПРИБЫЛИ, КРЫШКИ И ЭКЗОТЕРМИЧЕСКАЯ ПРИСЫПКА** английского производителя INTERMET.



**ИЗОЛИРУЮЩИЕ И ЭКЗОТЕРМИЧЕСКИЕ МАТЫ ДЛЯ ПЕСЧАНЫХ ФОРМ И МЕТАЛЛИЧЕСКОГО КОКИЛЯ** немецкой фирмы DWL-WOLF. Возможность использования сегментов для моделирования различных размеров и форм оболочек прибылей.



**ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННАЯ УГОЛЬНАЯ ДОБАВКА**, разработанная концерном S&B специально для улучшения свойств песчано-глинистой смеси, небольшая добавка которой значительно уменьшает влажность смеси, улучшает её пластичность и качество поверхности отливки.

**RESAU** GmbH  
Chemische Produkte

**ЛАК ДЛЯ ДЕРЕВЯННЫХ МОДЕЛЕЙ, СТЕРЖНЕВЫХ ЯЩИКОВ И РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫЙ СОСТАВ** немецкой фирмы RESAU.

**ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ALPHASET- ФОРМОВКИ, РЕГЕНЕРАЦИИ И ПНЕВМОДОСТАВКИ.**

Эффективные технические решения для наилучшего конечного результата, исключение необоснованных затрат. Многолетний опыт технической модернизации литейных предприятий Скандинавии, Западной Европы, Балтии и России.

Дополнительно предлагаем **КЛЕЙ И УПЛОТНИТЕЛЬНЫЙ ШНУР ДЛЯ СТЕРЖНЕЙ И ФОРМ, МИКАНИТ И МОДИФИКАТОРЫ ДЛЯ ВЫСОКОПРОЧНОГО И СЕРОГО ЧУГУНОВ**





ОГНЕУПОРНЫЕ КРАСКИ  
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

ЭКЗОТЕРМИЧЕСКИЕ ВСТАВКИ  
ФУТЕРОВКА ДЛЯ КОВШЕЙ

ФИЛЬТРАЦИЯ  
СВЯЗУЮЩИЕ

## Жизнь полна сюрпризов ФОСЕКО поможет Вам с ними справиться

### Экскаватор не может обойтись без самого необходимого.

Успех литейного дела также зависит от самого необходимого – качественных расходных материалов, таких как материалы для металлургической обработки и технологии управления процессами. Оптимальный выбор и правильное использование позволяет значительно повысить рентабельность и качество литья.

Являясь экспертами в области литейных процессов, мы окажем Вам помощь в оптимизации качества литья, используя широкий ассортимент нашей продукции для металлообработки и ультрасовременные технологии применения. Обширный перечень инновационных продуктов и услуг компании Фосеко охватывает все области и процессы литейного производства.

Если Вы хотите повысить механические свойства литья, улучшить воспроизводимость результатов, уменьшить выделение вредных веществ, сократить количество отходов или улучшить контроль технологических процессов - Вы можете рассчитывать на ФОСЕКО.

INOCULIN  
MSI  
COVERAL  
FDU  
MTS 1500



За более подробной информацией обращайтесь в ФОСЕКО.

Тел: (495) 221 25 11 или 221 25 12

Факс: (495) 787-61-14

Email: [info.rus@foseco.com](mailto:info.rus@foseco.com)



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЛИТЕЙНЫХ  
МАШИН И ПРИБОРОВ ЗЕМЕЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ

# ЛИТМАШПРИБОР

399370, г.Усмань, Липецкая обл., ул. Исполатова, д. 1  
тел./факс: (47472) 2-27-84, 2-25-40  
e-mail: uzlo@usman.lipetsk.ru www.uzlo.ru

## ОДНОШНЕКОВЫЙ СМЕСИТЕЛЬ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ МОД. С110



### В комплект смесителя мод. С110 входят:

- система затворов-дозаторов песка;
- одношнековый агрегат с приводом для перемешивания кварцевого песка с жидким связующим и катализатором;
- шкаф управления работой смесителя;
- пульт управления.

В состав системы затворов-дозаторов входят 4 затвора, позволяющих работать смесителю по различным программам.

Конструкцией смесителя предусмотрена возможность извлечения шнека смесителя для его очистки. Перемешивающие лопасти смесителя оснащены твердосплавной наплавкой.

В нижней части шкафа управления установлено 4 насоса: один для подачи смолы, два насоса для отвердителей (быстрого и медленного) и один насос для воды.

С пульта управления формовщик может менять отвердитель (быстрый либо медленный), выбирать одну из 3-х рабочих программ, записанных со шкафа управления.

### Технические характеристики

Тип установки	смеситель непрерывного действия
Производительность, т/час	5-10
Мощность двигателя шнека, кВт	4
Количество насосов, шт.	4
Мощность двигателя насоса, кВт	~ 0,43
Угол поворота рукава, град.	270
Размеры шкафа управления, мм	1725 x 860 x 450
Число оборотов шнека, об./мин	720
Масса, кг	650

### Преимущества нашего смесителя перед импортным

#### ◆ Возможность установки 4-х программ:

- 1-я - 5 т/час
- 2-я - 6,25 т/час
- 3-я - 7,8 т/час
- 4-я - 9,4 т/час

#### ◆ Наличие запасных частей на складе производителя (Россия)

#### ◆ Своя сервисная служба:

- технические консультации;
- шеф-монтаж;
- пуско-наладочные работы;
- гарантийные и постгарантийные работы.



# TECHNOLUX

## ООО «TECHNOLUX»

Мы предлагаем работы по проектированию современных литейных цехов, подбору необходимого оборудования и материалов. Отдел квалифицированных инженеров всегда проведет необходимые консультации, ответит на интересующие вас вопросы, выполнит пусконаладочные работы. Используя, наш многолетний опыт работы мы уделяем особое внимание экологии поставляемых материалов, которые протестированы и имеют необходимые санитарно - эпидемиологические заключения.

ООО «TECHNOLUX», представляет таких известных производителей литейного оборудования, как: VULCAN, INDUCTOTHERM, FRITZ HANSBERG, ZIMMERMANN, VETTER.

ООО «TECHNOLUX», представляет таких известных производителей литейных материалов, как: F.lli Mazzon S.p.A, Allied Mineral Products.

### ОБОРУДОВАНИЕ:

- Смесители
- Вибростолы
- Вибрационные выбивные решетки
- Системы подачи песка
- Системы термической регенерации
- Системы пылеудаления
- Оборудование для нанесения покрытий
- Миксеры для приготовления покрытий
- Сушила для песка
- Кантователи
- Манипуляторы
- Линии
- Пистолеты для нанесения покрытий
- Индукционные печи

### МАТЕРИАЛЫ:

- Связующие для Alfasset-процесса, COLD – BOX – АМИН процесс,
- Фурановые смолы
- Отвердители
- Покрытия
- Футеровочные массы для печей
- Изоляционные материалы для индукционных печей
- Изотермические прибыли
- Фильтры для стали
- Разделительные смазки
- Лаки для моделей
- Экзотермические Оболочки и порошки



ООО «ТЕХНОЛЮКС»  
190013 Санкт-Петербург, а/я 227  
Тел. (812) 336-44-50  
Факс (812) 336-44-51  
info@technolux-spb.ru  
www.technolux-spb.ru



# РЭЛТЕК

ГРУППА КОМПАНИЙ

Индукционные  
нагревательные  
установки



Индукционные  
плавильные  
установки



Ультразвуковое  
оборудование



ВАША ТЕХНОЛОГИЯ  
ИНДИВИДУАЛЬНА



Мы идентифицируем  
Ваше оборудование и  
найдем подход к каждому

620078, Россия, Екатеринбург, ул. Студенческая, 51  
Тел.: (343) 379-43-50(многоканальный),  
факс: (343) 374-34-63  
e-mail: [reltec@reltec.biz](mailto:reltec@reltec.biz)  
<http://www.reltec.biz>





*24 октября организована встреча выпускников-литейщиков Владимирского государственного университета, посвященная 50-летию ВУЗа и 45-летию подготовки специалистов-литейщиков. На встречу приехали более 120 выпускников из Владимирской области и других городов России.*

*В приветственных выступлениях ректора ВлГУ Морозова В.В., заведующего кафедрой профессора Кечина В.А., президента Российской ассоциации литейщиков профессора Диброва И.А. дана высокая оценка работе кафедры «Литейные процессы и конструкционные материалы» по подготовке специалистов. Ведущим специалистам области за личный вклад в развитие литейного производства России и подготовку высококвалифицированных специалистов вручены дипломы РАЛ, грамоты мэрии города и ВУЗа.*



 OMEGA

 **FOUNDRY CLUB**  
клуб литейщиков

## Содержание

- 12 **Ерхард Н., Трейси Б., Чикунов А.В.** Свойства сплавов, применяющихся для литья под высоким давлением, и сравнение технологий ЛПВД с горячей и холодной камерой прессования
- 17 **Рейхер А., Бархударов М., Вольнов И.** Компьютерное моделирование как инструмент управления микропористостью в отливках, сокращения цикла проектирования и доводки пресс-форм литья под давлением
- 19 **Коротченко А.Ю., Коротченко И.А., Зарубин А.М.** Моделирование течения расплава в камере прессования при литье под давлением
- 22 **Воронин Ю.Ф.** Методология снижения брака отливок
- 28 **Линчевский Б.В., Зайцев В.М., Маслов Д.Г.** Сравнение показателей работы дуговой печи переменного и постоянного тока на ОАО «Тяжпрессмаш»
- 30 **Дубровин В.К.** Влияние алюмосиликатных формовочных материалов и условий заливки на качество отливок из жаропрочных никелевых сплавов
- 34 **Миляев В.М., Филиппенков А.А., Турлаев В.В., Унесихин В.Ф., Гуцин В.А., Деменьшин М.И., Троп Л.А.** Качество контроля формовочных материалов и смесей – залог бездефектности отливок
- 37 **Никитин Н.И., Ли П.Ц., Кандалова Е.Г.** Эффект наследственности структуры и механических свойств в сплаве AZ91D 12
- Информация**
- 39 **Никитин В.И.** Информация о результатах 7-го международного симпозиума «Наследственность в литейных процессах»
- 40 **Гарин Анатолий Дмитриевич** (к 70-летию со дня рождения)
- 40 **Карпов Юрий Иосифович** (к 70-летию со дня рождения)
- 41 **Орленко Всеволод Николаевич** (к 70-летию со дня рождения)
- 42 **О проведении IX съезда литейщиков России и выставки «Литье 2009»**
- 46 **Алфавитный указатель статей**, опубликованных в журнале «Литейщик России» в 2008 г.

### Адрес редакции:

123557 Россия, Москва, Пресненский вал, 14.  
Тел./факс: (495) 253-5091 Тел./факс: (495) 253-7195  
E-mail: foundryral@mtu-net.ru; foundryral@mail.ru, www.ruscastings.ru

Журнал включен в перечень журналов ВАК  
Журнал зарегистрирован в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций, рег. номер ПИ № 77-12196  
Подписные индексы: **81628** – в каталоге Агентства «Роспечать»;  
**44156** – в объединенном каталоге «Пресса России».  
**Цена 400 руб.** Формат 60x90/8. Тираж 1000 экз.

## Редакционно-издательский совет журнала «ЛИТЕЙЩИК РОССИИ»

- Абрамов Владимир Иванович** – директор литейного производства ОАО «Камский литейный завод»
- Александров Николай Никитович** – Заслуженный деятель науки и техники РСФСР, заведующий отделом ФНЦ РФ «ЦНИИТМАШ», доктор технических наук, профессор
- Байков Хакимжан Хамазанович** – главный металлург ФГУП «ПО Уралвагонзавод»
- Белов Владимир Дмитриевич** – заведующий кафедрой «Технологии литейных процессов» Московского государственного института стали и сплавов, доктор технических наук, профессор
- Волкомич Анатолий Александрович** – генеральный директор ЗАО «Литаформ», кандидат технических наук, профессор, член исполкома РАЛ, председатель комитета РАЛ, заслуженный металлург РФ
- Гаврилова Татьяна Петровна** – заместитель главного редактора журнала «Литейщик России»
- Грачев Владимир Александрович** – член-корреспондент Российской Академии наук, доктор технических наук, профессор
- Грищенко Юрий Александрович** – Заслуженный изобретатель РФ, Вице-президент Российской ассоциации литейщиков, кандидат технических наук
- Дибров Иван Андреевич** – Президент Российской ассоциации литейщиков, главный редактор журнала «Литейщик России», доктор технических наук, профессор, заслуженный металлург РФ, заместитель генерального директора ОАО «НИИЛИТМАШ»
- Дудниченко Владимир Борисович** – генеральный директор ОАО «НИИЛИТМАШ», кандидат технических наук
- Жуковский Сергей Семенович** – главный технолог СП «Уралхимпласт-Кавенаги», доктор технических наук, профессор, председатель комитета РАЛ
- Иванов Александр Александрович** – заведующий кафедрой «Литейное производство» Красноярской государственной академии цветных металлов и золота», кандидат технических наук, профессор
- Иоффе Михаил Александрович** – заведующий кафедрой «Металлургия и литейное производство» Северо-Западного государственного заочного технического университета, доктор технических наук, профессор
- Кечин Владимир Андреевич** – Заслуженный деятель науки и техники РФ, заведующий кафедрой Владимирского государственного университета, доктор технических наук, профессор, член исполкома РАЛ, председатель комитета РАЛ
- Косников Геннадий Александрович** – заведующий кафедрой Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель высшей школы РФ, член исполкома РАЛ
- Крохотин Владимир Леонидович** – генеральный директор ООО «Индуктор», член исполкома РАЛ
- Колпаков Алексей Александрович** – главный металлург ОАО «Горьковский автомобильный завод», кандидат технических наук
- Кукуй Давид Михайлович** – председатель Белорусской ассоциации литейщиков и металлургов, заведующий кафедрой Белорусской государственной политехнической академии, доктор технических наук, профессор
- Кулаков Борис Алексеевич** – заведующий кафедрой Челябинского государственного технического университета, доктор технических наук, профессор
- Кураков Юрий Григорьевич** – Заслуженный металлург РФ, заместитель главного инженера – начальник управления главного металлурга АМО «ЗИЛ»
- Леушин Игорь Олегович** – заведующий кафедрой «Литейно-металлургические процессы и сплавы» Нижегородского государственного технического университета, доктор технических наук, профессор
- Мамина Людмила Ивановна** – профессор Красноярской государственной академии цветных металлов и золота, доктор технических наук, член исполкома РАЛ
- Масалов Анатолий Карпович** – генеральный директор ОАО «Сиблитмаш», член исполкома РАЛ
- Мельников Алексей Петрович** – директор УП «Институт БЕЛНИИЛИТ», доктор наук, профессор
- Мысик Раиса Константиновна** – профессор Уральского политехнического института, доктор технических наук
- Найдек Владимир Леонтьевич** – академик Национальной Академии наук Украины, Заслуженный деятель науки и техники Украины, директор Физико-технологического института металлов и сплавов НАН Украины, доктор технических наук, профессор
- Никитин Владимир Иванович** – заведующий кафедрой Самарского государственного технического университета, доктор технических наук, профессор, член исполкома РАЛ, председатель комитета РАЛ
- Овчаренко Валерий Иванович** – директор металлургического производства ОАО «АвтоВАЗ»
- Петров Александр Юрьевич** – генеральный директор Российской электротехнологической компании «РЭЛТЕК»
- Ри Хосен** – заведующий кафедрой «Литейное производство и технология металлов» Хабаровского ГТУ, профессор, доктор технических наук, Заслуженный деятель науки и техники
- Семенов Виктор Владимирович** – Директор Департамента базовых отраслей промышленности Минпромторга России
- Ткаченко Станислав Степанович** – Заслуженный металлург РФ, генеральный директор ОАО «ПТИЛИТПРОМ», председатель Санкт-Петербургского регионального отделения РАЛ, член исполкома РАЛ, доктор технических наук, профессор
- Шинский Олег Иосифович** – президент Ассоциации литейщиков Украины, доктор технических наук, профессор
- Шуляк Валентин Саввович** – профессор Московского государственного индустриального университета, доктор технических наук, председатель комитета РАЛ
- Яковлев Анатолий Иванович** – Заслуженный строитель РФ, генеральный директор ОАО «Санто-холдинг», доктор экономических наук

Н. Ерхард (вице-президент и технический директор фирмы «ОСКАР ФРЕХ ГмбХ + Ко. КГ», Германия), Б.Трейси (генеральный директор «ФРЕХ Инк.», США), А.В.Чикунов (глава московского представительства «ОСКАР ФРЕХ ГмбХ + Ко. КГ»)

## Свойства сплавов, применяющихся для литья под высоким давлением, и сравнение технологий ЛПВД с горячей и холодной камерой прессования

Мировое потребление сплавов цинка (Zn), алюминия (Al) и магния (Mg) в течение последних лет продолжает повышаться. В среднем, 70% всех отливок из алюминиевых и магниевых сплавов используется в автомобильной промышленности.

Алюминиевые сплавы примерно на 50%, а цинковые в 4 раза тяжелее магниевых (табл.1). Тем не менее, в автомобильной промышленности предпочтения по выбору сплава связаны в основном с необходимыми механическими свойствами определенных изделий.

Такие изделия, как «Натяжитель ремня» (рис.1) изготавливают из цинка, так как механические свойства сплава подходят для данного применения.

Недостаток большего удельного веса цинковых сплавов часто можно компенсировать уменьшением толщины стенки отливки. На рис. 2 показана отливка с толщиной стенки до 0,6 мм, полученная на машине литья под высоким давлением (ЛПВД) с горячей камерой прессования. Для производства такого литья требуется большой технологический опыт и правильно подобранное оборудование, а именно машина, пресс-форма и смазчик пресс-формы.

Самыми массовыми легкими сплавами для производства автомобильного литья являются алюминиевые, тем не менее, в последние годы происходит рост применения магниевых сплавов, что связано с появлением магниевых сплавов с улучшенными антикоррозийными свойствами и менее склонных к возгоранию в твердом состоянии. Кроме того, жидкотекучесть магниевых сплавов выше, чем у сплавов алюминия и цинка.

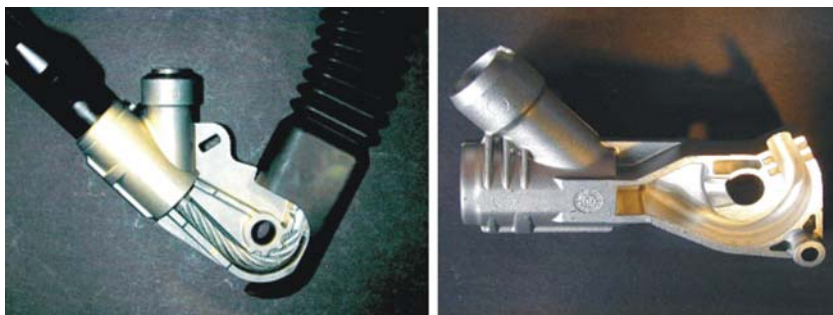


Рис. 1. Отливка «Натяжитель ремня» (материал – цинк, производитель Foehl, Германия)



Рис. 2. Отливка «Опорная рама» с толщиной стенки до 0,6 мм (материал – цинк, производитель Foehl, Германия)

Таблица 1. Физические и механические свойства коммерческих сплавов Zn, Al, Mg

Тип прессования на МЛД	Цинк	Алюминий	Магний
	Горячая камера	Холодная камера	Горячая камера
Плотность, г/см <sup>3</sup>	6,7	2,8	1,8
Удельная теплоемкость, Дж/г·°C	0,42	0,96	
Коэффициент удельного термического расширения, 1/°C	2,7·10 <sup>-5</sup>	2,3·10 <sup>-5</sup>	2,7·10 <sup>-5</sup>
Теплопроводность, Вт/м·K	109	220	71
Проводимость, % по IACS	26	30	10
Предел прочности на растяжение, Н/мм <sup>2</sup> (Rm)	320	260	220–248
0,2% предел пластичности, Н/мм <sup>2</sup> (Re)	220	110	160
Модуль упругости, Н/мм <sup>2</sup>	85000	71000	44000
Относительное удлинение, %	8	2	3
Ударная прочность, Дж/м	58	3	3
Твердость, НВ	85	85	60

Несмотря на то, что метод ЛПВД в основном используется в автомобильной промышленности, данная технология может применяться везде, где требуется массовое производство деталей сложной конфигурации. Благодаря широкому использованию систем автоматизации технология литья под давлением обеспечивает высокую геометрическую точность изделий, отличное качество и экономическую эффективность производства.

На рис. 3–5 показаны отливки, изготовленные литьем под высоким давлением.

Приведем некоторые факты в пользу изготовления отливок методом литья под давлением:

- Можно изготавливать изделия сложной конфигурации;
- Снижается масса детали за счет оптимизации формы и сокращения толщины стенки отливки;
- Обеспечивается высокая размерная точность;
- Можно достичь высокой геометрической жесткости изделия;
- Хорошая термостойкость материала;
- Обеспечиваются хорошие механические свойства изделий;
- Хороший защитный эффект литых корпусных изделий от электромагнитного излучения;
- Хорошие шумо- и вибропонижающие свойства сплавов;
- Возможность нанесения высококачественных лакокрасочных покрытий;
- Возможность 100% переработки изделий.

Возможность получения в литом виде без облоя готовых компонентов электронных устройств из магниевых сплавов (рис. 6) является большим преимуществом технологии ЛПВД с горячей камерой прессования. Сплавы магния обеспечивают снижение себестоимости, уменьшение массы и высокую надежность работы электронных устройств, защиту от электромагнитного излучения и минимальные размерные отклонения. Изделия из магния, полученные методом литья под давлением с высокой размерной точностью и имеющие сложную конфигурацию, дают большие преимущества предприятиям электронной промышленности.

### Общее сравнение технологии литья магниевых сплавов на машинах литья под высоким давлением с холодной и горячей камерой прессования

Система управления с замкнутым контуром на машинах литья



Рис. 3. Ролик натяжного ремня (материал – цинк, производитель Foehl, Германия)



Рис. 4. Корпус мобильного телефона (материал – магний)



Рис. 5. Блок цилиндров (материал – алюминий, производитель Honsel, Германия)

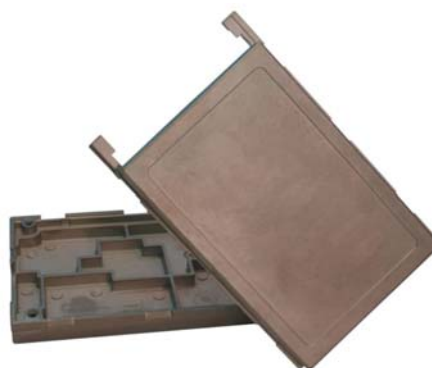


Рис. 6. Компонент электронного устройства (материал – магний, производитель FisherCast, Канада)

под высоким давлением компании ФРЕХ позволяет легко манипулировать всеми производственными параметрами. Возможность оптимиза-

Таблица 2. Сравнение процессов литья под давлением с горячей и холодной камерой прессования

	Горячая камера	Холодная камера
Усилие запираения, кН	до 10000	до 40000
Скорость заливки, л/с	до 30	до 200
Скорость поршня в сухом цикле, м/с	до 6	до 11
Время цикла, с	от 10 и выше	от 30 и выше
Удельное давление прессования, бар	160–250	400–1400

ции давления запрессовки увеличивает срок службы оснастки и упрощает эксплуатацию. Самая большая машина литья под давлением с горячей камерой прессования DAM 800 имеет усилие запирания 9300 кН и рассчитана на теоретическую массу металла в форме до 6,5 кг магния. Размер сильфона горячей камерной машины ЛПВД является лимитирующим фактором. Сравнение типовых технических параметров машин ЛПВД с холодной и горячей камерой прессования представлены в табл. 2. Сравнение показывает, что использование машин с горячей камерой прессования для литья под давлением магния имеет множество преимуществ (необходимо учитывать, что в большинстве случаев при использовании машин ЛПВД с усилием запирания до 9300 кН предпочтительно применять технологию с горячей камерой прессования).

Более 60 лет корпорация FisherCast, Канада, производит изделия из цинка методом литья под высоким давлением с горячей камерой прессования. За это время корпорация накопила достаточный опыт в получении цинковых литых изделий точной геометрии без облоя, то есть данное литье не требует дополнительной механической обработки, что значительно сокращает производственные затраты. Недавно FisherCast решила перенести накопленный опыт на производство отливок из магниевых сплавов, также выбрав метод литья под давлением с горячей камерой прессования, ввиду отмеченных ранее преимуществ.

Технологии литья под высоким давлением с холодной и горячей камерой прессования имеют множество различий.

#### Удельное давление запрессовки

Из-за низкой теплоемкости магниевые сплавы кристаллизуются очень быстро. В конце процесса запрессовки металл кристаллизуется в питателях. При использовании машины с холодной камерой прессования эта проблема наиболее часто встречается и мультипликатор не может создать достаточного усилия подпрессовки через перемерзшие питатели. При использовании машины с горячей камерой прессования тонкостенные детали могут изготавливаться при усилиях запрессовки всего 160–250 бар. За одно движение система подает чистый металл из сильфона через обогреваемое сопло непосредственно в пресс-форму. Температура расплава при этом составляет около 640 °С. Процесс литья с холодной камерой прессования имеет 2 фазы. Из отдельно стоящего дозатора расплав при температуре около 680 °С подается в практически холодную пресс-камеру. Сплав магния сразу начинает кристаллизоваться. Во 2-й фазе поршень запрессовывает частично закристаллизовавшийся сплав в пресс-форму с удельным усилием 400–500 бар. Из-за начала кристаллизации сплава непосредственно в пресс-камере требуется обеспечить наиболее короткое время заполнения и, соответственно, большую скорость запрессовки.

#### Типоразмер машины

Так как при использовании машин с горячей камерой прессования можно получать качественные отливки из магния с относительно низким удельным давлением прессования 160–250 бар, то усилие за-

пирающей машины может быть выбрано примерно на 50% меньше, чем для литья тех же изделий на машине с холодной камерой.

#### Время цикла

С применением машин с горячей камерой прессования время дозирования металла и запрессовки уменьшается, кроме того, для получения той же отливки можно уменьшить типоразмер машины, что также сокращает время цикла.

#### Габариты фундамента

Для литья по технологии с горячей камерой прессования можно использовать машины, занимающие меньше места на площадке. Благодаря использованию интегрированной плавильно-раздаточной печи экономится пространство на печь-дозатор, которая при литье на машинах с холодной камерой устанавливается отдельно.

#### Скорость поршня

Как показано выше, машины с холодной камерой прессования для получения того же качества литья должны работать с гораздо большей скоростью поршня по сравнению с машинами с горячей камерой. Необходимая скорость поршня зависит от диаметра плунжера, требуемого времени заполнения формы и, соответственно, толщины стенки отливки. Применение машин с горячей камерой обеспечивает необходимое качество литья при скорости расплава в питателях до 130 м/сек при максимальном давлении прессования 250 бар. Для машин с холодной камерой требуется скорость в питателях до 250 м/сек при максимальном давлении запрессовки до 1400 бар. При этом известно, что рекомендуемая скорость в питателе при литье под высоким давлением должна составлять 50–100 м/сек. Применение машин с холодной камерой прессования не позволяет снизить скорость заполнения пресс-формы, что существенно сокращает срок службы оснастки. Таким образом, литейные параметры процесса с горячей камерой более благоприятны для получения качественного литья по сравнению с процессом с холодной камерой прессования.

#### Дозирование расплава

При использовании процесса ЛПВД с горячей камерой масса дозируемого металла всегда постоянна. При использовании машин с холодной камерой масса заливаемого расплава магния может колебаться в пределах 3% по массе в связи с фактической точностью пневматической печи-дозатора.

#### Температура расплава в раздаточной печи

При температуре расплава магния 700 °С и

Таблица 3. Температура расплава в раздаточной печи

Сплав	Горячая камера, °С	Холодная камера, °С
AZ91 HP	630	660
AM60 HP	640	670
AM50 HP	650	680
AM20 HP	не используется	680

выше значительно снижается эффективность защитного газа. При этом существенно повышается окисление расплава (табл.3).

### Колебания температуры расплава

Машина с горячей камерой прессования обеспечивает более постоянную температуру расплава при заполнении пресс-формы, в том числе за счет установленных дополнительных нагревательных элементов на сильфоне и сопле прессового узла. На машинах с холодной камерой температура расплава может колебаться в зависимости от скорости перелива расплава из печи-дозатора в пресс-камеру и от размера самой пресс-камеры.

### Чистота расплава

При использовании для литья магниевых сплавов машин с холодной камерой прессования на поверхности гильзы пресс-камеры происходит постепенное нарастание оксидных плен. Прессующий поршень при этом обязательно должен смазываться, что увеличивает насыщение расплава водородом. Кроме того, при литье с холодной камерой прессования применяется более крупная гильза и более высокая температура расплава, поэтому в расплаве образуется больше оксидов.

### Стоимость изнашиваемых частей

Сильфон машин с горячей камерой прессования изготовляют из дорогой жаропрочной стали. Через каждые 100000–200000 запрессовок сильфон должен демонтироваться с машины для ремонта рабочей гильзы.

### Расход защитного газа

Машины литья с холодной камерой прессования работают при более высокой температуре расплава, что повышает расход защитного газа. Кроме того, во время дозации расплава защитный газ свободно выходит в рукав и, следовательно, в атмосферу.

### Подогрев пресс-камеры на машинах с холодной камерой прессования

Для предотвращения быстрой кристаллизации магниевых расплава в холодной пресс-камере при изготовлении тонкостенного литья с большой поверхностью рекомендуется использовать подогрев гильзы. Это также позволяет уменьшить риск деформации гильзы от резких температурных перепадов.

### Время обслуживания

Для более точного сравнения процессов необходимо учитывать также эксплуатацию печи-дозатора для машины с холодной камерой. В среднем замена таких изнашиваемых частей, как сильфон, поршень и поршневые кольца на машине с горячей камерой занимает больше времени, чем замена поршня, гильзы пресс-камеры и дозирующего насоса печи дозатора на машине литья с холодной камерой прессования.



Рис. 7. Литниковая система для машин с горячей (а) и холодной (б) камерой прессования

## Пресс-форма

### Стойкость

Благодаря более благоприятным литейным параметрам процесса ЛПВД с горячей камерой пресс-форма меньше подвергается термическому и механическому воздействию, следовательно, срок службы пресс-формы увеличивается по сравнению с технологией с холодной камерой.

### Центральный подвод литникового хода

Наилучшее качество литья достигается, когда пресс-форма заполняется от центра к периферии. Для некоторых отливок центральный подвод литникового хода к пресс-форме можно осуществить только на машинах с горячей камерой (рис.7).

### Толщина питателей

В связи с высокой скоростью кристаллизации на машинах с холодной камерой требуется более короткое время заполнения пресс-формы, соответственно, площадь питателей должна быть больше по сравнению с технологией с горячей камерой.

### Температура пресс-формы

Для достижения более короткого времени заполнения на машинах с холодной камерой температура пресс-формы должна быть примерно на 20°C выше. Это улучшает заполняемость формы расплавом.

### Вентиляция формы

В связи с тем, что количество воздуха, поступающего в пресс-форму в процессе запрессовки гораздо больше у машин с холодной камерой, требуется более эффективная система вентиляции, иначе воздух останется в отливках (рис.8, 9).

## Характеристика литья

### Минимальная толщина стенки

Технология литья с горячей камерой прессования позволяет получать отливки с меньшей толщиной стенки. Пример производства отливок в компании FisherCast показывает, что на машинах с горячей камерой можно получать отливки из магниевых сплавов с толщиной стенки до 0,5 мм.

### Прочность и относительное удлинение

В отливках с толщиной стенки более 2 мм машины с холодной камерой прессования позволяют получить большую прочность и относительное удлинение отливок. Тем не менее, если уменьшать толщину стенки, то на машинах с горячей камерой

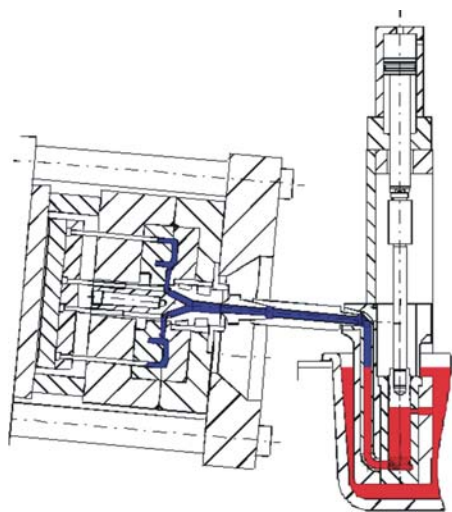


Рис. 8. Вентиляция формы на машине ЛПВД с горячей камерой

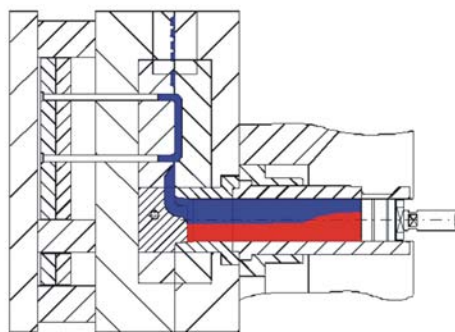


Рис. 9. Вентиляция формы на машинах с холодной камерой

прессования можно получить более высокие показатели прочности и относительного удлинения по сравнению с изделиями, имеющими большую толщину стенки, что дает хорошие предпосылки для дальнейшего развития производства тонкостенного магниевых литья.

Для получения более высоких показателей относительного удлинения необходимо применить дополнительное вакуумирование пресс-формы, что позволяет увеличить эту характеристику примерно на 20%.

### Газовая пористость

Так как на машине с холодной камерой прессования гильза пресс-камеры имеет больший объем, а объем заполнения камеры расплавом в среднем составляет 50%, то при данной системе гораздо большее количество воздуха попадает в пресс-форму при запрессовке, и отливки более склонны к образованию газовой пористости.

### Усадочные раковины

Усадочные раковины образуются на толстых стенках отливок или в переходах между тонкой и толстой стенкой. В технологии с холодной камерой прессования при неправильном расчете питателей металл быстро перемерзает, препятствуя фазе мультипликации давления подпрессовки, при этом в массивных узлах могут образоваться усадочные дефекты. Поэтому литниковая система на машинах ЛПВД с холодной камерой имеет более сложную конфигурацию, которая должна обеспечить подвод металла в места с более толстой стенкой отливки.

### Твердость поверхности

Твердость поверхности литья при одинаковой толщине стенки зависит от скорости охлаждения. Снижение температуры пресс-формы позволяет получить более твердую поверхность литья. Однако необходимо учитывать опасность незаливов. Для получения оптимальной твердости отливок необходимо использовать современные системы термостабилизации пресс-форм независимо от типа маши-

ны с холодной или горячей камерой.

### Чистота поверхности

В процессе с холодной камерой расплав в момент перелива из печи-дозатора находится под воздействием атмосферы, кроме того, в данном процессе обязательно используется смазка гильзы. Засоры из оксидов и смазки в некоторых случаях выходят на поверхность литья.

### Точность отверстий

Более высокое давление запрессовки, характерное для машин с холодной камерой, влияет на пластическую деформацию вставок и стержней пресс-формы, пропорционально прилагаемому давлению.

### Сплавы магния

Литейный узел машины с горячей камерой прессования (сильфон, поршень и кольца) погружены в расплав. Несмотря на использование специальной термостойкой стали, температура расплава является лимитирующим фактором для данного процесса. Повышение температуры выше 650°C становится причиной течи между кольцами поршня и гильзой. В результате, не обеспечивается достаточное давление прессования и существенно снижается стойкость изнашиваемых частей.

Все сплавы магния могут применяться для литья на машинах с холодной камерой прессования, но, учитывая последнее замечание, данная технология особенно рекомендуется для литья высокотемпературных сплавов AZ91 и AM 60.

### Заключение

Представленные результаты и эмпирические значения показывают, что для отливок, имеющих толщину стенки менее 1,2 мм предпочтительнее использовать машины ЛПВД с горячей камерой прессования. В данном случае достигается лучшая экономика производства, и литье имеет более высокие показатели качества. Для изготовления толстостенного литья с заданными высокими прочностными характеристиками и для снижения балла пористости лучше применить метод с холодной камерой прессования. Представленное сравнение процессов с холодной и горячей камерой прессования должно помочь производителям изделий более грамотно подходить к выбору необходимого технологического оборудования.

**Представительство «ОСКАР ФРЕХ ГмБХ + КО. КГ» в РФ:**

Москва, ул. Уржумская д.4.  
Тел.: [495] 7821710, факс: [495] 6205768,  
e-mail:moscow@frech.com



## НА ПУТИ К СОВЕРШЕНСТВУ В МОДЕЛИРОВАНИИ ЛИТЕЙНЫХ ПРОЦЕССОВ

Ведущий рубрики канд.техн.наук И.Н. Вольнов (ЗАО «Русская Промышленная Компания»)

Мы продолжаем публикацию статей, посвященных решению различных литейных задач с использованием CFD (вычислительная гидродинамика) пакета FLOW-3D. В этом выпуске рубрики предлагаем читателю две статьи. В первой речь пойдет о проблеме микропористости, опыте использования компьютерного моделирования для повышения качества отливок и сокращения цикла проектирования и доводки пресс-форм литья под давлением. Этой статьей мы также хотели бы изменить распространенную точку зрения о том, что пакет FLOW-3D применим только для решения гидродинамических задач в литейном производстве. Три года назад к моделям расчета усадочной раковины и макропористости в пакет FLOW-3D была добавлена модель расчета микропористости. С этого момента можно считать, что FLOW-3D перекрывает основные потребности технологов при расчете дефектов газоусадочной природы. Современные представления о механизме образования микропористости нельзя считать исчерпывающими из-за сложности одновременного протекания нескольких физических и физико-химических процессов при ее образовании. Тем не менее, использование этих представлений позволяет добиваться положительных результатов при предсказании и исключении микропористости в отливках. Более подробно с моделью расчета микропористости и ее экспериментальной проверкой читатель может познакомиться на сайте [1].

Вторая статья посвящена анализу течения металла в камере прессования машины литья под давлением. Для получения литья высокого качества режим движения пресового поршня в камере прессования имеет критическое значение. Этот режим тщательно подбирают, добиваясь исключения захвата воздуха при запрессовке. Отличной альтернативой натурным экспериментам при решении этой задачи является вычислительный эксперимент на основе какой-либо САМ ЛП, к которой следует предъявить основное требование – точное моделирование течения со свободной поверхностью. Нередко используемый для моделирования свободной поверхности, так называемый, псевдо-VOF метод [2] не может обеспечить необходимой адекватности моделирования и делает вычислительный эксперимент бесполезным. Эта статья также является хорошей иллюстрацией GMO – модели пакета FLOW-3D, которая описана в работе [3]. Наконец, мы надеемся на продолжение обсуждения и разработки предложенной здесь концепции «идеальной камеры прессования».

1. <http://www.flow3d.com/pdfs/tn/FloSci-TN66.pdf>
2. Вольнов И.Н. Моделирование литейных процессов – современные вычислительные технологии // Литейщик России. – 2007. – №11. – С.27-30.
3. Бархударов М., Вей Г. Моделирование литейных процессов с изменяемой геометрией // Литейщик России. – 2007. – №12. – С.10-15.

А.Рейхер (Albany-Chicago Co., Pleasant Prairie, Wisconsin, USA),  
М. Бархударов (Flow Science, Inc., Santa Fe, New Mexico, USA),  
И. Вольнов (ЗАО «Русская Промышленная Компания», Москва)

### Компьютерное моделирование как инструмент управления микропористостью в отливках, сокращения цикла проектирования и доводки пресс-форм литья под давлением

Использование компьютерного моделирования позволило литейщикам в последние годы достичь значительных успехов в повышении качества отливок за счет выявления и устранения макропористости, которая образуется от замешивания газа в расплав при его заливке в полость литейной формы и при затвердевании. С решением этой проблемы наиболее актуальной становится другая и, возможно, на сегодняшний день наиболее трудная в обеспечении качества при промышленном производстве отливок методом литья под давлением (ЛПД) – проблема образования в затвердевающей отливке *микропористости* – рассеянных пор размером меньше миллиметра, которые снижают механические свойства отливок и могут быть причиной нарушения их герметичности. Процесс формирования микропористости до сих пор до конца не ясен. Считается, что ее образование сопровождается снижением давления в охлаждающемся расплаве и затруднением компенсации его объемной усадки из зон отливки с более горячим жидким металлом. Давление в расплаве понижается до значения,

равного парциальному давлению растворенных в расплаве газов, при котором происходит образование внутренних пор.

Вычислительная гидродинамика (CFD) – эффективный инструмент для расчета и устранения обычной пористости в отливках. До недавнего времени этот инструмент был неэффективным в отношении микропористости, так как имеющиеся физические модели не позволяли рассчитывать изменение давления в расплаве вследствие его усадки при затвердевании. Лишь недавно стали появляться CFD пакеты, способные рассчитывать микропористость.

Исследования, проведенные в компании Albany-Chicago Co. (США, [www.albanyuc.com](http://www.albanyuc.com)), показали, что эти программы позволяют достаточно точно предсказывать микропористость в отливках. Они помогают выявлять зоны с повышенной микропористостью, разрабатывать конструктивные и технологические мероприятия для снижения микропористости или перемещения ее в части отливок, где повышенный уровень микропористости допу-

стим. В результате значительно сокращается процесс доводки пресс-форм ЛПД и, особенно, при проектировании новых пресс-форм.

### Традиционный подход к проектированию пресс-форм

Компания Albany-Chicago занимается производством фасонных отливок из алюминиевых сплавов методом ЛПД и выполняет их механическую обработку для обеспечения высокой точности изготавливаемой продукции. В настоящий момент предприятие располагает машинами ЛПД с усилием прессования от 400 до 2500 тонн, что позволяет изготавливать отливки от 30 г до 50 кг и более. Клиентами компании являются производители машин и оборудования в различных отраслях промышленности – это дизельные двигатели, гидравлическое и сельскохозяйственное оборудование, электромеханические устройства, компьютерная и медицинская техника. В компании на площади около 20000 м<sup>2</sup> работают 400 человек. Инжиниринговая деятельность компании является важной составляющей процесса производства. Связь между конструкцией детали и отливкой, прошедшей механическую обработку и являющейся частью узла или агрегата, – то, на чем фокусируют свое внимание инженеры компании. Компьютерное моделирование позволило установить более тесное взаимодействие процессов конструирования и производства.

В традиционном подходе к проектированию пресс-формы большая роль отводится опыту и интуиции инженеров. При этом главное затруднение состоит в том, что определить, правильно ли спроектирована пресс-форма, можно только изготовив ее и получив на ней тестовые отливки. Как правило, для достижения высокого качества отливки пресс-форму приходится несколько раз доводить. Стоимость каждой модификации находится в пределах \$10000–20000. Высокие дополнительные материальные и временные затраты на каждой итерации по доводке вместе с тем фактом, что изготовление тестовых отливок позволяет только выявить проблемы, но не способы их устранения, часто заставляет останавливать процесс доводки в состоянии, когда некоторый повышенный уровень брака все еще может иметь место.

### Альтернативные подходы к проектированию пресс-форм с использованием моделирования

С 1990-х гг. в компании Albany-Chicago при проектировании пресс-форм используются простые одномерные модели для получения общей информации о процессе запрессовки. Эти модели позволяют получать некоторые полезные рекомендации, но не позволяют полностью моделировать запрессовку расплавленного металла в пресс-форму. Основываясь на доступной информации, инженеры компании провели оценку рынка вычислительных технологий для определения наличия такого программного обеспечения, которое позволило бы выявлять недостатки пресс-форм на основе вычислительных, а не физических экспериментов. Было проведено сравнительное тестирование используемой в компании программы с двумя более сложными CFD пакетами на предмет возможности достоверного моделирования процесса запрессовки.

Результаты моделирования в пакете FLOW-3D® от компании Flow Science (США, [www.flow3d.com](http://www.flow3d.com)) в значительно большей степени, чем другие программные продукты, соответствовали реальному процессу изготовле-

ния отливки. Возможно это следствие того, что данный пакет программ широко распространен среди литейщиков, которые специализируются на ЛПД, а разработчики FLOW-3D затрачивают значительные усилия для обеспечения точного моделирования процесса ЛПД. FLOW-3D доказало свою способность точно моделировать такие проблемы, как захват воздуха расплавом, различного рода включения, макропористость. В компании Albany-Chicago разработан и используется новый процесс проектирования, который начинается с экспорта начальной геометрии пресс-формы во FLOW-3D, где выполняется моделирование процесса заполнения формы расплавом. Далее по результатам моделирования выявляются указанные проблемы и при необходимости в геометрию вносятся соответствующие изменения с целью исключения этих проблем или их минимизации. К изготовлению пресс-формы приступают только после того, как добиваются идеальной работы ее математического прототипа. В результате, такой подход позволил значительно снизить число итераций по доводке пресс-форм и сильно сократить временные и материальные затраты.

### Проблема микропористости

Несмотря на то, что моделирование позволило устранить ряд проблем до изготовления пресс-формы, было обнаружено, что в некоторых случаях предсказывались не все имеющиеся дефекты и, прежде всего, микропористость. Обращение в компанию Flow Science показало, что разработчики FLOW-3D знали об этой проблеме и уже работали над ее решением.

По мере охлаждения отливки в пресс-форме плотность металла повышается, так как интенсивность тепловых колебаний атомов, преодолевающих сильное межатомное притяжение, снижается. Развивается усадка, которая приводит к понижению давления в расплаве. Неоднородность затвердевания отливки в пресс-форме обуславливает возникновение градиента давления, который заставляет жидкий металл перетекать из менее затвердевших зон отливки в зоны более затвердевшие. При определенной степени затвердевания (доле твердой фазы) такое течение становится невозможным – металл останавливается, а компенсация усадки прекращается.

Микропористость характеризуется образованием в затвердевающем расплаве малых пор, средняя объемная доля которых около 1%. Проектирование пресс-форм без учета микропористости могло приводить к ситуации, когда отливки были качественными по всем параметрам, но отбраковывались по микропористости. Например, отливки, в которых моделирование показывало приемлемую газовую (обычную) пористость, при испытании на гидрлотность протекали. Инженеры вынуждены были решать эту проблему методом проб и ошибок, используя традиционные средства управления микропористостью – добавлением дополнительных охлаждающих каналов в пресс-форме. Такой подход является трудным и дорогим, так как приходится изменять существующую пресс-форму или даже делать новую, без уверенности в том, что эти изменения, в итоге, окажутся эффективными, в чем убедиться можно только после изготовления контрольных отливок.

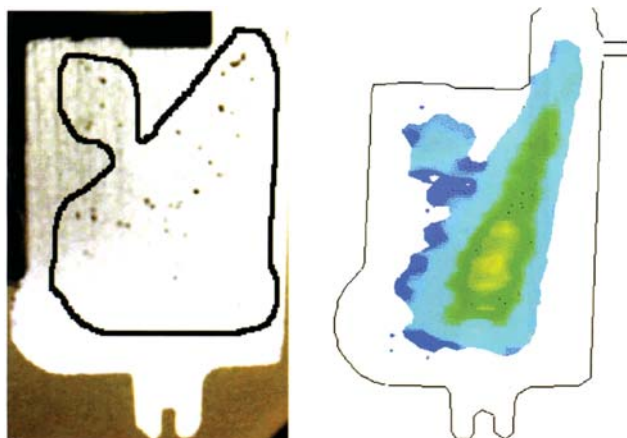
### Новая модель помогает устранить микропористость на этапе моделирования

Flow Science недавно ввела новую модель, специально разработанную для расчета микропористости. При моделировании затвердевания на каждом шаге расчета

проверяются все малые контрольные объемы отливки (из которых состоит численная модель). Для каждого объема определяется доля твердой фазы. Если для текущего объема во всех соседних объемах (контакт по грани) доля твердой фазы выше критического значения (при котором течение расплава невозможно), то питание текущего объема прекращается, а микропористость в нем возрастает на каждом шаге по времени пропорционально оставшемуся количеству жидкого расплава. Модель требует данные только основных физических свойств расплава и вносит не значительную дополнительную нагрузку на центральный процессор. Она совместима с моделью расчета обычной пористости, а также может использоваться при моделировании затвердевания отливки с полным гидродинамическим расчетом движения расплава в процессе затвердевания, также как и с более быстрым расчетом, в котором этим движением пренебрегают.

В компании Albany-Chicago впервые опробовали данную модель на отливке, в ответственной части которой наличие микропористости приводило к снижению предела пластичности материала. Компьютерное моделирование с учетом новой модели показало, что микропористость действительно образуется в данной области отливки. Добавлением к пресс-форме дополнительного канала охлаждения вблизи места образования микропористости проблему решить не удалось. Тогда был скорректирован процесс охлаждения пресс-формы между запрессовками. Было уменьшено количество воды, которое распыляется вокруг зон с повышенной микропористостью, оставляя их более горячими. В этом случае, как показало моделирование, проблему удается решить за счет поддержания расплава в окружающих областях в жидком состоянии более длительное время. Этот прием фактически решал проблему микропористости в ответственной части отливки, пресс-форма для которой уже была изготовлена.

Новая модель также была использована для решения проблемы микропористости на распорной детали, расположенной между крышкой и блоком цилиндров дизельного двигателя. После изготовления отливки в ней высверливались сквозные монтажные отверстия, по которым происходило нарушение герметичности при испытаниях на гидроплотность. И в этом случае компьютерное моделирование точно показало зоны, в которых образуется микропористость. Были внесены изменения путем добавления охлаждающих каналов. В данном случае, до-



Микропористость в отливке дизельного двигателя из сплава А380 в эксперименте (слева) и расчете (справа)

бывались быстрого охлаждения проблемных мест отливки, так, чтобы их затвердевание проходило быстрее или одновременно с затвердеванием окружающих их областей. Такой прием позволил решить проблему микропористости уже на первой итерации по доводке пресс-формы.

Инженеры компании Albany-Chicago теперь используют эту модель при проектировании всех новых пресс-форм. Об эффективности новой модели можно судить по тому, что большинство пресс-форм теперь имеют требуемое качество уже на первой итерации, а общее количество итераций не превышает трех. Использование этой модели позволило существенно снизить затраты, которые раньше приходилось нести из-за большого числа итераций по доводке пресс-форм, а также сократить среднее время, требуемое для запуска новой пресс-формы в производство.

*Для получения дополнительной информации обращайтесь к нам:*

**Flow Science Inc.**

683 Harkle Road, Suite A, Santa Fe, NM 87505.

Ph: (505) 982-0088, Fax: (505) 982-5551,

E-mail: cfd@flow3d.com, www.flow3d.com

**ЗАО «Русская промышленная компания»**

101000, Москва, Петроверигский переулок, д.4,

тел.: (495)744-0004,

E-mail: volnov@cad.ru, www.flow3d.ru

А.Ю. Коротченко, И.А. Коротченко, А.М. Зарубин (МГТУ им. Н.Э. Баумана)

## Моделирование течения расплава в камере прессования при литье под давлением

Работу прессового механизма, который перемещает расплав в камере прессования, можно представить как многофазную систему, в настоящее время в основном говорят о трехфазной системе прессования. Кратко рассмотрим особенности каждой фазы и требования, предъявляемые к работе прессового механизма.

В 1-й фазе происходит перекрытие движущимся прессовым поршнем заливочного окна камеры прессования и подъем зеркала расплава. Во 2-й фазе происходит увеличение скорости прессового поршня (раз-

гон прессового поршня) и заполнение расплавом полости пресс-формы. 3-я фаза – статическая, прессовый поршень практически неподвижен и служит для передачи необходимого давления прессования на затвердевающий расплав (подпрессовка).

В дальнейшем будем рассматривать течение расплава в камере прессования только до момента его поступления в полость пресс-формы, формирующую отливку.

Основное требование к работе прессового механизма в 1-й фазе – обеспечить вытеснение газа из

камеры прессования в полость пресс-формы и тем самым уменьшить газовую пористость отливок. Требование к работе прессового механизма во 2-й фазе – обеспечить требуемую скорость впуска расплава в полость пресс-формы, оказывающую влияние не только на величину, но и на распределение пористости в отливке.

Проще всего выполняется 2-е требование: по равенству расходов расплава в камере прессования и в питателе, при известных значениях площадей поперечных сечений каналов и скорости впуска, определяется необходимая скорость прессового поршня. В настоящее время максимальное значение скорости прессового поршня лежит в пределах 5–7,5 м/с.

Выполнить 1-е требование сложнее, что связано с волновым характером движения расплава в камере прессования. Рассмотрим ряд рекомендаций по выбору характера движения прессового поршня в 1-й фазе.

В работе [1], как и в ряде других работ, оптимальным считается равноускоренное движение прессового поршня в 1-й фазе, обеспечивающее вытеснение бегущей волной расплава большей части газов. Приводятся значения критической скорости прессового поршня при различной степени заполнения камеры прессования расплавом. Превышение в 1-й фазе критической скорости приводит, по мнению авторов, к замешиванию воздуха в движущийся расплав. Значения скоростей находятся в пределах 0,03–0,59 м/с. Причины замешивания воздуха в расплав не рассматриваются.

В работе [2] дано описание пакета программ MAGMAhpdc, предназначенного для моделирования литья под давлением. В данном пакете используется специальный модуль, разработанный в Ohio State University, USA, который позволяет рассчитать оптимальный профиль расплава в 1-й фазе. Замешивание газа в работе [2] объясняется двумя причинами. 1-я причина: при малой скорости прессового поршня и короткой длине камеры прессования возникает обратная волна, которая приводит к замешиванию газа. 2-я причина: при высокой скорости прессового поршня происходит срыв гребня волны и замешивание газа. Требования к движению прессового поршня в 1-й фазе следующие: равноускоренное движение прессового поршня, которое обеспечивает плавный подъем зеркала расплава до полного перекрытия поперечного сечения камеры прессования и формирование пологого фронта волны. Скорость прессового поршня к концу 1-й фазы не должна превышать критического значения, которое рассчитывается по формуле:

$$v_{кр} = k \left( \frac{100\% - f}{100\%} \right) \cdot d_{кн}^{0,5}, \quad (1)$$

где  $k=3,634$  – коэффициент пропорциональности, м<sup>0,5</sup>/с;  $f$  – процент заполнения камеры прессования расплавом, %;  $d_{кн}$  – диаметр камеры прессования, м. Кстати, значения критической скорости, полученные по формуле (1), практически полностью совпадают со значениями, приведенными в работе [1].

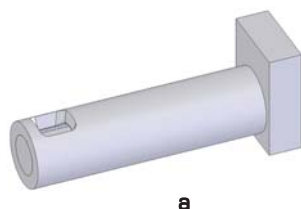


Рис.1. Упрощенная твердотельная модель камеры прессования с частью пресс-формы (а), ее чертеж (б)

Таблица 1. Значения скорости прессового поршня  $v$  при различном проценте заполнения камеры прессования расплавом  $f$

$f, \%$	30	50	70
$v_{кр}, \text{ м/с}$	0,623	0,445	0,267

Для более детального выяснения причин замешивания воздуха в расплав был проведен вычислительный эксперимент с использованием пакета программ Flow-3D (рис.1).

Вычислительный эксперимент был разбит на несколько этапов.

На первом этапе определяли, что происходит с расплавом при движении прессового поршня с критической скоростью.

В расчетах задавали постоянную скорость прессового поршня  $v$  при различном значении процента заполнения камеры прессования расплавом  $f$  (табл.1). Значения  $v_{кр}$  получены с помощью формулы (1).

Результаты расчетов показали, что  $v_{кр}$  – это скорость, при которой происходит полное перекрытие расплавом поперечного сечения камеры прессования. Характер движения расплава при скорости движения прессового поршня, равной  $v_{кр}$ , показан на рис. 2.

Если скорость  $v$  не равна  $v_{кр}$ , то, как показали расчеты, возникает вероятность захвата газа движущимся расплавом. На рис.3 показаны причины захвата газа.

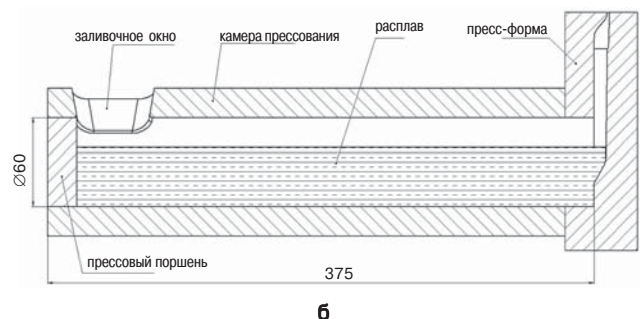
Если  $v < v_{кр}$ , то перед прессовым поршнем возникает бегущая волна, которая в дальнейшем отражается от стенки пресс-формы и перекрывает вход в литниковую систему, при этом оставшийся в камере прессования газ попадает в расплав.

При  $v > v_{кр}$  происходит срыв гребня волны и замешивание газа в расплав.

**Выводы:**

1. Причины замешивания газа в расплав – перекрытие входа в литниковую систему отраженной волной или срыв гребня волны;
2.  $v_{кр}$  – это скорость, при которой происходит полное перекрытие расплавом поперечного сечения камеры прессования.

На втором этапе определяли условие перехода в работе прессового механизма с 1-й на 2-ю фазу. Расчеты показали, что условий перехода может быть несколько.



По рекомендациям работ [1, 2] первое условие очевидно – переход во 2-ю фазу должен быть в момент времени, когда происходит полное перекрытие расплавом поперечного сечения камеры прессования. При этом прессовый поршень должен обязательно перекрыть заливочное окно, иначе будет выплеск расплава.

Как быть при условии, если  $v \neq v_{кр}$ ? Как показано ранее, превышение критической скорости приводит к гарантированному замешиванию газа в расплав. Необходимо выяснить, можно ли работать со скоростью, меньше критической. Результаты расчетов показаны на рис.4.

Анализ представленных данных позволяет сделать вывод – скорость прессового поршня может быть меньше критической. Значение скорости, как показали расчеты, зависит от процента заполнения камеры прессования расплавом и должно быть таким, при котором отраженная волна не перекрывает поперечное сечение камеры прессования. Тогда второе условие перехода во 2-ю фазу – момент перекрытия прессовым поршнем заливочного окна.

На третьем этапе определяли причины регулирования скорости прессового поршня в 1-й фазе.

Расчеты показали, что в зависимости от процента заполнения камеры прессования расплавом можно подобрать такое значение  $v < v_{кр}$ , при котором регулировка скорости в 1-й фазе не требуется.

Если  $v = v_{кр}$ , то, как показали расчеты, регулировка необходима. Связано это в первую очередь с тем, что

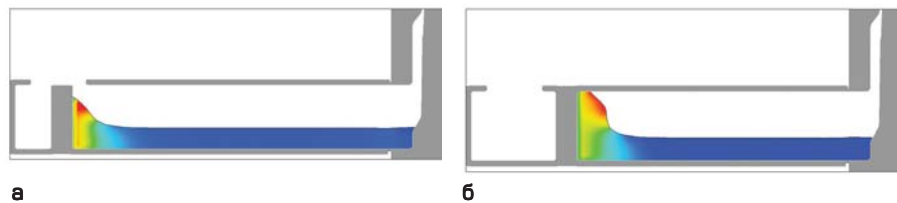


Рис. 2. Характер движения расплава при  $f = 30\%$  и скорости движения прессового поршня  $v_{кр}$ : а –  $t = 0,11$  с; б –  $t = 0,18$  с

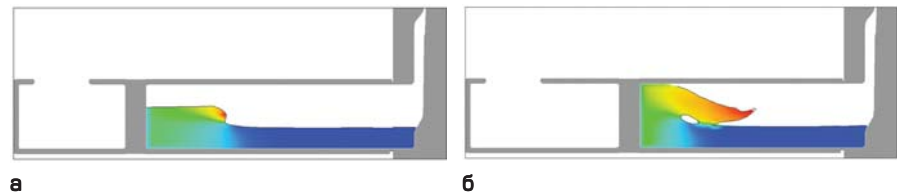


Рис. 3. Причины захвата газа: а –  $v \leq v_{кр}$ ; б –  $v \geq v_{кр}$

если прессовый поршень начнет сразу двигаться с критической скоростью, то перекрытие расплавом поперечного сечения камеры прессования может наступить раньше, чем поршень пройдет заливочное окно – а это выплеск расплава. С другой стороны, раннее перекрытие расплавом поперечного сечения камеры прессования может привести к срыву гребня волны и возникновению отраженной волны с очевидными последствиями.

**Заключение.**

1. Анализ проведенных расчетов позволяет сформулировать понятие «идеальной камеры прессования» – это камера, на 100% заполненная расплавом. В такой камере отсутствует газ и можно исключить 1-ю фазу в работе прессового механизма, тем самым, существенно сократить цикл прессования и снизить потери перегрева. Все остальные рекомендации по регулированию скорости прессового поршня лишь призваны устранить несовершенство существующего технологического процесса.

2. Расчеты с помощью пакета программ Flow-3D позволяют для конкретной отливки и конкретной машины ЛПД подобрать индивидуальный режим работы прессового механизма, обеспечивающий заполнение расплавом полости пресс-формы без замешивания газа в камере прессования.

**Список литературы**

1. Галдин Н.М., Чернега Д.Ф., Иванчук Д.Ф. и др. Цветное литье // Справочник // Под общ. ред. Н.М. Галдина. – М.: Машиностроение, 1989. – 528 с.
2. Simulation as a tool in high pressure die casting processes // Wolfgang Maus, Hartmut Rockmann, Rudolf Seefeldt. – MAGMA Giessereitechnologie GmbH.

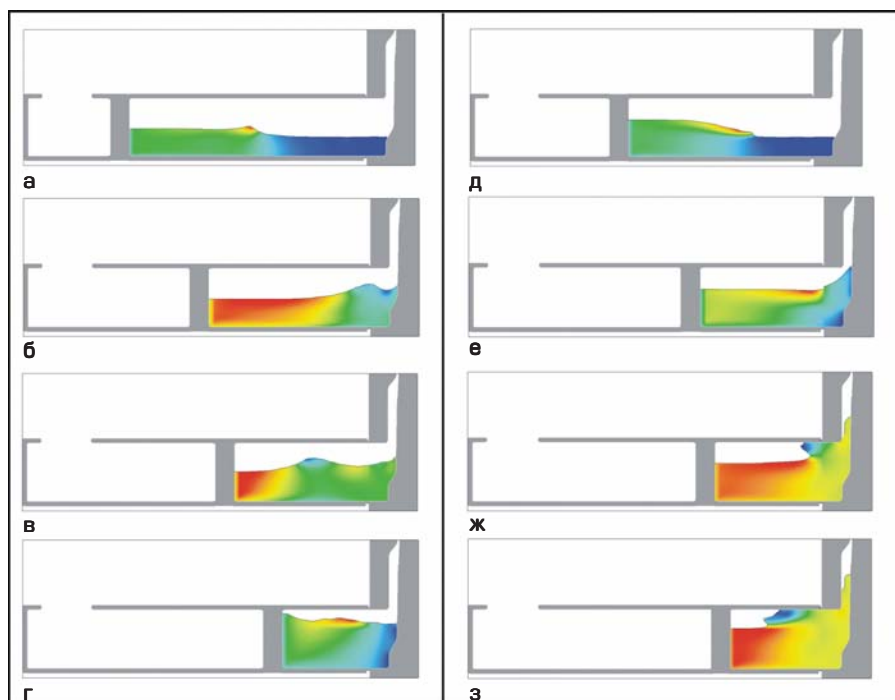


Рис. 4. Характер движения расплава во времени при  $f = 30\%$  и скорости движения прессового поршня  $v = 0,2$  м/с (а-г);  $v = 0,4$  м/с (д-з)

Ю.Ф. Воронин (Волгоградский ГТУ)

# Методология снижения брака отливок

Анализ работы литейных цехов показывает, что доля бракованных отливок в России достаточно высока. В результате заводы несут значительные убытки. Причина трудности ликвидации дефектов – в бессистемном подходе к их ликвидации. Зачастую борьба с браком проводится методом проб и ошибок.

Следует помнить, что литейное производство относится к классу сложных систем, формальное представление которых затруднительно. Это вызвано значительным количеством параметров, определяющих функционирование системы, сложностью, а нередко, и невозможностью точного определения их значений.

В течение многолетней работы по повышению качества отливок был проведен системный анализ и создана новая методология выявления и ликвидации дефектов литых заготовок [1], которая позволяет рассмотреть и использовать различные направления по повышению качества отливок (рис. 1). Методология использует качественные и количественные методы, способствующие выявлению и ликвидации дефектов или моделированию литейных процессов.

Качественные методы не требуют специальных математических расчетов и базируются на логическом или эмпирическом определении дефектов. К качественным методам в представленной методологии относится методика логического определения дефектов, содержащая:

- дерево систематизации дефектов, позволяющее

по характерным отличиям точно определить разновидность дефектов;

- графу цепочек причинно-следственных связей, которая создается при исследовании этапов процесса формирования дефекта. По графе можно определить истинную причину возникновения дефекта;
- графу способов ликвидации дефектов, способствующую определению наиболее эффективного способа устранения дефекта.

Описанная методика предназначена для технологов, которые владеют информацией о протекающих в литейной форме процессах формирования и затвердевания отливки. Если же знания о литейных процессах недостаточны, можно использовать методику эмпирического определения дефектов, которая подробно будет рассматриваться в следующих статьях. В данной статье, в качестве примера, рассмотрим методику логического определения светлых гладких блестящих раковин, которые зачастую образуются от повышенного содержания влаги в форме или стержне.

**Этап I.** Определение разновидности дефекта.

Для того, чтобы ликвидировать газовую раковину, очень важно предварительно определить ее разновидность. Это довольно просто выполнить по представленному на рис. 2 четырехуровневому дереву, где на каждом уровне приводятся характерные отличительные особенности светлых газовых раковин [2, 3].

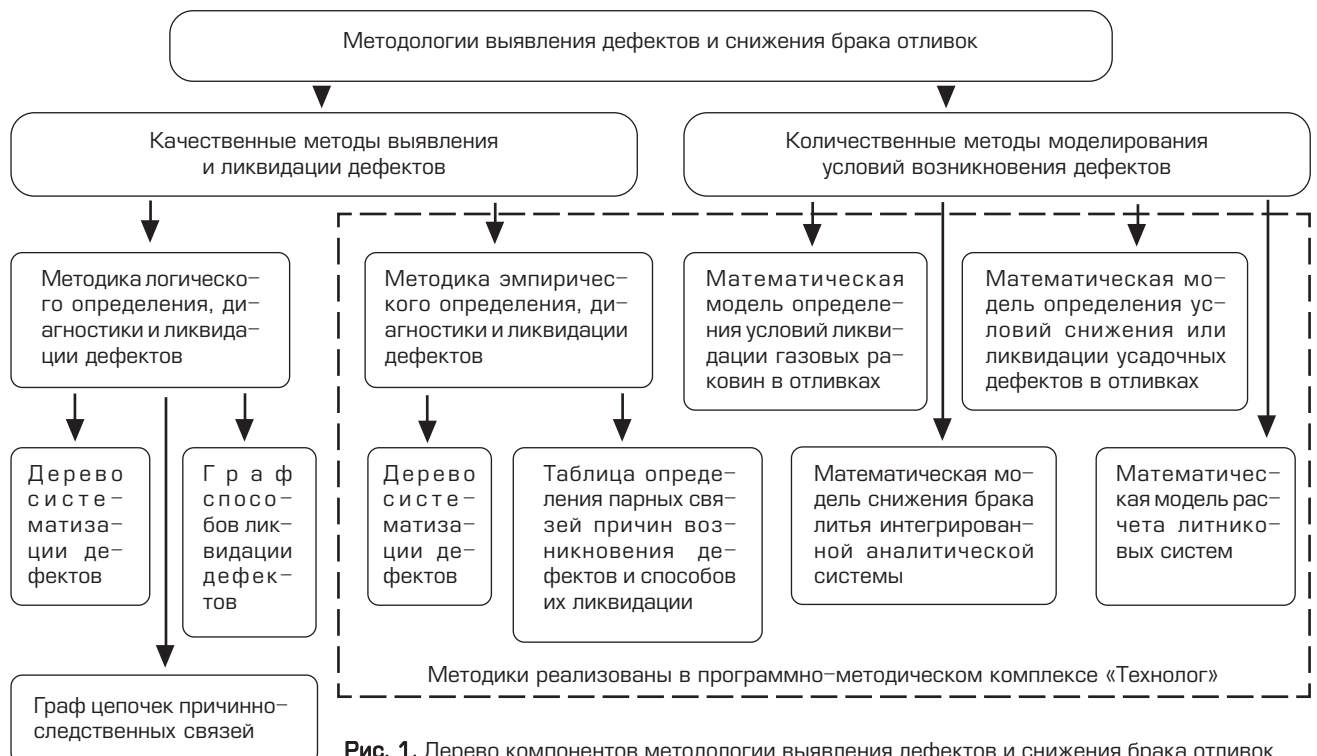
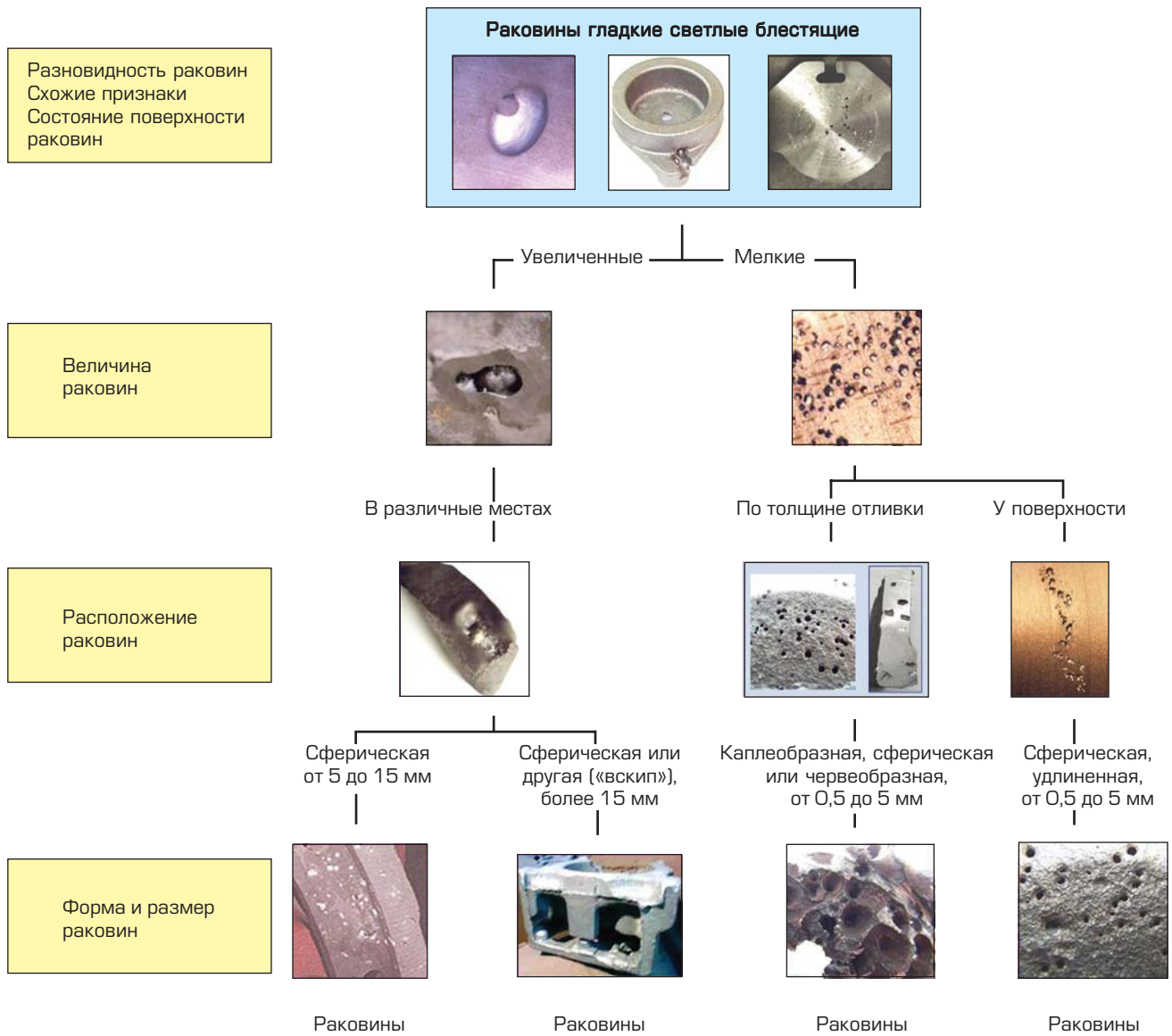
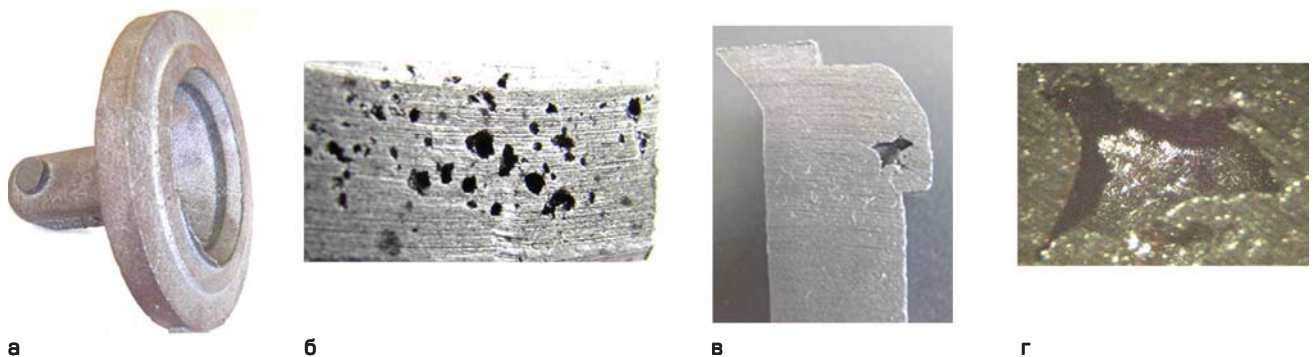


Рис. 1. Дерево компонентов методологии выявления дефектов и снижения брака отливок



**Рис. 2.** Визуально-логическая модель характерных отличительных особенностей светлых газовых раковин с определением их разновидностей



**Рис. 3.** Отливка «Крышка» с дефектом: **а** – общий вид; **б** – фрагмент (увеличено); **в** – фрагмент с газовыми раковинами (повернуто); **г** – фрагмент с дефектом (повернуто и увеличено)

Из рассмотренной визуально-логической модели следует, что каждая из четырех рассмотренных разновидностей светлых газовых раковин имеет набор

своих характерных отличий, принадлежащих в этой совокупности только одной разновидности. Изменение любого элемента в данной системе оказывает воздей-

ствие на изменение всей системы и делает затруднительным определение рассматриваемого дефекта отливки. Знание отличительных особенностей в рассматриваемой системе дает возможность литейщику на площадке брака быстро выявлять рассматриваемый дефект.

**Определение причин возникновения светлых газовых раковин на основе причинно-следственных связей**

Приступая к определению связей между разновидностями дефектов и причинами их возникновения, отмечаем, что причинами возникновения средних, крупных и подкорковых светлых газовых раковин являются:

- недосушенный или увлажненный стержень с содержанием влаги более 0,4%;
- переувлажненная формовочная смесь (содержание влаги более 5,0%);
- горячая формовочная смесь (более 40°C) и холодный стержень;

- выдержка собранной влажной формы более 2-х часов, а при использовании гигроскопичных стержней более 0,5 часа;
  - горячий стержень (более 40°C) и холодная смесь.
- Для перехода от конкретной разновидности дефектов к определению причин его возникновения были построены цепочки причинно-следственных связей. Результаты сверток этих цепочек позволят по характерным особенностям возникновения дефекта отливки относительно литейной формы и изменениям технологического процесса определить наиболее вероятную причину его возникновения. Проанализируем характерные особенности разновидности дефекта и его возможные варианты связей между причинами возникновения светлой подкорковой раковины и системой определения разновидности этой раковины. В качестве примера используем дефект, возникший на отливке «Крышка» (рис.3). Представленная отливка имеет поражение кромки пористостью, состоящей из мелких раковин. Такой дефект отчетливо просматривается с помощью бинокулярной лупы МБС-9 или даже прибо-

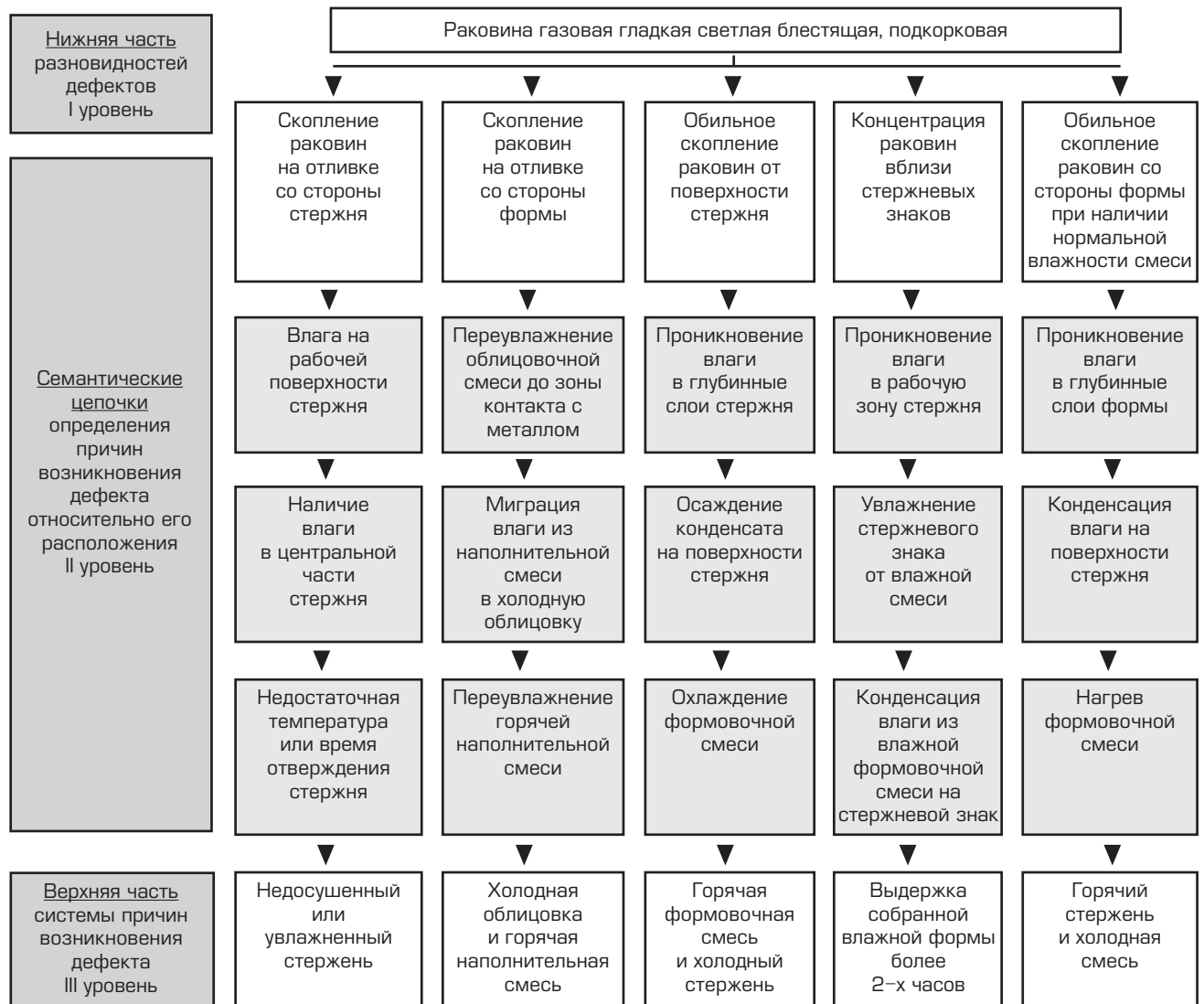


Рис. 4. Графа выявления причин возникновения мелких светлых газовых раковин на основе цепочек причинно-следственных связей



ра МПБ–2 для определения диаметра лунки на поверхности металла при замере его твердости. При увеличении хорошо просматривается светлая гладкая блестящая поверхность раковин в виде извилистых каналов уходящих в металл. На рис.3, а представлено в увеличенном виде распределение раковин по поверхности кромки отливки. Сама кромка отливки имеет ширину не более 10 мм. Проникая в металл через корку отливки, газ собирается в увеличенные раковины, которые поражают отливку на небольшую глубину. Такая раковина представлена в сечении отливки на рис. 2, в, где просматривается форма дефекта с гладкой поверхностью. На рис. 2, г при увеличении до 28 раз видна светлая поверхность раковины, уходящая своим устьем в сторону поверхности кромки с мелкими раковинами. Анализируя этот дефект с использованием визуально-логической модели на рис. 2, можно отметить, что:

- поверхность раковин гладкая светлая блестящая;
- диаметр раковин от 0,5 до 2 мм при различной длине проникновения в металл в виде извилистых каналов;
- располагается раковина у поверхности отливки;
- на небольшой глубине обнаружены увеличенные по размеру раковины, возникшие в результате скопления газа из мелких свищеобразных раковин.

Проведенный анализ возникновения дефекта показывает, что данная раковина (рис. 3) образовалась на той поверхности отливки, которая находится рядом со стержневым знаком. В свою очередь, стержневой знак входит в контакт с влажной поверхностью знака формы. В результате длительной выдержки стержневого знака в знаке формы происходит миграция влаги из формовочной смеси в стержень, что способствует увлажнению стержней от знака на окрашенную поверхность, где и расположена исследуемая кромка отливки. Следовательно, соединительным звеном между моделью систематизации разновидностей дефектов и моделью выявления причин возникновения светлых раковин служит именно место увлажнения стержня от влажной песчано-глинистой смеси. Путь возникнове-

ния дефекта можно установить при помощи поэтапного определения условий формирования дефекта, то есть выявлением цепочек причинно-следственных связей. Они состоят из следующих этапов технологического процесса: → выдержка собранной влажной формы более 2-х часов → увлажнение гигроскопичного стержневого знака от влажной смеси → проникновение влаги через знак стержня на его рабочий участок → испарение влаги при контакте заливаемого металла с переувлажненным участком формы → проникновение паровоздушной смеси через корку металла в полость отливки → образование светлой подкорковой раковины. Следовательно, причиной возникновения дефекта явилась выдержка собранной со стержнями влажной формы более 2 часов. Подобные цепочки причинно-следственных связей были построены для каждой разновидности дефектов. Пример графического изображения цепочек причинно-следственных связей для определения условий возникновения светлой подкорковой газовой раковины, представлен на рис. 4. Цепочки были определены в результате практического опыта, приобретенного в процессе устранения дефектов. Они служат соединительным звеном между моделью систематизации отличительных особенностей разновидностей дефектов и моделью определения причин их возникновения и способов ликвидации.

Ниже приведены три свернутые в модель цепочки по определению причин возникновения светлых раковин. В **первую графу** (рис. 4) вошли:

- нижняя часть разновидностей дефектов (рис. 2) в виде гладкой светлой блестящей подкорковой раковины;
- цепочки причинно-следственных связей;
- верхняя часть концептуальной модели выявления причин возникновения дефектов (рис. 6).

По аналогии с описанным выше построены **две другие модели** цепочек причинно-следственных связей для других светлых раковин, пример которых представлен на рис. 5. Рассмотрим представленные модели более подробно.

На 1-м уровне **графы** (рис. 4) расположена рако-



Рис. 5. Графа выявления причин возникновения крупных светлых газовых раковин на основе цепочек причинно-следственных связей

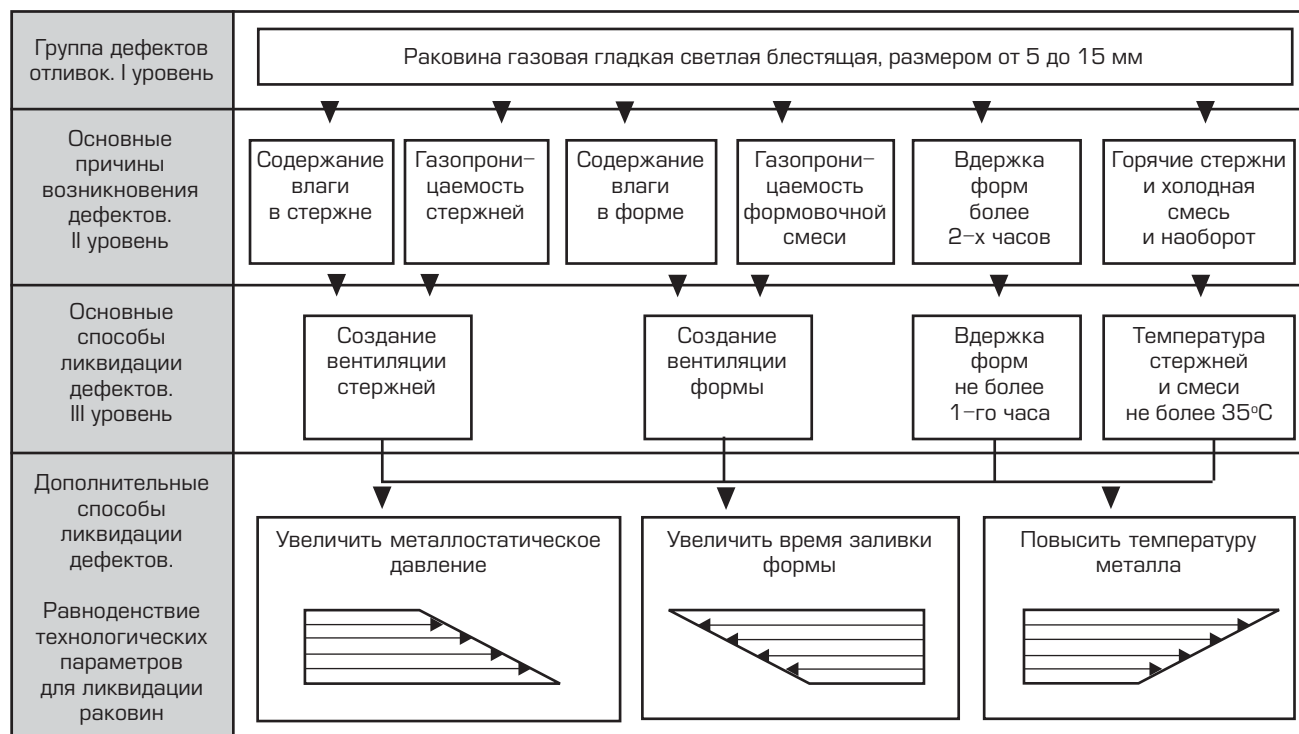


Рис. 6. Схема связи причин возникновения светлых газовых раковин и способов их ликвидации

вина светлая гладкая блестящая, подкорковая, характерные особенности которой представлены на рис. 2.

На 2-м уровне представлено графическое изображение цепочек причинно-следственных связей, которые являются соединительным построением между разновидностью дефекта и причиной его возникновения. На этом уровне описываются этапы последовательного формирования условий возникновения дефекта относительно элементов литейной формы или технологического процесса. К ним относится расположение раковин на отливке со стороны стержня, формы, стержневых знаков, их комбинаций, этапов технологического процесса и т.д.

На 3-м уровне рассматривается верхняя часть схемы концептуальной модели определения причин возникновения дефектов (рис. 6). В ней описываются конкретные причины возникновения дефектов, к которым относятся:

- недосушенный или увлажненный стержень;
- переувлажненная формовочная смесь. Возможно холодная облицовка и горячая наполнительная смесь;
- горячая формовочная смесь и холодный стержень;
- выдержка собранной влажной формы более 2-х часов;
- горячий стержень и холодная смесь.

Во вторую графу (рис. 5) вошли:

- нижние части двух разновидностей дефектов (рис. 2) – светлой раковины размером от 5 до 15 мм и светлой раковины размером более 15 мм («вскип»);
- цепочки причинно-следственных связей этих двух дефектов;
- верхняя часть концептуальной модели определе-

ния причин возникновения дефектов (рис. 6).

На первом уровне второй графы расположены две раковины светлые гладкие блестящие, характерные особенности которых представлены на рис. 2.

На втором уровне описывается методика определения причин возникновения дефектов на основе причинно-следственных связей, определяющих последовательность событий при формировании условий возникновения дефекта. Определяются характерные признаки, свидетельствующие о происхождении конкретной разновидности дефекта и строятся графы выявления причин на основе цепочек причинно-следственных связей между разновидностями дефектов и причинами их возникновения.

На третьем уровне рассматривается верхняя часть концептуальной модели определения причин возникновения дефектов (рис. 6). В ней описываются конкретные причины возникновения дефектов, к которым относятся:

- непросушенная краска на форме, локальное увлажнение формы;
- повышенная влажность стержня до 0,8%;
- отсутствие вентиляции стержня, его низкая газопроницаемость;
- конденсат влаги на опоке, влага в клее или краске;
- переувлажненная смесь, локальное скопление влаги;
- влажность стержня более 0,8%.

Следующим шагом после идентификации дефекта и определения причины его возникновения является определение способов его ликвидации. Представить структуру экспертных знаний по выбору способов уст-

ранения дефекта удобнее всего с помощью специальной схемы. Схема с описанием некоторых причин возникновения трех разновидностей светлых гладких блестящих раковин – средних, крупных и мелких подкорковых – и способов их ликвидации приведена на рис. 6.

**На первом уровне** схемы рассматривается группа дефектов, описанная выше.

**На втором уровне** модели рассматриваются основные причины возникновения дефектов.

**На третьем уровне** рассматриваются основные способы ликвидации дефектов.

**На четвертом уровне** рассматриваются дополнительные способы ликвидации гладких светлых блестящих раковин. Эффективным приемом в данном случае будет увеличение металлостатического давления в форме, что будет противостоять проникновению газа в металл. Увеличение времени заливки формы и повышение температуры заливаемого металла имеют положительное воздействие на удаление образующегося газа в процессе заливки металла в форму. Для этого форма должна иметь наколы с поверхности и выпоры в наиболее высоких местах отливки.

В нижней части концептуальной модели приводится схема равнодействия технологических параметров при использовании дополнительных способов ликвидации дефекта. Например, при возможности увеличе-

ния металлостатического напора можно снизить время заливки металла и уменьшить его температуру. Можно сделать и другой вариант. Если невозможно увеличить металлостатическое давление, можно увеличить время заливки и повысить температуру металла. Могут быть и другие варианты использования описанных технологических приемов. В частности, для снижения возможности проникновения влаги из формы в стержень, следует использовать связующие с низкой гигроскопичностью.

Рассмотренная методика полностью подтверждается результатами снижения брака отливок на заводах.

Наш E-mail: [voronin@vstu.ru](mailto:voronin@vstu.ru)

<http://otlivka.vstu.ru>

#### Список литературы

1. **Воронин Ю.Ф.** Повышение качества литья. Системный подход. Монография. – М.: Машиностроение – 1, 2007. – 263 с.
2. **Воронин Ю.Ф., Камеев В.А.** Архитектура разновидностей светлых газовых раковин // Оборудование. Технический альманах. – 2006. – № 1. – С. 69 – 73.
3. **Воронин Ю.Ф.** Дефекты литья. Причины возникновения светлых газовых раковин // Оборудование. Технический альманах. – 2006. – № 2. – С. 74 – 76.

## ООО «ТЕРМОЛИТ-ОГНЕУПОР»

Украина, 72316, г. Мелитополь, ул. Индустриальная, 30/4

Тел.: (1038 0619) 44-00-07, 44-00-08, 44-00-06. Факс: (1038 0619) 44-00-07, 44-00-08

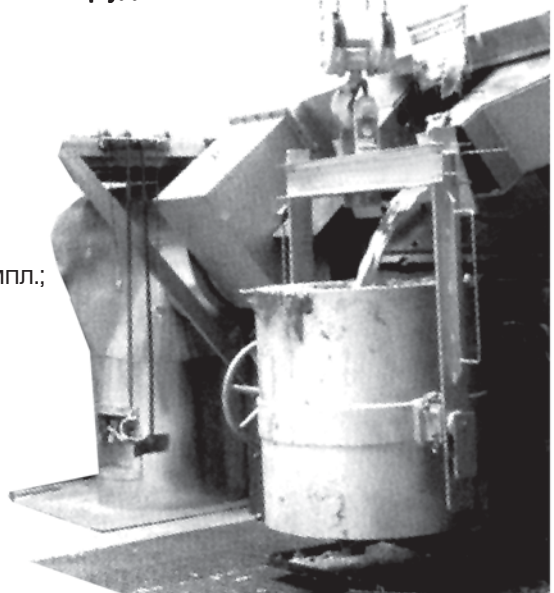
E-mail: [termolitogneypor@mail.ru](mailto:termolitogneypor@mail.ru), [ogneypor@list.ru](mailto:ogneypor@list.ru), [termodir@mail.ru](mailto:termodir@mail.ru)

27

## ПРОДАЕМ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

ООО «ТЕРМОЛИТ-ОГНЕУПОР» продает следующее оборудование:

- дуговая сталеплавильная печь ДСП-1,5 – 1 компл.;
- дуговая сталеплавильная печь ДСП-3 – 2 компл.;
- дуговая сталеплавильная печь ДСП-6 – 3 компл.;
- дуговая сталеплавильная печь ДСП-12 – 1 компл.;
- индукционная тигельная печь ИЧТ-1/0,4 – 1 компл.;
- индукционная тигельная печь ИЧТ-2,5/1,3 – 2 компл.;
- индукционная тигельная печь ИЧТ-6/1,6 – 1 компл.;
- индукционная тигельная печь ИЧТ-10/2,5 – 1 компл.;
- индукционная тигельная печь миксер ИЧТМ-10М1 – 1 компл.;
- индукционная тигельная печь ИЧТ-31/7,1 – 1 компл.;
- индукционная тигельная печь ИСТ-0,4 И1 – 1 компл.;
- индукционная тигельная печь ИСТ-0,4/0,5 – 1 компл.;
- индукционная тигельная печь ИСТ-1/0,8-М5 – 1 компл.;
- преобразователь ППЧВ-250-2,4-380 – 1 шт.;
- преобразователь ППЧВ-250-10-380/660 – 6 шт.;
- преобразователь ППЧВ-500-1-6 – 4 шт.;
- трансформатор закалочный ТЗ-3200 – 3 шт.;
- смеситель литейный чашечный 15114 – 4 шт.;
- смеситель литейный чашечный 15107 – 8 шт.;
- смеситель литейный чашечный 15117 – 2 шт.;
- машина литья под давлением А711А07 (печь газовая – масса загрузки 80 кг в комплекте)



Б.В. Линчевский (МГВМИ), В.М. Зайцев (ОАО «Тяжпрессмаш»),  
Д.Г. Маслов (ООО «НТФ "ЭКТА"»)

## Сравнение показателей работы дуговой печи переменного и постоянного тока на ОАО «Тяжпрессмаш»

В 2004 г. на предприятии ОАО «Тяжпрессмаш», г. Рязань, совместно с ООО «НТФ «ЭКТА» дуговая печь переменного тока ДСВ-20 была реконструирована в дуговую печь постоянного тока ДППТУ-20 вместимостью 20 т для производства стального и чугунного литья, слитков из легированных, инструментальных сталей общим выпуском около 20 тыс. т в год.

Печь ДСВ-20 имела трансформатор мощностью 8 МВА. При реконструкции не ставили задачу увеличения мощности энергоснабжения и уменьшения длительности расплавления до 40–50 мин, так как продолжительность плавки и производительность плавильного участка завод удовлетворяли. Однако отсутствие резких переменных нагрузок при эксплуатации ДППТУ позволило увеличить использование энергосистемы на 20–25%, а мощность источника питания до 10,74 МВА.

Печь постоянного тока была создана по проекту НТФ «ЭКТА» [1, 2]. Работа печи ДППТУ сопровождается существенным улучшением условий труда благодаря снижению уровня шума на 25 дБА; уменьшению пылегазовых выбросов в рабочей зоне более чем в 2,5 раза; уменьшению физических нагрузок персонала по ходу плавки в результате использования меньшего количества шлакообразующих и ферросплавов; уменьшению поломок графитированного электрода [3, 4].

Одним из важных преимуществ печей постоянного тока при проведении дефосфорации и десульфурации, окисления, науглероживания, рафинирования, раскисления является более активное перемешивание металла вследствие магнитогидродинамического (МГД) перемешивания, что осуществляется за счет взаимодействия тока, протекающего через расплав, с электромагнитным полем протекающего тока [3]. В подине печи установлены два подовых электрода, смещенных от оси симметрии подины. Опорное пятно дуги размещается по центру расплава, благодаря чему, в расплаве вектор тока имеет ярко выраженные вертикальную и горизонтальную составляющие. Взаимодействие собственного магнитного поля с током вызывает интенсивное перемешивание расплава в вертикальной и горизонтальной плоскостях с максимальной скоростью движения набегающего потока расплава под дугой и из-под дуги в глубь расплава. Такой характер движения расплава наблюдается в любой ДППТУ с распределенным по площади подины токоподводом к расплаву, но он неустойчив во времени. Через относительно короткое время под анодным пятном дуги и над подовыми электродами формируются вихревые потоки, а движение основной массы расплава прекращается. Поэтому была разработана система поддержки оптимальной схемы перемешивания расплава и сброса

Таблица 1. Марки сталей, выплавляемых в печах ДСП и ДППТУ

Печь	Углеродистая сталь	Легированная сталь
ДСП	Ст.20 (1 плавка), Ст.35(4 плавки), Ст.45 (4 плавки), 20ГСЛ (2 плавки), 20ЛП (11 плавки)	40Х (5 плавки), 40ХН2МА (4 плавки), 4Х5В2ФС (2 плавки), 4Х5МФС (5 плавки), 5Х2МНФ (3 плавки), 18ХНМ (6 плавки), 5ХНМ (18 плавки)
ДППТУ	Ст.20 (3 плавки), Ст.45(4 плавки), 25ЛП (3 плавки), 35ЛП (8 плавки)	40Х (5 плавки), 40ХН2МА (3 плавки), 4Х5В2ФС (5 плавки), 4Х5МФС (8 плавки), 5ХНМ (21 плавка)

Таблица 2. Технологические показатели плавки в различных печах

Показатели	Углеродистая сталь		Легированная сталь		Сталь 5ХНМ	
	ДСП	ДППТУ	ДСП	ДППТУ	ДСП	ДППТУ
Металлозавалка, т	21,0/28,5/ <b>24,3</b>	18,0/30,5/ <b>22,8</b>	16,3/25,0/ <b>21,9</b>	20,8/23,0/ <b>21,6</b>	21,0/24,5/ <b>22,1</b>	21,0/23,0/ <b>21,6</b>
Продолжительность плавки, ч	3,9/6,7/ <b>5,1</b>	2,4/4,3/ <b>3,1</b>	2,8/ 7,8/ <b>4,7</b>	2,3/4,3/ <b>3,1</b>	2,8/5,3/ <b>4,3</b>	2,3/3,8/ <b>3,1</b>
Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/т	736/926/ <b>822</b>	453/642/ <b>534</b>	682/1317/ <b>915</b>	463/767/ <b>556</b>	682/1294/ <b>852</b>	463/659/ <b>543</b>
Производительность печи, т/ч	3,84/5,07/ <b>4,46</b>	4,94/9,41/ <b>7,15</b>	2,85/7,1/ <b>4,50</b>	4,81/9,08/ <b>6,72</b>	3,68/7,10/ <b>4,95</b>	5,21/9,08/ <b>6,70</b>

Примечание: min/max/среднее.

вихревых потоков, которые не разрушают футеровку подины печи и подовые электроды. Система работает с помощью электрического регулятора режима источника электропитания [1, 2].

Таким образом, ДППТУ имеет совершенную систему МГД перемешивания расплава, которая с большой скоростью, во все периоды нагрева и рафинирования расплава, выравнивает его температуру и химический состав, многократно увеличивает поверхность взаимодействия шлака с металлом, обеспечивает в полной мере передачу энергии электрической дуги в расплав практически без его локального перегрева. Практические наблюдения показывают, что скорость движения металла достигает 0,15–0,35 м/с в зависимости от силы тока. Новая система перемешивания расплава конструктивно очень проста [5].

В табл. 1 и 2 представлены производственные результаты выплавки различных марок сталей в ДСП и ДППТУ.

Из табл. 1 и 2 видно, что с сокращением времени расплавления, снижением расхода материалов уменьшились потери металла, снизился общий угар металла шихты, также уменьшилась масса металлозавалки (в среднем) для углеродистой стали на 6% (1,5 т), легированной на 1,4% (0,3 т), стали 5ХНМ на 2,3% (0,5 т). При этом печь работает в реальных заводских условиях и часто приходится производить до четырех подзавалок шихты, что связано с использованием легковесной шихты и несовершенством системы загрузки, которая при модернизации печи осталась неизменной.

Общая продолжительность плавки сократилась для углеродистой стали примерно на 40% (с 5,1 до 3,1 ч); для легированной стали примерно на 35% (с 4,7 до 3,1 ч), для стали 5ХНМ на 28% (с 4,3 до 3,1 ч).

Также отмечено значительное снижение удельного расхода электроэнергии и были сняты претензии сетевой компании вследствие существенного снижения генерации помех в питающей электросистеме.

Экономия электроэнергии составляет (сравнивали плавки с одной завалкой шихты) при выплавке углеродистой стали около 35% (с 822 до 534 кВт·ч/т); при выплавке легированной стали около 40% (с 915

до 556 кВт·ч/т), в для стали 5ХНМ около 36% (с 852 до 543 кВт·ч/т).

Расход электроэнергии несколько выше при выплавке легированной стали, чем углеродистой, что объясняется технологической необходимостью для создания более высоких температур. Однако продолжительность плавки не возрастает.

Обработка результатов балансовых плавков показала, что общий угар металла снизился с 7–7,5 до 3–4,5% для различных марок сталей, что позволяет экономить 25–40 кг металла на 1 тонну выплавляемой стали. Расход графитированных электродов уменьшился с 14,6 до 2,12 кг/т [4]. Эффективная система МГД перемешивания, реализованная на печи постоянного тока, позволила снизить расходы основных и вспомогательных материалов, дополнительно снизить массу металлозавалки, в результате производительность печи постоянного тока по сравнению с ДСП увеличивается при выплавке углеродистой стали примерно на 60 % (с 4,5 до 7,2 т/ч); при выплавке легированной стали примерно на 50% (с 4,5 до 6,7 т/ч), для стали 5ХНМ примерно на 36% (с 4,9 до 6,7 т/ч).

В табл.3 приведен удельный расход технологических материалов при плавке в печах ДСП и ДППТУ, из которой видно, что удельный расход основных ферросплавов снижается:

- ферросилиция ФС 45 на ~ 30% для углеродистой и легированной стали;
- ферромарганца ФМ 78 на ~ 21% для углеродистой и легированной марок сталей, на ~ 25% для стали 5ХНМ.

Также уменьшился удельный расход:

- извести на ~ 60% для углеродистой стали, на ~ 56% для легированной, на ~ 58% для стали 5ХНМ;
- руды на ~ 70% для углеродистой стали;
- шамота на ~ 60% для углеродистой стали, на ~ 40% для легированной, на ~ 60% для стали 5ХНМ.

Снижение массы используемых шамота, извести, ферросплавов для углеродистых сталей на ~ 60% (на 1,5 т с 2,4 до 0,9 т), для легированных сталей чем на 40% (на 0,8 т с 1,8 до 1 т) можно объяснить более эффективным взаимодействием металла со шлаком, в результате чего увеличивается скорость и полнота

Таблица 3. Удельный расход технологических материалов

Удельный расход, кг/т	Углеродистая сталь		Легированная сталь		Сталь 5ХНМ	
	ДСП	ДППТУ	ДСП	ДППТУ	ДСП	ДППТУ
Руда	11,0/45,0/ 15,9	1,0/9,0/ 5,9	-	-	-	-
Известь	22,0/65,0/ 50,0	1,5/37,0/ 14,5	19,0/78,0/ 48,0	9,0/53,0/ 21,0	15,0/78,0/ 48,0	10,0/39,0/ 20,0
Шамот	3,0/15,0/ 9,0	1,0/4,0/ 2,9	1,0/27,0/ 9,6	1,0/19,0/ 5,6	5,0/24,0/ 12,0	1,0/16,0/ 4,4
Ферросилиций	13,0/28,6/ 15,8	9,6/12,9/ 11,0	12,8/57,3/ 22,3	2,5/44,1/ 16,0	12,8/21,4/ 16,0	7,5/13,7/ 11,0
Ферромарганец	4,4/11,3/ 6,6	3,5/6,6/ 5,2	4,2/9,5/ 6,2	2,5/7,6/ 5,0	4,4/11,3/ 6,6	3,5/6,6/ 5,2

Примечание: min/max/среднее.

Таблица 4. Средний расход материалов на плавку

Тип печи	Средний расход материалов на плавку, кг							
	Технологические материалы					Всего технологических материалов	Металло-завалка	Итого материалов
	Руда	Известь	Шамот	ФС45	ФМн78			
<b>Углеродистая сталь</b>								
ДСП	380	1215	220	380	168	2370	24300	26670
ДППТУ	105	330	66	250	119	870	22800	23670
<b>Легированные стали, включая 5ХНМ</b>								
ДСП	-	1050	177	490	125	1840	21900	23740
ДППТУ	-	450	121	350	108	1030	21600	22630
<b>Сталь 5ХНМ</b>								
ДСП	-	1060	265	340	155	1820	22100	23920
ДППТУ	-	430	95	250	115	880	21600	22480

протекания реакций обезуглероживания, дефосфорации, десульфурации и раскисления.

В табл. 4 представлены средние расходы материалов при плавки в ДСП и ДППТУ.

Таким образом, сравнение производственных показателей выплавки различных сталей в ДСП и ДППТУ показало, что выплавка сталей в ДППТ характеризуется снижением расхода технологических материалов, электроэнергии, понижением угара металла и повышением производительности печей.

За дополнительной информацией обращайтесь:

[www.stf-ekta.ru](http://www.stf-ekta.ru)

115193, Москва, ул. П. Романова, 7,

тел./факс:(495)679-48-43, 677-58-57,

e-mail: [info@stf-ekta.ru](mailto:info@stf-ekta.ru).

#### Список литературы

1. Пат. РФ № 2104450 / Малиновский В.С./ Способ электроплавки и дуговая печь для его осуществления.
2. Пат. РФ № 2048662 / Малиновский В.С./ Способ электроплавки и дуговая печь для его осуществления.
3. Володин А.М., Богдановский А.С., Малиновский В.С. Результаты работы печи постоянного тока нового поколения // Металл, оборудование, инструмент.- 2004. - №6.
4. Володин А.М., Богдановский А.С., Малиновский В.С. Результаты работы печи постоянного тока ДППТУ-20 на ОАО «Тяжпрессмаш» // Литейное производство.- 2004. - № 11.
5. Яичков И.М., Портнова И.В., Миляев А.Ф. Влияние диаметра и расположения подовых электродов на объемные электромагнитные силы в ванне ДППТ // VII съезд литейщиков России. - Новосибирск, 2005.

В.К. Дубровин (канд. техн. наук, доцент, ГОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет», г. Челябинск)

## Влияние алюмосиликатных формовочных материалов и условий заливки на качество отливок из жаропрочных никелевых сплавов

Литые детали ответственного назначения из жаропрочных никелевых сплавов получают литьем по выплавляемым моделям в корундосиллиманитовые формы на этилсиликатном связующем, которые заливают в вакуумных плавильно-заливочных установках. Так как требования к таким деталям, особенно эксплуатируемым на авиакосмической технике, очень высокие, отливки подвергаются жесткому многоэтапному контролю. Брак отливок составляет 30-40%, а при получении отливок с направленной структурой иногда доходит до 80%. Значительная часть дефектов связана с наличием на поверхности и в теле отливки неметаллических включений, образующихся в процессе плавки металла, заливки форм и формирования отливки. Следует отметить, что усилия исследователей по совершенствованию процессов изготовления отливок

из жаропрочных сплавов на основе никеля в основном направлены на изучение формирования макро- и микроструктуры металла, ее влияния на механические и служебные свойства литой детали, а также на совершенствование конструкции устройств и промышленных установок для осуществления данного процесса. Совершенствование керамических литейных форм осуществлялось в основном в направлении повышения их прочности и термостойкости. Вместе с тем, большую роль в получении качественных отливок играют происходящие в плавильно-заливочных установках физико-химические процессы, на которые, в свою очередь, оказывают влияние огнеупорные материалы литейных форм, температурный режим системы «металл-форма» и значение остаточного давления в рабочем объеме печи.

Для изучения процессов, протекающих в системе «металл–форма», был произведен расчет нестационарных температурных полей методом элементарных энергетических балансов по принципу конечности-разностных преобразований.

Температурный режим оценивали в процессе литья турбинной лопатки газотурбинного авиационного двигателя, получаемой из сплава ЖС-6-УВИ в вакуумных плавильно-заливочных установках типа УППФ-3. Расплав, имеющий температуру 1550–1600°C, заливали в подогретые до 900–1000°C литейные формы.

При анализе температурного поля особое внимание заслуживает время пребывания в контакте с формой жидкого металла и жидкотвердого расплава в интервале температур кристаллизации ликвидус–солидус ( $T_n - T_c$ ), а также время нахождения контактного слоя формы  $T_n$  при температурах, превышающих  $T_c$ , и при температурах, вызывающих возгонку и диссоциацию огнеупорных оксидов.

На рис. 1 представлено распределение температур в форме со стороны вогнутой части лопатки для различных параметров заливки.

Как показали расчеты, после заливки падение температуры сплава в центре отливки на 100°C происходит в первые 7–8 с примерно с одинаковой скоростью независимо от температур заливаемого металла и подгрева формы, через 10–20 с момента заливки температура поверхности формы становится равной температуре металла. Из-за малой толщины отливки температура в ее центре и на поверхности через данный промежуток времени практически выравнивается. С течением времени момент достижения температуры солидус  $T_c = 1296^\circ\text{C}$  на границе «металл–форма» начинает зависеть как от температуры заливки металла  $T_{\text{зал}}$ , так и температуры предварительного нагрева формы  $T_{\text{ф}}$ . Например, при  $T_{\text{зал}} = 1600^\circ\text{C}$  температура сплава снижается до  $T_c = 1296^\circ\text{C}$  при  $T_{\text{ф}} = 1000^\circ\text{C}$  за 180 с, а при  $T_{\text{ф}} = 900^\circ\text{C}$  за 100 с. Снижение  $T_{\text{зал}}$  на 50°C позволяет достичь  $T_c$  уже за более короткий промежуток времени, соответственно, за 120 и 70 с. В свою очередь, при  $T_{\text{зал}} = 1600^\circ\text{C}$  керамическая оболочка прогревается до температур, превышающих  $T_c$ , на глубину 1 мм за 10–20 с. Причем при  $T_{\text{ф}} = 1000^\circ\text{C}$  температура поверхностного слоя формы  $T_n$  на глубине 1 мм сохраняется выше  $T_c$ , соответственно в течение 120 с. На глубине 2 мм температура формы не превышает  $T_c$ .

При снижении температуры заливки сплава до 1550°C прогрев формы на глубину 1 мм до температур выше  $T_c$  возможен только при исходной  $T_{\text{ф}} = 1000^\circ\text{C}$  и условии  $T_n > T_c$  сохраняется в течение 70 с. На большей глубине этого перегрева вообще не на-

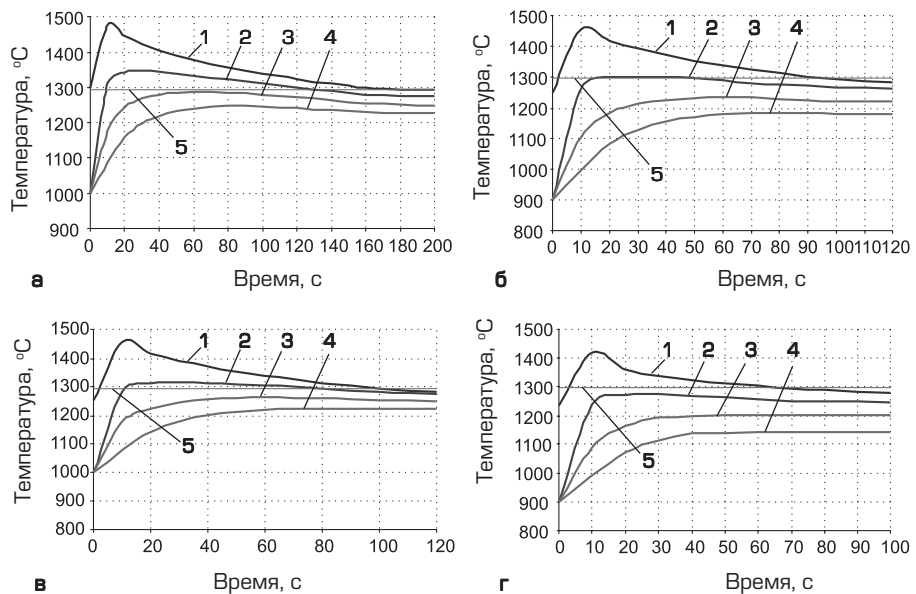


Рис. 1. Температурные поля керамических формооболочек: а, б – температура заливки металла  $T_{\text{зал}} = 1600^\circ\text{C}$ ; в, г –  $T_{\text{зал}} = 1550^\circ\text{C}$ ; а, в – температура формы перед заливкой  $T_{\text{ф}} = 1000^\circ\text{C}$ ; б, г –  $T_{\text{ф}} = 900^\circ\text{C}$ ; 1 – контакт; 2 – 1 мм; 3 – 2 мм; 4 – 3 мм; 5 – солидус

блюдается. Еще более существенно сказывается на прогреве формы после заливки металла ее исходная температура. Например, если  $T_{\text{ф}} \leq 850^\circ\text{C}$ , то облицовочный слой формы не прогревается выше  $1296^\circ\text{C}$  даже при температуре заливки  $1600^\circ\text{C}$ .

С целью подтверждения расчетных данных было проведено термометрирование поверхностного слоя шести отливок турбинных лопаток в печи УППФ-3. Расхождение расчетных и экспериментальных данных составило  $\pm 1,5\%$ , что подтвердило возможность использования расчетов для практических целей.

С точки зрения возможности взаимодействия металла и материала формы при литье жаропрочных сплавов важна не абсолютная  $T_n$ , а разность  $T_n - T_c$  и продолжительность существования периода  $T_n \geq T_c$ , который определяется прогревом формы. При  $T_{\text{зал}}$  и  $T_n$  меньших  $T_c$ , взаимодействие практически маловероятно. Результаты расчетов показывают, что в рассмотренной системе в результате длительного контакта металла с формой (около 2 мин и более) при  $T_n$  и  $T_{\text{зал}}$  превышающих  $T_c$ , создаются благоприятные условия для протекания процессов физико-химического взаимодействия на границе «металл–форма».

Еще более благоприятные условия для взаимодействия расплава с литейной формой наблюдаются в проходных печах направленной кристаллизации лопаток ПМП-2, где металл и форма одновременно нагреваются до  $1560^\circ\text{C}$  и находятся в контакте при температурах выше  $1296^\circ\text{C}$  в течение нескольких часов.

Для определения влияния материалов литейных форм и плавильных тиглей на качество отливок оценивали их термическую устойчивость к испарению и диссоциации при температурах прогрева форм в условиях вакуумной заливки, а также к взаимодействию с компонентами сплава. Расчет количественных закономерностей инконгруэнтного испарения в вакууме различных оксидов проводили по методике Герца–Лэнгмюра, преобразованной с учетом уравнения Вант-

Гоффа реакций диссоциации в выражение:

$$J = \{2\pi M_{\text{Me}} RT\}^{-1/2} n M_{\text{MeO}} \exp^{-\Delta G/aRT} P_{\text{O}_2}^{-b/a},$$

где  $J$  – скорость испарения оксида;  $R$  – универсальная газовая постоянная;  $T$  – температура;  $M_{\text{Me}}$  – молярная масса металла в оксиде;  $M_{\text{MeO}}$  – молярная масса оксида;  $n$  – отношение количества молей оксида к количеству молей образующегося металла;  $\Delta G$  – изменение энергии Гиббса реакции;  $a$  и  $b$  – стехиометрические коэффициенты в реакции диссоциации оксида соответственно перед металлом и кислородом;  $P_{\text{O}_2}$  – парциальное давление кислорода.

Расчетные давления паров оксидов представлены на рис. 2, а скорости испарения при внешнем  $P = 1,33$  Па на рис. 3. В группу с наибольшей скоростью испарения входят оксиды  $\text{FeO}$ ,  $\text{CoO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ , самыми устойчивыми к возгонке являются  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{ZrO}_2$ , а  $\text{MgO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$  и  $\text{TiO}_2$  занимают промежуточное положение. Для оценки расчетных данных были проведены экспериментальные работы на высокотемпературной вакуумной установке. Исследуемые материалы в дисперсном виде подвергали изотермической выдержке в вакууме  $1,3\text{--}1,5$  Па при  $1600 \pm 12^\circ\text{C}$  в течение 3 ч. Скорость испарения оценивали по убыли массы образцов, и она составила: для  $\text{SiO}_2$  –  $5,1 \cdot 10^{-5}$ ,  $\text{MgO}$  –  $7,2 \cdot 10^{-5}$ ,  $\text{CaO}$  –  $8,6 \cdot 10^{-7}$  и  $\text{TiO}_2$  –  $4,3 \cdot 10^{-7}$  кг/м<sup>2</sup>с, у алюмосиликатов (муллит, дистен-силлиманит, шамот) она была в пределах  $(0,4\text{--}2,9) \cdot 10^{-6}$  кг/м<sup>2</sup>с. Полученные данные подтверждают активное инконгруэнтное испарение оксидов, способных за счет выделяемого кислорода и элементов окислять компоненты сплава и насыщать его. Термодинамическими расчетами с учетом активных концентраций Al и Si установлена возможность насыщения сплава ЖС6–К в вакууме кремнием из газовой фазы по реакции  $3\text{SiO}_g + 2[\text{Al}_{\text{ж}}] \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_{3\text{т}} + 3[\text{Si}_{\text{ж}}]$ . Равновесная концентрация кремния в сплаве по данной реакции в интервале  $1400\text{--}1700^\circ\text{C}$  находится в пределах  $28,8\text{--}5,7\%$ . Такие же закономерности характерны и для других сплавов ЖС6У–ВИ, ЖС30–ВИ. Насыщение сплавов кремнием на глубину до 600 мкм, в 5–10 раз превышающее допустимую концентрацию (0,6%), подтверждается микрорентгеноспектральным анализом отливок, получаемых в ПМП–2. При сканировании поверхности отливок отмечено также локальное насыщение сплава Fe и Ca. Повышение в сплаве концентраций Si, Fe и Ca приводит к снижению его служебных свойств, в частности, жаропрочности и предела выносливости.

При плавке и заливке металла в вакууме наряду с испарением оксидов наблюдается и высокая летучесть компонентов сплавов. Например, уже при  $1427^\circ\text{C}$  давление паров Ni, Al, Co над сплавом ЖС6–К с учетом их молярных концентраций превышают 1,33 Па, а при  $1527^\circ\text{C}$  этого предела достигает и давление пара хрома. Расчетные скорости испарения компонентов сплава ЖС6–К приведены на рис. 4. Наиболее высокие скорости характерны для Co, Al, Ni и Cr. Сравнение коэффициентов диффузии элементов в сплаве и констант их испарения позволило сделать вывод, что испарение Al и Cr при  $1420\text{--}1600^\circ\text{C}$  протекает в диффузионной области, а Ti – в переходной. Летучесть компонентов сплава в вакууме подтверждается и опытным путем. Химический состав сплава до и после выдержки в вакууме  $1,33$  Па при  $1570 \pm 10^\circ\text{C}$  в течение 2 ч определяли на спектральном анализаторе ДФС–52.

Исходный состав сплава, %: 10,46 Cr; 4,82 Co; 5,31 Al; 2,95 Ti; 5,07 W; 4,24 Mo; Ni – остальное. Включения Si, Fe, Mn, а также C не определяли. После выдержки состав сплава стал следующим, %: 10,18 Cr; 4,61 Co; 5,23 Al; 2,93 Ti; 5,05 W; 4,23 Mo; Ni – остальное, то есть наблюдалась наибольшая убыль Cr, Al, Co. На крышке из оксида бериллия, которой закрывался тигель, в более холодной зоне образовывались металлические капельки возгона со средним диаметром 300–500 мкм. Спектральный анализ показал, что они имеют следующий усредненный состав, %: 58,7 Ni; 30,28 Cr; 6,3 Co; 3,1 Al; 0,1 Ti; 0,7 W; 0,9 Mo, то есть это высокохромистый никелевый сплав.

На поверхности охлажденной металлической пробы наблюдается пригар темно-серого цвета, как результат взаимодействия в системе «металл–тигель». Кроме того, стенка тигля из белой становилась розовой, а в некоторых местах и пурпурной. Это свидетельствует об образовании хромистого корунда. Аналогичная картина наблюдается и при использовании в установках ПМП–2 керамических форм, контактные с металлом слои которых выполнены из суспензии с корундовым наполнителем. Причем с увеличением в форме кремнезема связующего интенсивность розовой окраски пригарной корки усиливается. Это связано с тем, что хром, испаряясь в вакууме из сплава, способен окисляться кислородом атмосферы печи, а также моноксидом кремния и кислородом, выделяемыми при инконгруэнтном испарении кремнезема связующего формы.

Наряду с возгоном компонентов происходит и их окисление кислородом атмосферы ПЗУ, а также кислородом – продуктом испарения оксидов. Об этом свидетельствует образование на стенках корундовой тигля, а также на поверхности корундовой формы в ПМП–2 хромистого корунда, что подтверждается рентгенофазовым и рентгеноспектральным анализами.

В печах направленной кристаллизации ПМП–2 возможно также взаимодействие огнеупорных оксидов литейной формы с графитом, из которого выполнены опоки и крышки, футеровка печи и ее нагреватели, и который используется также в качестве опорной засыпки форм в опоках. В вакууме при высоких температурах графит сублимирует и скорость данного процесса описывается уравнением  $\lg \dot{w} = 9,127 - 40060/T$ . В интервале температур  $1400\text{--}1700^\circ\text{C}$  скорость сублимации графита колеблется от  $1,5 \cdot 10^{-14}$  до  $6,6 \cdot 10^{-14}$  г/м<sup>2</sup>с. Поэтому восстановление оксидов формы возможно как при непосредственном контакте с графитом, так и углеродом газовой фазы.

Восстановление  $\text{SiO}_2$  до SiO и O термодинамически вероятно при более низких температурах. Например, при  $P = 1,33$  Па  $T_p \geq 970^\circ\text{C}$ .

Восстанавливаются углеродом в ПМП–2 и алюмосиликаты формы (дистен, силлиманит, муллит). Термодинамические расчеты показывают, что при  $P = 1,33$  Па восстановление дистена и силлиманита вероятно при  $T \geq 960^\circ\text{C}$  по реакции  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 + \text{C} = \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO} + \text{CO}$ , а муллита при  $T \geq 997^\circ\text{C}$  по реакции  $1/3(3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2) + \text{C} = 3/2(\text{Al}_2\text{O}_3) + \text{SiO} + \text{CO}$ .

Взаимодействие в системе «оксид–углерод» в условиях ПМП–2 подтверждаются и экспериментально. Убыль массы навесок разных оксидов одинакового фракционного состава в графитовых тиглях за рабочий цикл в ПМП–2 составила: для электрокорунда –



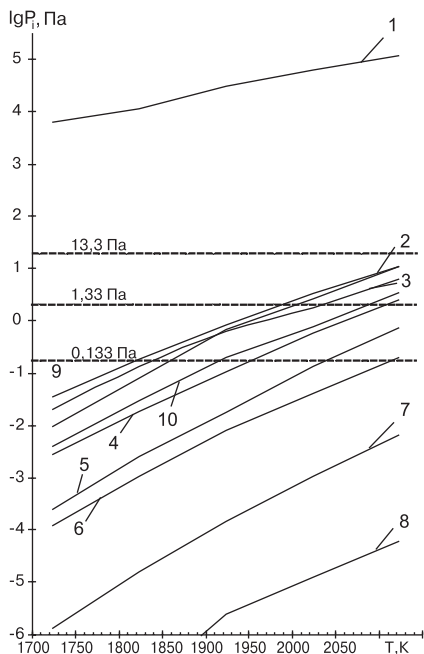


Рис. 2. Давление паров оксидов: **1** –  $\text{Na}_2\text{O}$ ; **2** –  $\text{SiO}_2$ ; **3** –  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; **4** –  $\text{MgO}$ ; **5** –  $\text{CaO}$ ; **6** –  $\text{TiO}_2$ ; **7** –  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; **8** –  $\text{ZrO}_2$ ; **9** –  $\text{MnO}$ ; **10** –  $\text{Cr}_2\text{O}_3$

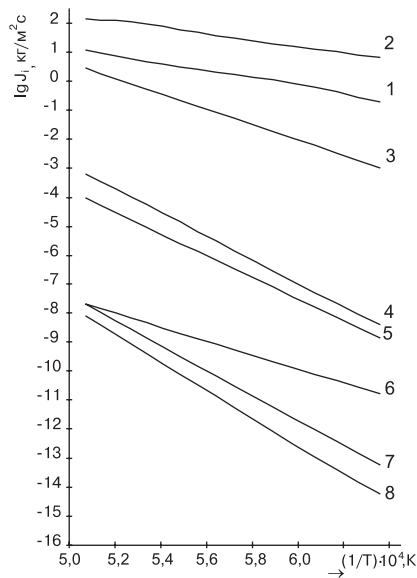


Рис. 3. Скорости испарения оксидов: **1** –  $\text{CaO}$ ; **2** –  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; **3** –  $\text{Na}_2\text{O}$ ; **4** –  $\text{SiO}_2$ ; **5** –  $\text{MgO}$ ; **6** –  $\text{CaO}$ ; **7** –  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; **8** –  $\text{TiO}_2$

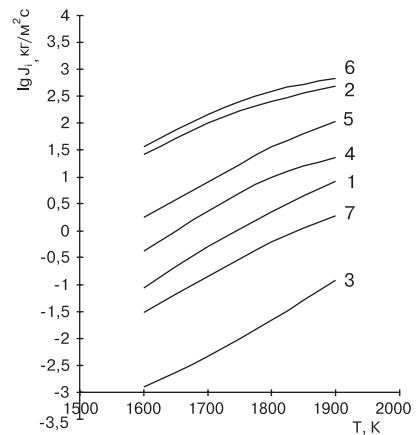


Рис. 4. Скорости испарения компонентов сплава ЖС6-К: **1** – Si; **2** – Al; **3** – Ti; **4** – Ni; **5** – Cr; **6** – Co; **7** – Fe

25–29%; кварца – 57–62%; дистен–силлиманита – 49–54%.

Образующиеся в результате восстановительных реакций газообразные оксиды кремния и углерода увеличивают окислительный потенциал печи и, следовательно, ее способность к окислению активных компонентов жаропрочных сплавов Al, Ti, Cr и др.

Спектральный анализ на РЭМ–100У наростов с графитовых нагревателей печи ПМП–2 показал наличие в них Si, Al, в меньших количествах Cr, Ti, Fe, Mg.

Рассмотренные процессы взаимодействия «металл–форма» в большей степени наблюдаются в проходных печах ПМП–2, несколько в меньшей степени – в установках высокоскоростной направленной кристаллизации УВНК, а также в печах УППФ–3. Причем в последних плавильно–заливочных агрегатах на общую термодинамическую устойчивость системы существенное влияние оказывают также процессы возгонки алюмосиликатных материалов тигля и их взаимодействие с химически активными компонентами расплава.

Процессы взаимодействия оказывают негативное влияние на качество формирующейся отливки. Исследования проводили с использованием микрорентгеноспектрального анализатора РЭМ–100У, микроскопов РЭМ–200 и МИМ–2. При литье жаропрочных сплавов наблюдается образование поверхностных дефектов, которые насыщены кремнием, титаном, железом, кальцием и обеднены основными легирующими элементами – кобальтом, вольфрамом, хромом. При этом отливки лопаток из жаропрочных сплавов с направленной структурой подвергаются сплошному поверхностному насыщению кремнием на глубину до 600 мкм, и его концентрация в 3–10 раз превышает допустимую – 0,4 %. Это приводит к образованию включений типа  $\sigma$ – и Лавес–фазы с пластинчатой морфологией, способных снижать служебные характеристики сплава и детали в целом, особенно – длительную прочность.

Результаты исследований позволили разработать технологические процессы, обеспечивающие получение низкокремнеземистого этилсиликатного связующего, муллитизацию кремнезема связующего и дистен–силлиманитового наполнителя, что значительно снижает реакционную способность форм. В проходных печах направленной кристаллизации уплотнение пиролитическим углеродом графитовых изделий позволяет на порядок сократить поверхность, доступную взаимодействию с газообразными компонентами возгонки материалов формы и испарения с нее атомарного углерода.

Перспективным методом снижения химической активности системы «металл – форма – газ» является применение в плавильно–заливочных установках защитной атмосферы из инертных газов. Основа данного метода заключается в следующем: через плавильно–вакуумную установку в процессе плавки, заливки и охлаждения металла в форме прокачивается инертный газ при давлении 130–140 Па. Это позволяет существенно снизить интенсивность испарения огнеупорных оксидов формы, тигля, компонентов сплава, следовательно, и активность их взаимодействия между собой. Экспериментальные исследования показали, что при  $T=1550\pm 10^\circ\text{C}$  в среде инертного газа аргона (марки А) с давлением 133 Па убыль массы элементов жаропрочного никелевого сплава не превышала 0,026%. Практически не фиксировалась в данных условиях убыль массы огнеупорных оксидов алюминия, кремния, кальция, магния, титана и циркония, а также муллита, шамота и силлиманита.

Применение в производстве разработанных технологических приемов позволяет снизить брак отливок из жаропрочных никелевых сплавов на 9–11%, сократить трудоемкость обработки отливок на 7–10% и расход вспомогательных материалов на 15–20%.

В.М. Миляев (ЗАО «НПП ФАН», Екатеринбург), А.А. Филиппенков (ЗАО «НПП ФАН»),  
В.В. Турлаев (ОАО «Уралмашзавод», Екатеринбург), В.Ф. Унесихин (ОАО «Уралмашзавод»),  
В.А. Гуцин (ОАО «Уралмашзавод»), М.И. Деменьшин (ОАО «Уралмашзавод»),  
Л.А. Троп (ЗАО «НПП ФАН»)

## Качество контроля формовочных материалов и смесей – залог бездефектности отливок<sup>1</sup>

Качество формовочных и стержневых смесей определяется их составом и физико-механическими свойствами, обычно контролируемыми в процессе приготовления и выпуска из смесителей. Соответствие показателей испытаний требуемым технологическим и рабочим свойствам смесей определяет качество отливок, получаемых в песчаных формах, а также затраты на выбивку отливок из форм и исправление дефектов. До сих пор при определении свойств материалов и смесей применяют методики и оборудование в соответствии с ГОСТ 23409.7–78 «Пески формовочные, смеси формовочные и стержневые. Методы определения прочности при сжатии, растяжении, изгибе и срезе». Методы изготовления образцов, методики измерений не соответствуют требованиям, предъявляемым к отливкам в настоящее время. Во всех методах для изготовления образцов применяется лабораторный копер мод. 5033. Все параметры копра подобраны таким образом, чтобы плотность образца получалась 1,6 – 1,7 г/см<sup>3</sup>, что соответствует средней плотности смеси в сырых формах или стержнях. Однако фактически этого соответствия нет.

Исследования и результаты, представленные в статье, проводили на ООО «Уралмаш-Спецсталь» и включают анализ методик приготовления образцов для испытаний, а также возможность сокращения количества контролируемых параметров на примере жидкостекольных самотвердеющих смесей (ЖСС) [1].

Метод получения образцов с применением копра имеет ряд недостатков:

- в процессе уплотнения участвует также шток с поршнем, на разгон которых затрачивается энергия;
- потенциальная энергия груза затрачивается не только на работу уплотнения, но также на работу трения;
- не учитывается работа, затраченная на уплотнение смеси при опускании штока с грузом;
- работа для каждого из трех ударов копра считается одинаковой;
- работа уплотнения рассчитывается независимо от типа смеси и ее физико-механических свойств.

Очевидно, что различные смеси из-за разного состава, имеют разные коэффициенты трения, следовательно, значе-

ния работы трения для каждой смеси будут различаться, что ведет к изменению работы уплотнения. Кроме того, преодоление возникающей силы трения деформируемой смеси о стенку гильзы приводит к возникновению разности плотности набивки образца по высоте.

Распределение плотности по высоте стандартного образца в смесях формируется так, что плотность образца достигает своего максимального значения в верхней части, которая находилась под поршнем в момент уплотнения, а минимальное значение плотности наблюдается в нижней части образца. Такое распределение плотности объясняется наличием сил трения внутри смеси между зернами песка и трением смеси о стенки гильзы в процессе уплотнения.

При уплотнении смеси высота падения груза будет определяться не расстоянием  $H_1$  между грузом и упором на штоке, а суммой высот  $H_1$  и величиной деформации смеси после удара  $H_2$  (рис.1). При этом, высота слоя  $H_2$  тем больше, чем больше уплотняемость смеси.

Таким образом, очевидно, что работа уплотнения  $A$ , определяемая выражением:

$A = G(H_1 + H_2)$ , будет различной при каждом ударе копра.

Кроме того, необходимо учесть работу, затраченную на уплотнение смеси при опускании груза с подвижной частью копра (общий вес штока равен примерно 1,65 кг). Однако, согласно ГОСТ 23409.7–78, утверждается, что при сохранении постоянного объема образца работа уплотнения, приходящаяся на единицу объема образца, остается постоянной.

Эта величина затраченной работы  $A$  рассчитывается по формуле потенциальной энергии поднятого

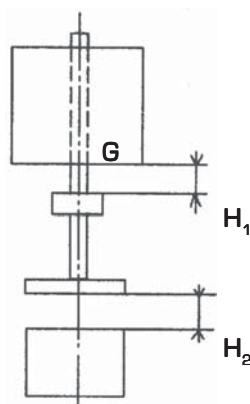


Рис. 1. Схема влияния уплотняемости образца на работу уплотнения

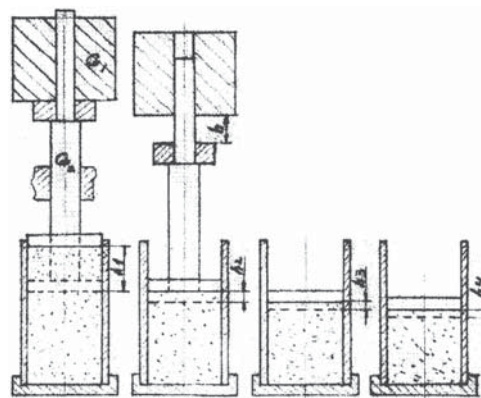


Рис. 2. Схема процесса уплотнения на лабораторном копоре: а – осадка смеси под действием груза; б – осадка при первом ударе копра; в – осадка при втором ударе копра; г – осадка при третьем ударе копра

<sup>1</sup> В порядке обсуждения

Таблица 1. Экспериментальные данные для расчета работы уплотнения

Смесь	Параметры уплотнения, м				
	h	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	h <sub>4</sub>
ФС	0,050	0,040	0,015	0,010	0,005
ЖСС	0,046	0,046	0,012	0,008	0,004
НС	0,035	0,055	0,008	0,004	0,003

груза:

$$A = N \cdot m \cdot h \cdot g, \quad (1)$$

где N – число ударов копра; m – масса груза, кг; h – высота падения груза, м; g – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>. Откуда A = 9,34 Дж.

Рассмотрим процесс уплотнения на копре, учитывая указанные неточности.

Процесс изготовления образца состоит из четырех этапов (рис.2):

- Засыпка смеси в гильзу и ее уплотнение статическим опусканием поршня с грузом на высоту h<sub>1</sub>.
- Первый удар, при котором смесь уплотняется на высоту h<sub>2</sub>.
- Второй удар, при котором смесь уплотняется на высоту h<sub>3</sub>.
- Третий удар, при котором смесь уплотняется на высоту h<sub>4</sub>.

Следовательно, затраченная энергия будет равна:

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4, \quad (2)$$

где A – полная затраченная энергия, Дж; A<sub>1</sub> – энергия при опускании поршня с грузом, Дж; A<sub>2</sub> – энергия первого удара, Дж; A<sub>3</sub> – энергия второго удара, Дж; A<sub>4</sub> – энергия третьего удара, Дж.

При этом полная затраченная энергия будет определяться из выражения:

$$A = (m_1 + m_2)gh + \frac{M_1^2 g}{m_1 + m_2} \cdot (3h + h_1 + h_2 + h_3 + h_4), \quad (3)$$

где m<sub>1</sub> – масса груза (6,35 кг); m<sub>2</sub> – масса подвижной части копра (1,65 кг).

Определив экспериментально параметры h, h<sub>1</sub>, h<sub>2</sub>, h<sub>3</sub> и h<sub>4</sub> (табл.1.), для этого измеряли осадку смеси после каждого удара, рассчитывали значения работы уплотнения для различных смесей ФС (формовочная смесь), ЖСС (жидкостеклянная смесь самотвердеющая) и НС (наполнительная смесь).

Результаты расчетов показали, что величина энергии для различных смесей изменялась от 12,3 до 14,6 Дж. Это свидетельствует о том, что методика уплотнения образцов с использованием копра не может рассматриваться как стандартная, так как работа уплотнения меняется в зависимости от специфических свойств смесей. При этом возможная ошибка при испытаниях образцов может достигать 20–30%, что неприемлемо в современных условиях литейного производства.

Ввиду приведенных недостатков лабораторный копер нельзя рассматривать как точное оборудование по изготовлению качественных образцов, пригодных для верного определения физико-механических свойств смесей, то есть необходимо рассмотреть новые методы изготовления стандартных образцов, исключающие приведенные недостатки.

Очевидно, что методы уплотнения, основанные на приложении достаточно большой силы за короткий промежуток времени (так называемые динамические методы уплотнения) не обеспечивают требуемого качества образцов. В такой ситуации более перспективно выглядят статические методы уплотнения, когда нагрузка возрастает равномерно в течение нескольких секунд. В частности, как более совершенный метод уплотнения стандартного образца можно рассматривать метод двустороннего уплотнения (рис.3)

Метод представляет собой одновременное верхнее и нижнее прессование заранее взвешенной смеси до стандартного размера образца. При этом обеспечивается одинаковая плотность образца в верхней и нижней зонах, исключается ручной труд при уплотнении и извлечении образца из гильзы. Уплотнение производится верхним и нижним пневмоцилиндрами, а извлечение стандартного образца с помощью выталкивающего движения нижнего пневмоцилиндра. Как наглядный пример, иллюстрирующий преимущества

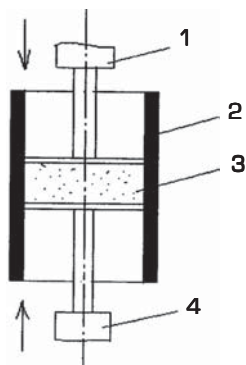


Рис. 3. Схема двустороннего уплотнения: 1 – верхний пневмоцилиндр; 2 – гильза; 3 – образец смеси; 4 – нижний пневмоцилиндр

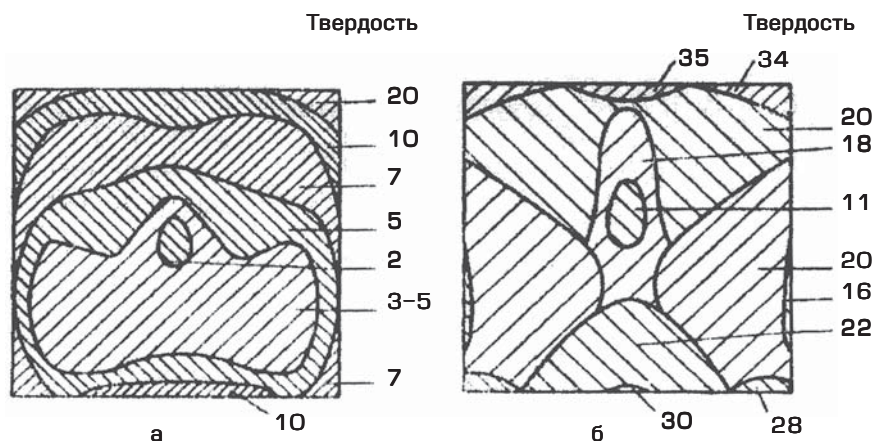
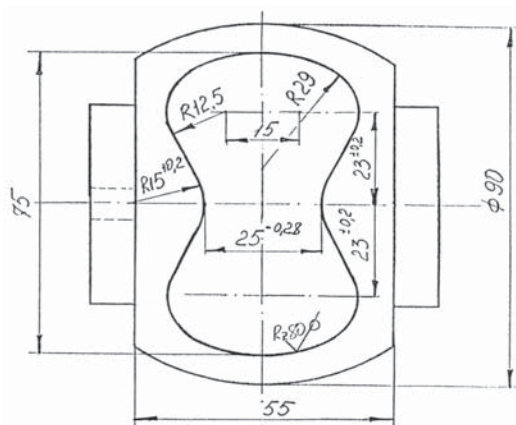


Рис. 4. Распределение твердости по сечению образцов, уплотненных стандартным методом (а) и методом двустороннего уплотнения (б)

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48



**Рис. 5.** Стержневой ящик для изготовления образцов, испытываемых на разрывную прочность (по ГОСТ 23409.7–78)

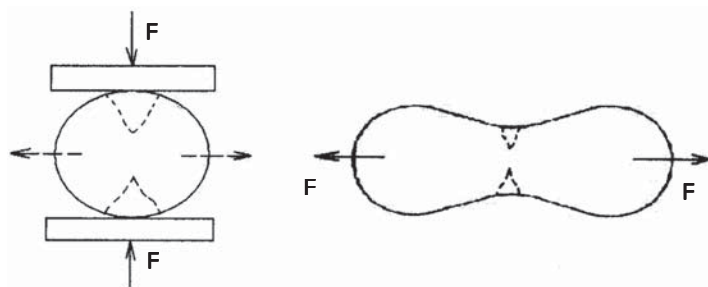
двустороннего уплотнения, можно привести распределение твердости, являющейся косвенным признаком плотности, для различных типов уплотнения (рис.4).

При одностороннем уплотнении (рис.4, а) твердость в условных единицах, а следовательно, и плотность распределена значительно менее равномерно, чем при предлагаемом двустороннем уплотнении (рис.4,б).

Для приготовления образцов по этому методу нами была разработана лабораторная установка.

Для получения прочностных параметров (прочность на сжатие и разрыв) отвержденных смесей необходимо также иметь новые методики и оборудование для испытаний. Испытание на разрыв образцов смесей в литейном производстве стандартизировано ГОСТ 23409.7–78. В качестве пробы изготавливают образец в виде восьмерки, который разрывают на специальной установке. Однако многолетняя практика использования данного метода говорит о его низкой эффективности.

В первую очередь, серьезной проблемой является изготовление стержневых ящиков, в которых формируются восьмерки. Это связано с высокими требованиями по точности эвольвент, имеющихся у образца (рис.5). С другой стороны, при практическом применении восьмерок часто отмечаются трудности в изготовлении идентичных по своим свойствам образцов, а также сложности в удовлетворении требований высокой точности закрепления образцов в зажимах прибора. В связи с перечисленными трудностями предложены но-



**Рис. 6.** Структура разрушающих напряжений при различных видах нагрузок: **а** – испытание образцов на сжатие; **б** – испытание образцов на разрыв

вые, технически менее сложные, но по возможности, более эффективные методы испытаний, не уступающие существующим по всем основным качественным характеристикам.

В качестве одного из наиболее приемлемых, на наш взгляд, альтернативных методов, осуществляющих испытание на разрыв, можно выделить испытание, осуществляемое методом сдавливания образца (рис.6).

Применение данного метода опирается на теорию одноосного сжатия [2], которая рассматривает комплекс напряжений, возникающих при данном сжатии.

При одноосном радиальном сжатии в цилиндрическом образце возникают касательные напряжения, по которым и происходит разрушение (рис.6, а). Структура (направленность) этих напряжений (от края к центру) достаточно сходна со структурой напряжений, возникающих при стандартном испытании на разрыв (рис.6,б). Таким образом, теоретически становится возможна замена испытания восьмерок на растяжение на испытание сжатием, при условии четкого определения параметров цилиндрического образца, обеспечивающих идентичные значения предела прочности на разрыв.

Предел прочности на разрыв в цилиндрических образцах  $\sigma_{раз.ц.}$  будет равен:

$$\sigma_{раз.ц.} = \frac{\sigma_{сж} \cdot S_{ц.}}{S_{п.ц.}}, \quad (4)$$

где  $\sigma_{сж}$  – предел прочности на сжатие, кгс/см<sup>2</sup>;  $S_{ц.}$  – площадь приложения силы в цилиндре, см<sup>2</sup>,  $S_{п.ц.}$  – поперечная площадь сечения цилиндра, см<sup>2</sup>.

Для подтверждения теоретической базы исследования, был проведен опытный сравнительный анализ предлагаемого метода испытаний и стандартного ис-

**Таблица 2.** Результаты испытания образцов из ЖСС

Восьмерка	Цилиндр 50x50 мм		Цилиндр 50x25 мм	
	$\sigma_{раз.},$ кгс/см <sup>2</sup>	$\sigma_{сж.},$ кгс/см <sup>2</sup>	$\sigma_{сж.},$ кгс/см <sup>2</sup>	$\sigma_{раз.ц.},$ кгс/см <sup>2</sup>
26,0	35,0	$\sigma_{раз.ц.} = \frac{\sigma_{сж} \cdot S_{ц.}}{S_{п.ц.}}$	17,8	$\sigma_{раз.ц.} = \frac{\sigma_{сж} \cdot S_{ц.}}{S_{п.ц.}}$
30,0	41,0		17,5	
29,0	38,0		17,4	
27,0	44,0		21,0	
28,0	45,0		17,0	
Среднее значение	Среднее значение		Среднее значение	
28,0	40,6	31,83	18,14	28,44

питания на разрыв с использованием восьмерок. Методика эксперимента состояла в следующем.

Из жидкостекольной смеси ЖСС изготавливали по 5 образцов следующей формы:

- стандартные восьмерки;
- стандартные цилиндрические образцы размерами  $d=50$  мм,  $h=50$  мм;
- цилиндрические образцы размерами  $d=50$  мм,  $h=25$  мм.

После сушки образцов (20 мин для восьмерок и цилиндров  $50 \times 25$  мм и 40 мин для цилиндров  $50 \times 50$  мм) проводили испытания на разрыв для восьмерок и испытания на радиальное сжатие для цилиндров.

Параметры цилиндрических образцов:

$d=50$  мм,  $h=50$  мм:  $S_{\text{ц}}=19,6$  см<sup>2</sup>;  $S_{\text{п.ц.}}=25$  см<sup>2</sup>;

$d=50$  мм,  $h=25$  мм:  $S_{\text{ц}}=19,6$  см<sup>2</sup>;  $S_{\text{п.ц.}}=12,5$  см<sup>2</sup>.

Результаты экспериментов и расчетов приведены в табл.2.

По формуле (4) для цилиндрических образцов по средним значениям  $\sigma_{\text{сж}}$  были определены пределы прочности на разрыв (см.табл.2). Результаты испытаний дают идентичные значения предела прочности на разрыв по восьмеркам и цилиндрам  $50 \times 25$  мм, что подтверждает теорию однородности разрушающих на-

пряжений в данных образцах. Таким образом, стандартизация этого метода решит проблему изготовления и использования сложной оснастки, позволит использовать более простое в эксплуатации оборудование для испытания образцов.

Повышение точности измерений позволили определить коэффициент корреляции (более 0,85) для жидкостекольных смесей между пределом прочности в сыром состоянии и влажностью, газопроницаемостью, прочностью на разрыв и осуществлять контроль жидкостекольных смесей,готавливаемых в смесителях в автоматическом режиме на ООО «Уралмаш-Спецсталь», только по одному параметру – прочности в сыром состоянии. При этом повысилось качество отливок и шесть лаборантов были переведены на другие работы.

#### Список литературы

1. **Проблемы эффективности** применения жидкостекольных смесей и их решения: Монография/ Миляев В.М., Филиппенков А.А., Гуцин В.А., Хоруженко В.И.– Екатеринбург, 2003. – 120 с.
2. **Дарков А.В., Шапиро Г.С.** Сопротивление материалов: Учебник для техн. вузов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1989. – 624 с.

В.И. Никитин (СамГТУ, г. Самара), П.Ц. Ли (Чинхуа, г. Пекин), Е.Г. Кандалова (ОАО «СМЗ-Алcoa», г. Самара)

## Эффект наследственности структуры и механических свойств в сплаве AZ91D

Магниевого сплавы в последние годы находят в мире разнообразное применение. Особенно перспективно их применение в конструкциях, где снижение веса имеет решающее значение: космонавтика, сверхзвуковая авиация, ракетостроение, автомобилестроение, скоростной транспорт, станкостроение и др. [1–3]. Благодаря особым физико-химическим свойствам магниевые сплавы (МС) находят широкое применение в компьютерной технике, робототехнике, атомной технике, телевидении, электрохимии, для протекторной защиты и др. [4–6]. Больше всего МС применяются в литых изделиях, получаемых литьем под давлением [2].

Исследовательских работ по наследственному влиянию структуры шихтовых металлов было проведено значительно меньше в сравнении с алюминиевыми сплавами. Известны работы, приведенные в монографиях [7–9], статьях и докладах [10–12]. Результаты этих работ свидетельствуют, что МС склонны к наследованию структуры шихты и расплавов. Значительный интерес представляет информация немецких ученых, выполняющих программу «Генетические интеллектуальные детали в их жизненном цикле» [13], на основе которой в новых деталях планируется применять

биологические принципы для передачи информации следующему поколению. Получаемые детали характеризуются такими определениями, как «интеллект» и «генетические» и называются «гентеллектуальными». Представленный краткий обзор литературы позволяет считать, что использование закономерностей явления

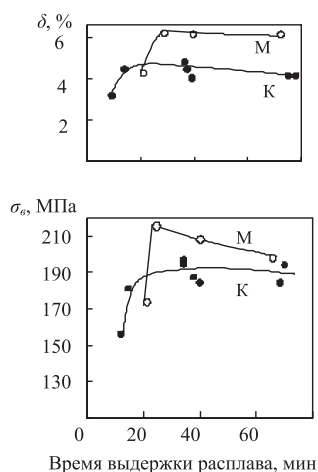
структурной наследственности и элементов технологий генной инженерии [9, 12] в производстве магниевого литья может дать ощутимые результаты, позволяющие существенно повысить механические свойства и качество литых изделий.

В статье представлены некоторые результаты исследования, посвященного изучению эффекта наследственности структуры и свойств китайского сплава AZ91D. Работу проводили (2004–2005 гг.) в рамках плана международного сотрудничества Чинхуанского университета (г. Пекин) и СамГТУ (г. Самара).

Китайский сплав AZ91D широко применяется для ЛПД и по химическому составу близок к российскому сплаву МЛ5 (таблица). Главное отличие в химическом составе – значительно меньше содержание примесных элементов (таблица).

В работе изучали:

1. Свойства сплавов, полученных из крупнокристаллической (исходная первичная чушка, масса 7,5 кг) и мелкокристаллической шихты. Мелкокристаллической шихтой



**Рис. 1.** Влияние структуры шихты и выдержки расплава на механические свойства сплава AZ91D: **К** – чушка, крупнокристаллическая шихта; **М** – отливки ЛПД, мелкокристаллическая шихта

## Химический состав сплавов МЛ5 и AZ91D, %

Сплав ГОСТ	Al	Mn	Zn	Примеси, не более			
				Fe	Cu	Ni	Si
МЛ5 ГОСТ 2856–85	7,5–9	0,15–0,5	0,2–0,8	0,06	0,1	0,01	0,25
AZ91D ASTM B93	8,5–9,5	0,17–0,4	0,45–0,9	0,004	0,025	0,001	0,05
AZ91D Первичная	8,89	0,256	0,61	0,003	0,002	0,0005	0,002

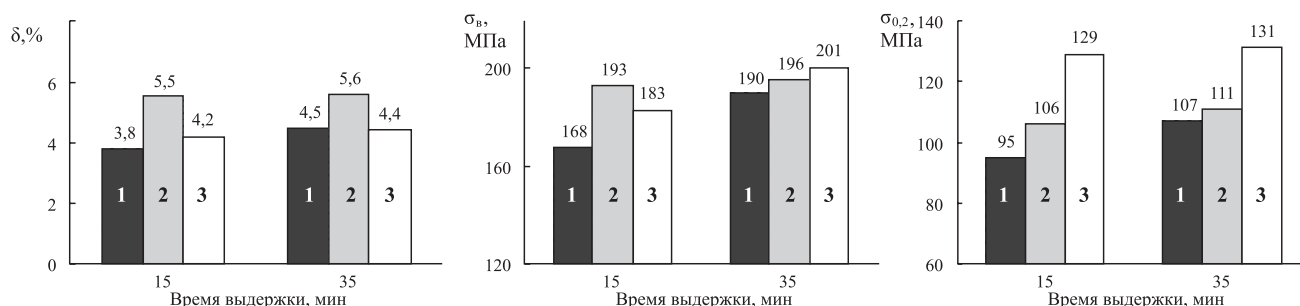


Рис. 2. Влияние добавки 1% М (отливки ЛПД) и времени выдержки на механические свойства литого сплава AZ91D: 1 – 100% К; 2 – 100% М; 3 – 1% М

(мелкокристаллический переплав – МКП) служили свежееотлитые отливки, полученные ЛПД (средняя толщина – 3 мм).

2. Влияние добавок МКП (от 1 до 100%) на свойства (химический состав, механические свойства на образцах, залитых в кокиль, в литом состоянии, микроструктура).

Параметры плавки: масса плавки – 3–5 кг; покровный флюс RJ1 (типа ВИ2) – 4,3%; температура выдержки перед заливкой  $720 \pm 10^\circ\text{C}$ ; время выдержки от 10 до 70 мин; время плавки ~90–100 мин; плавка в печи сопротивления.

Результаты по влиянию выдержки на свойства сплава, приготовленного из 100% чушковой крупнокристаллической шихты (К) и 100% МКП приведены на рис. 1, из которого видно, что механические свойства сплава существенно различаются в зависимости от структуры шихты и времени выдержки: максимальный прирост  $\sigma_b$  и  $\delta$  имеет место при выдержке 20–30

мин, а  $K_n$  для них составляет 1,13 и 1,3, соответственно. При этом наследственность структуры шихты устойчиво сохраняется при выдержке до 65 мин. Такие же эффекты получали ранее для сплава МЛ5 [12]. Влияние МКП ощутимо проявлялось для малых добавок – 1–5% и небольших выдержек расплава (рис. 2). Так, при добавках всего 1% МКП  $K_n$  для  $\sigma_b$  (в сравнении с вариантом 100%К) составлял 1,09;  $K_n$  для  $\sigma_{0.2} = 1,36$  (выдержка расплава 15 мин). Увеличение времени выдержки снижает  $K_n$  для прочностных свойств. При добавках 5% М и 15-минутной выдержке  $K_n$  для  $\sigma_b$  и  $\sigma_{0.2}$  составляли 1,31 и 1,47, соответственно. Относительное удлинение сплава во всех случаях при добавках 1–5% М было достаточно высоким – 4,2–5,5%, то есть заметно выше в сравнении со сплавом, полученным из 100% К. Эти результаты свидетельствуют о наследственном влиянии малых добавок мелкокристаллического переплава, которое заключается в их модифицирующем действии на сплав [9]. Измельчение микро-

структуры при малых добавках М-шихты наблюдали на световом микроскопе после специального травления и на СЭМ (рис. 3). Основной упрочняющей фазой являющейся вторичные интерметаллические соединения типа  $\text{Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ , которые в сплаве, обработанном 1% М, диспергируются до малых выделений размерами 5–30 мкм. Варьирование и оптимизация основных технологических параметров (количество М-шихты и флюса, температурно-временные параметры и др.) должны увеличить получаемые эффекты структурной наследственности.

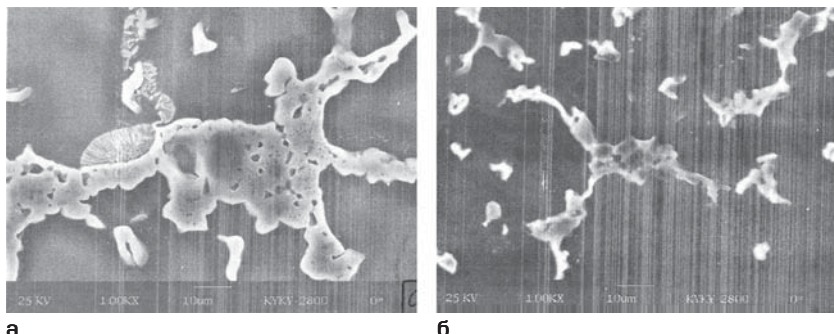


Рис. 3. Микроструктура литого сплава AZ91D,  $\times 1000$ , СЭМ: а – сплав, приготовленный из 100% К (чушка), выдержка расплава – 20 мин; б – сплав, приготовленный из чушки (99%) с добавкой 1% (отливки ЛПД), выдержка расплава – 5 мин

Таким образом, в условиях литейной лаборатории Чинхуанского университета проведены российско-китайские эксперименты по изучению наследственности структуры и механических свойств в сплаве AZ91D. Полученные результаты полностью подтверждают основные закономерности ЯСН и заставляют специалистов иначе подходить ко многим технологическим параметрам подготовки шихтовых металлов и проведению плавов магниевых сплавов (например, проводить модифицирование без применения специальных модификаторов).

#### Список литературы

1. **Никитин В.И., Кечин В.А.** Применение легких сплавов на основе алюминия и магния в автомобилестроении / В.И. Никитин, В.А. Кечин // *Материалы в автомобилестроении: Сб. докл. II Междунар. науч.-практ. конф.* – Тольятти: ОАО «АвтоВАЗ», 2003. – С. 229–234.
2. **Диринга Х.** Настоящее и будущее магниевых сплавов в нашей цивилизации / Диринга Х., Майер П. и др. // *Литейное производство.* – 2006. – № 1. – С. 4–7.
3. **Тетюхин В.В.** Магниевые сплавы для автомобильных отливок / В.В. Тетюхин, Н.С. Падерина, В.В. Агалков // *Литейное производство.* – 2006. – № 1. – С. 14–16.
4. **Сон К.Е.** Исследования и разработки применения магниевых сплавов в Южной Корее / К.Е. Сон, М.Ч. Канг, К.Х. Ким /

/ *Литейное производство.* – 2006. – № 1. – С. 8–10.

5. **Агалаков В.В.** Перспективные направления магниевого перелоа ОАО «Корпорация ВСППО-АВИСМА» / В.В. Агалаков, К.Л. Снегирев // *Литейное производство.* – 2006. – № 1. – С. 11–13.
6. **Кечин В.А.** Теория и технология протекторных материалов / В.А. Кечин. – ВлГУ. – Владимир, 2002. – 117 с.
7. **Чухров М.В.** Модифицирование магниевых сплавов / М.В. Чухров. – М.: Металлургия, 1972. – 176 с.
8. **Никулин Л.В.** Литье под давлением магниевых сплавов / М.В. Никулин и др. – М.: Машиностроение, 1978. – 181 с.
9. **Никитин В.И.** Наследственность в литых сплавах / В.И. Никитин, Самар. гос. техн. ун-т. – Самара, 1995. – 248 с.
10. **Кечин В.А.** Влияние качества шихты на свойства изделий при производстве магниевого литья / В.А. Кечин, В.И. Никитин и др. // *Цветная металлургия.* – 1975. – № 20. – С. 39–40.
11. **Мухина И.Ю.** Структурная наследственность в магниевых сплавах / И.Ю. Мухина и др. // *Тез. докл. IV научн.-техн. сем. «Наследственность в литых сплавах».* – Куйбышев: КПТИ, 1990. – С. 169–170.
12. **Никитин А.В.** Влияние структуры шихтовых материалов на свойства магниевых сплавов / А.В. Никитин, В.А. Кечин, В.И. Никитин // *Литейщик России.* – 2004. – № 6. – С. 24–28.
13. **Бах Фр.-В.** Литье магниевых сплавов с магнитными свойствами / Фр.-В. Бах, М. Шапер и др. // *Литейное производство.* – 2006. – № 2. – С. 16–17.

## Информация о результатах 7-го международного симпозиума «Наследственность в литейных процессах» (13–16 октября 2008, г. Самара)

### Симпозиум посвящен 30-летию кафедры «Технология литейных процессов» Самарского государственного технического университета

Симпозиум является продолжением известных в России научно-технических семинаров и конференций, проводимых в Самаре в 1983–1998 гг. В материалах симпозиума представлены результаты теоретических, экспериментальных и прикладных работ ведущих научных школ в области теории расплавов, модифицирования, кристаллизации, механизмов и закономерностей явления наследственности в литейно-металлургических процессах. Рассмотрены проблемы и перспективы создания нанотехнологий на основе применения данного явления. Показаны практические возможности применения ресурсосберегающих технологий для получения высококачественной металлопродукции (сплавы, слитки, отливки, припои, порошковые изделия) с учетом явления наследственности. Представлены компьютерные программы для моделирования литейных процессов и контроля качества сплавов. Материалы симпозиума могут быть полезными для научных и инженерно-технических работников, а также для студентов и аспирантов металлургических и машиностроительных специальностей.

Доклады представлены крупными учеными из ведущих вузов, научно-исследовательских институтов и предприятий: Никитин В.И. (СамГТУ, г. Самара), Попель П.С. (УГПУ, Екатеринбург), Курганов В.А. (ЦНИИЧерметинформация, Москва), Тихонов А.К. (АвтоВАЗ, г. Тольятти), Стеценко В.Ю. (ИТМ, г. Могилев), Джураев Т.Д. (ТГУ, г. Душанбе), Косников Г.А. (СПбГТУ, Санкт-Петербург), Белов В.Д. (МИСиС, Москва), Кечин В.А. (ВлГУ, г. Владимир), Бродова И.Г. (ИФМ УрО РАН, Екатеринбург), Глушченков В.А. (СГАУ, г. Самара), Ганеев А.А. (УГАТУ, г. Уфа),

Деев В.Б. (СГИУ, г. Новокузнецк) и др. Из выступлений участников симпозиума следует, что надо шире использовать явление структурной наследственности в практических целях, а технологии генной инженерии и нанотехнологии – в литейных процессах.

На симпозиуме были проведены секции: «Строение расплавов – наследственность – кристаллизация» и «Ресурсосберегающие технологии», круглые столы «Проблемы высшего образования в литейном производстве» и «Технологии генной инженерии и нанотехнологии – миф или реальность», также был проведен семинар «Компьютерное моделирование литейных процессов». Были представлены 73 доклада из пяти стран: Россия, Беларусь, Таджикистан, Китай, Эстония. В работе симпозиума приняли участие 17 докторов наук, 11 кандидатов наук, 6 аспирантов, представители крупных предприятий из разных регионов (6 директоров, 13 главных специалистов от 28 предприятий).

По материалам симпозиума изданы труды, объемом 338 с. Результатам работы симпозиума высоко оценены учеными и производственниками. Участники симпозиума предлагали продолжить проведение подобных мероприятий в Самаре.

На кафедре ТЛП СамГТУ имеются труды симпозиума, которые при желании можно приобрести наложенным платежом.

**Обращаться: тел./факс: (846)242-22-68,**

**E-mail: tlp@samgtu.ru** – Малахова Алла Андреевна

*Председатель оргкомитета 7НЛП-2008*  
**В.И. Никитин**

## Гарин Анатолий Дмитриевич (к 70-летию со дня рождения)

11 декабря исполняется 70 лет старейшему члену Самарского отделения РАЛ, главному металлургу ЗАО «СамЗАС» Анатолию Дмитриевичу Гарину. Более 40 лет А.Д. Гарин проработал на крупных заводах г.Куйбышева (Самара): Авиационном заводе, предприятии «Гидроавтоматика», ККБ «Арматурпроект», филиале НИИД. Он прошел все ступени литейщика от формовщика до главного металлурга.

А.Д. Гарин отличается высоким профессионализмом, творческим подходом и общественной активностью в деятельности СО РАЛ. В разные годы он занимался внедрением новых технологий в производстве ответственных отливок из алюминиевых сплавов. Анатолий Дмитриевич один из первых в России провел работы по исследованию плазменной обработки расплавов, получению и применению центробежных лигатур, получению алюминиевой брони.

А.Д.Гарин являлся активным участником Чернобыльских событий. В его списке трудов десятки рационализаторских предложений, изобретений и статей. Он плодотворно сотрудничает с кафедрой «Технология литейных процессов» СамГТУ – является постоянным рецензентом дипломных студенческих работ, консультирует сотрудников кафедры, участвует в исследовательских работах.



Исполком Российской ассоциации литейщиков, Редакционно-издательский совет журнала «Литейщик России», члены Самарского отделения РАЛ, а также друзья и коллеги поздравляют Анатолия Дмитриевича с юбилеем и желают здоровья и творческого долголетия!

## Карпов Юрий Иосифович (к 70-летию со дня рождения)

28 ноября исполнилось 70 лет кандидату технических наук, доценту кафедры «Машины и технология литейного производства» Волгоградского государственного технического университета Юрию Иосифовичу Карпову.

После окончания в 1966 г. литейной кафедры Волгоградского политехнического института Ю.И. Карпов был направлен на работу в сталелитейный цех Волгоградского тракторного завода, где получил основы практического применения полученных знаний инженера-литейщика, проявил склонности к научной деятельности и поступил в аспирантуру МАМИ.

В 1975 г. после окончания целевой аспирантуры при МАМИ под руководством профессора П.Н.Аксенова им была защищена кандидатская диссертация, посвященная оптимизации режимов нагружения при уплотнении формовочных смесей. Вся последующая научная деятельность Ю.И. Карпова на литейной кафедре ВолгГТУ была направлена на совершенствование методов получения качественных разовых литейных форм. Результаты этих разработок опубликованы более чем в 30 статьях в центральных научно-технических изданиях. Часть его изобретений по совершенствованию литейного оборудования были внедрены в производство и эффективно работали в условиях Волгоградского тракторного завода.

Ю.И. Карповым были разработаны элементы теории уплотнения связанно-сыпучих сред под действием динамических нагрузок, в основе которой лежит жесткая связь между процессами и рабочими режимами технологического оборудования.

Ю.И. Карпов ведет активную учебно-организационную,



методическую и общественную работу. В разные периоды работы в ВолгГТУ он был заместителем декана, председателем профбюро факультета, членом различного уровня методических советов. Он является одним из авторов организационно-методической документации по многоуровневой подготовке студентов. Имеет более 50 учебно-методических разработок, используемых в учебном процессе.

Российская ассоциация литейщиков, Редакционно-издательский совет журнала «Литейщик России», коллеги и друзья поздравляют Юрия Иосифовича с юбилеем и желают здоровья и успехов в деле профессионального воспитания молодых специалистов!



## Орленко Всеволод Николаевич

(к 70-летию со дня рождения)

В октябре 2008 г. исполнилось 70 лет кандидату технических наук, доценту кафедры «Машины и технология литейного производства» Волгоградского государственного технического университета Всеволоду Николаевичу Орленко.

Свою профессиональную деятельность В.Н. Орленко начал в 1957 г. формовщиком литейного цеха Мелитопольского моторного завода. После окончания в 1965 г. Волгоградского политехнического института Всеволод Николаевич работал на заводе им. Горького, г. Зеленодольск ТаССР, затем в Волгоградском научно-исследовательском институте технологии машиностроения. С 1969 г. В.Н. Орленко работает на кафедре «Машины и технология литейного производства» Волгоградского политехнического института. В эти годы он активно занимается теорией и технологией получения качественных отливок, учится в целевой аспирантуре Московского вечернего металлургического института и защищает кандидатскую диссертацию.

В последующие годы Всеволод Николаевич участвует в разработке автоматических формовочных линий конструкции ВНИИТМАШ в СЛЦ ЛТЗ, а также в механизации участка выбивки мелкого литья ЧЛЦ АМЗ, занимается решением вопросов технического перевооружения литейных цехов ряда заводов. В.Н. Орленко автор более 100 научных публикаций и 21 авторского свидетельства СССР и патента РФ. Всеволод Николаевич является одним из авторов принципиально нового



направления научных исследований по разработке технологии изготовления полых слитков.

В.Н. Орленко всегда занимал активные позиции в общественной жизни кафедры и университета.

Российская ассоциация литейщиков, Редакционно-издательский совет журнала «Литейщик России», коллеги и друзья поздравляют Всеволода Николаевича с юбилеем и желают здоровья, творческого долголетия и успехов в педагогической деятельности!



ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

**КВАТРО**

**Производит и реализует экструзионный крахмалосодержащий реагент (ЭКР), реагент модифицированный набухающий крахмалосодержащий (РМНК), крахмал набухающий экструзионный (КНЭ)**

ЭКР, РМНК, КНЭ используются в формовочных песчано-глинистых смесях при производстве отливок из чугуна, стали и цветных сплавов.

ЭКР, РМНК, КНЭ уменьшают склонность к образованию ужимин, песчаных раковин, обеспечивают быструю обсыхаемость формы, повышают текучесть и уплотняемость песчано-глинистой смеси без снижения прочности и газопроницаемости, улучшают качество отпечатка формы, что снижает финишную обработку отливок, являются стабилизатором влажности песчано-глинистой смеси.

Добавка продуктов переработки растительного сырья в виде порошков значительно улучшает качество формы, их содержание в песчано-глинистой смеси строго регламентируется.

ЭКР, РМНК, КНЭ являются экологически чистыми продуктами, их применение не оказывает вредного воздействия на человека и состояние окружающей среды.

Основные потребители ЭКР, РМНК, КНЭ: ОАО «АвтоВАЗ», АМО «ЗИЛ», ОАО «КАМАЗ-Металлургия», ПО «МТЗ» (Беларусь), ОАО «Ливгидромаш», Чебоксарский агрегатный завод, ООО «Челябинский тракторный завод - УРАЛТРАК», «КЗХ БИРЮСА» (г. Красноярск), РУП «ГЛЗ «Центролит» (Беларусь), ОАО «Автомобильный завод «УРАЛ», РУП «МАЗ» (Беларусь), РУП «Белозерский энергомеханический завод», ОАО «Казанское моторостроительное производственное объединение» и др.

**302028, г. Орел, Почтовый пер., 16. Тел./факс: (4862) 47-53-56, тел.: 43-19-30. E-mail: kvatro92@mail.ru**

## О проведении IX съезда литейщиков России и выставки «Литье-2009»

Российская ассоциация литейщиков, Правительство Республики Башкортостан, ОАО «Уфимское моторостроительное производственное объединение» при поддержке Министерства промышленности и торговли РФ проводят в г.Уфе с 20 по 25 апреля 2009 г. IX съезд литейщиков России и Международную выставку «Литье-2009». Съезд и выставка будут проходить во Дворце культуры «Нефтяник» по адресу: 450077, г. Уфа, ул. Ленина, 50.

Программой съезда предусмотрено проведение пленарных заседаний с докладами ведущих специалистов и ученых России и зарубежных стран по всем переделам литейного производства, обсуждение концепций реконструкции литейных цехов и заводов на базе прогрессивных технологических процессов, материалов и оборудования, организация деловых встреч, круглых столов, обмен опытом, посещение предприятий г. Уфы.

К IX съезду будут изданы труды. Материалы для публикации необходимо представлять в печатном и электронном видах, объемом не более 6 страниц текста и 3 рис. Текст должен быть набран в текстовом редакторе Microsoft Word, шрифт – Time New Roman. Рисунки выполняются в виде графических файлов с расширением jpg, tif.

Материалы для публикации, заявки на участие в работе съезда и выставки «Литье-2009» необходимо направлять **до 15 января 2009 г.** в Российскую ассоциацию литейщиков по адресу: 123557, Москва, Пресненский вал, 14, факс: (495) 253-50-91, (495) 253-71-95 или E-mail: foundryral@mail.ru (формы заявок прилагаются, приложения 1 и 2).

Регистрационный взнос за участие в работе съезда и выставки «Литье-2009» одного специалиста составляет 8200 руб., включая НДС.

В стоимость регистрационного взноса входит: оплата аренды залов, комплекта материалов делегата (труды съезда, папка, блокнот, ручка, памятный значок), транспортных расходов, культурной программы и расходов на организацию съезда и выставки.

Стоимость 1 м<sup>2</sup> выставочной площади со стандартным оборудованием составляет 4500 руб., включая НДС 18%. В стоимость выставочной площади входят: ковровое покрытие, стеновые и фризовые панели, фризовая надпись, настенная вешалка, корзина для мусора, а также (на каждые 6 м<sup>2</sup> площади) 1 стол и 2 стула. Минимальная площадь одного экспоместа – 4 м<sup>2</sup>. Дополнительное оборудование можно заказать по ценам, приведенным в приложении №3.

Оплату регистрационного взноса и выставочных площадей необходимо произвести до **1 февраля 2009 г.** по следующим платежным реквизитам: **Получатель – Общероссийская общественная организация «Российская ассоциация литейщиков», ИНН 7703075210, КПП 770301001, р/с 40703810038170100235 в Краснопресненском ОСБ №1569/01664 Сбербанка России, ОАО, г. Москва, БИК 044525225, кор. счет 30101810400000000225.**

Оргкомитет приглашает Вас принять участие в работе IX съезда литейщиков и Международной выставки «Литье-2009», на которой будут представлены современное оборудование, приборы, технологии и материалы для литейного производства, отливки, системы управления технологическими процессами, информационные материалы и др.

### Тамбовский вагоноремонтный завод-филиал

#### ОАО «ВАГОНРЕММАШ»

приглашает специалистов-литейщиков на работу в сталелитейный цех, специализирующийся на производстве стального литья для железнодорожного подвижного состава:

- технолога (заработная плата от 15000 рублей);
- мастера участка производства сталелитейного цеха (заработная плата от 20000 рублей);
- главного металлурга (заработная плата от 23000 рублей).

Готовы принять на работу специалистов, имеющих опыт работы по указанным должностям, а также выпускников ВУЗов 2008 года.

Есть перспективы карьерного и профессионального роста.

Обеспечим жильем в заводском общежитии, предоставим возможность приобретения жилья через ипотечное субсидированное кредитование.

392009, г. Тамбов, пл. Мастерских, д.1

Тел.:(4752) 79-09-31 (доп.5-95) – Герасимова Светлана Леонидовна, (4752) 74-49-59

e-mail: tvrz@mail.ru

**З А Я В К А – ДОГОВОР**  
**на участие в IX съезде литейщиков России**  
**и выставке «Литье-2009» с 20 по 25 апреля 2009 г.**

Настоящим подтверждаем участие в работе IX съезда литейщиков России в соответствии с общими условиями участия. Оформленная заявка имеет юридическую силу гарантийного письма об уплате оказанных услуг в полном объеме.

1. Название организации \_\_\_\_\_

2. Почтовый адрес \_\_\_\_\_

3. Юридический адрес \_\_\_\_\_

4. Телефон, факс \_\_\_\_\_

5. Банковские реквизиты: ИНН \_\_\_\_\_ КПП \_\_\_\_\_  
 р/с \_\_\_\_\_ кор. счет \_\_\_\_\_ БИК \_\_\_\_\_

6. Темы докладов, Ф.И.О. авторов \_\_\_\_\_

7. Пригласительные билеты выслать на имя \_\_\_\_\_

8. Сведения об участниках

Фамилия, имя, отчество

Должность

Телефон

1.

2.

3.

4.

9. Потребность в гостинице: Одноместные номера \_\_\_\_\_ номеров  
 Двухместные номера \_\_\_\_\_ номеров

10. Оплата регистрационного взноса в сумме 8200 руб. за одного участника, включая НДС 18%, производится **до 1 февраля 2009 г.** по следующим платежным реквизитам:

Получатель: Общероссийская общественная организация «Российская ассоциация литейщиков»,  
 ИНН 7703075210, КПП 770301001, р/с 40703810038170100235 в Краснопресненском ОСБ  
 № 1569/01664 Сбербанка России, ОАО, г. Москва, кор./счет 30101810400000000225,  
 БИК 044525225

11. Характеристика предприятия:

Производство отливок тонн/год: всего \_\_\_\_\_ тонн, в том числе

Чугунное \_\_\_\_\_, стальное \_\_\_\_\_, алюминиевые сплавы \_\_\_\_\_,

Магниевого сплавы \_\_\_\_\_, медные сплавы \_\_\_\_\_, др. сплавы \_\_\_\_\_.

Руководитель \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
 подпись Ф.И.О.

Президент  
 Российской ассоциации литейщиков

Главный бухгалтер \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
 подпись Ф.И.О.

**Дибров И.А.**

М.П.

М.П.

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48



**Заявка на услуги и аренду дополнительного выставочного оборудования**

Наименование организации \_\_\_\_\_

Внимание, цены указаны с учетом НДС 18%

НАИМЕНОВАНИЕ	Ед. изм.	Цена в руб.	Кол-во
<b>Конструкционные элементы</b>			
Витрина стеклянная 1x0,5xh2,5м	шт.	1700	
Витрина стеклянная 1x1xh2,5 м	шт.	2000	
Витрина – подиум 0,5x1xh1м	шт.	1000	
Фризловая панель (2 м)	шт.	400	
Стеновая панель стандартная 0,5 x 2,5 м	шт.	300	
Стеновая панель стандартная 1,0 x 2,5 м	шт.	460	
Дверь штора	шт.	340	
Дверь распашная	шт.	700	
Дверь раздвижная	шт.	1000	
Подиум под экспонаты (открытый): S = 1 x 1 кв. м; H = от 0,5 до 0,8 м	шт.	600	
Подиум под экспонаты (закрытый): S = 1 x 1 кв. м; H = от 0,5 до 0,8 м	шт.	900	
Подиум под экспонаты (открытый): S = 0,5 x 1 кв. м; H = от 0,5 до 0,8 м	шт.	560	
Подиум под экспонаты (закрытый): S = 0,5 x 1 кв. м; H = от 0,5 до 0,8 м	шт.	850	
Стеллаж пластиковый для каталогов 0,8x0,25 h= 2м	шт.	400	
Потолочное перекрытие (за 1 кв. м)	м	260	
Вешалка настенная	шт.	250	
Вешалка стойка	шт.	500	
<b>Офисная мебель</b>			
Стул офисный, черный	шт.	350	
Стул барный	шт.	600	
Стол пластиковый	шт.	620	

НАИМЕНОВАНИЕ	Ед. изм.	Цена в руб.	Кол-во
Стойка барная R = 1 м; h = 1,2 м	шт.	1520	
Стойка под литературу 32 ячейки; h = 1,75 м	шт.	1050	
Зеркало настенное	шт.	400	
Кресло пластиковое	шт.	300	
<b>Бытовая техника</b>			
Компьютер или ноутбук	шт.	2400	
Видеодвойка (телевизор + видео/DVD)	шт.	1600	
DVD – проигрыватель	шт.	1100	
Вентилятор	шт.	300	
Принтер	шт.	360	
Микроволновая печь	шт.	1000	
Холодильник с розеткой	шт.	1800	
Электрочайник	шт.	450	
Комбайн кухонный (холодильник, электроплита, вода.)	час	7000	
Набор посуды для чай/ кофе (6 персон)	час	840	
Мультимедийный проектор	шт.	4200	
Экран 4 кв. м	шт.	800	
<b>Электрооборудование</b>			
Светильник точечного освещения до 100 кВт	шт.	430	
Светильник (прожектор 500 кВт)	шт.	800	
Розетка 220 В до 4 кВт	шт.	500	
Розетка 220 В от 4 до 8 кВт	шт.	1300	
Розетка 360 В (до 15 кВт)	шт.	2100	

Итого: Дополнительное оборудование с учетом НДС 18% \_\_\_\_\_ руб.

Руководитель \_\_\_\_\_

Подпись: \_\_\_\_\_

МП

**ОАО ПТМЗ по конкурентным ценам принимает заказы на изготовление отливок****Чугунное литье**

- отливки массой 1-3000 кг из серого и высокопрочного чугунов СЧ15-СЧ35, ВЧ45-ВЧ60, литейного чугуна Л1-Л6 и ЛР3-ЛР6; специальных чугунов: маслотногo (для поршневых колец); антифрикционного АЧС;
- отливки массой 1-50 кг из износостойких чугунов: хромистых и хромоникелевых.

**Стальное литье**

- отливки массой 1-500 кг из углеродистых 25Л-45Л, легированных сталей 35ХМЛ, 40Х, 20Х13.

**Предприятие располагает следующим комплексом технологического оборудования:**

- Формовочные машины 51713 (оболочковое литье);
- Формовочные линии производства компании «ОМЕГА» по No-bake процессу;
- Стержневая машина для изготовления стержней по Cold-box-amin-процессу;
- Смесеприготовительное и формовочное оборудование для формовки по ПГС;
- Плавильное оборудование:
  - индукционные тигельные печи ИЧТ-2,5;
  - индукционные тигельные печи ИСТ-0,5, ИСТ-1,0;
  - индукционный плавильный комплекс EGES производительностью 1 т/ч.

Ждем ваших заявок по адресу:

**ОАО «Полтавский Турбомеханический Завод»**

36029, Украина, г. Полтава, ул. Зеньковская, 6. Тел: (1038 0532) 51-13-76, 51-14-86, факс: (0532) 51-16-91

E-mail: ogmet@ptmz.com.ua

## Указатель статей, опубликованных в журнале «Литейщик России» в 2008 г.

- 1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48
- Horvath L.R., Bates S.S.** Технология изменения цвета огнеупорного покрытия как инструмент контроля качества №6
- Антошкина Е.Г., Смолко В.А.** Противопригарные покрытия для литейных форм и стержней на основе регенерированных продуктов абразивного производства №3
- Асмамау Тегегне Абебе, Изотов В.А., Шатульский А.А.** Моделирование процесса истечения расплава в дождевых литниковых системах №1
- Байрактар И.** Особенности печей фирмы EGES №8
- Барабанов Р. В., Изотов В. А.** Разработка методики расчета размеров литниково-питающих систем для отливки типа «Решетка» из алюминиевых сплавов №1
- Баранок А.В., Панфилов А.В., Скотников Ю.С.** Исследование формирования структуры и свойств функционально-армированных алюмоматричных композиционных материалов №7
- Баранцев А.С.** Влияние высокотемпературной газостатической обработки на качество отливок из титановых сплавов №11
- Баранцев А.С.** Производство отливок из сплавов титана №10
- Беляев И.В., Зорина Е.В.** Усовершенствование технологии выплавки сплавов для литых постоянных магнитов №7
- Благодрагов Б.П., Леснов В.Н., Мешков В.П.** К вопросу о механизме выбивки сырых песчано-глинистых литейных форм №4
- Блинников А.Е.** Оперативно-технологическое управление качеством отливок с применением нейронных сетей №6
- Блэйзер П., Йеоманс Н.П.** Проектирование конструкции стержневых ящиков с помощью компьютерного моделирования процесса их заполнения №2
- Болдин А.Н., Седов С.В.** Типовые проблемы расчета надежности литейного оборудования №8
- Болдырев Д. А., Давыдов С. В.** Изготовление деталей шасси автомобиля из ВЧШГ ферритного класса №9
- Болдырев Д. А., Давыдов С. В.** Разработка и внедрение технологии ковшового модифицирования «заливка сверху» для получения отливок из чугуна с компактным графитом низких марок №8
- Болдырев Д. А., Давыдов С. В., Рябчиков И. В., Усманов Р. Г.** Исследование эффективности высокобаристого ферросилиция на ранней и поздней стадии графитизирующей обработки высокопрочного чугуна №2
- Бройтман О.А.** Современная лаборатория формовочных материалов при российском представительстве компании ASHLAND №9
- Буданов Е.Н.** Арматурные отливки и анализ состояния их производства №9
- Буданов Е.Н.** Аспекты роста спроса автомобильных отливок в условиях создания и развития новых автозаводов в России (по итогам 2007 г.) №5
- Бусби А.Д., Арчибалд Дж.Дж.** Получение отливок повышенной точности в формах, изготовленных с использованием технологии Cold-box №10
- Вербицкий В.И., Бардаков Р.Л., Подкопаев И.В.** Опыт модернизации формовочной машины мод.271 №11
- Вережкин А.Г., Ромашов К.Н.** Производство крупных чугунных отливок для ветряных электростанций на оборудовании фирмы FAT по ХТС-процессу на заводе Meuselwitz Guss №9
- Власов А.А., Болдин А.Н.** Развитие связующей системы по Резол-СО<sub>2</sub>-процессу №2
- Волков Д.А., Мельников А.П., Гурченко П.С., Волков А.Д., Глазмаздин А.С.** Новые технологии производства литой дробы из железистоуглеродистых сплавов №5
- Воронин Ю.Ф.** Методология снижения брака отливок №12
- Гаврилин И.В.** Предкристаллизационное расширение и давление в металлах и сплавах №7
- Глобальный «Стержневой партнер» для литейных производств** №11
- Гришихин С.А., Изотов В.А., Шатульский А.А.** Пространственно-геометрическая модель литейной формы: описание и область практического применения №8
- Гущин В.А., Миляев В.М., Бадерттинов А.Р., Едугин М.М.** Разработка оперативных методов контроля качества приготовления формовочных смесей №3
- Гущин В.Н., Ульянов В.А.** Оптимизация подвода металла в двухвалковый кристаллизатор при непрерывном литье тонкой стальной полосы №2
- Деев В.Б.** Влияние температурных условий плавки и наследственности шихты на свойства алюминиевых сплавов №2
- Деев В.Б.** Получение литейных алюминиевых сплавов в различных плавильных агрегатах №1
- Деев В.Б., Селянин И.Ф., Нохрина О.И., Горюшкин В.Ф., Цецорина С.А.** Модифицирующая обработка сплавов магнитным полем №3
- Дубровин В.К.** Влияние алюмосиликатных формовочных материалов и условий заливки на качество отливок из жаропрочных никелевых сплавов №12
- Дьяконов М.Н., Дьяконов Н.Г., Мамина Л.И., Гильманшина Т.Р.** Критериальное уравнение движения аэроматериального потока при пневмотранспорте кварцевых песков №3
- Евстигнеев А.И., Петров В.В., Дмитриев Э.А., Свиридов А.В., Куриный В.В.** Регенерация остатков суспензий, используемых для получения оболочковых форм, методом электрофореза №4
- Еремин Е.Н., Лосев А.С., Филиппов Ю.О., Еремин А.Е.** Влияние инокулирующего модифицирования на морфологию и топографию упрочняющих фаз в жаропрочном сплаве №8
- Ерхард Н., Трейси Б., Чукунов А.В.** Свойства сплавов, применяющихся для литья под высоким давлением, и сравнение технологий ЛПВД с горячей и холодной камерой прессования №12
- Ершов М.Ю.** Специальность «Технология художественной обработки материалов» №4
- Жиганов Н.К., Фомина Е.Е., Вольнов И. Н.** Влияние технологических параметров на охлаждение непрерывнолитой медной заготовки №8
- Жуков А. А.** Кафедра «Материаловедение, литье и сварка» Рыбинской государственной авиационной технологической академии – 50 лет №1
- Жуков А.А., Постнова А. Д., Борисов В. А., Березин Д.Т., Рябов Ю.В., Немтырев О.В.** Повышение эффективности литья под давлением (ЛПД) №1
- Жыцки К., Колоско Н.** Инновационные и запатентованные решения в автоматических формовочных линиях фирмы LORAMENDI №6
- Задруцкий С.П., Михайловский В.М., Гаевский С.А., Брежнев Л.В., Косова Т.П.** Опыт Ковровского электромеханического завода по металлургическому переплаву высокоокисленных стружечных и шлаковых отходов алюминийсодержащих сплавов №5
- Захаров Ю.В., Соколов А.Е., Илюхин В.Д., Шуляк В.С.** Оптимальные термовременные параметры при заливке форм сталью №5
- Иванов А.А., Крушенко Г.Г., Лафетова Т.В., Фильков М.Н.** Модифицирование алюминиевых сплавов нанопорошками с одновременным воздействием ультразвуковых колебаний №2
- Иванов В.В., Зелинский В.В., Антонов Г.В.** Возможность снижения величины разрежения в вакуумно-пленочных формах №4
- Иващенко Ю.М., Солдатов В.Г.** Применение бария для модифицирования низколегированной стали №10
- Интервью с директором Сасовского литейного завода С. Н. Фатиним и главным инженером Н. И. Богатовым** №1
- Иоффе М.А., Дембовский В.В., Панов А.Г., Фарисов Р.Д.** Переплав чугунной стружки в печи электрошлакового переплава с графитовыми электродами №5
- Кавицкий И.М., Рушаник Б.А., Демидов А.А.** Механизм воздействия модификаторов при структурообразовании высокопрочного чугуна с шаровидным и вермикулярным графитом №10
- Калюкин Ю.Н., Тимофеев А.В., Соколова С.М.** Направленная

кристаллизация жаропрочных сплавов с мелко столбчатой структурой на установках с жидкометаллическим охладителем типа УВНК 9П	№1	<b>Майоров Ф.И., Ухов А.Н., Черненко А.В., Худокормов Д.В., Петров Н.Р.</b> «Формол» – новый шаг в улучшении свойств разделительных покрытий	№8
<b>Кафедра литейных процессов и конструкционных материалов</b> Владимирского государственного университета	№7	<b>Малиновский В.С., Богдановский А.С., Власова И.Б.</b> Печи и миксеры постоянного тока ООО «НТФ «ЭКТА» на службе литейщиков и металлургов	№6
<b>Кечин В.А.</b> Пути повышения эффективного применения магниевых сплавов	№7	<b>Малиновский В.С., Власова И.Б., Богдановский А.С., Маслов Д.Г.</b> Инновация в процессе выплавки металла для получения отливок из серого, высокопрочного чугуна с шаровидным и вермикулярным графитом и других видов чугунов на универсальных дуговых печах постоянного тока нового поколения	№11
<b>Клузов А.А., Кечин В.А.</b> Исследование электрохимических протекторных сплавов системы Al-Zn с повышенным содержанием железа	№7	<b>Мельников А.П., Милеева Т.С., Мозолевский В.В., Куракевич Б.В.</b> Лабораторные установки для изготовления стандартных измерительных образцов из песчано-смоляных смесей для испытания их прочностных свойств	№3
<b>Ковалевич Е.В.</b> Теоретические основы выбора модификатора для получения чугуна с шаровидным графитом без пироэффета	№8	<b>Миляев В.М., Филиппенков А.А., Турлаев В.В., Унесихин В.Ф., Гуцин В.А., Деменьшин М.И., Троп Л.А.</b> Качество контроля формовочных материалов и смесей – залог бездефектности отливок	№12
<b>Козлов К.А., Кечин В.А., Стулов В.В.</b> Современные процессы получения непрерывнолитых заготовок	№7	<b>Минаев А.А.</b> Мониторинг патентной документации по технологии литья под давлением	№4
<b>Компания FRACTUM</b> начинает работать на российском рынке и развивает дилерскую сеть	№5	<b>Миненко Г.Н.</b> Влияние состояния металлического расплава на результаты процесса модифицирования	№4
<b>Кононенко В.К.</b> Оценка горячеломкости сплавов по упругим характеристикам	№1	<b>Миронов А.С., Мальяров А.И.</b> Учебно-научно-технический центр МГТУ «МАМИ» в г. Ивanteeвке	№4
<b>Корогодов Ю.Д., Кравченко М.В.</b> Исследование свойств и характеристик антифрикционного композиционного сплава на основе баббита Б83	№7	<b>Найденев Н.А., Федотов М.В., Кухаренко А.В., Федотов В.М.</b> Влияние пробоотбора и пробоподготовки на достоверность и воспроизводимость результатов спектрального анализа	№5
<b>Корогодов Ю.Д., Малютков С.В., Мухин А.В.</b> Исследование влияния технологических параметров на геометрические размеры литой чугунной дроби	№7	<b>Никитин В.И., Ли П.Ц., Кандалова Е.Г.</b> Эффект наследственности структуры и механических свойств в сплаве AZ91D	№12
<b>Королев С.П., Задрущий С.П., Михайловский В.М., Анискович М.И.</b> Флюс для переплава ломов, стружечных и шлаковых отходов алюминийсодержащих сплавов	№2	<b>Никулин И.В.</b> Внедрение стержневого автомата фирмы ANH-Giessereitechnik (Германия) на чугунолитейном производстве ОАО «Сибэлектромотор»	№6
<b>Коротченко А.Ю., Коротченко И.А., Зарубин А.М.</b> Моделирование течения расплава в камере прессования при литье под давлением	№12	<b>Никулин Л.В., Пушкарев С.Ю.</b> Формирование структуры и свойств специального магниевых сплава для литья под давлением	№8
<b>Костин А.В., Кечин В.А.</b> Анализ состояния материала теплового агрегата в зоне разрушения	№7	<b>Новикова Ю.А., Евдокимов И.Ю., Угрци А.С., Коробков С.И.</b> Опыт компьютерного моделирования литейных процессов LVM FLOW в учебном процессе	№7
<b>Крюкова И.С., Беляев С.В., Леушин И.О.</b> Применение отходов гальванического производства для формирования легкоотделяемого пригара на стальных отливках	№2	<b>Нурадинов А.С., Таранов Е.Д., Эльдарханов А.С.</b> Влияние внешнего давления на параметры затвердевания слитка	№1
<b>Кудин Д., Колоско Н.</b> Инновационные технологии фирм «Savelli S.p.A.» (Италия) и «АНВ Giessereitechnik GmbH» (Германия) при производстве крупного вагонного литья на основе опыта предприятия ОАО «Алтайвагон» - Рубцовский филиал, г. Рубцовск, Алтайский край	№11	<b>Нутрихин В.Э., Ершов М.Ю.</b> Монолитные гипсовые формы для литья по выплавляемым моделям	№4
<b>Кульбовский И.К., Карелин С.В., Попов Е.В., Илюшкин Д.А., Туркин Д.А.</b> Исследование влияния химического состава на усадку и жидкотекучесть чугуна, применяемого для изготовления массивных отливок втулок судовых дизелей большой мощности	№3	<b>Павлинич С.П., Челушкин А.С., Письмеров Д.Ю.</b> Температурное поле системы «форма-стержень-лопатка ГТД» при литье	№3
<b>Кульбовский И.К., Поддубный А.Н., Богданов Р.А.</b> Влияние термовременной обработки и шихтовых материалов на природу центров кристаллизации графита в расплаве чугуна	№6	<b>Павлинич С.П.</b> Влияние ионно-имплантационной обработки сплава ЖС 32 на его структуру и эксплуатационные свойства	№8
<b>Кучин П.С.</b> Математическое моделирование процессов литья металлов и сплавов	№10	<b>Павлинич С.П.</b> Ионно-имплантационная обработка литых лопаток турбины высокого давления из сплава ЖС32	№7
<b>Ларионов А.Я., Мусинов В.В.</b> Прогноз параметров гомогенной кристаллизации в силумине	№1	<b>Павлинич С.П.</b> Исследование влияния ионной имплантации поверхности литых лопаток ТВД на их усталостную прочность	№9
<b>Леушин И.О., Нищенков А.В., Шапкин Е.И.</b> Научно-производственный комплекс – необходимое звено стратегического развития современного технического вуза	№5	<b>Павлинич С.П.</b> Фрактографическое и металлографическое исследование изломов лопаток ТВД	№6
<b>Линчевский Б.В., Зайцев В.М., Маслов Д.Г.</b> Сравнение показателей работы дуговой печи переменного и постоянного тока на ОАО «Тяжпрессмаш»	№12	<b>Панов А.Г., Фарисов Р.Д.</b> Особенности технологии получения машиностроительных отливок переплавом стружки СЧ и ВЧШГ	№8
<b>Логинов Ю.Н., Мызык Р.К., Романов В.А.</b> Анизотропные характеристики непрерывнолитой кислородсодержащей меди	№3	<b>Панфилов А.В.</b> Современное состояние и перспективы развития литых дискретно-армированных алюмоматричных композиционных материалов	№7
<b>Логинов Ю.Н., Мызык Р.К., Титов А.В., Романов В.А.</b> Влияние направления кристаллизации на анизотропию пластического течения непрерывнолитой меди	№10	<b>Панфилов А.В., Бранчуков Д.Н., Карасев М.А.</b> Повышение качества отливок из алюминий-кремниевых сплавов с использованием экологически чистых комбинированных флюсов	№7
<b>Луковников Д.А., Шапиро А.Л.</b> Численный анализ влияния экзотермических оболочек прибойлей и фильтров на качество отливок и экологию жидкого металла	№11	<b>Панфилов А.В., Панфилов А.А., Петрунин А.В.</b> Исследования влияния наночастиц тугоплавких соединений на формирование структуры и свойств алюмоматричных композиционных материалов	№7
<b>Майоров Ф.И., Грищенко А.В.</b> Технология снижения литейного брака по шлаковым включениям	№11	<b>Панфилов Ал.А., Кечин В.А., Панфилов А.В., Панфилов А.А., Прусов Е.С.</b> Дисперсно-упрочненные композиционные материалы,	
<b>Майоров Ф.И., Ухов А.Н.</b> ФОРМОЛ – новый шаг в улучшении свойств разделительных покрытий	№2		

армированные эндогенными и экзогенными керамическими и интерметаллидными фазами	№7	<b>Фоченков Б.А.</b> О ликвиции первичного кремния в отливках из заэвтектических силуминов	№4
<b>Пименов С.П., Дембовский В.В.</b> Исследование влияния влажности и температуры окружающей среды на содержание водорода в стальном расплаве при обработке в агрегатах типа ковш-печь	№8	<b>Чайкин А.В., Вольнов И.Н., Чайкин В.А., Уханов Ю.А., Петров Н.Р.</b> Анализ эффективности модификаторов с использованием статистики и моделирования	№10
<b>Поль В.Б., Сафонова Е.К.</b> Инновационный потенциал металлургического комплекса Свердловской области	№3	<b>Челноков А.Ю.</b> Литейное производство ООО «МашСталь» и запуск нового формовочного и стержневого оборудования	№9
<b>Рейхер А., Бархударов М., Вольнов И.</b> Компьютерное моделирование как инструмент управления микропористостью в отливках, сокращения цикла проектирования и доводки пресс-форм литья под давлением	№12	<b>Черный А.А., Ковалева А.В., Соломоницина С.И.</b> Композиционные материалы, получаемые при литье	№9
<b>Ри Э.Х., Кухаренко Е.Б., Ри Х.</b> Влияние продолжительности облучения наносекундными электромагнитными импульсами (НЭМИ) на процессы кристаллизации и структурообразования, физико-механические и эксплуатационные свойства чугуна СЧ 20, модифицированного ферросилицием	№6	<b>Шаршин В.Н., Кечин В.А., Сухорукова Е.В., Медведев А.Н.</b> Особенности конструирования литниковых систем при литье с центрифугированием расплава	№7
<b>Ри Э.Х., Кухаренко Е.Б., Ри Хосен.</b> Механизм и кинетика кристаллизации эвтектики и эвтектоида в модифицированном кремнием чугуна СЧ 20, облученном в жидком состоянии наносекундными электромагнитными импульсами (НЭМИ)	№8	<b>Шахназаров К.Ю.</b> Связь жидкотекучести бинарных сплавов с качественными изменениями протяженности по температуре интервала кристаллизации	№2
<b>Рябов Д.Г., Радя В.С., Абдалов С.А., Ермаков И.В.</b> Структура и механические свойства белых чугунов с различным содержанием меди	№2	<b>Шахназаров К.Ю.</b> Связь скачкообразного роста линейной усадки эвтектических сплавов с качественными изменениями интервала кристаллизации	№9
<b>Серебряков С.П., Афанасьев А.Г.</b> Разработки в области центробежных интенсивных видов обработки формовочных материалов на кафедре «Материаловедение, литье и сварка»	№1	<b>Шахназаров К.Ю., Косников Г.А.</b> Связь аномального повышения пластичности при росте прочности с качественными изменениями интервала кристаллизации в литых сплавах Cu – Zn, Cu – Sn, Al – Si, Cu – Si, Al – Zn, Zn – Al, Al – Mg, Mg – Al и Fe – C	№10
<b>Сидоров Е.В., Соломеина Ю.В.</b> Влияние характера кристаллизации сплавов на образование микропористости в литых заготовках	№7	<b>Шилли М., Трещалин А.В.</b> Технология сухой очистки промышленных газов на литейных и металлургических предприятиях	№3
<b>Сироткин Д.Е., Семизоров М.Ф., Этманов И.А., Стрешнев А.В., Райко О.Е., Зайцев Г.Ю., Бачурин И.В., Воеводин Л.И.</b> Производственные испытания бентонита Даш-Салахлинского месторождения в Металлургическом производстве ОАО «АВТОВАЗ»	№5	<b>Щепетов А.В., Лубяной Д.А., Буторин С.В., Лубяная С.В.</b> Обратная задача структурно-параметрической адаптации технологии выплавки чугуна	№3
<b>Сироткин Д.Е., Чернов В.А., Никитин В.И., Жумлякова М.А.</b> Улучшение качества безводных формовочных смесей для литья штампов в мелкосерийном производстве	№5	<b>Юрасов В.В., Сильченко Т.Ш., Кидалов Н.А., Кузьмин С.В., Осипова Н.А.</b> Исследование растворения силикат-глыбы активированной ударно-волновой обработкой	№10
<b>Соколов А.В., Бречко А.А., Яковлев А.М.</b> Исследование технологических свойств смесей со смолой «Карбофен»	№3	<b>Информация</b>	
<b>Сорокин Ю.А., Корнеев С.Ю.</b> Исследование возможности получения качественной оболочки из песчано-бентонитовой смеси на плоских поверхностях ячеистого кокиля	№4	<b>Комитет «Стальное литье» РАЛ: Филиппенков А.А., Миляев В.М., Троп Л.А.</b> Машиностроению – высокоразвитое литейное производство	№9
<b>Сухоруков Д.В., Кечин В.А., Шаршин В.Н.</b> Исследование теплофизических свойств материала пресс-форм для производства газифицируемых моделей	№7	<b>Мероприятия по литейному производству</b>	№2-6
<b>Тен Э.Б., Петровский П.В., Горохов А.И.</b> Исследование механизма взаимодействия матричного и армирующего компонентов железно-алюминиевого композита в условиях жидкофазного совмещения	№2	<b>Никитин В.И.</b> Об участии Самарского отделения РАЛ в возрождении литейной науки и производства (СО РАЛ – 10 лет)	№6
<b>Трещалин А.В.</b> Эффективная технология измельчения литников и бракованных отливок	№9	<b>Никитин В.И.</b> Информация о результатах 7-го международного симпозиума «Наследственность в литейных процессах»	№12
<b>Трухов А.П.</b> 65 лет кафедре «Машины и технология литейного производства» имени П.Н. Аксенова	№4	<b>О проведении IX съезда литейщиков России и выставки «Литье 2009»</b>	№9-12
<b>Трухов А.П., Шабенов К.К.</b> Определение объема прибылей для чугунных отливок в сырые песчано-глиняные формы	№4	<b>Разработки и предложения Самарского регионального отделения РАЛ</b>	№6
<b>Усманский завод ОАО «Литмашприбор»:</b> Одношнековый смеситель для изготовления ХТС мод. С-110	№5	<b>Наши юбиляры</b>	
<b>Фарисов Р.Д.</b> Теплопередача в кристаллизаторе скольжения при непрерывном литье	№2	<b>Богомолов Юрий Митрофанович</b> (к 70-летию со дня рождения)	№3
<b>Федотов М.В., Селянин И.Ф., Федотов В.М.</b> Влияние температуры на процесс синтеза лигатурного сплава «алюминий-кремний-бор»	№11	<b>Буданов Евгений Николаевич</b> (к 50-летию со дня рождения)	№4
<b>Федотов М.В., Селянин И.Ф., Федотов В.М., Найденов Н.А.</b> Влияние скорости кристаллизации на структуру лигатурного сплава Al-Si-B	№5	<b>Гарин Анатолий Дмитриевич</b> (к 70-летию со дня рождения)	№12
<b>Фирма «Тебова-Нур»</b> выполняет реконструкцию машин ЛПД 1970 - 1990-х гг. используя самые современные технологии и достижения в области литья под давлением	№11	<b>Гетьман Анатолий Антонович</b> (к 80-летию со дня рождения)	№9
<b>Фирма «Термосинтез»:</b> Фильтры керамические ФКТ	№8	<b>Ивашкевич Александр Григорьевич</b> (к 70-летию со дня рождения)	№6
		<b>Карпов Юрий Иосифович</b> (к 70-летию со дня рождения)	№12
		<b>Колпаков Серафим Васильевич</b> (к 75-летию со дня рождения)	№1
		<b>Крохотин Владимир Леонидович</b> (к 75-летию со дня рождения)	№1
		<b>Мозолин Владимир Павлович</b> (к 70-летию со дня рождения)	№7
		<b>Наумов Юрий Иванович</b> (к 60-летию со дня рождения)	№6
		<b>Орленко Всеволод Николаевич</b> (к 70-летию со дня рождения)	№12
		<b>Пикунов Михаил Владимирович</b> (к 80-летию со дня рождения)	№10
		<b>Сивко Владимир Иванович</b> (к 70-летию со дня рождения)	№9
		<b>Фишер Гуго Христианович</b> (к 70-летию со дня рождения)	№9
		<b>Фоченков Борис Андреевич</b> (к 70-летию со дня рождения)	№9
		<b>Эльдарханов Аднан Саидович</b> (к 55-летию со дня рождения)	№11
		<b>В этом году ушел из жизни</b>	
		<b>Жилиев Николай Иванович</b>	№8