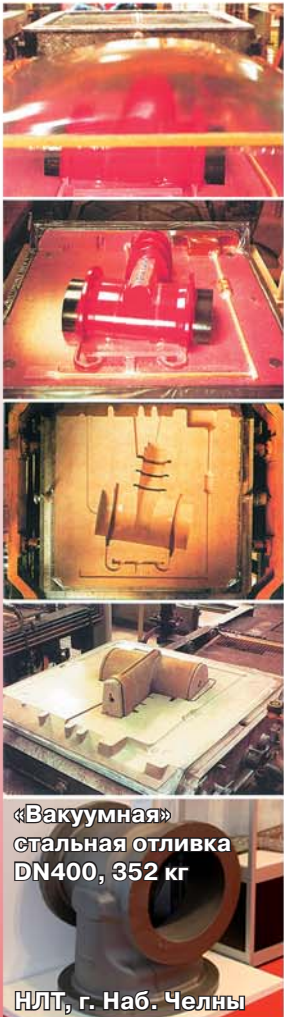


Литейное

ПРОИЗВОДСТВО

5

2014



V-процесс – экологически чистое ЛП



Тел.: +7 (499) 907-50-00, 907-52-90, 907-52-55
 Факс: +7 (499) 907-21-50; e-mail: HWS-MOSCOW@NLN.RU
www.wagner-sinto.de

**Модернизация
 литейного производства
 России
 на базе высшего качества
 немецкого машиностроения –
 HWS-Sinto**



Сейатцу-процесс
 Завод Vuderus, Германия



Luitpoldhütte AG
 Автокомпоненты



Fritz Winter, Германия
 250 ф/ч – 3000 отл/ч



Vuderus, Германия
 Секция котла, вес 130 кг

«Вакуумная»
 стальная отливка
 DN400, 352 кг

НЛТ, г. Наб. Челны

**Опочные АФЛ по Сейатцу-процессу, Вакуум-процессу. Заливочные автоматы.
 АФЛ горизонтальной безопочной формовки FBO. Модернизация существующих линий**

**2014 г. Инновационные ж/д тележки – три завода РФ –
 Промлит, ВКМ-Сталь, ТВСЗ – «ВАКУУМНЫЕ» РАМА и БАЛКА**



ВПФ

V-процесс – самые качественные и дешевые отливки



Сейатцу – гарантия высшего качества отливок по ПГС

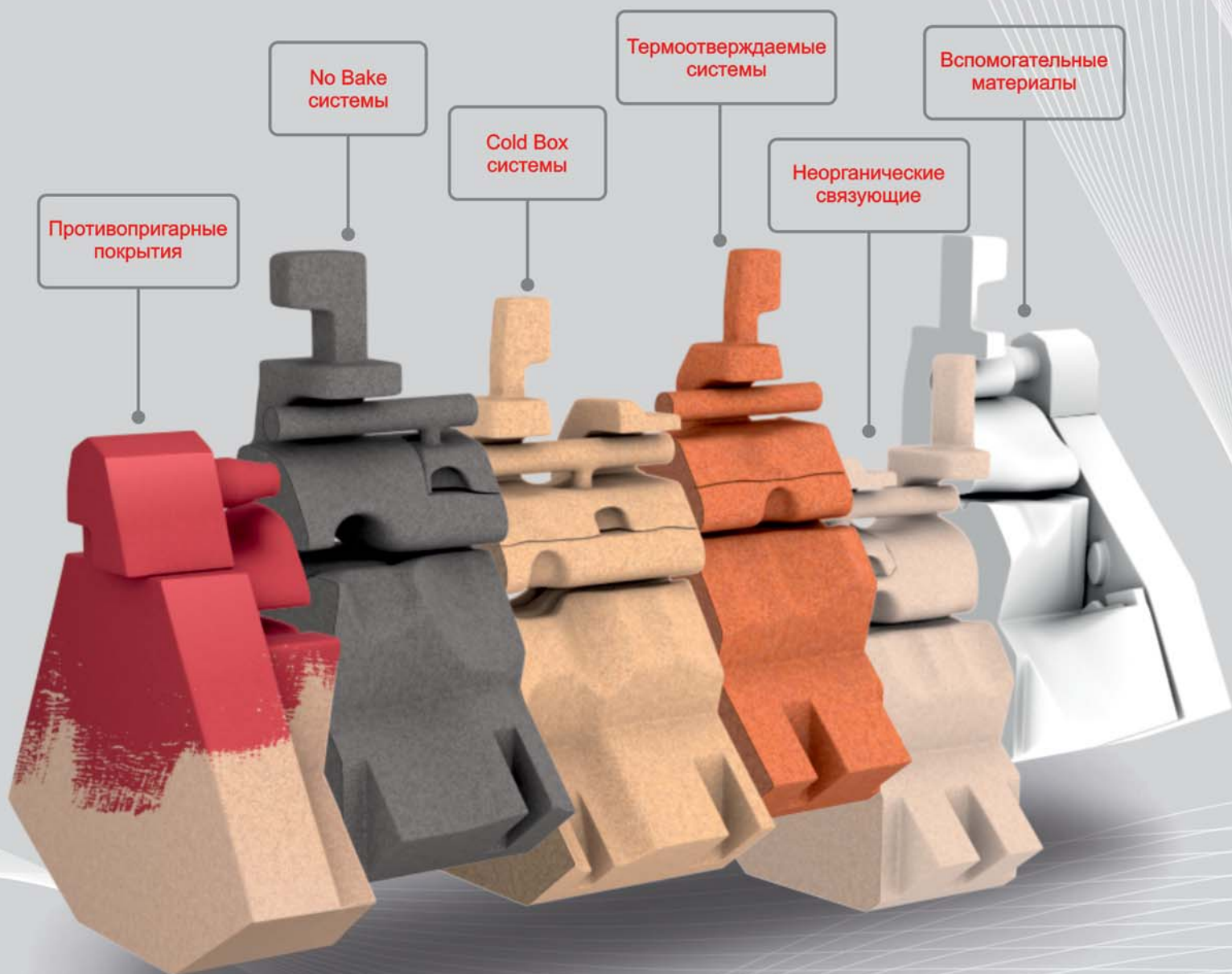


sinto

Корпуса
 эл. двигателей
 до 900 мм
 без стержней –
 как наиболее
 сложная отливка
 по технологии ПГС.
 Выставка GIFA

ПГФ

Россия, 622012, Нижний Тагил,
Северное шоссе, 21
Тел.: +7 (3435) 34 60 07
+7 (3435) 34 64 00
E-mail: ucp-ha@ucp.ru
Http: www.ucp-ha.ru



Приглашаем Вас посетить наш стенд на Международной выставке «Металлургия-Литмаш-2014» в Москве, ЦВК «Экспоцентр» на Красной Пресне, пав.№7, зал 3, стенд А27 - с 03 по 06 июня 2014

**Редакционно-
издательский
совет**

БЕХ Н. И.

Председатель Редакционно-
издательского совета

ЯСКЕВИЧ И. А.

Заместитель председателя,
Главный редактор журнала

АЛЕКСАНДРОВ Н. Н.

АФОНАСКИН А. В.

БАСТ Ю.

БИБИКОВ А. М.

ГАВРИЛИН И. В.

ЕВСТИГНЕЕВ А. И.

КУКУЙ Д. М.

КУРАКОВ Ю. Г.

МЕЛЬНИКОВ А. П.

НАЙДЕК В. Л.

НЕМЕНЕНОК Б. М.

ПАНФИЛОВ Э.В.

ПИРАЙНЕН В. Ю.

ПОДДУБНЫЙ А.Н.

СОФРОНИ Л.

ТКАЧЕНКО С. С.

ШИНСКИЙ О.И.

Издательский дом
«ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО»
объявляет подписку
на электронные версии журналов
«ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО»,
«МЕТАЛЛУРГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ»
«БИБЛИОТЕЧКА ЛИТЕЙЩИКА»
(подробнее www.foundrymag.ru)

Интервью доктора Карстена Кульгаца, президента и генерального директора компании «Hüttenes-Albertus Chemische Werke GmbH»

Литейные сплавы. Отливки

2 **Леушин И.О., Чистяков Д.Г.** Анализ процессов карбидизации в поверхностном слое чугуновых стеклоформ при их изготовлении • **Leushin I.O., Chistyakov D.G.** Analysis of the processes of carbide-formation in the surface layer of castings glass-molds

5 **Панкратов С.Н., Семенов К.Г., Батышев К.А.** Влияние малых добавок легирующих элементов на плотность отливок из Cu-сплавов • **Pankratov S.N., Semyonov K.G., Batyshev K.A.** Effect of Small Additions of Alloying Elements on the Soundness of Cu Alloy Castings

Специальные способы литья

8 **Крушенко Г.Г.** Совершенствование технологии литья корпусов насосов турбонасосного агрегата ЖРД • **Krushenko G.G.** The perfection of founding the pumps cases of turbo-pump assembly of liquid-fuel rocket engine technology

11 **Дорошенко В.С.** О системе мониторинга процесса литья по ледяным моделям • **Doroshenko V.S.** About monitoring system of the Ice Pattern Casting Process

16 **Углев Н.П., Пойлов В.З., Казанцев А.Л., Ордин Д.А., Мерзляков К.С., Звездин В.Л., Шилов А.В., А Петров Ю., Трубкина С.Н., Самосудов А.А.** Термомеханические свойства керамик для литья по выплавляемым моделям • **Uglev N.P., Poilov V.Z., Kazantsev A.L., Ordina D.A., Merzlyakov K.S., Zvezdin V.L., Shilov A.V., Petrov A.Y., Trubkina S.N., Samosudov A.A.** Thermomechanical Properties of Ceramics for Investment Casting

21 **Батышев А.И.** Литье стали под давлением • **Batyshev A.I.** Pressure Die Casting of Steel
24 **Пивоварчик А.А., Михальцов А.М.** Влияние способов нанесения разделительных покрытий на толщину смазочно-разделительного слоя при ЛПД Al-сплавов • **Pivovarchyk A.A., Michalozov A.M.** Effect of dividing methods of applying coatings to a thickness of cutting the separation layer of aluminum casting alloys under pressure

Литье в песчаные формы

26 **Грузман В.М., Бурдаков К.А.** Исследование режима осаждения связующего на зерна песка в псевдоожоженном слое • **Gruzman V.M., Musinov M.V., Burdakov K.A.** Study of Regime of Binder Settling on Sand Grains in Fluidized Bed

28 **Гурия И.М., Лютый Р.В., Кеуш Д.В., Смольская В.С.** Стержневые смеси со связующими на основе ортофосфорной кислоты и солей щелочных металлов • **Guriya I.M., Lyutyi R.V., Keush D.V., Smolskaya V.S.** Core Sands with a Binder Based on Orthophosphoric Acid and Alkaline Metal Salts

Литейное оборудование

32 **Огнеупорные материалы и изделия на основе алюмосиликатных волокон и неорганических связующих** • **Refractories and Products Based on Aluminosilicate Fibers and Inorganic Binders**

Организация производства

36 **Попов А.** О развитии литейного производства в странах NAFTA, из опыта фирмы Laempe • **Rorov A.** Dynamics of development of foundry production in NAFTA countries from Laempe experience

Информация. Хроника

Иван Владимирович Матвеев (К 85-летию со дня рождения)

39 **Хроника**

40 **Олег Николаевич Магницкий**



Интервью доктора **Карстена Кульгаца**, президента и генерального директора компании «Hüttenes-Albertus Chemische Werke GmbH»

Во всем мире, как дома

• *Господин Кульгац, где находятся самые устойчивые рынки литейной промышленности для компании Hüttenes-Albertus?*

Мы стремимся расширить наши позиции в качестве лидера рынка в нашем основном товарном портфеле в Германии, Европе и Америке. В сотрудничестве с нашими местными партнерами мы нацелены на развитие поставок на рынки Азии, Восточной Европы, Центральной и Южной Америки, где существует огромный потенциал роста. Мы намерены принимать активное участие в росте рынка, завоевывать новых клиентов и в то же время размещать продукцию из нашего общего ассортимента на тех рынках, которые еще не сформировались.

• *Какова ваша основная техническая задача, и как различаются рынки и их конъюнктура?*

Подобно другим рынкам, наш литейный рынок подвергся глобализации. В настоящее время клиенты литейной промышленности во всем мире, особенно, в автомобилестроении, требуют единых стандартов качества для отливок, которые они покупают. Литейные предприятия могут удовлетворить эти требования в том случае, если они используют в производстве современные вспомогательные материалы и технологии.

Кроме того экологические характеристики литейных смол будут приобретать все большее значение. Даже те предприятия литейной промышленности, которые характеризуются высокой эффективностью производства, рано или поздно станут использовать смолу без токсичных выбросов, либо со сниженными токсичными выбросами. В общем, все, что оставляет так называемый углеродистый след, будет объектом дальнейшего исследования, и наша задача как мирового поставщика химических продуктов для литейной промышленности предвидеть такие изменения и реагировать на них, совмещая опыт десятилетий с инновационными подходами к исследованиям.

• *Куда вы собираетесь инвестировать средства в ближайшем будущем?*

В течение последних нескольких лет мы модернизировали наши производства в Германии и Европе. Сейчас мы делаем крупные инвестиции в растущие рынки. Один из примеров – новое производство в Нантонге в Китае.

Уже сегодня в Нантонге производятся питатели и противопригарные покрытия, а в течение 2014 г. там будет сдан в эксплуатацию цех по производству смол. В Индии группа компаний HA в течение трех лет инвестирует в расширение второго завода между Мумбаи и Пуной, в непосредственной близости от местного автомобильного предприятия. В России мы также планируем

расширять производственные мощности. В 2015 г. мы планируем достигнуть производственной мощности в 30 000 т в год.

• *Как вы думаете, будут ли развиваться страны БРИКС?*

В течение последних нескольких лет компания Hüttenes-Albertus систематически расширяла свое мировое присутствие. Мы хотим быть там, где наши клиенты. Это всегда касалось сформировавшихся рынков и, конечно, растущих рынков в странах БРИКС. Мы убеждены, что региональные рынки со своими индивидуальными потребностями извлекают больше выгоды, обслуживаясь локально. Много лет назад в Бразилии мы объединились с нашим сильным партнером – компанией SI Group, а в Индии – с компанией Gargi HA. С 1999 г. мы непрерывно наращиваем наше присутствие в Китае, инвестируя в новые объекты и заводы. В начале 2013 г. в России мы основали совместное предприятие с компанией «Уралхимпласт», и вместе мы занимаем первое место на этом рынке.

• *Господин Кульгац, каковы ваши прогнозы относительно мировой литейной промышленности, и какие задачи ставит перед собой ваша компания?*

Литейная промышленность существовала веками и будет существовать в будущем, с одним лишь новшеством – использованием инноваций в производстве.

Новые задачи и направления также будут гарантировать то, что литейная промышленность останется мощным фактором в мировой цепочке добавленной стоимости. Помимо автомобильного сектора, множество других рынков имеют огромный потенциал для использования отливок, такие, как производство энергии из возобновляемых ресурсов. И это лишь один из примеров. Литейная промышленность продлевает срок эксплуатации материалов, делая, таким образом, решающий вклад в сохранение ресурсов. Поэтому у нас очень оптимистичный взгляд на будущее.

В международном литейном сообществе бренд HA представляет самые инновационные предприятия, которые дают клиентам наибольшие преимущества в области химических и металлургических вспомогательных материалов для производства отливок.

Не уменьшая гибкости и обязательств наших филиалов и дочерних компаний, мы будем улучшать всемирную сеть компании HA. Компания Hüttenes-Albertus будет продолжать работать, независимо от обстоятельств, не ограничивая себя в решениях и выборе.

Наша цель очень проста: удовлетворить требования наших клиентов, наших сотрудников, наших акционеров и всех будущих заинтересованных сторон решениями, результатами и услугами, которые мы предлагаем, в мировом масштабе.

УДК 621.746.019

I.O. Leushin,
D.G. Chistyakov

Аннотация

Summary

Анализ процессов карбидизации в поверхностном слое чугунных стеклоформ при их изготовлении

Analysis of the processes of carbide-formation in the surface layer of castings glass-molds

И.О. Леушин, Д.Г. Чистяков
(Нижегородский ГТУ им. Р.Е. Алексеева)

Детали стеклоформ (СФ) эксплуатируют в сложных термомеханических условиях. Одно из условий надежной работы таких деталей – создание мелкозернистой структуры в областях контакта с расплавленным стеклом. Создание такой структуры сопровождается формированием большого количества цементита и цементита ледебурита в поверхностном слое. Контроль над процессами графитизации и карбидизации в поверхностном слое заготовки позволит регулировать процесс создания отливки с требуемой структурой.

Ключевые слова

Чугун, стеклоформа, модификатор, металлический холодильник, отбел, цементит, ледебурит.

The operation of details of glass molds is carry out in the complex thermo-mechanical conditions. One of the conditions of reliable work of the details of this type is the creation of a fine-grained structure in the areas of contact with molten glass. The creation of such a structure is accompanied by the formation of a large number of cementite and cementite ledeburite in the surface layer. Control over the processes graphitization and carbide-formation in the surface layer of the workpiece will allow to control the process of the creation of casting with the required structure.

Key words

Cast iron, glass-mold, modifier, metal refrigerator, chill, cementite, ledeburite.

Тенденция современного отечественного литейного производства – разработка заготовок деталей, существенно превосходящих по свойствам иностранные аналоги, и их изготовление с гораздо меньшими затратами по времени и деньгам. Однако в последнее время наметился заметный «отрыв» западных производителей в изготовлении деталей чугунных СФ (рис. 1), используемых для массового выпуска стеклотары, от российских металлопродуктов, применяемых в стекольной промышленности. Выбор заграничных металлоизделий или деталей СФ собственного производства среди отечественных стеклотарных заводов определяется соотношением высокого качества и высокой цены зарубежного продукта, или же российского изделия, относительно недорогого в изготов-

лении, но с весьма скромным комплексом эксплуатационных свойств. Внутренний задел в работах по продлению долговечности и надежности деталей такого типа в зарубежных странах снижает конкурентоспособность отечественных изделий, уменьшая спрос стеклотарных заводов на российскую продукцию.

Анализом теоретических предположений других авторов и экспериментальных проверок разработанных алгоритмов оценки стойкости чугунных деталей в условиях агрессивных сред и тепловых нагрузок установлено, что общепринятая методика расчета эксплуатационных показателей таких изделий сводится к выбору каких-либо ключевых свойств, которыми должна обладать деталь. При этом, от автора к автору перечень свойств – даже для



Рис. 1. Стеклоформа

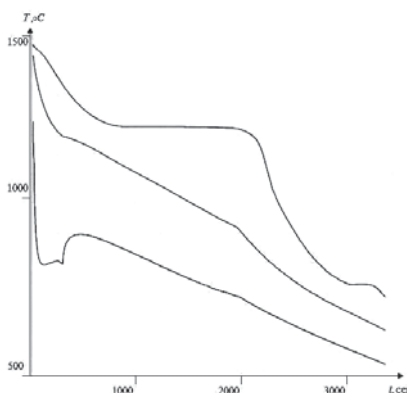


Рис. 2. Температурный режим охлаждения СФ

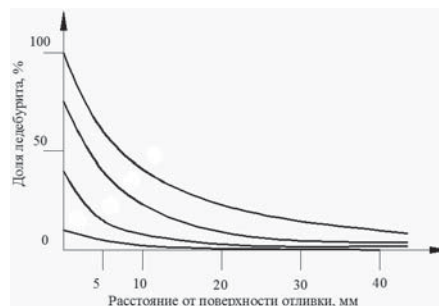


Рис. 3. Доля ледебурита в структуре отливок при использовании холодильников толщиной (без краски): 55, 40, 25 и 10 мм — 1...4, соответственно

продукта одной номенклатуры — различен. Однако все авторы сходятся в одном — деталь должна иметь высокую прочность в узлах наибольшего прогнозируемого нагружения и структуру, обеспечивающую высокую термостойкость контактирующих поверхностей.

Технология изготовления литых СФ — это широкий спектр производственных операций, имеющих ряд специфических особенностей:

- расплав чугуна подвергается легированию широкой гаммой элементов, способствующих созданию комплекса свойств, удовлетворяющего сразу нескольким критериям — термо- и жаростойкости, жаропрочности, стойкости к износу и коррозии;

- чугун проходит двухэтапную стадию модифицирования, включающую процессы сфероидизации и графитизации, что создает необходимую структуру литого изделия;

- рабочий (контактирующий в циклическом режиме с расплавленным стеклом) слой детали выполняется посредством контакта расплава с металлическим холодильником.

Немалый интерес для исследователей чугунов представляет процесс затвердевания отливки при контакте с внешним металлическим холодильником и, как следствие, изменение фазового и химического составов чугуна на внутренней поверхности литой заготовки. Наиболее наглядно процесс затвердевания СФ представляется в виде трехэтапного процесса охлаждения, где временные интервалы указаны на основании производственных данных заводов-изготовителей СФ*. Остывание отливки:

- в форме в сборе (7...15 мин) — этап I;
- в форме после удаления холодильника (25...30 мин) — этап II;
- вне формы на воздухе (до $T_{\text{цех}}$) — этап III.

С точки зрения формирования структуры рабочей зоны СФ, наибольшего внимания заслуживает этап I.

Именно при контакте жидкого чугуна с металлическим холодильником в течение нескольких минут формируется поверхностный слой, обогащенный карбидными включениями и обедненный ферритом. На величину отбела отливки — ввиду наличия погрешностей в навесках лигатур и ферросплавов, различий температурных условий заливки от плавки к плавке, степени глобуляризации графита в конкретных условиях и других факторов — решающее влияние оказывает разница температурного перепада на границе *холодильник — расплав* и масса холодильника, задающая требуемую скорость охлаждения.

Другой немаловажный фактор — наличие карбидообразующих элементов в составе чугуна: Mn, Cr, Mo, W, Ti, которые присаживают в материал деталей СФ для придания конечному изделию комплекса технологических и теплофизических свойств (снижается рост зерен феррита за счет присутствия мелких карбидов). В результате легирования чугуна такими элементами изменяются условия кристаллизации отдельных зон отливки, в первую очередь, её поверхностных слоев и переходной области *отбел — масса чугуна*, что обуславливает формирование графитовых включений размеров и форм, отличных от прогнозируемых. В этом случае даже создание определенного скоростного режима затвердевания отливки (заданной массой холодильника) не гарантирует формирование требуемой градиентной¹ структуры деталей СФ.

Анализ технологического режима изготовления чугунных СФ на предприятиях Поволжья показал, что формирование отбеленного слоя со сверхгетерогенной² структурой по всей рабочей зоне отливки — это *побочный эффект* при получении мелкозернистой структуры с вкра-

¹ **Термин**, обозначающий структуру отливки, характеризующую наличием нескольких слоев с разным для каждого слоя комплексом свойств

² **Термин**, обозначающий структуру отливки с высокой степенью изменчивости фазового состава в отдельных слоях литой заготовки

* ООО «MOLD TECH» (г. Муром), ООО «Мехсервис» (г. Гусь-Хрустальный)

плениями мелких сложнелегированных карбидов в поверхностном слое с минимальными производственными затратами, которые увеличиваются при использовании песчаных литейных стержней. Отбел отливки интересно исследовать и с точки зрения последующих этапов обработки литой заготовки – механообработкой и газовым порошковым наплавлением (для увеличения износостойкости рабочих кромок изделия и предотвращения выкрашивания отдельных составляющих материала чугуна при эксплуатации изделия. При этом, уже при последующей газовой сварке (порошковой наплавке) возможно повторное отбеливание чугуна. Таким образом, для создания оптимальных условий, как для эксплуатации чугунных изделий, так и для последующей их обработки, необходимо исследовать величину получаемого отбела, в зависимости от температурных условий охлаждения отливок.

Авторы статьи исследовали отбеленный слой, образующийся на поверхности отливки, для изучения кинетики нарастания объема твердой фазы в затвердевающем расплаве и продвижения фронта кристаллизации, с определением величины карбидного слоя и границы переходной зоны при литье расплава чугуна на металлический холодильник.

Глобуляризацию графитовой компоненты чугуна осуществляли, используя модификатор «Сферомаг™ 611» формы «чипс», мелкой фракцией в 2...10 мм, вторичное модифицирование – модификатором SIBAR™ 4. Химсоставы применяемых модификаторов представлены в **таблице**. Расчетное количество, %: «Сферомага», помещаемого в ковш перед разливкой чугуна, – 1,5, графитизатора – 0,4. В результате плавки был получен чугун следующего химсостава, %: 3,55 C; 4,55 Si; 0,44 Mn; 0,08 Cr; 0,11 Al; 0,03 S; 0,04 P.

| Модификатор | Химсостав, % | | | | | | |
|---------------|--------------|-------|---------|-----------|-----------|-----------|------|
| | Mg | Al | Si | Ca | TRE | Ba | Fe |
| Сферомаг 611™ | 5,7...6,3 | < 1,2 | 50...55 | 1,0...1,5 | 0,8...1,2 | – | ост. |
| SIBAR 4™ | – | < 2,0 | 65...75 | < 1,5 | – | 3,5...5,0 | ост. |

В качестве образца, имитирующего литую СФ, использовали цилиндрические заготовки, масса которых и площадь поверхности контакта были пропорциональны данным реальной СФ, изготавливаемой на предприятии.

Диаметр образцов 105 мм, высота 110 мм. Исходные экспериментальные данные различались толщиной и массой холодильника, слоем наносимой на холодильник литейной краски; масса литого образца 6,7 кг.

Температурный режим охлаждения отливки, с определением границ максимального (1, **рис. 2**) и минимального (3) значений температур, рассчитан с помощью программного комплекса MagmaSoft, 2 – средние значения.

Одна из особенностей формирования отбеленного слоя на поверхности отливки – неоднородность как зоны чистого отбела, так и переходной области отбел – масса чугуна, что связано с получением отливки высокой гетерогенности (графитовая эвтектика, цементит, ледебурит) за счет кристаллизации жидкого чугуна, как по стабильной, так и по метастабильной диаграмме в различных микрообъемах в поверхностных слоях отливки. Ввиду этого величину отбеленного слоя оценивали по площади, занимаемой карбидной фазой (цементитом и цементитом ледебурита) на 1 мм² на глубинах ~ 0, 5 и 40 мм от поверхности контакта расплава чугуна – холодильник, чтобы определить количество сверхтвердой фазы чугуна в частях отливки разного функционального назначения.

Результаты 1-го эксперимента показаны на **рис. 3**. Количество ледебурита в структуре отливки увеличивается с увеличением массы холодильника (и скорость затвердевания, соответственно) по обратно-экспоненциальной зависимости, что подтверждается и другими исследованиями³. В двух других экспериментах темп снижения количества ледебурита в структуре отливки при уменьшении массы используемого внешнего холодильника аналогичен. Микроструктура полученных отливок на глубине до 5 мм представлена на **рис. 4**.

³ Тен З.Б., Коль О.А. Закономерности формирования поверхностного отбеленного слоя на чугунных отливках // Материалы X съезда литейщиков России. – Казань. – 2011. – С. 138–142.



Рис. 4. Микроструктура отливок на глубине: **а** – 0, **б** – 5 мм; ×500

Сведения об авторах

Леушин Игорь Олегович – д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой «Литейно-металлургические процессы и сплавы» Нижегородского ГТУ им. Р.Е. Алексеева. Тел.: +7 (831) 436-43-95. E-mail: igoleu@mail.ru

Чистяков Дмитрий Геннадьевич – аспирант этой же кафедры. Тел.: +7 (831) 436-43-95. E-mail: chistyakov.nstu@mail.ru



ВОЛОКНИСТЫЕ ОГНЕУПОРЫ

Ведущий Российский производитель
огнеупорной продукции



Экзотермические прибыльные вставки



Футеровка крышек тепловых агрегатов



Огнеупорные фасонные изделия

УДК 621.74.02: 669.3

С.Н. Панкратов,
К.Г. Семенов,
К.А. Батышев

Аннотация

Summary

Влияние малых добавок легирующих элементов на плотность отливок из Cu-сплавов Effect of Small Additions of Alloying Elements on the Soundness of Cu Alloy Castings

S.N. Pankratov, K.G. Semyonov, K.A. Batyshev

Представлены результаты исследования влияния малых добавок кремния и никеля на литейные свойства меди. Рассмотрена зависимость герметичности отливок от структуры литых образцов.

Ключевые слова

Сплав, легирование, структура, герметичность.

Results of an investigation into the effect of small additions of silicon and nickel on the casting properties of copper are presented. Dependence of casting soundness on the structure of cast specimens is discussed.

Key words

Alloy, alloying, structure, soundness.

В настоящее время наблюдается тенденция к расширению традиционных областей применения меди и изделий из нее. В промышленно развитых странах особенно активно растет использование меди для получения фасонных отливок для электротехнической, металлургической и других отраслей промышленности. Фасонные изделия из меди с высокой электро- и теплопроводностью производят, в основном, из проката путемковки, прессования, сварки. Однако трудоемкость изготовления таких изделий велика. Высокую теплопроводность меди используют при изготовлении кристаллизаторов при непрерывном и полунепрерывном литье металлов, водоохлаждаемых изложниц, водоохлаждаемых наконечников для продувки жидкого металла в кислородных конверторах.

Получение фасонных изделий с высокой тепло- и электропроводностью литьем во многом может снизить затраты на их производство. Применение чистой меди

для получения сложных отливок высокой герметичности затруднено вследствие пористости отливок. Легирование меди небольшими добавками разных элементов повышает ее механические и эксплуатационные свойства, не снижая существенно, при этом, теплопроводность.

Изучали влияние малых ($\leq 1\%$) добавок Ni и Si на литейные и эксплуатационные свойства Cu. Сплавы готовили в индукционной печи в графито-шамотном тигле под слоем прокаленного древесного угля. Медный расплав перед введением легирующих элементов (ЛЭ) раскисляли фосфористой медью. Сплавы заливали в технологические пробы при 1150°C . Жидкотекучесть определяли по длине стандартной спиральной пробы, заливаемой в песчаную форму. Объемную усадку сплавов определяли по конусной пробе с холодильником. Рассеянную пористость отливок определяли гидростатическим взвешиванием.

Предлагаемая некоторыми авторами [1, 2] методика определения герметичности по специально вырезанным образцам из литых заготовок не всегда может полностью отражать гидроплотность отливки в целом. Литая поверхность при кристаллизации имеет поверхностную зону мелких равноосных кристаллов, создающих наиболее плотный слой без усадочной пористости и других дефектов. Этот слой во многом может обеспечить герметичность отливки.

Проанализировав многие отливки из низколегированных сплавов, выбрали конфигурацию отливки для определения герметичности в виде стакана $\varnothing 140$ и высотой 60 мм. Толщина стенки испытываемых отливок соответствовала реальным отливкам и составляла 5 и 7 мм. Отливки подвергали гидроиспытаниям при давлении ≤ 3 МПа с интервалом 0,5 МПа, с 10-мин выдержкой на каждой ступени.

Увеличение содержания ЛЭ до 1% приводит к снижению жидкотекучести на 30...35%, но она остается достаточно высокой для получения сложных фасонных отливок (рис. 1). Легирование меди Ni и Si незначительно влияет на объемную усадку меди, но приводит к ее перераспределению. Никель незначительно повышает объем рассеянных пор, в то время как Si увеличивает рассеянную пористость в 2 раза (рис. 2).

Отливки из чистой меди показали невысокую герметичность 0,3 и 0,5 МПа, при толщине стенки 5 и 7 мм, соответственно. На рис. 3 – отливка из чистой меди, и обозначено место, где образовалась течь. Структура отливки, которая характеризуется достаточно крупными, в основном, равноосными кристаллами, в наибольшей степени подвержена пористости.

Небольшое легирование меди Ni и Si до 0,1% значительно увеличивает герметичность отливок до 3,0 и 1,5 МПа, соответственно (см. ниже). Отливки, легированные Ni, показали высокую герметичность при любом его количестве, что обусловлено невысокой рассеянной пористостью в отливках и структурой литого металла.

| Содержание компонентов, % | Давление (min) появления течи в отливке, МПа* | |
|---------------------------|---|-------------|
| 0..... | 0,3 / 0,3 | (0,5 / 0,5) |
| 0,1..... | 3 / 1,0 | (3 / 1,5) |
| 0,3..... | 3 / 0,8 | (3 / 1,2) |
| 0,5..... | 3 / 0,5 | (3 / 0,6) |
| 1,0..... | 3 / 0,1 | (3 / 0,2) |

Примечание. Толщина стенки 5 мм, в скобках – 7 мм.

* При легировании Ni / Si

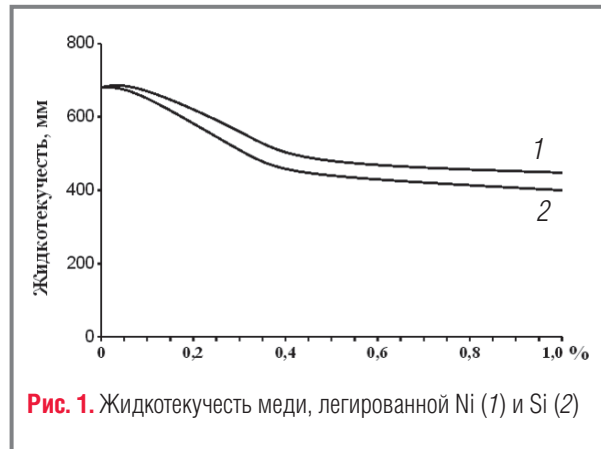


Рис. 1. Жидкотекучесть меди, легированной Ni (1) и Si (2)

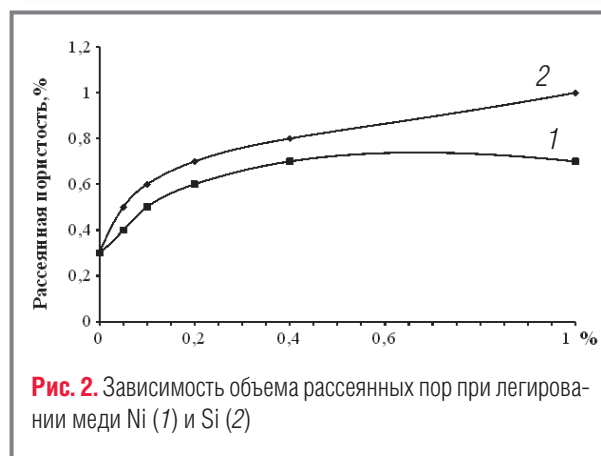


Рис. 2. Зависимость объема рассеянных пор при легировании меди Ni (1) и Si (2)

В макроструктуре меди, легированной Ni до 0,5%, преобладает плотная столбчатая структура, отличающаяся отсутствием пористости (рис. 4). При введении 1% Ni образуется мелкозернистый широкий наружный слой со столбчатой структурой в центре отливки. Литой металл с таким кристаллическим строением также не подвержен поражению усадочной пористостью.

Кремний неоднозначно влияет на герметичность отливок. При легировании до 0,1% герметичность значительно возрастает (в 3 раза) пропорционально для отливок с толщиной стенки 5 и 7 мм. В дальнейшем герметичность снижается и при 1% Si достигает минимума в 2 раза меньшего, чем у чистой меди. Также значительно изменяется и макроструктура литого металла. При легировании Si до 0,3% преобладает столбчатая структура, а при 1% Si образуется равноосная структура с достаточно крупными кристаллами, склонная к поражению усадочной пористостью.

Необходимо отметить, что использование специальных видов литья (например, литья с кристаллизацией под давлением) и расчетов затвердевания (САПР) позволяет получать, при прочих равных условиях, более плотные отливки из этих сплавов, что, в свою очередь, влияет на механические и литейные свойства отливок [3].

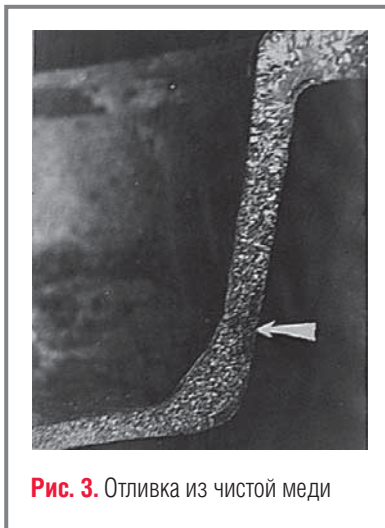


Рис. 3. Отливка из чистой меди

Таким образом, легирование меди небольшими добавками значительно изменяет литейные и эксплуатационные свойства отливок. Сплавы меди с кремнием до 0,3% имеют сравнительно высокие литейные свойства и герметичность; Ni в меньшей степени снижает литейные свойства этих сплавов, способствует измельчению структуры металла и, вместе с небольшой рассеянной пористостью, положительно влияет на герметичность отливок.



Рис. 4. Макроструктура меди, легированной Ni: **а...г** – 0,1; 0,3; 0,5 и 1,0%, соответственно

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бронтвайн Л.Р., Городецкий В.Н. // Литейное производство. – 1985. – №10. – С. 14–16.
2. Колесниченко А.Г., Дубинин А.В. О герметичности серых чугунов // Литейное производство. – 1979. – №12. – С. 18–20.
3. Батышев К.А., Безпалько В.И., Батышев А.И., Смолькин А.А. Изготовление герметичных отливок из силуминов // Литейное производство. – 2012. – №1. – С. 29–30.

Сведения об авторах

Панкратов Сергей Николаевич – доцент кафедры «Машины и технологии литейного производства» Московского государственного университета машиностроения (ММИ). Тел.: (495) 361-14-41. E-mail: Hipimgvmi@mail.ru

Семенов Константин Геннадьевич – канд. техн. наук, доцент той же кафедры.

Батышев Константин Александрович – д-р техн. наук, профессор той же кафедры.

ВНИМАНИЕ!

Наши журналы Вы найдете в каталогах:

| | «Литейное производство» | «Металлургия машиностроения» | «Литейное производство» и «Библиотечка литейщика» (комплект) |
|--|-------------------------|------------------------------|--|
| | <i>полугодие / год</i> | <i>полугодие / год</i> | <i>полугодие / год</i> |
| Каталог «Роспечать», индекс | 70491 / 47310 | 80468 / – | 81292 / – |
| Объединенный каталог «Пресса России», индекс | 42306 / 42422 | 42207 / 42423 | 42208 / 42440 |

Подписку также можно оформить в редакции.

Для правильного оформления документов в назначении платежа укажите ваш юридический адрес, адрес доставки, контактное лицо.

Адрес: 111394, Москва, Мартеновская ул., д.39, корп. 2, офис 4.

Тел./факс: +7 (495) 303-85-81; e-mail: lp@niit.ru

FRIODUR® - Coldbox-амин-процесс будущего

Подробнее
pmet.ru/furtenbach

Компания FURTENBACH является разработчиком и обладателем ряда патентов, что позволяет предлагать своим заказчикам решения на базе литейных связующих с уникальными потребительскими свойствами.

Связующие

Новые органические связующие для процессов холодного отверждения (Cold-Box) фирмы FURTEBACH не имеют ароматических растворителей, это относится как к смолам, так и к изоцианатным компонентам. Благодаря этому самая распространенная система связующих для серийного производства получает широкое признание среди ведущих мировых производителей литья.

Гамма предлагаемых связующих позволяет выбрать оптимальный продукт с учетом типа литья, производительности, условий эксплуатации и пр.

Представляем связующие системы для типовых задач литейного производства, отлично зарекомендовавшие себя в производственной практике:

Friodur® 2024A/2024B – для стального литья. Уменьшенная склонность к газовыделению и горячим трещинам. Рекомендуется для железнодорожного и прочего стального литья, склонного к образованию трещин.

Friodur® 082A/082B – универсальная система для стального и чугуна литья. Высокие прочностные свойства

Friodur® 50A/50B – для серийного производства автокомпонентов и других изделий со сложной конфигурацией из чугунов. Улучшенные механические свойства, уменьшение вероятности образования “просечек”.

Friodur® 075A/075B – для литья легких цветных сплавов. Пониженная температура термической деструкции, улучшенная выбиваемость при низкой температуре заливки.

Furtol® - добавки для формовочной смеси

Применяется при литье чугуна и стали для улучшения механических свойств стержней и уменьшения дефекта “просечка”. Не приводит к увеличению нормы расхода связующих. Furtol® эффективнее традиционного оксида железа.

Противопригарные покрытия


Для ответственного литья зачастую ставятся особые требования по качеству поверхности, которые решаются с помощью противопригарных покрытий. Компания FURTENBACH имеет в своем ассортименте противопригарные покрытия для всех видов литейных сплавов, оптимизированные под все типы нанесения. Они надежно устраняют типичные дефекты поверхности, такие как “просечка”, пригар, усадочные раковины.



Посетите наш стенд!

на выставке ЛИТМАШ, с 3 по 6 июня 2014
 в Москве, Экспоцентре на Красной Пресне
 Павильон 7, стенд 3В 02

FURTENBACH
 Thinking works.

 Компания ПОЛИТЕГ-МЕТ является представителем компании FURTENBACH GMBH на территории стран СНГ



Москва
 +7 (495) 921-37-47
gr@pmet.ru

Санкт-Петербург
 +7 (812) 448-07-47
nw@pmet.ru

Екатеринбург
 +7 (343) 290-4510
ural@pmet.ru

Днепропетровск
 +38 (056) 372-37-47
dnepr@pmet.ru

Минск
 +375 (29) 135-37-47
bel@pmet.ru

УДК 621.74.02:
669.71

Г.Г. Крушенко
G.G. Krushenko

Аннотация

Summary

Совершенствование технологии литья корпусов насосов турбонасосного агрегата ЖРД

The perfection of founding the pumps cases of turbo-pump assembly of liquid-fuel rocket engine technology

Описаны результаты применения ряда технологий, средств и механизмов, обеспечивших повышение качества литых *корпусов* насосов турбонасосных агрегатов жидкостных ракетных двигателей (ЖРД), получаемых из Al-Si-сплава.

Ключевые слова

Жидкостные ракетные двигатели, корпуса турбонасосного агрегата, алюминиево-кремниевые сплавы, технологии.

The results of several technologies, means and mechanisms use that provides the quality increasing of the pumps cases of turbo-pump assembly of liquid-fuel rocket engines founded of aluminum-silicon alloy are described.

Key words

Liquid-fuel rocket engines, cases of turbo-pump assembly, aluminum-silicon alloy, technologies.

Подача в камеру сгорания компонентов топлива – горючего и окислителя – осуществляется насосами, которые приводятся во вращение газовой турбиной. В совокупности, насосы с газовой турбиной образуют единый энергетический узел – турбонасосный агрегат (ТНА) – один из основных агрегатов ЖРД (**рис. 1**). По условиям эксплуатации, комплектующие ТНА детали можно разделить на две группы – *подвижные* (вращающиеся), к которым относятся вал и смонтированные на нем рабочие колеса, представляющие собой диски с центробежно расположенными лопатками сложного криволинейного профиля, и *неподвижные* – корпуса.

Скорость вращения ротора ТНА достигает 60 тыс. об./мин, вибрация находится в диапазоне 10...10000 Гц, число включений – от 4 до 20 тыс., числа циклов термомеханического, вибрационного, аэрогидродинамического

нагружения – $10 \dots 10^9$, скорость движения жидких компонентов топлива – до 200 м/с. Неподвижные детали ТНА – *корпуса* – работают под высоким внутренним давлением, достигающих сотен атмосфер.

Диски ТНА изготовляют литьем по выплавляемым моделям из жаропрочных Ni-сплавов. Для повышения качества *дисков* нами проведен комплекс работ [1], освоение результатов которых позволило довести количество годных деталей практически до 100%. В работе описаны способы повышения качества *корпусов* ТНА. На **рис. 2** – один из *корпусов* ТНА перед испытанием на герметичность. Литой *корпус* ТНА – это массивная деталь, наружная поверхность которой оформляется стенками формы, а внутренняя – песчаным стержнем. Для литья *корпусов* ТНА применяли доэвтектический Al-Si-сплав, который характеризуется высокими технологическими и физико-

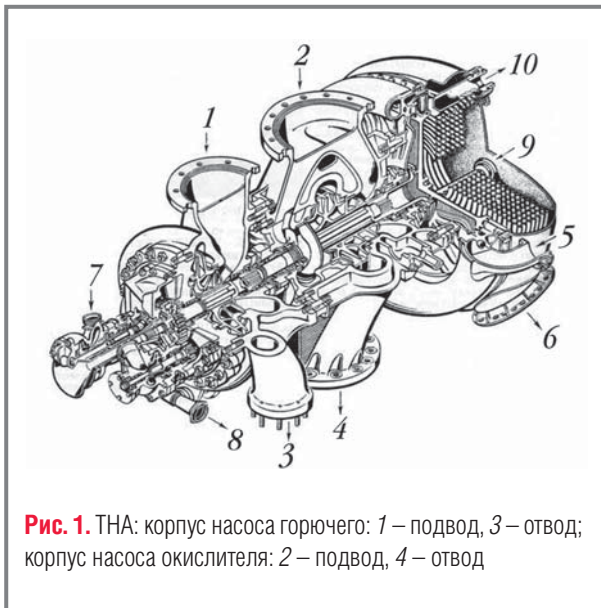


Рис. 1. ТНА: корпус насоса горючего: 1 – подвод, 3 – отвод; корпус насоса окислителя: 2 – подвод, 4 – отвод



Рис. 2. Один из литых корпусов ТНА

механическими характеристиками, гарантирующими надежность их работы в условиях сложного нагружения.

Одна из основных проблем производства отливок из Al-сплавов – *пористость*, которая ослабляет сечение отливок, снижая их механические свойства и ухудшая эксплуатационные характеристики, такие, как *герметичность* – важнейшую характеристику корпусов ТНА. Даже, казалось бы, минимальное уменьшение плотности сплава достаточно ощутимо влияет на механические свойства отливок, что было установлено нами [2].

Проблема пористости решается дегазацией расплава введением Si-содержащих соединений, а также другими средствами и способами уменьшения содержания водорода в расплаве. В нашей работе дегазацию расплава проводили гексахлорэтаном.

Другой дефект отливок из Al-сплавов – т. н. «усадочные» дефекты в виде рассеянных или сосредоточенных пустот, что связано с недостатком питания жидким металлом затвердевающего металла. При этом, в усадочные пустоты может выделяться и присутствующий в жидком металле водород, образуя т. н. *газово-усадочные поры*.

Надлежащее питание отливок обеспечивают разными способами, что покажем на примере литья корпусов ТНА из Al-Si-сплава, близкого по химсоставу американскому сплаву A356, который также характеризуется склонностью к образованию усадочных дефектов.

На начальном этапе освоения корпусные детали ТНА отливали в песчаные формы, в которых замедленный теплоотвод нарушал направленное затвердевание металла и вызывал появление усадочных дефектов в тепловых узлах отливок. Для оценки соответствия качества корпу-

сов требованиям технической документации их стенки после выбивки стержней и отрезки литниково-питающей системы подвергали 100%-ому рентгеноконтролю. Дефекты вырубали, и заваривали вырубленные места электродами из этого же сплава. Заваренную деталь просвечивали повторно для гарантии устранения дефекта. Окончательную пригодность деталей устанавливали пневмо- или гидроиспытаниями.

Аналогичную технологию применяют для выявления и устранения литейных дефектов в кокильных корпусах коробки перемены передач автомобилей, производимых фирмой Nissan Casting Australia Pty Ltd. (NCAP) из сплава системы Al-Si-Mg, близкого по составу к корпусным сплавам ТНА.

Из-за достаточно больших трудозатрат для заварки дефектов корпусов, отливаемых в песчаные формы, а также большого количества отливок с неисправимыми дефектами, приняли решение перевести их на литье в кокиль (механизированный с вертикальным разъемом полужформ), проектирование, изготовление которого и освоение в сжатые сроки, по сути, новой технологии оказалось достаточно трудоемким мероприятием. Однако в результате повысили качество отливок за счет, как увеличения скорости охлаждения металла, так и уменьшения брака по засорам формовочной смесью.

Изучение рентгеновских пленок позволило установить закономерности распределения усадочных дефектов в отливках, после чего для предупреждения их возникновения были приняты меры:

- на песчаных стержнях установили т. н. «холодильники» – металлические криволинейные пластины разной толщины;
- принудительным охлаждением нижней части кокиля (сжатым воздухом) [3] и электронагревом его верхней части был создан температурный режим кокиля – от более низкой температуры (в его нижней части) к более высокой (в верхней).
- для окраски рабочих поверхностей кокиля применили хорошо себя зарекомендовавшую при литье из

Al–Si-сплавов деталей двигателей летательных аппаратов огнеупорную краску (оксид цинка ZnO – 5,76%; диоксид титана – 3,85%; черный графит – 1,92%; жидкое стекло Na₂SiO₃ – 11,54%; вода – 76,93%) [4], и способ ее нанесения, с увеличением слоя от нижней к верхней части кокиля, что уменьшило теплоотвод и теплопередачу в направлении от нижней его части к верхней.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крушенко Г.Г., Мишин А.С., Бонченков А.А. и др. Модельная масса для получения отливок из жаропрочных сплавов // Литейное производство. – 2002. – №4. – С.18.
2. Василенко З.А., Крушенко Г.Г., Балашов Б.А. и др. Влияние положения в форме литых испытательных образцов на механические свойства алюминиевых сплавов // Проблемы прочности. – 1992. – №1. – С. 80–82.

3. Крушенко Г.Г. Автоматическое регулирование охлаждения литейной металлической формы // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2008. – №4. – С. 105–106.

4. А.с. 26237 СССР. Защитная краска для кокиля / С.С. Писаревский, Б.Я. Соснин, Г.Г. Крушенко и др. – БИ. – 1960. – №4.

Сведения об авторе

Крушенко Генрих Гаврилович – д-р техн. наук, проф. кафедры «Двигатели летательной аппаратуры» Сибирского государственного аэрокосмического университета им. акад. М.Ф. Решетнева, Главный научный сотрудник отдела вычислительной математики Института вычислительного моделирования СО РАН, г. Красноярск. Тел.: 8(391) 290-51-36. E-mail: genry@icm.krasn.ru

URALCHIMPLAST 
HÜTTENES-ALBERTUS

**Внимание! Работа в молодой,
активно развивающейся компании!**

«Уралхимпласт – Хюттенес Альбертус» объявляет об открытой вакансии

МЕНЕДЖЕР ПО ПРОДАЖАМ - ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНСУЛЬТАНТ

Функциональные обязанности:

- Продажа, внедрение и испытание материалов для литейного производства на предприятиях черной и цветной металлургии
- Техническое сопровождение материалов на литейных предприятиях (регулярные командировки с визитами к клиентам)
- Сбор информации, формирование клиентской базы, анализ работы конкурентов, отчетность о состоянии и развитии рынка литейных связующих своего региона.

Требования: высшее образование, опыт продаж, опыт работы в литейном производстве, знание процессов ХТС, активность, ответственность, командировки в другие города, высокая работоспособность, рекомендации.

Собеседование состоится после рассмотрения письменного резюме.

Резюме принимаются по e-mail: ucpha@ua.ru (в теме пишите: РЕЗЮМЕ) или по факсу: +7 /3435/ 34 64 00

Для справки: Hüttenes-Albertus, ведущий производитель химической продукции для литейной промышленности и UCP Chemicals, один из крупнейших российских производителей синтетических смол и пластмасс создали совместное предприятие «Уралхимпласт – Хюттенес Альбертус» (UCP-НА) по производству и продаже вспомогательных продуктов для литейной промышленности в России, Украине, Республике Беларусь и всех других странах бывшего СССР.

«ТД ИНТЕМА»

Материалы для литейного производства

- **Противопригарные покрытия для стержней и форм с различными огнеупорными наполнителями:**

- **Спиртовые:**

- цирконовые ПК-60Ц, ПК-60А, ПК-50А
- магнезитовая ПК-90М
- графитовая ПК-72ГЦ
- алюмосиликатная ПК-58С
- электрокорундовая ПК-61К
- хромитовая ПК-55Х

- **Водные:**

- цирконовая ВПК-60Ц
- магнезитовая ВПК-90М
- графитовая ВПК-01ГЦ

- **No Bake системы:**

- *Жидкие отвердители для жидкостекольных смесей, обеспечивающие различное время живучести:* АМ- 5, АМ- 10, АМ- 20, АМ- 40, АМ- 60

- *Фурановая система, отверждаемая кислотными катализаторами*

Смолы: ФК- 5, ФК- 30, ФК- 40, ФК- 70

Катализаторы: ОК- 3, ОК- 4, ОК- 9

- *Щелочная фенольная система (Alpha Set*)*

Смола: ФС- 01, ФС- 03

Отвердители: А-10, А-20, А- 30

- **Cold Box системы:**

- *Фенол- уретановая система, отверждаемая газообразным третичным амином (Амин процесс):*

КБ- А, КБ- Б, КБ- К

- *Щелочная фенольная система, отверждаемая CO₂*

Смола ФС-06 CO₂

- **Термоотверждаемые системы SHELL/ CRONING**

- Смола СК-92

- **Отмывающие составы, разделительные покрытия для оснастки, клеи для ремонта форм и сложных стержней**

- **Пенокерамические и керамические фильтры**

- **Экзотермические и изотермические вставки, прибыли и оболочки.**

ООО «ТД ИНТЕМА» Россия, Москва, Т/ф: +7 /495/ 276 17 97

E-mail: info@intema.su

www.intema.su

*- принятая в России терминология; не принадлежит «ТД ИНТЕМА»

Приглашаем Вас посетить стенд нашей компании на выставке "Металлургия Литмаш 2014", которая состоится в Москве 3...6 июня 2014г.

Адрес: Москва, Экспоцентр на Красной Пресне, Павильон 7, Стенд 3В10

УДК 621.74.045:
681.3

В.С. Дорошенко
(ФТИМС НАН Украины)
V.S. Doroshenko

Аннотация

Summary

О системе мониторинга процесса литья по ледяным моделям¹ About monitoring system of the Ice Pattern Casting Process

Разработка экоиновационной технологии и создание информационных систем мониторинга литейного процесса рассмотрены как два параллельных процесса. Приведена схема последовательности технологических операций литья по ледяным моделям (ЛМ) и перечень характеристик для мониторинга этих операций. Рассмотрены физико-химические процессы, положенные в основу фильтрационной формовки по ЛМ.

Ключевые слова

Литье по ледяным моделям, мониторинг, фильтрационная формовка, экология, оболочковая форма.

Development of eco-innovative technologies and information systems monitoring the casting process are considered as two parallel processes. A scheme of the process sequence Ice Pattern Casting and a list of characteristics to monitor these operations. The physicochemical processes underlying the filtration molding on the ice pattern.

Keywords

Ice Pattern Casting, lost ice pattern, monitoring, filtration molding, ecology, shell mold.

Поиск экологически безвредных процессов литья привел литейщиков к применению льда для разовых литейных моделей. Такой процесс включает изготовление из льда модели отливки, формование модели в песчаную форму, таяние модели и освобождение от воды полости формы, затем заливки в эту полость металла, который после охлаждения и образует отливку.

Сегодня по традиционным технологиям легкоплавкие модели изготавливают из восковых и парафино-стеариновых смесей, пенополистирола. Для литья без органических модельно-формовочных материалов, в частности, связующих предложено песчаные оболочковые формы (ОФ) получать по ЛМ, которые, в идеале, представляли как стеклянную елочную игрушку, а ОФ – как яичную скорлупу. Учитывали также такую аналогию: если пружи-

ну сжать и отпустить, она разожмется; если ЛМ оставить в среде при комнатной температуре, она растает.

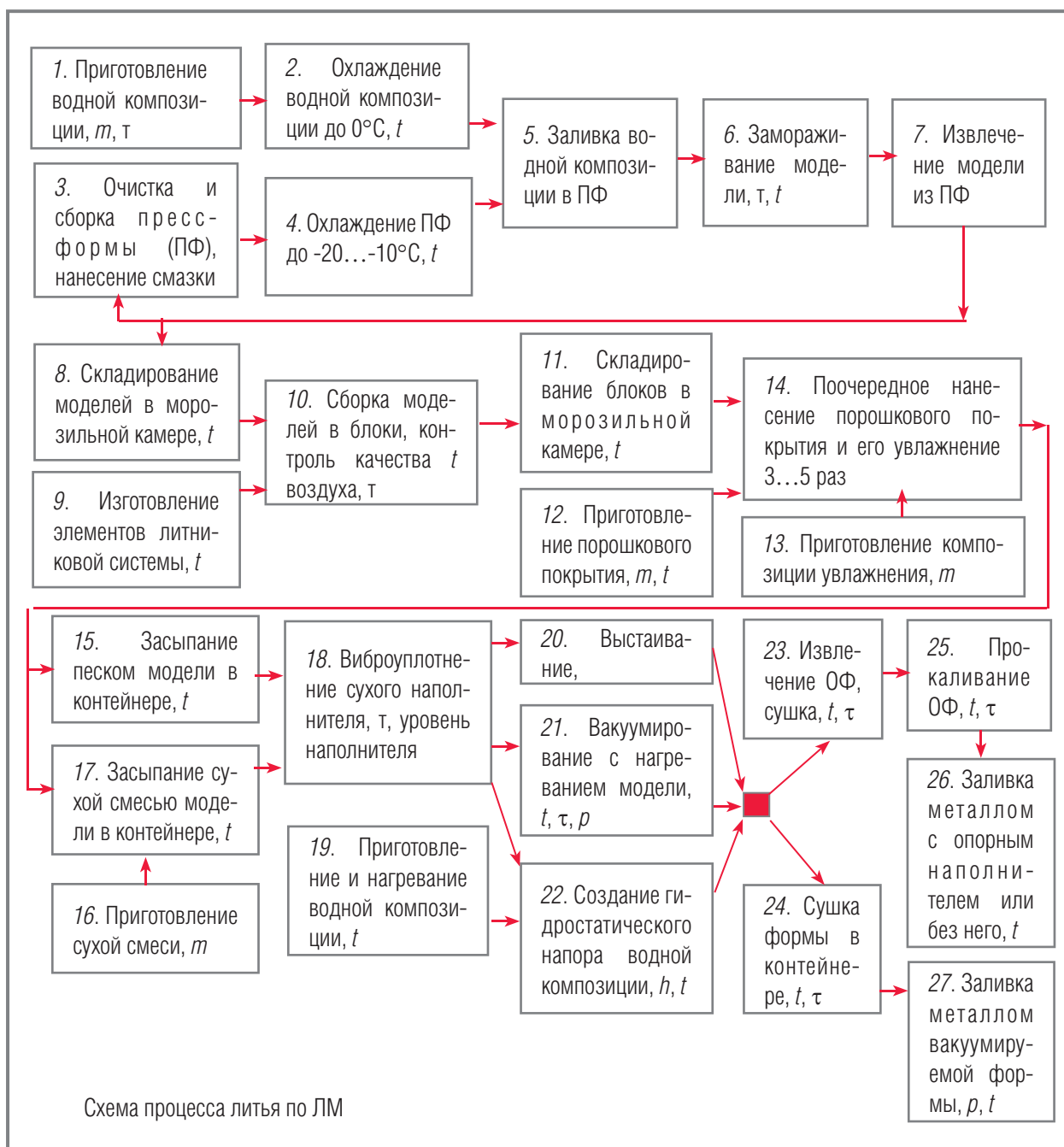
Лед как конструктивный материал разовых моделей отвечает *экологической идее применения саморазрушающихся, после выполнения своих функций, материалов*, приближая процесс литья к безвредному обмену веществ с окружающей средой. Агрегатные переходы воды: из жидкого в твердое при замораживании модели, опять в жидкое – таяние модели при освобождении полости литейной формы, а затем испарение при сушке увлажненной формы, в какой-то мере, *подобны рециркуляции воды в природе*. Для этих процессов вода на 30...90% и сухой песок формы на 80...90% (за вычетом песка, участвующего в образовании оболочки путем фильтрации – увлажнения) можно использовать повторно.

Закономерность проникновения средств информатики в производственные процессы связана с необходимостью

¹ Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук О.И. Шинского, с участием инж. Ю.Н. Иванова

компьютерного мониторинга этих процессов и состояния оборудования. Поэтому разрабатывать новые технологии рационально сразу, с учетом возможности «визуализации» их характеристик для их дальнейшей обработки и автоматизации. Задачи мониторинга и контроля в условиях работы датчиков в литейных цехах решаются с использованием беспроводных сенсорных сетей (БСС, англ. *WSN – Wireless Sensor Network*). Для процесса литья по ЛМ пронумерованы операции по их очередности и показаны характеристики из технического задания на проектирование системы мониторинга литейного процесса, проходящего стадию опытно-промышленной разработки (рисунок).

Совокупность операций изготовления моделей, обозначенные номерами 1...11, включает такие подразделы, как изготовление собственно модели литой заготовки (1...7), а также складирование и монтаж блоков моделей (8...11). На схеме показаны операции замораживания модели из водной композиции, состоящей из чистой воды или воды с технологическими добавками до 10%. Надпись включает название операции, а также измеряемой для мониторинга физической величины. Класс точности средств измерения датчиков – 1,0 или 1,5 для всего процесса литья, кроме контроля температуры расплава металла датчиками классом точности 0,25 или 0,5. Жидкие составы готовят в мешалках, с дозированием компонен-



тов по массе m в пределах $0,1 \dots 100$ кг, допускается также дозирование по объему. Время τ выполнения операции перемешивания или охлаждения – $10 \dots 600$ с, продолжительность замораживания – $300 \dots 3000$ с, а температура охлаждения воздуха или материала t – от -30 до $+30^\circ\text{C}$.

Операции формовки в контейнере с применением сыпучего формовочного материала (СФМ) – $12 \dots 25$ включают такие подразделы, как нанесение порошкового покрытия в виде полутвердой песчаной оболочки ($12 \dots 14$), засыпания модели с оболочкой СФМ и его уплотнение в контейнере ($15 \dots 18$). Варианты удаления модели, с одновременным упрочнением формы ($19 \dots 25$) включают сушку и прокаливание формы и относятся к разновидностям т. н. *фильтрационной формовки*, состоящей из фильтрации (пропитки) в поры СФМ талой жидкости модели и твердения ОФ путем взаимодействия компонентов этой жидкости с СФМ.

По температуре t контролируют СФМ в пределах $-30 \dots +35^\circ\text{C}$, водную композицию в пределах $-20 \dots 120^\circ\text{C}$, теплоноситель при нагревании модели – $20 \dots 600^\circ\text{C}$, воздух при сушке формы – $20 \dots 500^\circ\text{C}$, прокаливание формы $200 \dots 1100^\circ\text{C}$. Для операций заливки формы расплавом металла ($26, 27$, **рисунок**) диапазон контроля температуры: для черных металлов – $1100 \dots 1700^\circ\text{C}$, Al- и Cu-сплавов – $600 \dots 1300^\circ\text{C}$. Сухие составы готовят в мешалках дозированием компонентов по массе m для песка в пределах $200 \dots 500$ кг, для технологических добавок – $0,5 \dots 100$ кг, или допускается дозирование по объему мерными емкостями. Продолжительность τ операций вибрации – $20 \dots 200$ с, вакуумирования – $60 \dots 600$ с, выстаивания – $1 \dots 24$ ч, сушки и прокаливания – $0,5 \dots 10$ ч. Для оптимизации виброуплотнения СФМ измеряют уровень h этого материала в контейнере в пределах $0,5 \dots 100$ мм [1], а при создании напора водной композиции – высоту ее столба $h = 1 \dots 200$ мм. Вакуумируют СФМ с остаточным давлением $p = 20 \dots 100$ кПа.

Поскольку схема литья на **рисунке** базируется на недавних патентных источниках, рассмотрим подробнее наполняющие ее технологические процессы, основу которых составляет фильтрационная формовка в трех вариантах. **Вариант I** формовки, с элементами контроля качества формы, включает нанесение СФМ на разовую ЛМ, плавление этой модели во время подачи через трубчатый выпор или стояк этой модели водной композиции, смешивание ее с расплавом модели и вместе с ним фильтрацию в СФМ под действием его вакуумирования или гидростатического давления, что способствует созданию в этом материале твердой песчаной оболочки, например, при наличии в сухом формовочном материале порошков таких

недорогих кристаллогидратов, как гипс и/или цемент [2].

В **варианте II** акцентируется всасывание продуктов расплавления модели в песке под вакуумом, что позволяет наносить герметизирующее покрытие на поверхность образованной полости формы путем осаждения гелеобразующего материала при фильтрации продуктов расплавления модели, в которую предварительно вводят такой материал [3]. Это напоминает герметизацию жидким компонентом как вариант, близкий к упрочнению формы в вакуум-пленочной формовке (ВПФ). Подачей через трубчатый выпор или стояк этой модели нагретого жидкого компонента также используют последний как теплоноситель для ускорения плавления ЛМ [4].

В этих способах присутствуют три операции:

- плавление модели,
- удаление фильтрацией расплава модели в СФМ, с образованием полости формы,
- и создания в этом материале твердой песчаной оболочки.

Сочетание практически одновременно протекающих операций дает преимущество (по сравнению с традиционным ЛВМ) в том, что, освобождая отформованную полость формы, разовая модель удаляется, «участвуя» своим расплавом в создании твердой песчаной оболочки.

В описанных решениях, по аналогии с ЛГМ, применяли принудительную фильтрацию продуктов деструкции модели вакуумированием СФМ, или созданием перепада давления газа [5] или жидкости [6]. Для ускорения этих операций также нагревали ЛМ предварительно нагретым СФМ [7], подачей через трубчатый выпор нагретой жидкости [4, 8] или газа [7], или пропусканием электротока через модель [9]. Такие способы расширяют возможности технологии, но требуют энерго- и трудозатрат, времени и специального оборудования, а заливка через трубчатый выпор водной композиции увеличивает время сушки формованного изделия.

Характерно, что в перечисленных способах литейщик воздействовал на ЛМ аналогично традиционным стереотипам для ЛВМ и ЛГМ с операциями *дать энергию – расплавить и дать вакуум – удалить продукты деструкции модели*. ЛМ «подсказала» новое несложное решение – вода легко просачивается (фильтруется) в поры песка и при добавлении твердеющих реагентов в состав модели и/или в песок образует корку на глубину фильтрации этих реагентов.

Для уменьшения затрат на формовку с указанными принудительными воздействиями на модель был предложен вариант *фильтрационной формовки* (20 , **рисунок**), основанный на том, что силовое взаимодействие талой

воды с минеральными частицами песка определяется гидрофильностью этих частиц. Прилегающие друг к другу песчинки образуют множество капилляров, а вода поднимается по стенкам капилляров за счет электромолекулярных сил. Чем уже капилляры (мельче песчинки), тем меньше масса находящейся в них воды и, соответственно, на большую высоту она поднимается. Подобное явление называют капиллярным транспортом.

Общая схема **варианта III** формовки включает нанесение СФМ на ЛМ. Этот материал не нагревается, не охлаждается, а берется с температурой ~ 20°C. Модель состоит из замороженной водной композиции, как правило, при температуре -20...-10°C. После нанесения на модель СФМ в виде порошкового покрытия или облицовки, с последующим дополнительным засыпанием формовочным материалом и виброуплотнением в контейнере, или без такового, модель нагревается от окружающего материала и через некоторое время (от 1...2 до десятков минут) начинает таять, потом таяние продолжается примерно такое же время.

Выстаивание песчаной формы без сотрясений и колебаний, обычно присущих транспортировке форм, в режиме относительной статичности форм создает условия *перенесения опоры* для СФМ с ЛМ, которая тает, на упрочняющуюся оболочку вокруг нее. Сохранение в статическом состоянии зерен СФМ вокруг тающей модели в виде стенок литейной полости, которая освобождается от модели, обеспечивают способы [10, 11], способствующие предотвращению обрушения песчинок с этих стенок.

Способ [10] нанесения СФМ в виде порошкового покрытия на ЛМ основан на использовании противоположных электрзарядов зерен этого покрытия и поверхности модели, с удержанием слоя покрытия толщиной до 3 мм (обычно на вогнутых поверхностях), который для мелких моделей можно считать уже облицовкой и после его отверждения использовать как ОФ. А способом [11] получали многослойное покрытие на модели из СФМ, которое затем отверждали в одном из вариантов в виде ОФ. Последний способ состоит в поочередном нанесении СФМ и помещения модели в увлажненную пульверизацией жидкости воздушную среду, с которой влага конденсировалась на охлажденном льдом модели СФМ, содержащем, например, гипс или цемент. В результате получали полутвердое покрытие, в котором начиналось схватывание этих вяжущих еще на твердой модели.

После нанесения на модель покрытия ее помещали в контейнерную опоку и засыпали СФМ, в частности, способом [12]. Типовой пример состава засыпаемого материала приведен в патенте [7], с рекомендациями по его

гранулометрической оптимизации по методике [13]. СФМ после виброуплотнения (например, с учетом способа [14]) обжимал и уплотнял покрытие.

При выстаивании литейной формы на горизонтальной площадке протекали три операции: плавление модели, фильтрация ее расплава в СФМ и создание в нем твердой оболочки песчаной формы. После виброуплотнения песчинки перестраиваются так, что заклинивают друг друга, мешая взаимному перемещению, что называют *появление арочных структур*. Как правило, выстаивание формы выдерживают в течение 2-ой и 3-й смен, работая на 1-ой. На 2-ой день отформованные изделия приобретают достаточную для дальнейших операций прочность.

Следующий пример. Для мелких моделей наносили на них в непрерывном режиме три слоя покрытия из СФМ, с применением увлажненного воздуха, согласно [11], помещали полученную ОФ с моделью на противень и выдерживали такую форму на горизонтальной площадке. Модель таяла, жидкость от нее пропитывала оболочку с гидратационным вяжущим в СФМ. Твердением этого вяжущего получали ОФ.

Опробовали также изготовление песчаного стержня с полостью, выполненной по ЛМ в его центральной части, когда на дно стержневого ящика засыпали слой СФМ, вкладывали ЛМ, досыпали и виброуплотняли СФМ. Помещали ящик с моделью на противень и выдерживали ящик со стержнем на горизонтальной площадке. Модель таяла, жидкость пропитывала оболочку с гидратационным вяжущим, твердением которого достигали создания твердой оболочки стержня.

В одном из вариантов при выстаивании формы или стержня их подогревали до 40...100°C установкой формы (или противня с ящиком) на металлическую пластину, которую (в лабораторном варианте) снизу подогревали бытовой электроплитой. Мелкие формы помещали в камерное сушило. Для материала с гипсом форму в контейнерной опоке или противне нагревали до 40...46°C, а при материале с цементом – до 80...100°C.

Для заливки полученных форм их могут дополнительно высушивать, вакуумировать при заливке, прокалывать, формируя в опорном наполнителе или без него. Возможность регулирования скорости формовочных процессов дает гибкость производству, с оптимизацией его расходной составляющей. Но основная выгода – в замене принудительной фильтрации с операциями, требующими энерго- и трудозатрат, специального оборудования, соблюдения строгих режимов их выполнения, на *капиллярную самопроизвольную фильтрацию* достаточной продолжительности в условиях «покоя» литейной формы или стержня.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 81014 UA, МПК В22С 9/02. Способ изготовления песчаной формы / О.И. Шинский, В.С. Дорошенко. – Оpubл. 2013. – Бюл. №12.
2. Пат. 79719 UA, МПК В22С 9/02. Способ фильтрационного формования по легкоплавким моделям / О.И. Шинский, В.С. Дорошенко, Ю.Н. Иванов. – Оpubл. 2013. – Бюл. №8.
3. Пат. 80235 UA, МПК В22С 9/02, В22С 7/00. Способ вакуумного формования по легкоплавким моделям / О.И. Шинский, В.С. Дорошенко. – Оpubл. 2007. – Бюл. №13.
4. Пат. 89664 UA, МПК В22С 9/04, В22С7/00. Способ изготовления песчаных форм по моделям, которые поглощаются песком формы / О.И. Шинский, В.С. Дорошенко. – Оpubл. 2010. – Бюл. №4.
5. Пат. 80381 UA, МПК В22С 9/02, В22С 7/00. Способ изготовления отливок / О.И. Шинский, В.С. Дорошенко. – Оpubл. 2007. – Бюл. №14.
6. Пат. 74539 UA, МПК В22С 9/02. Способ изготовления форм по одноразовым моделям / В.С. Дорошенко, О.И. Шинский. – Оpubл. 2012. – Бюл. №21.
7. Пат. 83891 UA, МПК В22С 9/04, В22С 7/00. Способ изготовления литейных форм по легкоплавким моделям / О.И. Шинский, В.С. Дорошенко. – Оpubл. 2008. – Бюл. №16.
8. Пат. 91282 UA, МПК В22С 9/02, В22С 9/04, В22С 7/00. Способ получения отливок литьем по одноразовым моделям / О.И. Шинский, В.С. Дорошенко, В.П. Кравченко. – Оpubл. 2010. – Бюл. №13.
9. Пат. 76132 UA, МПК В22С 9/02. Способ литья по ледяным моделям / О.И. Шинский, В.С. Дорошенко. – Оpubл. 2012. – Бюл. №24.
10. Пат. 82026 UA, МПК В22С 7/00. Способ нанесения порошковой краски на ледяную модель / В.С. Дорошенко, О.И. Шинский. – Оpubл. 2013. – Бюл. №14.
11. Пат. 88304 UA, МПК В22С 7/00. Способ нанесения покрытия на охлаждаемую модель / О.И. Шинский, В.С. Дорошенко. – Оpubл. 2009. – Бюл. №19.
12. Пат. 81726 UA, МПК В22С 9/00, 9/02, 9/06. Способ засыпания модельных блоков песком в контейнере / О.И. Шинский, В.С. Дорошенко. – Оpubл. 2008. – Бюл. №2.
13. Пат. 83018 UA, МПК В22С 9/02. Сухая формовочная смесь, уплотняемая в сыпучем состоянии / О.И. Шинский, В.С. Дорошенко. – Оpubл. 2013. – Бюл. №16.
14. Пат. 82837 UA, МПК В22С 9/02. Способ формования / О.И. Шинский, В.С. Дорошенко. – Оpubл. 2013. – Бюл. №15.

ПромЭКСПО-2014

14 Всероссийская специализированная выставка



- Metallurgy. Metal processing
- Machine building
- Machine tool building
- Welding. Cutting. Control
- Oil and Gas Chemistry
- Energy. Energy saving

Организатор



Генеральный
интернет-партнер
 elec.ru

(8442) 55-13-15
www.volgogradexpo.ru

24-26
СЕНТЯБРЯ
ВОЛГОГРАД
ЭКСПОЦЕНТР

Воспользуйтесь новыми возможностями универсального поставщика для литейной промышленности

ASK Chemicals, являясь одним из крупнейших мировых поставщиков продукции для литейного производства, предлагает своим клиентам исчерпывающий ассортимент современной инновационной продукции.

Наши клиенты пользуются всеми преимуществами, которые дает комплексный подход к решению задач литейного производства. Такой подход гарантирует быструю окупаемость, надежность и рентабельность разработки и внедрения новшеств в производство новых и уже изготавливаемых изделий, обеспечивая перспективы дальнейшего роста.

ASK Chemicals -мы обеспечиваем успех Вашему литейному производству



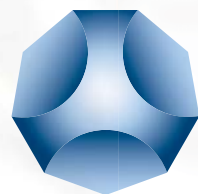
МЕТАЛЛУРГИЯ ЛИТМАШ 2014
3 – 6 июня, Москва
Павильон 7.5, стенд С09

Для получения дополнительной информации посетите www.ask-chemicals.com

Официальный представитель компании ASK Chemicals на территории Украины ООО "Укрфаворит"



ASKCHEMICALS
We advance your casting



УДК 621.74.045:
669.24/.29

N.P. Uglev, V.Z. Poilov,
A.L. Kazantsev, D.A. Ordin,
K.S. Merzlyakov, V.L. Zvezdin,
A.V. Shilov, A.Y. Petrov,
S.N. Trubkina, A.A. Samosudov

Аннотация

Summary

Термомеханические свойства керамик для литья по выплавляемым моделям Thermomechanical Properties of Ceramics for Investment Casting

Н.П. Углев¹, В.З. Пойлов¹, А.Л. Казанцев¹, Д.А. Ордин¹, К.С. Мерзляков¹, В.Л. Звездин², А.В. Шилов², А.Ю. Петров³, С.Н. Трубкина³, А.А. Самосудов³

¹ Пермский национальный исследовательский политехнический университет (ПНИПУ)

² ОАО «Авиадвигатель», г. Пермь

³ ООО «Вакуумтех», г. Москва

Представлены результаты исследования механических и физико-химических свойств 20 видов литейной керамики на основе оксидов алюминия и кремния для литья по выплавляемым моделям (ЛВМ). Выявлены корреляции между составом керамических композиций и их технологическими свойствами, а также результатами дифференциально-термического анализа процесса обжига.

Ключевые слова

Керамика, связующее, суспензия, механические свойства.

20 types of casting ceramics based on alumina and silicon mechanical and physico-chemical properties research results are represented. Correlation between ceramic compositions compound and their technological properties is revealed. Correlation between ceramic compositions compound and DTA results of firing is also disclosed.

Keywords

Ceramic, ceramic compound, binding, ceramic slurry, ceramic mechanical properties.

Изготовление деталей сложной конфигурации методом ЛВМ имеет значительные технологические преимущества, по сравнению с другими способами их производства. Качество отливок зависит, в первую очередь, от точности воспроизведения керамической формой геометрических размеров восковой модели. Однако это далеко не исчерпывает технологические требования к литейной керамике. Так, литейная керамика для *лопаток* турбин, получаемых методом направленной кристаллизации с монокристаллической и направленной структурами, должна обладать следующими, зачастую, противоречивыми свойствами:

- огнеупорность $\geq 1770^\circ\text{C}$;
- максимальная химическая инертность к металличе-

ским расплавам (глубина пригара ≤ 20 мкм);

- стабильная усадка при обжиге;
- открытая пористость 28...32%;
- предел прочности при изгибе в «сыром» (необожжённом) состоянии при комнатной температуре на плоском образце ≥ 55 кг/см²;
- предел прочности после обжига при $1000^\circ\text{C} \geq 120$ кг/см²;
- чистота поверхности отливок $R_a 2,5 \dots 3,2$;
- полная воспроизводимость лицевым слоем керамики мелких элементов восковых и полистирольных моделей;
- лёгкость удаления литейной керамики с поверхности металлической детали при механическом воздействии.

В последнее время, в связи с требованиями техники безопасности, санитарно-гигиенических норм и экологии, наметилась тенденция перехода на литейную керамику, изготавливаемую на основе водных суспензий, не содержащих, или содержащих минимальное количество органических соединений. Из литературных источников и опыта работы зарубежных и ряда отечественных предприятий известно, что керамики этого типа обладают рядом преимуществ перед традиционно используемой на отечественных предприятиях на основе ЭТС, имеющего органическую природу.

Цель работы – исследование и оценка некоторых технических характеристик *водных керамик*, с точки зрения их технологических преимуществ.

Керамическую форму для ЛВМ изготавливают многократной обсыпкой восковой или полистирольной модели слоями мелкозернистых неорганических порошков, удерживаемых на поверхности модели предварительно нанесённым слоем связующего – водной суспензией порошков неорганических соединений (окислов металлов) практически коллоидных размеров.

Каждый слой после нанесения просушивают. Гранулометрический состав 1-го слоя определяет шероховатость (чистоту) поверхности будущей отливки, а 2-ой (иногда и 3-й) – условия газоотвода из полости формы при ее заполнении. Поэтому гранулометрический и химический составы первых слоёв могут существенно отличаться от последующих, задающих величину усадки и механические свойства формы. Общее количество слоёв может достигать 10...12, что определяет и длительность цикла изготовления изделия (2...3 сут.). Дальнейшие операции с формой предусматривают выплавление из неё восковой модели по специальной технологии в «бойлерклаве» и обжиг ее при высокой температуре в муфельной печи.

Разные комбинации связующих, наполнителей, обсыпочных материалов, а также порядок нанесения слоёв разных химического и гранулометрического составов по-

зволяют получить литейные керамики с широким набором эксплуатационных свойств, на базе которых возможна оптимизация и выбор состава керамики с наилучшими технологическими характеристиками.

Для приготовления литейных керамик нами были использованы следующие связующие и материалы-наполнители для керамических суспензий (см. **ниже**).

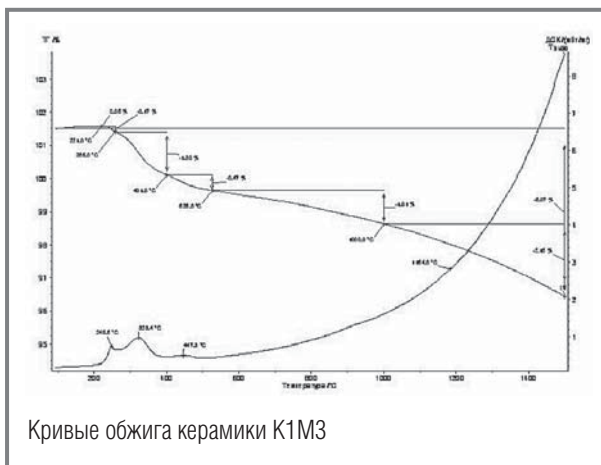
Из возможных 28 парных комбинаций этих составляющих были отобраны 18 наиболее перспективных вариантов суспензий, на основе которых были приготовлены 20 вариантов разных керамических составов. Все они перечислены в верхней строке **табл. 1**. В качестве обсыпочно-го материала также применяли разные порошкообразные материалы на основе окиси алюминия и окиси кремния производства отечественных и зарубежных фирм. Состав и структура литейной керамики К1МЗ следующие: лицевой слой: К1 (электрокорунд); обсыпка – электрокорунд F90 (Австрия); 2-ой слой: МЗ (кварц); обсыпка – кварц плавленный «В», Австрия; последующие слои – то же, что и для 2-го слоя.

Исследование технологических параметров керамик

В **табл. 1** приведены результаты исследования некоторых свойств разработанных керамик. Этим свойствам присвоены соответствующие номера от S1 до S10. Коэффициент линейного расширения (КЛР) материалов был исследован неоднократно в диапазоне от комнатной температуры до 1600°C. Характерная особенность этого параметра – его температурный гистерезис, обусловленный зернистой гетерогенной структурой образцов.

Разность относительных изменений размеров обожжённых образцов при 800°C (середина температурного диапазона), полученных при их нагреве и охлаждении (строка S5), связана с интенсивностью растрескивания керамической оболочки при охлаждении её металлической

| Связующее. Индекс связующего | Наполнитель. Индекс наполнителя |
|--|---|
| Кремнезоль «Keycote», США. К..... | Электрокорунд «Alodur WRG IC SF», Австрия. 1 Электрокорунд F1200-25% + F500-75%, Россия. 2 Кварц плавленный «Ranco-Sil 4» (-200) mesh (600 мкм), США. 3 |
| Кремнезоль «Matrixcote», США. М..... | Концентрат дистен-силлиманитовый порошкообразный, КДСП, Украина. 4 |
| Алюмозоль «VP Disp W 640 XC2», Австрия. А..... | Корунд спечённый «A-S low soda» 325 mesh», Япония. 5 Муллит синтетический «Casfill 90» 325 mesh», Япония. 6 |
| Кремнезоль «EHT Binder», США. E1 и E2..... | Электрокорунд F500-100%, Россия. 7 |



отливкой внутри, что, в какой-то степени, характеризует лёгкость отделения оболочки от детали. Для четырёх составов керамики оценить эту величину не удалось из-за механического разрушения образцов при измерениях (табл. 1 – нули).

Тест на огнеупорность выдерживают все составы керамик, поэтому для дальнейшего анализа этот показатель не представляет интереса (верхняя строка табл. 1).

Результаты испытаний на механическую прочность, которую определяли по результатам стандартных испытаний на статический изгиб, представлены в строках S2 и S3 табл. 1, отдельно для высушенных и обожженных образцов – это средние значения по пяти измерениям.

Таблица 1

| № п/п | Свойства керамик | Индексы керамических материалов | | | | | |
|--|--|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | K1M1 | K1M3 | K1E1 | K2M2 | K2E2 | K3M3 |
| S0 | Огнеупорность ($\geq 1770^\circ\text{C}$) | + | + | + | + | + | + |
| S1 | Усадка, % | 0,339 | 0,147 | 0,230 | 0,258 | 0,177 | 0,215 |
| Механическая прочность образца, кг/см ² : | | | | | | | |
| S2 | не обожжённого | 47,8 | 78,4 | 118,9 | 127,6 | 64,5 | 86,0 |
| S3 | обожжённого | 94,4 | 37,0 | 228,4 | 198,8 | 167,2 | 38,0 |
| S4 | Разность S3–S2 | 46,6 | -41,4 | 109,5 | 71,2 | 102,7 | -48,0 |
| S5 | Разность относительных расширений при нагреве и охлаждении для 800°C , $10^{3^*}(\Delta L \uparrow - \Delta L \downarrow)/L_0$ | 33 | -4 | 27 | 42 | 47 | -4 |
| Тепловой эффект, $Q \cdot 10^{-3}$, при нагреве: | | | | | | | |
| S6 | с 200 до 500°C | 0,695 | 0,444 | 0,352 | 0,931 | 1,324 | 0,278 |
| S7 | с 500 до 1000°C | 0,720 | 1,276 | 0,653 | 0,731 | 0,807 | 2,162 |
| S8 | Изменение массы керамик при нагреве с 500°C до 1000°C , % | 0,98 | 1,06 | 0,68 | 0,93 | 0,75 | 0,71 |
| Индекс состава керамики: | | | | | | | |
| S9 | интегрального | 0 | 0,9 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| S10 | неоднородности | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Таблица 1 (продолжение 1)

| | Индексы керамических материалов | | | | | | |
|-----|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | K4M4 | K4E2 | K5E1 | K6E1 | A1E1 | A2E2 | A4E2 |
| S0 | + | + | + | + | + | + | + |
| S1 | 0,128 | 0,109 | 0,161 | 0,133 | 0,242 | 0,261 | 0,138 |
| S2 | 51,1 | 81,1 | 112,1 | 95,7 | 104,6 | 90,7 | 84,4 |
| S3 | 42,2 | 184,8 | 205,1 | 196,6 | 212,4 | 186,8 | 202,5 |
| S4 | -8,9 | 103,7 | 93,0 | 100,9 | 107,8 | 96,1 | 118,1 |
| S5 | 0 | 39 | 32 | 26 | 35 | 48 | 36 |
| S6 | 1,014 | 0,106 | 0,260 | 0,285 | 0,324 | 0,370 | 0,108 |
| S7 | 0,689 | 0,825 | 1,102 | 1,001 | 0,949 | 0,751 | 0,893 |
| S8 | 1,01 | 0,77 | 0,83 | 0,96 | 0,79 | 0,63 | 0,96 |
| S9 | 0,05 | 0,05 | 0,1 | 0,2 | 0 | 0 | 0,05 |
| S10 | 1 | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 |

Таблица 1 (продолжение 2)

| | Индексы керамических материалов | | | | | | |
|-----|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | A5E1 | A6E1 | K5M3 | K6M3 | K5M1 | K6M1 | K6M6 |
| S0 | + | + | + | + | + | + | + |
| S1 | 0,146 | 0,126 | 0,161 | 0,143 | 0,125 | 0,163 | 0,188 |
| S2 | 100,2 | 95,4 | 93,6 | 86,9 | 46,3 | 50,6 | 87,2 |
| S3 | 181,8 | 184,6 | 31,6 | 36,2 | 76,2 | 83,6 | 107,3 |
| S4 | 81,6 | 89,2 | -62 | -50,7 | 29,9 | 33,0 | 20,1 |
| S5 | 21 | 30 | 0 | 0 | 36 | 34 | 0 |
| S6 | 0,457 | 0,414 | 0,276 | 0,453 | 0,546 | 0,352 | 0,715 |
| S7 | 0,607 | 0,992 | 1,458 | 1,683 | 0,794 | 0,753 | 1,420 |
| S8 | 0,64 | 0,92 | 1,14 | 1,45 | 0,82 | 0,69 | 1,27 |
| S9 | 0,1 | 0,2 | 0,9 | 0,85 | 0,1 | 0,2 | 0,4 |
| S10 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 0 |

Строка S4 = S3 – S2 отражает процесс упрочнения (+) или разупрочнения (–) образцов при обжиге.

Усадка S1 (определяли на плоских образцах), изменение размера стандартного образца при его обжиге, определяющий параметр для сохранения формы и геометрических размеров изготавливаемой детали.

На **рисунке**, в качестве примера, представлены результаты исследования керамики K1M3. При нагреве всех образцов керамик наблюдается резкое уменьшение массы (до 2...3%, верхняя кривая DTG) до 500°C, которое далее сменяется плавным дальнейшим снижением массы, что указывает на химическую реакцию с выделением газов и сопровождается выделением теплоты (нижняя кривая DTA).

Сложный набор пиков на кривой DTA до 500°C связан с горением органической составляющей связующего, а подъём кривой (выделение теплоты) при 500...1600°C подтверждает протекание экзотермических реакций при спекании порошков, входящих в

состав керамик. На этой же кривой отмечаются и фазовые превращения в твёрдом веществе при нагреве (1184°C для K1M3).

Анализ результатов эксперимента. Очевидно, что все рассмотренные свойства керамик зависят, в первую очередь, от материалов, использованных для их приготовления. Немаловажное значение имеют и технологические параметры – порядок и количество наносимых слоёв, длительность и температура сушки слоёв, режимы прокаливания и т. д.

Тем не менее, полученные данные позволяют утверждать, что свойства представленных керамик соответствуют необходимым требованиям, а по величине усадки исследованные материалы демонстрируют лучшие результаты, по сравнению с серийными керамиками, используемыми в промышленности.

Для выявления корреляций между составом и свойствами керамик введём два количественных индекса: «Индекс интегрального состава»

(свойство S9, **табл. 1**) и «Индекс неоднородности состава» (S10), которые рассчитаны для каждой керамической композиции следующим образом.

S9. Основные компоненты керамик – корунд (Al_2O_3) и кварц (SiO_2). Дистен-силлиманит ($Al_2O_3 \cdot SiO_2$) и муллит ($3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$) также состоят из этих химических соединений. Состав S9 построен в виде шкалы от 0 до 1 следующим образом: корунду присвоено значение 0, кварцу – 1, таким образом, дистен-силлиманит автоматически получает $S9 = 0,5$, а муллит ~ 0,4. Суммарный состав каждой конкретной керамики, с учётом наполнителей в суспензии, оценивали экспертным образом. Эти оценки приведены в строке S9 **табл. 1**.

S10. «Индекс неоднородности состава» – сумма логических «да» при сравнении составов наполнителя суспензии и обсыпки внутри слоя и составов слоёв друг с другом. Значение «да» приписывается варианту с разными составами. Так, для литейной керамики K1M3 (см. **выше**) расчёт S10 проводится следующим образом:

- внутри лицевого слоя равенство химсостава компонентов соответствует логической единице «нет»;
- то же – для 2-го и последующих слоёв;
- при сравнении состава лицевого слоя с составом 2-го слоя присваиваем оценку «да»;
- при сравнении составов 2-го и последующих слоёв устанавливаем оценку «нет».

Итого. По керамике K1M3 получаем индекс S10 = 1.

Матрица парных корреляций свойств S1...S10 (1...10) представлена в **табл. 2**.

Как и следовало ожидать, состав керамики S9 имеет наибольшее ко-

Таблица 2

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----|---|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 1 | 0,134 | 0,139 | 0,112 | 0,244 | 0,208 | -0,097 | -0,023 | -0,2 | -0,718 |
| 2 | 0 | 1 | 0,583 | 0,305 | 0,057 | -0,284 | 0,105 | -0,034 | $1,821 \cdot 10^{-3}$ | -0,058 |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 0,952 | 0,734 | -0,151 | -0,546 | -0,637 | -0,729 | -0,138 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,838 | -0,07 | -0,68 | -0,734 | -0,855 | -0,14 |
| 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,051 | -0,699 | -0,755 | -0,815 | -0,174 |
| 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | -0,245 | -0,035 | -0,231 | -0,405 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,905 | 0,884 | 0,053 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,793 | $2,039 \cdot 10^{-3}$ |
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,194 |
| 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

личество сильных корреляций (корреляционное соотношение $> 0,5$) с другими свойствами (S3, S4, S5, S7, S8) керамических композиций.

Наиболее интересна явная корреляция индекса неоднородности состава (S10) с усадкой (S1) и значительный коэффициент корреляции S10 с S6, что связано с количеством органической составляющей в связующем. Возможно, при уточнении логики расчёта индекса S10, степень корреляции может быть увеличена.

Существование вторичных корреляций S8 с другими свойствами (S3, S4, S5, S7) указывает на возможность подбора состава керамики с заданными свойствами на основании анализа DTA и DTG – кривых обжига этих составов, что позволит значительно ускорить и удешевить процесс разработки новых литейных керамик.

Вывод. Наличие достаточно сильных корреляций, выявленных экспериментом, подтверждает возможность управления свойствами литейной керамики за счёт правильного выбора состава и технологии покрытия исходной модели.

Работа выполнена с ОАО «Авиадвигатель» при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (договор №02.G25.31.0016) в рамках реализации постановления Правительства РФ №218 «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства».

Сведения об авторах

Углев Н.П. – канд. хим. наук, доцент кафедры ХТ ПНИПУ. Тел.: +7-902-472-45-02. E-mail: ouglev@mail.ru

Пойлов В.З. – д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой, там же. Тел.: +7-902-806-93-04.

Казанцев А.Л. – ст. препод. той же кафедры. Тел.: +7-908-275-22-82.

Ордин Д.А. – студент той же кафедры. Тел.: +7-952-330-55-72.

Мерзляков К.С. – аспирант той же кафедры. Тел.: +7-950-462-05-42.

Звездин В.Л. – зам. гл. металлурга ОАО «Авиадвигатель», г. Пермь. Тел.: +7-342-241-26-96.

Шилов А.В. – начальник бюро литья отдела гл. металлурга, там же. Тел.: +7-342-240-97-99.

Петров А.Ю. – ген. директор ООО «Вакуумтех», Москва. Тел.: +7-916-690-75-17.

Трубкина С.Н. – зам. ген. директора ООО «Вакуумтех», там же. Тел.: +7-919-967-01-84.

Самосудов А.А. – руководитель проектов, там же. Тел.: +7-985-349-98-36.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНДУКЦИОННОЙ ПЛАВКИ, ВЫДЕРЖКИ И РАЗЛИВКИ ЧЕРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

Обладая огромным опытом и знаниями в литейном производстве, компания «ABP Induction Systems» разрабатывает и изготавливает индукционное оборудование с учетом самых современных технических, экономических, экологических и социальных требований, создавая сбалансированные технологии для новых и модернизируемых производств.

Партнерство с «ABP Induction Systems» является гарантией защиты Ваших инвестиций за счет высокой надежности, рентабельности, срока службы, простоты и удобства обслуживания оборудования.

Круглосуточная техническая и сервисная поддержка наших клиентов по всей России.



СЧ индукционные тигельные печи, Тип IFM

- Для плавки и выдержки черных и цветных металлов
- Объем: от 8 до 65 тонн
- Источники питания: от 1.000 до 42.000 кВт



СЧ индукционные тигельные печи, Тип FS

- Для плавки и выдержки черных и цветных металлов
- Объем: от 300 до 6.000 кг
- Источники питания: от 250 до 4.800 кВт



Разливочные печи PRESSPOUR®, Тип OCC

- Для выдержки и автоматизированной разливки чугуна и медных сплавов
- Объем: от 2.900 до 25.000 кг
- Мощность индуктора: от 130 до 500 кВт

ABP Induction Systems GmbH
Kanalstrasse 25 · 44147 Dortmund
Тел.: +49 (231) 997 0
Факс: +49 (231) 997 2467
www.abpinduction.com

ABP Induction Systems GmbH
Филиал частной компании
109456, Москва, Рязанский проспект, 75/4, этаж 11
Тел.: +7 (495) 620 57 26
Факс: +7 (495) 620 57 26

ABP
INDUCTION

УДК 621.74.043:
669.14

A.I. Batyshev

Аннотация

Summary

Литье стали под давлением Pressure Die Casting of Steel

А.И. Батышев

(Государственный университет машиностроения)

Приведены основные сведения о литье под давлением (ЛПД) стали, включая выбор отливок, применяемые пресс-формы (ПФ) и материалы для них, сплавы для отливок, технологию литья.

Ключевые слова

Литье, давление, сталь, пресс-формы, технология, отливки.

Presented is the basic information on pressure die casting of steel, including casting selection, dies to be used, and materials for them, alloys for castings, casting technology.

Key words

Casting, pressure, steel, dies, technology, castings.

Процесс ЛПД стали активно исследовали в середине XX в. в НИИ и на предприятиях оборонной промышленности. Большой вклад в эти работы внесли В.М. Белов, С.А. Казённов, В.С. Лехтерев, К.Н. Гассель (Москва), И.И. Горюнов (Ленинград) и др. [1...3]. Были разработаны основы технологии литья стали и жаропрочных сплавов на Ni-основе разного состава и назначения, произведена классификация сталей и сплавов по трещиностойкости, исследованы структура и механические свойства отливок различной конфигурации и назначения. Проведена также классификация отливок на три группы [4]:

- плоские отливки без ребер, бобышек и выступов протяженностью, в несколько десятков раз превышающие толщину стенки отливки;
- плоские и криволинейные отливки с ребрами, бобышками и выступами, имеющие протяженность, в не-

сколько десятков раз превышающую толщину стенок отливки;

- корпусные отливки со стержнями.

В качестве основного оборудования использовали машины ЛПД с холодной камерой прессования – моделей 515 [3], С71108, С71109 [4, 5]. Были подготовлены технические задания на разработку специальных вакуумных машин, получивших наименование моделей СВ71109 и 71113В и предназначенных для литья сталей, содержащих Ti и Al, а также сплавов на основе Ti и других высокотемпературных сплавов [4].

Большие трудности возникали сразу при организации процесса, начиная с заливки расплава стали в камеру прессования машины ЛПД. Методы заливки, применяемые при литье сплавов цветных металлов, были непригодны, так как в заливочном ковше при заливке стали



Рис. 1. Трещины на отливке лопатка, ×2

сразу образовывалась боковая корка, и мерная доза становилась меньше заданной по технологии. Поэтому в данном случае применяли плавно-заливочные устройства (ПЗУ), рассчитанные на одну заливку и представляющие собой высокочастотные индукционные печи с верхним (через носок) или донным сливом расплава. При использовании ПЗУ с нижним сливом в печи предусматривалось два индуктора – основной для расплавления шихты и дополнительный (меньший по размерам) для расплавления металлической «пробки» в донной части печи.

ПЗУ устанавливали над окном камеры прессования машины ЛПД, чтобы готовый расплав при повороте печи сразу попадал в указанную камеру. В качестве шихты, как правило, использовали мерную заготовку, химсостав которой соответствовал составу выплавляемого сплава. В.М. Белов рекомендовал применять в качестве шихты мерные заготовки из проката, нарезаемые на специальных установках. По нашему мнению, действительно необходимо использовать мерные заготовки заданного химсостава, но полученные путем заливки стального расплава в изложницу или в металлическую форму.

Ещё на первых стадиях исследования процесса было установлено, что для ЛПД наиболее пригодны незакаливающиеся углеродистые стали марок 10Л...20Л [1], а также некоторые легированные стали с высокими пластическими свойствами и низкой твердостью, например, 10Х18Н9Л и 20Х13Л [2]. В последующем эта рекомендация была уточнена в следующей формулировке [4]: «... литьем под давлением могут изготавливаться точные заготовки из сталей всех марок, имеющих относительное удлинение $\geq 5\%$, при комнатной температуре без возникновения в отливках горячих трещин». Был освоен также процесс ЛПД сплавов на основе циркония.

Получены были отливки с внутренними полостями, оформляемыми металлическими выплавляемыми

стержнями или оболочковыми стержнями из графита. В качестве материала для вставок ПФ, рабочие поверхности которых соприкасаются с запрессовываемым расплавом, рекомендовано изготавливать из молибдена [4]. Следует отметить, что подобные ПФ необходимо нагревать перед началом процесса до высоких температур 300...400°C; при более низких температурах нагрева Мо-вставки могут растрескиваться.

Серьезные исследования были направлены на изготовление ЛПД турбинных лопаток из высоколегированных сталей и жаропрочных Ni-сплавов. Из-за большой разницы в толщине стенок и наличия металлических деталей в ПФ в отливках часто возникали мелкие наружные трещины (рис. 1), а в некоторых случаях – и усадочные поры в массивном сечении.

Ниже приведены результаты исследований процесса затвердевания и изменения линейной усадки при ЛПД стали 10Х18Н9ТЛ (ГОСТ 977-88), проведенных на образцах. Одновременно в ПФ из стали 3Х2В8 изготавливали два образца с поперечными сечениями 4×15 и 8×15 мм, длиной 100 мм [3]. Технологические режимы литья были следующими:

- температура заливки на 90°C превышала температуру ликвидус;
- начальная температура ПФ – 140...150°C;
- скорость перемещения плунжера в камере прессования 0,4 м/с (полость ПФ заполнялась сплошным ламинарным потоком);
- давление прессования 90 МПа.

Изучение макроструктуры опытных образцов показало, что вследствие большой интенсивности охлаждения они имеют две зоны:

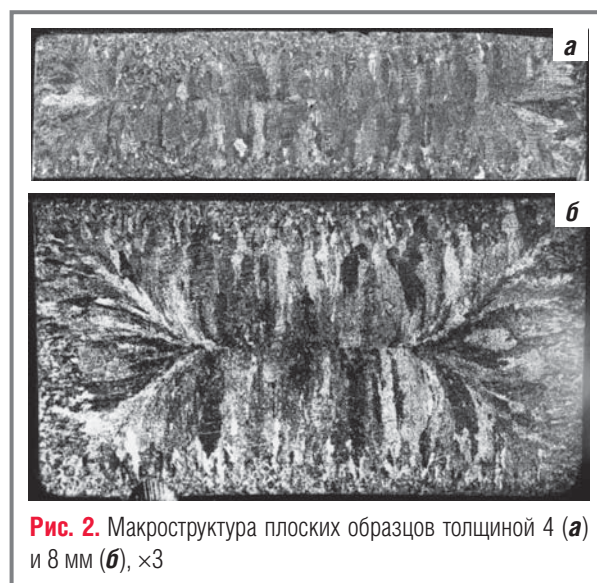


Рис. 2. Макроструктура плоских образцов толщиной 4 (а) и 8 мм (б), ×3

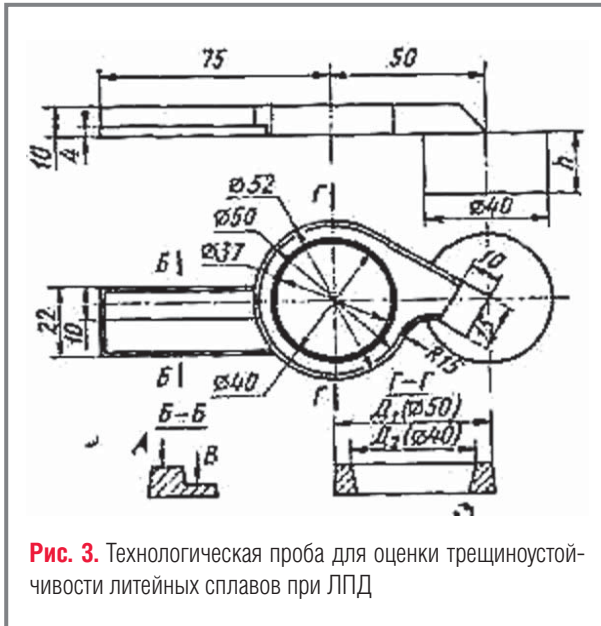


Рис. 3. Технологическая проба для оценки трещиностойкости литейных сплавов при ЛПД

- наружную – мелких кристаллов протяжённостью 0,5...0,6 мм (образец сечением 4×15 мм) и ~ 1 мм (образец сечением 8×15 мм) – **рис. 2**;

- далее – зону столбчатых кристаллов, распространяющуюся до центра, видно, что зона столбчатых кристаллов преобладает.

Установлено, что стальные отливки, изготовленные ЛПД, можно подвергать термообработке, после которой поверхностных дефектов на образцах не наблюдали. После закалки (нагрев до 1050...1100°C, охлаждение в воде) механические свойства, определенные на образцах толщиной 8 мм, вырезанных из плоских отливок (с литейной коркой, механообработке подвергались только узкие грани), были следующими: $\sigma_b = 600$ МПа; $\delta = 39\%$; КСЧ = 15 кДж/м², что выше требований ГОСТ 977-88. Твердость образцов 180...220 НВ.

Для оценки склонности сталей к образованию горячих трещин была разработана технологическая кольцевая проба (**рис. 3**). Она имела два тепловых узла в зонах: питателя и ступенчатого образца шириной 22 мм, с толщиной стенки 10 и 4 мм (ширина полки 10 и 12 мм, соответственно). Поэтому кольцевой образец претерпевал

как механическое, так и термическое торможение линейной усадки. Технологические пробы выдерживали в ПФ после запрессовки расплава в течение 5...10 с. Сталь 10X18H9Л показала хорошую трещиностойкость. Следует отметить, что подобную технологическую пробу можно использовать для оценки трещиностойкости и сплавов цветных металлов при их ЛПД.

Анализируя результаты исследований (главным образом, под руководством В.М. Белова), можно сделать вывод о том, что ЛПД можно получать стальные отливки определенной конфигурации и типоразмера, если применять в качестве материала для вкладышей ПФ литой молибден и сплавы на его основе (возможно, и другие сплавы, созданные в последние годы).

Безусловно, необходимы дополнительные исследования процесса ЛПД стали, которые бы расширили область использования этого процесса. Отдавать забвению достигнутые результаты нельзя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Белов В.М., Казённов С.А.** // Литейное производство. – 1959. – №10.
2. **Горюнов И.И.** Литье повышенной точности. – Л.: Лениздат, 1959.
3. **Батышев А.И., Гассель К.Н., Куранов В.Н. и др.** Выбор сталей и сплавов для литья под давлением // Литейное производство. – 1971. – №2. – С. 30–31.
4. **Белов В.М.** Литье стали под давлением // Литейное производство. – 1980. – №8. – С. 1–3.
5. **Белов В.М.** Освоение технологии литья стали под давлением // Литейное производство. – 1978. – №4. – С. 28–30.

От редакции. В журнале «Библиотечка литейщика», №2, 2014 г., мы посвятили материал 95-летию Виктора Михайловича Белова и перепечатали основные его статьи, посвященные литью под давлением стали и других высокотемпературных сплавов.



СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ПРОЦЕССОВ

■ ИНСТРУМЕНТЫ МАСТЕРА



Литье стального слитка
в изложницу (ООО «Сименс»)



Используя системы моделирования, вы сможете:

- Быстрее проектировать новые технологические процессы
- Уменьшить количество пробных заливок
- Снизить затраты на доработку литейной оснастки
- Улучшить применяемые технологические процессы
- Сократить количество брака отливок
- Узнать, как формируются отливка и ее дефекты

Наши специалисты окажут
помощь в моделировании
других процессов:



Валковая
формовка



Обработка
листового металла



Сварка
и термообработка



Расчеты
конструкций

Обращайтесь в ГК CSoft, и вы получите:

- Помощь в выборе системы моделирования и ее комплектации
- Бесплатный тестовый расчет
- Возможность бесплатной опытной эксплуатации системы
- Обучение специалистов по индивидуальной программе
- Лучшую техническую поддержку

Системы моделирования литейных процессов

ProCAST
(Франция)



ПолигонСофт
(Россия)



CSoft
группа компаний

Москва, 121351,
Молодогвардейская ул., д. 46, корп. 2
Тел.: (495) 913-2222, факс: (495) 913-2221
Internet: www.csoft.ru E-mail: sales@csoft.ru

Владивосток 8-800-555-0711
Волгоград (8442) 26-6655
Воронеж (4732) 39-3050
Днепропетровск 38 (056) 371-1090
Екатеринбург (343) 237-1812
Иваново (4932) 33-3698
Казань (843) 570-5431
Калининград (4012) 93-2000
Краснодар (861) 254-2156
Нижний Новгород (831) 430-9025

Новосибирск (383) 362-0444
Омск (3812) 31-0210
Оренбург (3532) 77-3760
Пермь (342) 235-2585
Ростов-на-Дону (863) 206-1212
Самара (846) 373-8130
Санкт-Петербург (812) 496-6929
Тюмень (3452) 75-7801
Хабаровск 8-800-555-0711
Челябинск (351) 246-1812
Ярославль (4852) 42-7044

УДК 621.74.043.2:
621.7.079

А.А. Pivavarchyk,
А.М. Michalзов

Аннотация

Summary

Влияние способов нанесения разделительных покрытий на толщину смазочно-разделительного слоя при ЛПД Al-сплавов Effect of dividing methods of applying coatings to a thickness of cutting the separation layer of aluminum casting alloys under pressure

А.А. Пивоварчик (УО ГрГУ им. Янки Купалы, г. Гродно),
А.М. Михальцов (БНТУ, г. Минск)

В статье приведены результаты исследований по определению толщины смазочно-разделительного слоя (СРС), в зависимости от способов их нанесения на поверхность литейной оснастки, при литье под давлением (ЛПД).

Ключевые слова

Разделительные покрытия, литье под давлением, алюминиевые сплавы, толщиномер, смазочно-разделительный слой.

The results of studies to determine the thickness of the lubricant layer separation, depending on how they are applied to the surface of the casting equipment.

Key words

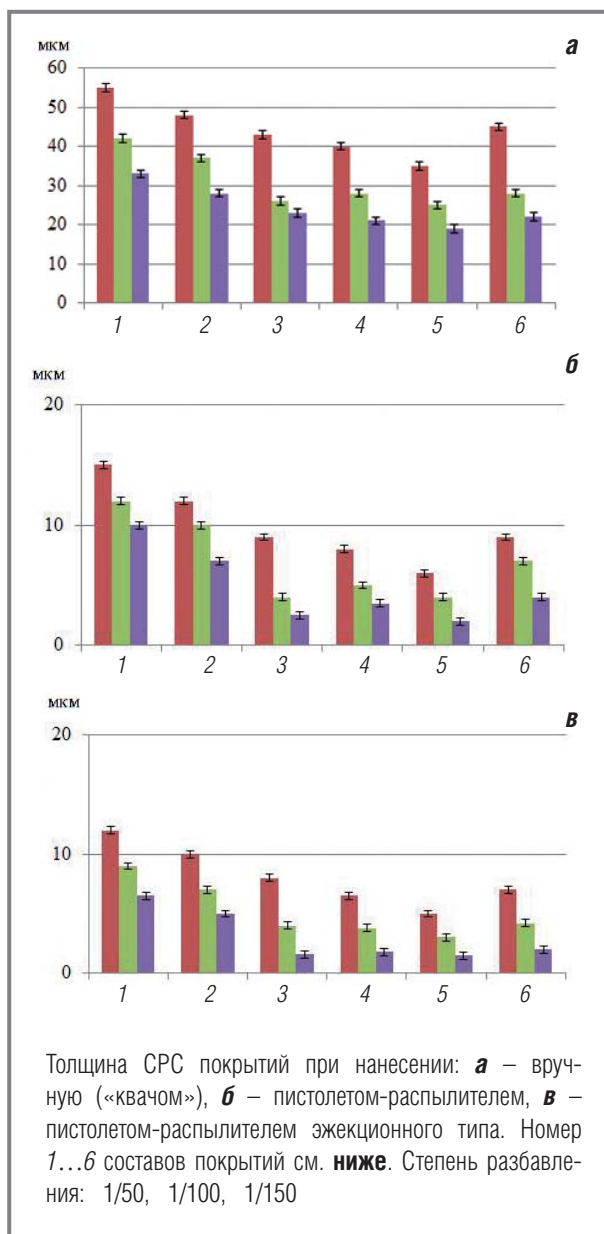
Release coating, die casting, aluminum alloys, thickness gauge, cutting the spacer layer.

Изготавливаемые ЛПД отливки имеют сложную конфигурацию и, как правило, содержат разного рода внутренние полости и отверстия, которые выполняют с помощью металлических стержней либо вставок. В момент извлечения отливки из пресс-формы (ПФ) в зоне контакта стержня и отливки возникают силы трения, обусловленные обжатием стержня затвердевающей отливки, которые приводят к образованию задиоров на поверхности отливки. Для снижения сил трения в момент удаления отливки из полости ПФ необходимо использовать разделительные покрытия, основное назначение которых – обеспечить его высокую смазывающую и разделительную функции.

Получение качественных отливок напрямую зависит от удовлетворительной работы смазки, которая, в свою

очередь, связана с образованием на поверхности ПФ тонких СРС, образующихся после нанесения разделительных покрытий. При этом, толщина слоя разделительных покрытий зависит от способа нанесения, времени распыления смазки, скорости её перемещения, состава и свойств компонентов, входящих в состав смазки. В свою очередь, величина СРС влияет на образование газовой пористости в отливках, из-за выделения большего количества газов, возникающих в процессе деструкции компонентов смазки.

Влияние способа нанесения водоземulsionных разделительных покрытий на толщину СРС при ЛПД Al-сплавов АК12М2 исследовали на машине мод. Buhler-34D. Температура заливки $620 \pm 10^\circ\text{C}$. Разогрев ПФ до



рабочей температуры производился посредством 10...12 запрессовок. Время выдержки отливки в форме составляло 15 с.

Использовали известные и разработанные составы разделительных покрытий, разбавленные водой в пропорции 1/50, 1/100, 1/150 (рекомендуемая производителем степень разбавления). Полученные экспериментальные данные представлены на **рисунке**. Разделительные покрытия наносили на поверхность ПФ вручную, а также пистолетом-распылителем с расстояния 0,5 м в течение 5 с.

Толщину образовавшегося слоя разделительного покрытия на поверхности ПФ определяли перед запрессовкой расплава и извлечением отливки. Были исследованы разделительные покрытия (1...6 на **рисунке**):

1. В40 (Респ. Беларусь);
2. СТАВРОЛ 500 марка 3 (Россия);
3. DASCOCAST 1140 (США);
4. CONDAFOND 310 (Франция);
5. Trennex W 3325 /10¹* (Германия);
6. РП-1 (Респ. Беларусь).

Можно видеть (**рисунок**), что после нанесения разделительных покрытий вручную («квачом») толщина СРС максимальна (55...18 мкм) и варьируется, в зависимости от состава смазки и степени ее разбавления. При этом, минимальные толщины СРС получены при использовании смазки Trennex W 3325 /10 (22 мкм). Промежуточные значения толщины СРС исследуемых покрытий (15,2...5,5 мкм) получены при нанесении смазки пистолетом-распылителем. Минимальная толщина СРС исследуемых покрытий (1,2...1,5) получена при нанесении смазки пистолетом-распылителем эжекционного типа. Лучший результат – при использовании смазки DASCOCAST 1140 (США) и Trennex W 3325 /10 (Германия) (1,8 и 1,5 мкм, соответственно). Промежуточные значения показали смазка CONDAFOND 310 (Франция) и РП-1 (Респ. Беларусь) (2,0 и 2,5 мкм).

Работа выполнена в рамках научно-технической программы «Функциональные и машиностроительные материалы и технологии, наноматериалы и нанотехнологии в современной технике» на 2011...2015 гг. № 4.3.04.

Сведения об авторах

А.А. Пивоварчик – канд. техн. наук, доцент кафедры «Машиноведения и технической эксплуатации автомобилей» Гродненского государственного университета им. Янки Купалы, Респ. Беларусь.

А.М. Михальцов – канд. техн. наук, доцент кафедры «Металлургия литейных сплавов» Белорусского национального технического университета, г. Минск, Респ. Беларусь. Тел.: +375298766824. E-mail: Piwchik21@tut.by

¹ **Состав** покрытия разработан на кафедре «Металлургия литейных сплавов» БНТУ.



FTL - Foundry Equipment

A Division



FTL Foundry Equipment - один из ведущих поставщиков литейного оборудования для формовки в Великобритании и в Европе. Опыт работы компании превышает 40 лет. FTL разрабатывает и выпускает широкий ассортимент продукции и может выполнять «под ключ» проекты полного цикла, от его разработки до запуска комплекса оборудования в эксплуатацию, включая сервисное обслуживание на уровне мировых стандартов.

Успех FTL основывается на том, что компания не просто поставяет комплекс оборудования, а принимает полное участие в решении его проблем. В России оборудование успешно эксплуатируется более чем 50 предприятиях, обеспечивая отличное качество отливок и высокую производительность труда. Большая часть поставленного в Россию оборудования предназначено для ХТС процессов: высокоинтенсивные смесители, системы регенерации, формовочные линии и т.д.



Значительный успех, который сегодня достигнут на рынке России, во многом объясняется совместной работой компании FTL с официальным дилером, российской компанией ООО РОДОНИТ. Последняя оказывает широкий спектр услуг, связанный с внедрением оборудования фирмы FTL и последующим его гарантийным и постгарантийным обслуживанием.



ООО РОДОНИТ

Россия, 195067, Санкт-Петербург,
Волго-Донской пр., 1

Тел./факс в Санкт-Петербурге:
(812) 320-16-89 (13), 331-36-16

Тел./факс в г. Воронеж: (4732) 604-715(14)

Тел./факс в г. Миасс: (3513) 298-598 (95)

Тел./факс в г. Муром: (8) 910 187-51-78

e-mail: yuri2rodonit@rambler.ru

www.rodonit.spb.ru

УДК 621.742.48

В.М. Грузман,
К.А. Бурдаков

Аннотация

Summary

Исследование режима осаждения связующего на зерна песка в псевдооживленном слое¹ Study of Regime of Binder Settling on Sand Grains in Fluidized Bed

V.M. Gruzman, K.A. Burdakov

Предложен метод сравнительного определения критической скорости оживления песка в установке для приготовления формовочной смеси. Показано существование оптимальной скорости оживления. Установлена тенденция к снижению прочности смеси при дополнительном, после осаждения связующего, «кипячении».

Ключевые слова

Связующее, песок, кипящий слой, критическая скорость оживления.

Proposed is a method of comparative determination of the critical sand fluidization rate in a molding sand preparation plant. Existence of an optimal fluidization rate is shown. Tendency towards lower sand strength during additional, after binder settling, "boiling" has been established.

Key words

Binder, sand, boiling bed, critical fluidization rate.

Определение критической скорости оживления (КСО). Известен расчетный метод определения КСО, который обычно применяют при проектировании аппаратов кипящего слоя, однако в формулах этого метода не учитывается влияние на КСО толщины кипящего слоя. Сравнительное влияние толщины слоя на установке приготовления стержневой смеси (**рисунок**) определяли следующим образом.

На слой песка δ фиксированной высоты в качестве индикатора помещали металлический 18-г шарик и, постепенно наращивая скорость подачи воздуха, в момент, когда шарик начинал тонуть, устанавливали КСО. При толщине слоя h , равной 25, 44, 64, 83 и 100 мм, получили КСО 0,20; 0,22; 0,26; 0,28 и 0,30 м/с.

Статистическая обработка этих данных показала зна-

чимость и адекватность полученного уравнения регрессии $y = 0,164876 + 0,001379 x$, где y – КСО, x – толщина кипящего слоя песка, что с надёжностью 95% свидетельствует о существенности влияния толщины слоя на КСО.

Исследование режимов оживления

Готовили смеси с 1 и 0,5% связующего при четырех разных режимах оживления. Определяли коэффициент однородности (КО) смеси², а также ее прочность на разрыв. Результаты, представленные **ниже**, показывают, что при скорости оживления $\omega = 0,32$ м/с смеси обладают наибольшими КО и прочностью, что свидетельствует об оптимальных условиях осаждения.

¹ В работе принимал участие Мусинов М.В.

² Грузман В.М. Эрозия песчаных литейных форм и меры ее предупреждения // Литейное производство. – 2010. – №5.

КСО, м/с КО смеси при 1 / 0,5% связующего

| | |
|-----------|-----------------|
| 0,27..... | 54,417 / 69,807 |
| 0,32..... | 83,356 / 71,252 |
| 0,37..... | 71,672 / 62,622 |
| 0,42..... | 78,487 / 67,781 |

КСО, м/с σ_p^* , МПа

| | |
|-----------|-------------|
| 0,27..... | 0,46 / 0,68 |
| 0,32..... | 1,36 / 1,74 |
| 0,37..... | 0,82 / 1,08 |

Примечание. Содержание связующего: в числителе – 0,5; знаменателе – 1%.

* В сухом состоянии

Очевидно, что на однородность осаждения связующего в кипящем слое влияет его порозность. Предположительно, при КСО порозность слоя минимальна и осаждение связующего на удалённые от распылителя зёрна песка затруднено. С увеличением КСО порозность возрастает, что способствует более глубокому проникновению связующего. Дальнейшее увеличение порозности приводит к тому, что часть связующего проходит сквозь твердую фазу и уносится вместе с потоком воздуха.

Влияние времени перемешивания в кипящем слое после осаждения связующего

В оптимальном режиме готовили смесь с 1% связующего, которую после осаждения связующего оставляли в псевдооживленном состоянии. Результаты представлены ниже (τ – время дополнительного перемешивания).

| τ , с | КО смеси | σ_p^* , МПа |
|------------|----------|--------------------|
| 5..... | 78,934 | 1,74 |
| 10..... | 79,672 | 0,82 |
| 15..... | 75,155 | 0,62 |

* В сухом состоянии

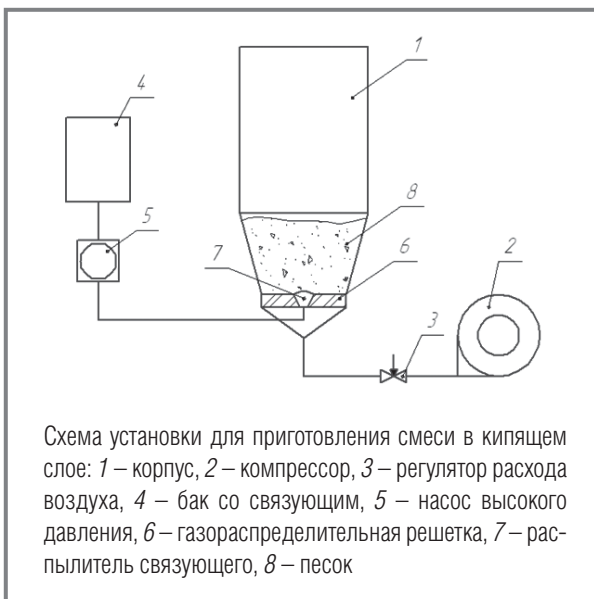


Схема установки для приготовления смеси в кипящем слое: 1 – корпус, 2 – компрессор, 3 – регулятор расхода воздуха, 4 – бак со связующим, 5 – насос высокого давления, 6 – газораспределительная решетка, 7 – распылитель связующего, 8 – песок

Статистическая обработка результатов 50 опытов с надёжностью 95% показала незначимость в разнице КО и существенность падения прочности при дополнительном кипячении. Можно предположить, что в этом случае происходит частичная полимеризация связующего на зернах песка ещё до его уплотнения.

Выводы

- Для существенного повышения однородности распределения связующего и прочности смеси, приготовленной в кипящем слое, необходимо в используемой установке установить КСО песка.
- Реализовать процесс следует при скорости, превышающей КСО на 15...20%.
- Дополнительное «кипячение» смеси после осаждения связующего приводит к падению прочности.

Сведения об авторах

Грузман Вячеслав Моисеевич – зав. кафедрой АТЛП, НТИ (ф) УрФУ. Тел.: 8(912)63500070

Бурдаков Кирилл Анатольевич – старший преподаватель той же кафедры, тел.: 89502005911



Вакуумное оборудование для металлургической переработки

Retech является мировым лидером в области инновационных разработок и производстве высококачественного плавильного оборудования для вакуумных и технологических процессов с 1963 года. В настоящее время у нас есть системы более чем в 24 странах по всему миру. Мы считаем нашим явным преимуществом перед нашими конкурентами то, что у нас есть дополнительные возможности: это возможность полной сборки нестандартного оборудования на нашем заводе и его испытания перед отправкой, что экономит Ваше время и деньги! Качество нашей продукции и удовлетворенность клиентов имеют для нас первостепенное значение.

Преимущества RETECH в :

- Один поставщик вакуумного металлургического оборудования ;
- Вакуумная индукционная плавка (ВИП) - сочетание передового DS / ПК / EQ оборудования делает возможным наиболее быстрый процесс в отрасли ;
- вакуумно-дуговая переплавка (VAR) - широкий диапазон размеров слитка от 2" до 50" в диаметре (от 50 до 1270 мм) и стандартных энергетических мощностей от 500 ампер до 50 000 ампер ;
- Порошковые системы – сферический порошок 10 микрон и более крупный , возможность литья тонкими полосами;
- Электро-лучевая плавка (EB) - предлагает широкий спектр возможностей подачи материала , например ротационную подачу для сыпучих чипов, вырезанных листов, компактов , стружек и т.д. , и устройство подачи прутка большого диаметра , квадратного , прямоугольного или неправильной формы;
- Плазменный очаг плавления (PAM) - с плазменным холодным подом плавления для устранения включений высокой и низкой плотности в титановых сплавах;
- Восстановление окружающей среды (РАСТ™) - сложная система утилизации отходов с запатентованным факелом, работающем в двух режимах, работает автоматически как с переданными, так и с еще не переданными модулями, что обеспечивает стабильную и эффективную работу вне зависимости от перерабатываемого материала.





ТЕРМООБРАБОТКА

Восьмая международная специализированная выставка

Единственная в России
выставка термического
оборудования и технологий

9 - 11 сентября 2014

Россия, Москва, ЦВК «Экспоцентр», павильон 5

**9-10
сентября**

Международная конференция
**«ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
ТЕРМООБРАБОТКИ»**

Разделы выставки:

- 🔥 **новый раздел** Внепечная местная и объёмная термообработка
- 🔥 Промышленные печи: муфельные, вакуумные, плавильные, шахтные, камерные, электропечи
- 🔥 Индукционный нагрев: генераторы индукционных токов, индукционные плавильные печи
- 🔥 Оборудование для химико-термической обработки: азотирования, цементации и т.д.
- 🔥 Размерная и поверхностная обработка: формообразование, напыление
- 🔥 Лабораторные печи, сушильные шкафы
- 🔥 Оснастка для термического оборудования
- 🔥 Системы нагрева и газоснабжения, горелки, электронагревательные элементы
- 🔥 Неразрушающий контроль, испытательное оборудование, измерительные системы
- 🔥 Автоматизация термообработки, системы управления и регулирования
- 🔥 Энергосберегающие технологии термических производств
- 🔥 Диагностика, реконструкция и модернизация оборудования
- 🔥 Закалочное оборудование, масла и среды



новый раздел Футеровка печей: огнеупоры, теплоизоляция, клеи, футеровочные работы

Информационная поддержка:



Организатор:

ООО «Выставочная компания «Мир-Экспо» | Россия, 115533, Москва, проспект Андропова, 22
Тел./факс: 8 499 618 05 65, 8 499 618 36 83
E-mail: info@htexporus.ru | Сайт: www.htexporus.ru | Твиттер: @htexpo_ru



ежегодная международная конференция **ЛИТЕЙНЫЙ КОНСИЛИУМ®**

www.rsl.npp.ru

**VIII Литейный Консилиум
4-5 декабря 2014, г. Челябинск**

Российский Сайт Литейщиков приглашает Вас к участию в конференции Литейный Консилиум № 8 на тему: **“Литейная форма. Совершенство формы - путь к успеху”**.

Участие в конференции бесплатно (количество бесплатных мест ограничено, подробности уточняйте у организаторов). Предыдущие конференции посетили представители более 300 предприятий и научных организаций из России, Украины, Белоруссии, Казахстана, Австрии, Германии и Италии.

Темы предстоящего консилиума:

- 1) Формовочное, стержневое, смесеприготовительное оборудование, оборудование для регенерации смесей, средства контроля.
- 2) Расходные материалы: пески, связующие, противопопригарные краски, бентониты, модельная оснастка, пенополистеролы и т.д.
- 3) Оборудование для центробежного литья, литья под давлением, оборудование для ЛГМ и ЛВМ.
- 4) Дефекты литья, причины и методы борьбы с ними, модифицирование.

По вопросам участия обращаться: Тел.+7 (351) 210-37-37 (доб.188 Наталия), e-mail: natalia@npp.ru



УДК 621.74.02:
621.743

I.M. Guriya, R.V. Lyutyi,
D.V. Keush, V.S. Smolskaya

Аннотация

Summary

Стержневые смеси со связующими на основе ортофосфорной кислоты и солей щелочных металлов Core Sands with a Binder Based on Orthophosphoric Acid and Alkaline Metal Salts

И.М. Гурия, Р.В. Лютый, Д.В. Кеуш, В.С. Смольская
(Национальный технический университет Украины «КПИ»)

Представлены результаты разработки новых стержневых смесей на основе ранее не исследованной связующей системы ортофосфорной кислоты H_3PO_4 и неорганических солей щелочных металлов. В составе смесей использованы триполифосфат натрия (ТПФН), хлориды натрия и калия, которые вступают в реакцию с H_3PO_4 . Установлено, что связующими в смесях, которые обеспечивают высокую общую и поверхностную прочность, являются фосфаты К и Na, образующиеся непосредственно в смеси при тепловом упрочнении. Стержни обеспечивают получение качественных отливок из чугуна и стали.

Ключевые слова

Ортофосфорная кислота, прочность, связующая композиция, стержневая смесь, триполифосфат натрия, хлорид натрия, хлорид калия.

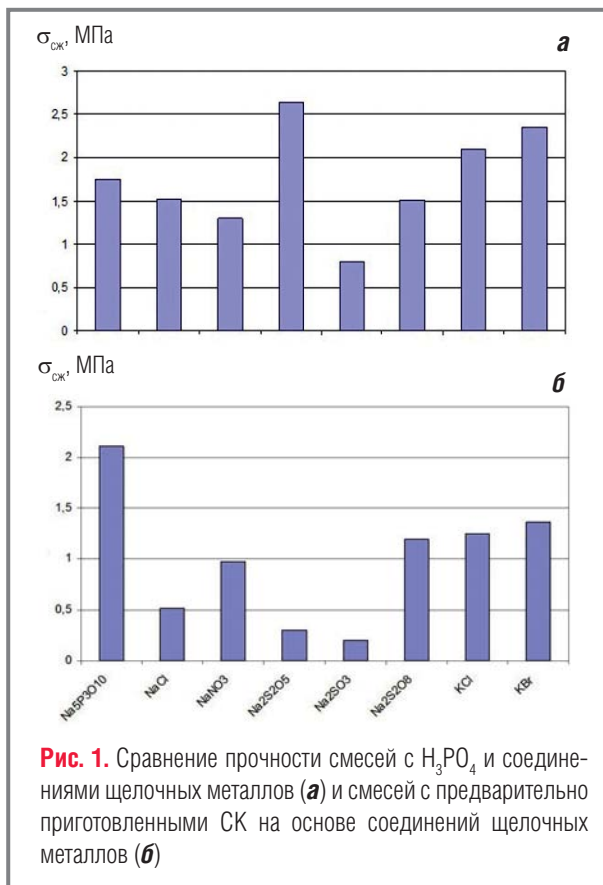
The article presents the results of the development of new core mixtures based on previously unexplored binding system of phosphoric acid and inorganic salts of alkali metals. In the composition of the mixtures are used sodium tripolyphosphate, sodium chloride and potassium chloride, that are react with phosphoric acid. Established that binders in core mixtures, which provide higher total and surface strength, are potassium and sodium phosphates that are formed directly in the mixture at thermal strengthening of its components. Cores provide produce quality castings in iron and steel.

Key words

Phosphoric acid, strength, binding composition, core mixture, sodium tripolyphosphate, sodium chloride, potassium chloride.

К настоящему времени в стержневых смесях фосфорнокислые соли Fe и Mg, связующая способность которых широко известна, применяли в литейном производстве ограничено. Такие соли образуются непосредственно в форме (в стержне) при их упрочнении. В их состав должны входить чистая или частично нейтрализованная H_3PO_4 и порошковый отвердитель на основе оксида соответствующего металла.

Основной фактор, сдерживающий развитие технологии изготовления стержней из таких смесей, нестабильность химсостава порошковых материалов, которые использовали как оксидные отвердители. С другой стороны, аналогичные по структуре и свойствам смеси можно получить на основе двухкомпонентной системы из H_3PO_4 и химического соединения, которое, после взаимодействия с ней, обеспечит образование фосфата соответствующе-

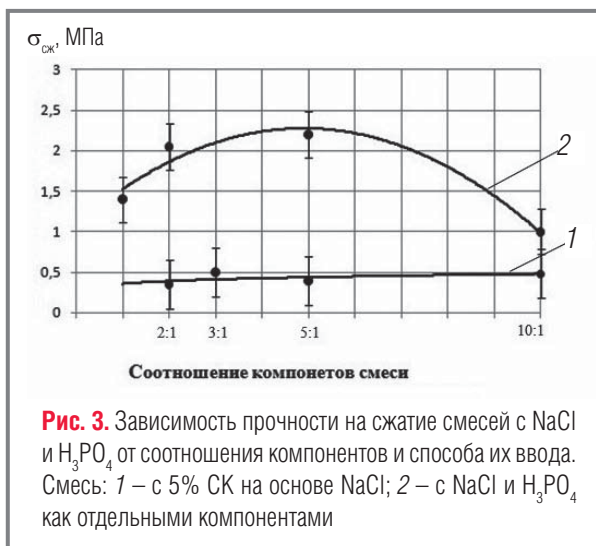
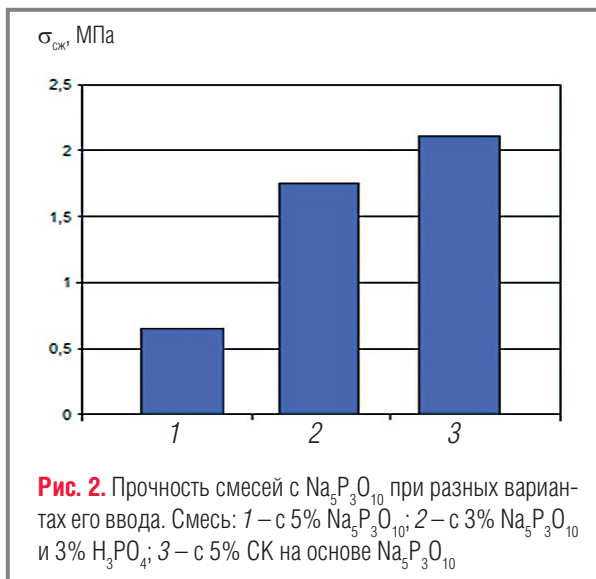


го металла. Этими соединениями могут быть соли таких металлов, как Mg, Ca, Mn, Al, а также Na и K. Фосфорные соли многих металлов имеют высокий связующий потенциал, но в литейном производстве исследованы лишь немногие.

Необходимость разработки научно обоснованного экологичного состава смеси на основе солей H_3PO_4 продиктована простой схемой их отверждения и возможностью получения высокого уровня свойств, в результате взаимодействия кислоты с распространенными в литейной практике неорганическими соединениями, в первую очередь, щелочных металлов: KCl, NaCl, триполифосфатом натрия $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$, а также рядом водорастворимых солей Na и слабых кислот. Ранее установлено, что некоторые из них обеспечивают высокую прочность стержневой смеси, поэтому они выбраны в качестве основных компонентов.

Для разработки стержневых смесей с простой схемой отверждения на основе H_3PO_4 и неорганических солей K и Na для получения отливок из Fe-C-сплавов поставлены задачи:

- проанализировать условия синтеза связующих при взаимодействии H_3PO_4 и неорганических солей щелочных металлов;
- установить возможные режимы отверждения смесей с водорастворимыми солями K и Na;
- исследовать свойства смесей с H_3PO_4 и солями щелочных металлов, в зависимости от состава и условий отверждения;

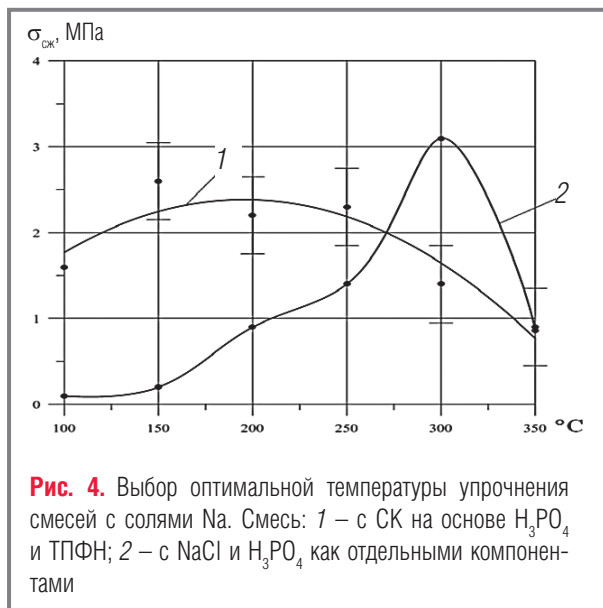


щелочных металлов, в зависимости от состава и условий отверждения;

- оптимизировать составы смесей, с использованием математических методов планирования экспериментов и обработки данных;
- разработать технологию изготовления стержней из исследованных смесей;
- провести лабораторные заливки и проанализировать качество поверхностей отливок, полученных с использованием экспериментальных стержней.

Для приготовления смесей был использован ряд неорганических солей Na и K, в состав которых входило по 3% H_3PO_4 и соли металла, 2% воды. Результаты определения прочности приведены на **рис. 1, а**.

Высокая прочность, которая достигается образцами, свидетельствует о реакции между солями Na и K и H_3PO_4 с образованием нового неорганического связующего (НОС). Вероятнее всего, это обычный или кислый



фосфат соответствующего металла, что, однако, не может относиться к смеси, содержащей ТПФН – неорганический полимер, который вступать в полноценную химическую реакцию с H_3PO_4 не способен.

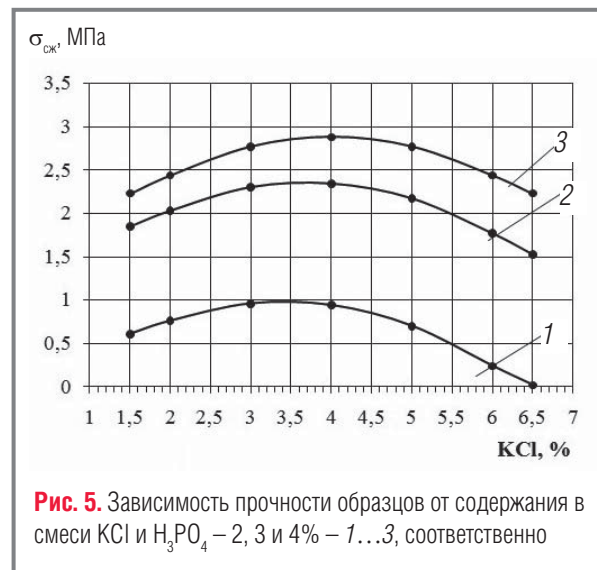
Следующую серию образцов готовили на основе связующих композиций (СК) – 5% и воды (5%). Результаты определения прочности приведены на **рис. 1, б**.

Наибольшую прочность обеспечивает СК на основе ТПФН, а это значит, что он все-таки вступает во взаимодействие с H_3PO_4 , что позволяет увеличить его связывающий потенциал. Сравнили прочность трех разных смесей с ТПФН: 1 – как отдельным связующим, 2 – с H_3PO_4 и 3 – с готовой СК (**рис. 2**). Видим, что ввод ТПФН вместе с H_3PO_4 значительно повышает прочность смеси, что свидетельствует о взаимодействии между этими соединениями.

Использование предварительно приготовленной СК на основе NaCl, в отличие от ТПФН, не дает положительных результатов. Прочность образцов $\leq 0,52$ МПа (**рис. 3**, кривая 1), что недостаточно для получения стержней. В составе каждой смеси содержалось по 5% СК на основе NaCl и по 5% воды.

Для реализации связующего потенциала системы H_3PO_4 с NaCl в дальнейшем эти компоненты вводили в смесь отдельно, что привело к ожидаемому результату (**рис. 3**, кривая 2). В каждой смеси по 3% H_3PO_4 .

При изготовлении стержней, которые упрочняются при нагреве, важна, с экономической точки зрения, температура их отверждения. Исследованная смесь с ТПФН, которая упрочняется, очевидно, за счет удаления воды, может твердеть и при нормальной температуре, но процесс будет очень длительным. Нагрев ускоряет процессы испарения воды и отверждения стержня. Максимальный уровень



свойств в эксперименте достигнут при 150°C (**рис. 4**, кривая 1).

Для отверждения смесей с NaCl необходима значительно более высокая температура 300°C (**рис. 4**, кривая 2), поскольку для химического взаимодействия в таких смесях необходимы соответствующие условия.

KCl, близкий к NaCl, также может образовывать связующие соединения с H_3PO_4 , о чем свидетельствуют высокие прочности (см. **рис. 1**), подтверждающие факт химической реакции между ними, с образованием нового связующего. Вероятно, это обычный или кислый фосфат K, так же, как в смесях с NaCl образуются фосфаты Na. Установлено также, что оптимальная температура отверждения смесей 230...250°C.

Оптимальный состав смеси устанавливали, воспользовавшись планированием эксперимента. Содержание H_3PO_4 изменяли с 2 до 4%, KCl – с 1,5 до 6,5%, H_2O – с 2 до 4%. В результате получены уравнения регрессии и ряд графических зависимостей, которые показывают влияние содержания компонентов смеси на ее прочность.

Установлено, что максимальная прочность достигается при содержании H_3PO_4 , H_2O и KCl по 4% (**рис. 5**). Учитывая, что KCl вступает в химическое взаимодействие с кислотой, с последующим образованием связующего, оптимальное соотношение KCl и кислоты – 1/1.

Разработанные смеси представляют собой новый класс огнеупорных композиций, которые упрочняются при нагреве в результате образования новых НОС при непосредственном взаимодействии H_3PO_4 и солей щелочных металлов. *Областью применения смесей могут быть стержни, получаемые в горячих ящиках, а также оболочковые формы.*

Стержни изготавливали для отливок насадка горелки с толщиной стенки 4 мм и внутренним диаметром 16 или 22 мм. Отливки получали из стали 35Л и из чугуна с по-

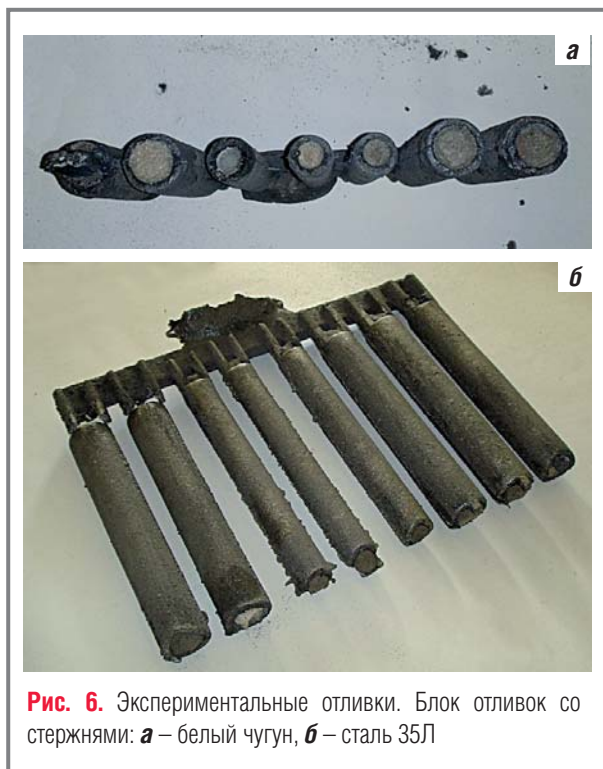


Рис. 6. Экспериментальные отливки. Блок отливок со стержнями: **а** – белый чугун, **б** – сталь 35Л

ниженным содержанием Si, который кристаллизовался с отбелом (рис. 6).

Литейная форма с вертикальным разъемом была изготовлена из сырой песчано-глинистой смеси. Стержни получали по горячей оснастке. Заливку проводили сталью 35Л при 1560°C, чугуном – при 1460°C. Удовлетворительное качество всех поверхностей отливок свидетельствует об отсутствии взаимодействия между компонентами смеси и расплавом, а точное воспроизведение конфигурации тонкостенных отливок говорит о достаточной термостойкости стержней.

Удаляли стержни из отливок выдержкой их в холодной воде: из смеси с ТПФН за 30...40 мин, из смесей с NaCl и KCl – за 5...10 мин, что свидетельствует о хорошей водорастворимости связующих смеси, в т. ч. после заливки форм Fe–C-сплавами.

Выводы

- Установлено, что НОС в стержневых смесях может быть синтезировано в результате химического взаимодействия при нагреве между H_3PO_4 и неорганическими солями щелочных металлов.
- Добавление H_3PO_4 в стержневую смесь с ТПФН способствует значительному повышению свойств, за счет образования неорганических структур с большей степенью полимеризации.
- Наиболее эффективный способ образования связующего в системе H_3PO_4 и NaCl – их отдельный ввод в смесь, с последующим нагревом до 300°C для упрочнения стержней.
- Для образования связующего в системе H_3PO_4 и KCl необходим их отдельный ввод в смесь, с последующим нагревом до 250°C.
- Разработанные смеси, имеющие прочность на сжатие ~ 3,0 МПа и более, пригодны для изготовления стержней в горячей оснастке. Они также имеют достаточную термостойкость и низкую активность к Fe–C-расплавам, что позволяет получать отливки с точной геометрией, без пригара и поверхностных дефектов.

Сведения об авторах

Гурия Ирина Мирановна – канд. техн. наук, доцент кафедры литейного производства черных и цветных металлов Национального технического университета Украины «КПИ», г. Киев. Тел.: (+380) 44-454-97-72.

Лютый Ростислав Владимирович – канд. техн. наук, доцент, там же. Тел.: (+380) 44-454-97-72; (+380) 50-44-777-91. E-mail: rvl2005@ukr.net

Кеуш Дарья Викторовна – аспирантка, там же. Тел.: (+380) 44-454-95-75.

Смольская Виктория Сергеевна – студентка, там же. Тел.: (+380) 98-860-20-62.

Еcoline Pro – Новейшее усовершенствование нашей новой серии машин!

Машина Ecoline Pro дополняет серию машин Bühler для литья под давлением с холодной камерой прессования в диапазоне замыкающего усилия от 3.400 до 8.400 кН, и предлагает еще более высокую добавленную стоимость. Эта актуализированная серия машин обладает мощным прессующим узлом с регулируемыми позициями литья, а также другими характеристиками, пользующимися спросом на Вашем рынке. Такая экономическая инвестиция позволит Вашему предприятию работать еще более гибко, чем прежде, и получать максимальную прибыль.

Экономическая инвестиция
с максимальной прибылью.

www.buhlergroup.com/die-casting.



Бюлер АГ, Die Casting, CH-9240 Уцвиль, Швейцария
т. +41 71 955 12 12, ф. 41 71 955 25 88
die-casting@buhlergroup.com, www.buhlergroup.com/die-casting

Бюлер АГ, представительство в Москве
т/ф. +7 495 786 87 63

Innovations for a better world.

BUHLER



Иван Владимирович Матвеенко

Иван Владимирович Матвеенко родился 19 мая 1929 г. В 1954 г. после окончания МВТУ им. Баумана он поступает работать на Московский металлургический завод «Серп и Молот», где проходит путь от инженера-технолога до начальника литейного цеха. В 1966 г. И.В. Матвеенко был назначен главным инженером Управления строительства и реконструкции завода. Одновременно он заканчивает заочную аспирантуру в МАМИ и в 1967 г. защищает кандидатскую диссертацию. В 1969...1973 гг.

И.В. Матвеенко без отрыва от производства преподает в Заводе-ВТУЗе (ныне Московский государственный индустриальный университет), а с 1973 г. по конкурсу возглавляет кафедру «Литейное производство», работая в этой должности до 2000 г. Одновременно в 1980 г. его назначают проректором по научной работе, а с 1982 по 1989 гг. – проректором по учебной работе.

В 1979 г. Иван Владимирович защищает докторскую диссертацию, в 1980 г. ему присуждается звание профессора. Основные научные направления И.В. Матвеенко: общая теория рабочих процессов и процессов уплотнения динамическими и импульсными методами формообразования; разработанная с позиций реологии система автоматизированного управления качеством уплотнения песчаных форм на основе оптимизации режимов уплотнения, реологических свойств смеси и геометрии оснастки; математическое моделирование импульсных процессов уплотнения.

Обладая большим производственным и педагогическим опытом, он непрерывно совершенствует методы и программы преподавания. Им созданы курсы лекций: «Оборудование литейных цехов», «Основы реологии формовочных смесей». Широко известны его учебник для техникумов «Оборудование литейных цехов», учебные пособия для вузов «Оборудование литейных цехов. Ч.1.» и «Основы реологии формовочных смесей», «Расчет машин литейного производства», а также монографии «Динамические и импульсные процессы и машины для уплотнения литейных форм», «Импульсные формовочные машины» и др.

Под руководством И.В. Матвеенко подготовлено более 1000 инженеров-литейщиков, 36 кандидатов и три доктора технических наук, в том числе шесть кандидатов наук и два доктора – из стран СНГ. Много лет он был членом двух специализированных Советов по защите кандидатских и докторских диссертаций.

Иван Владимирович – автор более 220 печатных работ и 86 изобретений и патентов. За заслуги в области высшего образования и производства он награжден правительственными наградами – медалями «В память 850-летия Москвы» и «50 лет Победы в Великой Отечественной войне». В 1998 г. ему присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки и техники РФ», а в 1999 г. – звание «академик Академии проблем качества РФ», он – Ветеран труда и Ветеран Великой Отечественной войны.

Редакция, Редакционный совет, коллеги и друзья сердечно поздравляют Ивана Владимировича с юбилеем и желают ему здоровья, бодрости и многих лет интересной жизни.





Огнеупорные материалы и изделия на основе алюмосиликатных волокон и неорганических связующих Refractories and Products Based on Alumosilicate Fibers and Inorganic Binders

Аннотация

Компания «Волокнистые огнеупоры» – разработчик технологий и производитель материалов и изделий для высокотемпературной изоляции на основе алюмосиликатных волокон и неорганических связующих. Продукция изготавливается на собственной производственной базе в г. Тольятти.

Summary

The “Fibrous Refractories” Company is a developer of technologies and producer of materials and products for high-temperature insulation based on alumosilicate fibers and inorganic binders. The products are manufactured at their own production facilities in Togliatti.

В последние десятилетия волокнистые огнеупорные материалы стали занимать особое место в металлургии, машиностроении, нефтехимии, газотранспортных комплексах и в других отраслях промышленности. Они используются для футеровки тепловых агрегатов и теплозащиты отдельных элементов их конструкции. Компания «Волокнистые огнеупоры» производит большой ассортимент волокнистых изделий и материалов с температурой применения до 1350°C. Оригинальные технологии позволяют выпускать изделия простой формы (плиты, блоки, картон, «мокрый» войлок) и фасонные изделия (лотки, втулки, вставки, прибыльные оболочки и др.). В производстве применяют проверенные временем технологии и новые перспективные технологические процессы, разработанные специалистами компании, с использованием новых материалов и оборудования. Все материалы и изделия выпускаются по ТУ 5767-001-6323104865-2007.

Научные исследования алюмосиликатных волокон и модифицированных неорганических связующих и новые технологии их производства легли в основу получения безобжиговым процессом изделий, которые нашли широкое применение. Их свойства позволяют создавать принципиально новые легкие конструкции футеровок стен и сводов печей: плоских, подвесных, арочных. Особенно эффективно их применение в термических печах периодического действия, так как волокнистая футеровка малоинерционна и обладает высокой термостойкостью, т. е. не критична к циклам *нагрев – охлаждение* и обеспечивает быстрый выход печи на рабочий режим, при значительно меньших, чем при использовании других материалов, энергозатратах. Материал имеет высокий коэффициент излучения (степень черноты), значение которого > 0,9, что интенсифицирует лучистый теплообмен в печи.



Рис. 1. Крышка станда разогрева промковшей («ЕВРАЗ НТМК», конверторный цех)

Технологические особенности, которые определяют лицо компании и являются основополагающими элементами её научно-технического кредо

- Разработка технологии производства волокнистых изделий и их монтаж в тепловых агрегатах с расположением волокон строго заданным образом – перпендикулярно тепловым потокам.

- С применением специальных технологий, оборудования и модифицированного неорганического связующего получен уникальный материал – войлок «мокрый», эксплуатационные свойства которого, его пластичность и гибкость позволяют футеровать сложные криволинейные поверхности.

При высушивании в естественных условиях или при низкотемпературном подогреве до 80...140°C материал приобретает достаточную жесткость и самонесущую способность, что позволяет охватывать базовую поверхность, надежно защищая ее.

- Разработан консольно-анкерный крепеж футеровки и технология монтажа, позволяющая равномерно распределить нагрузку по объёму с размещением анкеров в глубине слоя теплозащиты, что увеличивает ресурс работы всех компонентов футеровки.

- Оригинальная технология сушки футерованных элементов конструкции печей, крышек сталковшей и прочих элементов конструкции тепловых агрегатов.

- Разработана методика расчета на ПК тепловых потерь через многослойные футеровки из огнеупорных и теплоизоляционных материалов, основанная на методе итераций.

- Комплексный расчёт экономии энергоносителей, расчёт экономической эффективности и окупаемости от освоения комплекса.

- Особая технология локального ремонта волокнистой футеровки.

Компания «Волокнистые огнеупоры» предлагает потребителю широкий спектр услуг: теплотехнические расчеты агрегатов, проектные разработки футеровок, их монтаж и внедрение. Многие пункты списка предлагаемых заказчику технологий и методик являются оригинальными разработками и не имеют аналогов.

Продукция успешно прошла промышленные испытания, оценена заказчиками как высокоэффективная и последние годы поставляется на крупнейшие предприятия металлургической, химической, машиностроительной, оборонной и других отраслей России и стран СНГ.

Плиты, блоки, картон

Блоки, плиты, картон – жесткие крупноразмерные формованные изделия с волокнистой структурой в форме параллелепипеда, толщиной 3...250 мм и плотностью 300...600 кг/м³.

Для повышения эрозионной стойкости рабочие поверхности блоков и плит могут быть усилены дополнительной обработкой специальным составом. Обработанная им поверхность устойчива к абразивному износу, вызываемому скоростными газовыми потоками, содержащими пылевидные частицы.

Основные технологические свойства изделий:

- низкая плотность и теплопроводность, малая теплоемкость, высокая термостойкость и достаточная механическая прочность;
- наличие системы крепежа, обеспечивающего надежное крепление блоков и плит по месту установки;
- легкая обрабатываемость (резкой, сверлением, вырубкой) и монтируется универсальным инструментом;
- технология изготовления блоков и плит позволяет выпускать изделия с переменной плотностью по высоте;
- материалы, из которых изготовлены изделия, не представляют опасности для здоровья и не выделяют при монтаже и эксплуатации вредных веществ;
- изделия из огнеупорного картона марки «КВ» и «КВП» обладают необходимой при монтаже гибкостью и упругостью.



Рис. 2. Крышка шахтной термической печи («ЕВРАЗ НТМК», колесобандажный цех)



Рис. 3. Локальный ремонт крышки шахтной термической печи, футерованной «мокрым» войлоком



Рис. 4. Экзотермические и изотермические маты

«Мокрый» войлок

В состав «мокрого» войлока, который представляет собой пластичный и гибкий рулонный материал, пропитанный связующим, входят алюмосиликатные волокна и модифицированное неорганическое связующее. К месту монтажа материал поставляется во влажном состоянии в герметичной упаковке.

«Мокрый» войлок после низкотемпературной сушки приобретает форму изолируемой поверхности, необходимую плотность и прочность. Поэтому изделия в виде «мокрого» войлока эффективны и удобны при высокотемпературной изоляции элементов оборудования сложной конфигурации и криволинейных по-

верхностей, заделке швов. Показатели материала в сухом состоянии: плотность – от 300 до 500 кг/м³, предельная температура применения – до 1350°C, теплопроводность, при средней температуре 600°C, – от 0,16 до 0,18 Вт/м·К.

Рассмотрим *опыт применения этого материала* на металлургических комбинатах России.

Нижний Тагил, конверторный цех «ЕВРАЗ НТМК», крышка стэнда разогрева промковшей (рис. 1). Футеровка крышки отработала > 5 мес. без ремонта. При ранее используемом материале и способе монтажа теплозащиты межремонтный срок эксплуатации футеровки составлял ≤ 1 мес.

Второй пример – на том же предприятии в колесобандажном цехе. Футеровка крышек термических шахтных печей (рис. 2) позволила стабилизировать температурное поле в рабочем пространстве печи, повысить качество нагрева и исключить брак при термообработке деталей, уменьшить расход топлива на 20...25%. Экономический эффект составил > 5 млн руб. в год.

Третий пример – крышка стэнда разогрева стальной ВТУ №3 в электросталеплавильном цехе ОАО «Челябинский металлургический комбинат». Футеровка из «мокрого» войлока показала хороший результат по стойкости, срок эксплуатации футеровки составил > 3 лет.

С отзывами наших заказчиков можно ознакомиться на сайте компании www.masterm-vo.ru.

Одна из ключевых особенностей материала – его 100%-ная ремонтпригодность (рис. 3). Пример: материал смонтирован во влажном состоянии и после сушки приобрел свои рабочие характеристики.

Если в процессе эксплуатации произошло местное разрушение теплоизоляционного слоя, то ручным режущим инструментом месту разрушения придается правильная геометрическая форма (например, прямоугольный параллелепипед), производится зачистка, место ремонта смазывается огнеупорным клеем и в подготовленную полость вставляется заранее приготовленный кусок «мокрого» войлока. Далее – уплотнение (при необходимости) и сушка. Такой алгоритм локального ремонта футеровки свидетельствует о его достаточной простоте и технологичности.

Фасонные изделия

Сегодня компания выпускает фасонные изделия обширной номенклатуры, что позволяет удовлетворить широкий спектр потребностей металлургических предприятий.



Рис. 5. Теплоизоляционный вкладыш

Остановимся на основных группах фасонных изделий, прошедших промышленные испытания и подтвердивших свое высокое качество на отечественных заводах:

- лотки для разлива алюминия;
- летки и втулки для нужд цветной металлургии;
- трубки для науглероживания;
- чехлы термопарные;

• сегменты и сектора из волокнистых плит, используемые в качестве элементов футеровки тигельных печей (изделия производятся в размер и последовательно пронумеровываются, что позволяет значительно сократить временные затраты и существенно упростить монтаж по месту);

• гибкие изотермические или экзотермические маты для утепления прибыльных надставок круглого сечения и прибыльных частей крупных отливок (рис. 4). Их применение в последнее время становится актуальным при производстве больших чугунных или стальных отливок, а также слитков с диаметром прибылей > 500 мм. Гибкие маты просты в монтаже и удобны для хранения и транспортировки. Они позволяют исключить дефекты усадочного характера, увеличивают жидкую фазу металла в прибылях, что, в свою очередь, снижает расход жидкого металла;

• комплекты теплоизоляционных вкладышей и клиньев для утепления прибыльных надставок квадратного сечения (рис. 5);

- уплотнительные полукольца (экономайзеры);
- изотермические вставки для утепления прибыльных частей отливок.

Приведенный перечень не является исчерпывающим, так как производственный потенциал компании позволяет

в короткие сроки освоить и произвести фасонные изделия самых разных форм, согласно техническому заданию заказчика.

Экзотермические и изотермические прибыльные вставки

В 2008 г. компания «Волокнистые огнеупоры» успешно освоила крупносерийное производство оболочковых вставок прибыльных частей отливок, как с использованием экзотермического эффекта, так и теплоизоляционных. Выпускается широкий диапазон вставок разных форм и размеров для выполнения открытых и закрытых прибылей.

Благодаря использованию изотермических и экзотермических вставок в системах питания отливок появляется возможность:

- упростить литейные модели за счет простоты использования;
- уменьшить объем прибыли;
- увеличить выход годного;
- полностью ликвидировать трудоемкий процесс огневой отрезки прибылей;
- использовать прибыли в зонах с ограниченной площадью поверхности;
- сократить энергозатраты на производство жидкого металла.

Конкурентные преимущества компании «Волокнистые огнеупоры»:

- собственное производство в г. Тольятти;
- низкая стоимость готовой экзотермической и изотермической вставки, по сравнению с импортными аналогами;
- гибкие условия поставок продукции заказчику;
- изготовление экзотермических и изотермических вставок и отсекальных колец по чертежам заказчика;
- возможность доработки состава материала оболочковых прибылей под условия конкретного предприятия;
- выполнение, при необходимости, компьютерного анализа существующей литейной технологии с целью подбора оптимального варианта системы питания с использованием материалов с изоляционными и экзотермическими свойствами;
- предоставление бесплатной опытной партии вставок для отработки техпроцесса;
- в составе команды компании работают специалисты, инженеры-технологи, литейщики и огнеупорщики с большим опытом работы.

Уважаемые коллеги, производственно-технологический потенциал нашего предприятия позволяет в кратчайшие сроки, при мощном научном и технологическом сопровождении, решать проблемы и задачи литейщиков и металлургов.



МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

СВЯЗУЮЩИЕ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ



Компания предлагает широкий выбор компонентов для приготовления формовочных и стержневых смесей, а также вспомогательных материалов для литейного производства: противопригарные покрытия, разделительные и очищающие составы, клеи и уплотнительные ленты.

Фенолоформальдегидные смолы для различных отраслей промышленности. По желанию заказчика специалисты предприятия могут корректировать технические характеристики связующих (текучесть, скорость полимеризации, содержание свободного фенола, коксовый остаток, молекулярная масса, крупность помола и пр.) в широких пределах.

Виды связующих:

- Чистые полимеры, жидкие, порошковые связующие с уротропином.

ЭКЗОТЕРМИЧЕСКИЕ ОБОЛОЧКИ, МАТЫ И СМЕСИ



Экзотермические материалы применяются при производстве отливок и слитков из железоуглеродистых сплавов и отливок из алюминиевых сплавов.

Протекание экзотермической реакции и теплоизоляционные свойства материала позволяют увеличить зону направленного затвердевания, существенно уменьшить размер прибыльной части отливки или слитка, и сократить количество усадочных дефектов. Для различных условий охлаждения отливки применяются разные экзотермические материалы оболочек. Гибкие секционные маты и экзотермические оболочки могут выпускаться с отсекателем, с крышкой и различной геометрической формы.

ЛИТЕЙНЫЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ФИЛЬТРЫ



Использование керамических и пенокерамических фильтров при производстве отливок из различных марок стали, чугуна, цветных сплавов – это эффективный способ обеспечения и повышения качества отливок.

Фильтрация расплава во время заливки литейной формы позволяет существенно уменьшить количество инородных включений в теле отливки за счет их удержания перед фильтром и внутри керамической матрицы. Подавление турбулентности потока приводит к более равномерному и спокойному заполнению литейной формы, заметно уменьшению количества плен, снижению эрозии формовочной смеси и сокращению микропористости в отливке.

Специалисты «НТЦ Промышленных технологий» оказывают любую технологическую поддержку, а также помогут внедрить необходимые материалы на вашем производстве.

В России потребителями материалов «SQ Group» являются крупные автомобильные заводы и предприятия железнодорожной отрасли. В Украине на многих литейных предприятиях успешно проведены опытно-промышленные работы по применению материалов «SQ Group» и начаты комплексные поставки. С каждым годом всё больше машиностроительных предприятий становятся комплексными потребителями материалов «SQ Group» и услуг ООО «НТЦ ПТ».

Главный принцип холдинга – идти с потребителем материалов до годного литья. В соответствии с этим принципом, в «SQ-Group» создана мощная научно-техническая база для технического сопровождения внедряемой в производство продукции.

Для технической поддержки литейных предприятий России, Украины, Респ. Беларусь и других стран СНГ компания «SQ Group» открыла в 2009 г в Санкт-Петербурге предприятие – ООО «Научно-технический центр промышленных технологий» (НТЦ ПТ), специалисты которого всегда готовы выехать к заказчикам для решения возникающих проблем непосредственно на рабочем месте.



**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

www.sq-spb.ru

194044, Санкт-Петербург, Большой Сампсониевский пр., д.45, Тел./факс: (812) 647-92-00, 647-92-01, sq@sq-spb.ru



**А. Попов
А. Роров**

О развитии литейного производства в странах NAFTA, из опыта фирмы Laempe

Dynamics of development of foundry production in NAFTA countries from Laempe experience



Аннотация

В статье рассматриваются тенденции экономического развития ведущих литейных заводов стран NAFTA (США, Канада и Мексика) и опыт их модернизации путем освоения современных автоматических стержневых линий и роботизированных центров по технологии Cold box amin-процесс на оборудовании мирового лидера – фирмы Laempe, Германия.

Ключевые слова

Тенденции литейного производства, инновации в производстве стержневых форм, пакетов, блоков.



Summary

The article considers the economic development tendencies of leading foundries in the NAFTA member countries (the USA, Canada and Mexico) and their modernization experience by introduction of modern automatic core-making lines and robotic centers for Cold box technology based on the equipment of the global leader Laempe, Germany.

Keywords

Tendencies of foundry production, innovation in production of core moulds, assemblies, blocks.

Состояние литейного производства в странах NAFTA

NAFTA – североамериканское соглашение о свободной торговле между Канадой, США и Мексикой, которое действует с 1994 г. В отличие от ЕС, инициаторы интеграции между американскими странами – промышленные и финансовые компании, которые в рамках такого соглашения выработали для себя максимально выгодные условия торговли. Другие вопросы, как, например, свободный обмен рабочей силы или культурно-социальная интеграция, исключены, что абсолютно противоположно идее объединения стран Европы в ЕС. В настоящее время страны NAFTA – самый мощный блок развитых стран с открытым рынком, который насчитывает 370 млн чел. с годовым ВВП > \$ 6 трлн.

Макроэкономические эффекты для стран-участниц этого экономического блока более, чем значимы.

- Своим участием в этом блоке США обеспечили для

себя максимально выгодные условия, как для сбыта своей промышленной продукции, так и для крупных инвестиций. В настоящее время Канада и Мексика – соответственно, 2-й и 3-й по значимости торговые партнеры США.

- Сбыт промышленной продукции Made in USA на сумму \$ 1 млрд создает ~ 25 тыс. новых рабочих мест в США.

• За 5 лет (после вступления в силу этого соглашения) в Мексике были созданы, как минимум, 150 тыс. хорошо оплачиваемых рабочих мест, а экономика страны из развивающейся превратилась в развитую и имеет сегодня высококонкурентную промышленность. Объем торговли между США и Мексикой за эти 5 лет удвоился.

- Встречные инвестиции и обмен крупными финансовыми потоками между тремя странами гарантируются равными условиями и максимальной защитой собственности, что необходимо для стабильного кругооборота капитала внутри блока NAFTA.

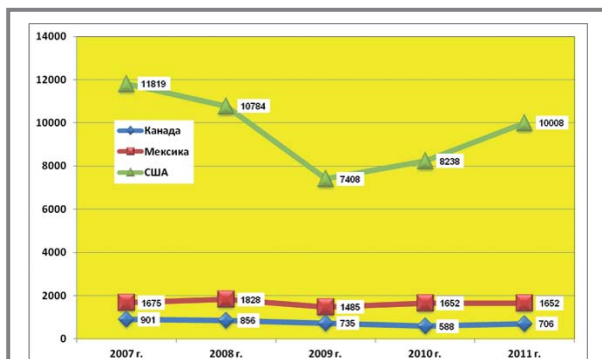


Рис. 1. Общее годовое производство отливок по странам NAFTA, тыс. т



Рис. 2. Производство стержней водяной рубашки головки цилиндров на автомате Laempe типа LL20/LG/LVM2, чугунолитейный завод Rochester Metal Products, г. Рочестер, США

- Более 50% товарооборота между тремя странами не облагается таможенными пошлинами.
- Авторские права и интеллектуальная собственность защищены законом.

Отдельные регионы и компании в равных макроэкономических условиях капиталопотоков и инвестиций предлагают оптимальную комбинацию из самых низких производственных расходов и достаточно квалифицированной рабочей силой. Пример – развитие литейного производства автомобильного гиганта Ford. В конце 90-х гг. Ford открыл в г. Уиндзор (Канада) сверхсовременный литейный завод для выпуска *блоков цилиндров* из Al-сплава для легковых машин. В 2007 г. литейное производство в г. Кливленде (США) было закрыто, а в 2009 г. мексиканский концерн Nampak приобрел у Ford-а и алюминиевый завод в Уиндзоре.

Поскольку литейное производство в странах NAFTA следует динамике развития общего промышленного производства (**рис. 1**), неудивительно, что за последние 10 лет литейное производство Мексики и Канады стабильно

развивалось, в основном, за счет замещения литейной продукции из США. Эта тенденция была четко выражена до 2009 г., но после стабилизации ситуации производство в США в 2010 г. начало расти, восстанавливаясь до уровня 2007 г.

Капиталоборот в результате сбыта литейной продукции «Made in USA» в 2011 г. достиг \$ 29,6 млрд, причем, этот результат, в соответствии с прогнозом Американского общества литейщиков (AFS), должен в 2015 г. превысить \$ 37,5 млрд. Увеличился спрос на отливки из ЧШГ, ЧВГ, Al- и Cu-сплавов, т. е. на продукцию из высокотехнологичных сплавов и, в основном, для автомобильной и арматурно-насосной отраслей.

Проекты Laempe для литейных заводов стран NAFTA

Brillion Iron Works. История основания и развития чугунолитейного завода Brillion Iron Works (см. www.brillionironworks.com) – это история развития экономики и литейного производства США. Литейное производство на основанной в 1897 г. фабрике, выпускающей сельскохозяйственный инструмент, было создано в 1900 г. В годы Великой депрессии производство было полностью остановлено. На заново пущенном в 1934 г. заводе работало всего 20 чел.

Управляющим компании с 1917 по 1975 гг. был П. Петерс. Благодаря ему и его наследнику – К. Габлеру, эмигрировавшему из Германии, Brillion Iron Works превратился в один из самых мощных чугунолитейных заводов США. Корпуса завода сегодня носят имена этих знаменитых личностей. В середине 70-х гг. прошлого века К. Габлер начал активно осваивать технологию производства отливок из ЧШГ.

В настоящее время Brillion Iron Works входит в десятку самых мощных чугунолитейных заводов США. Производственная программа отличается высокой специализацией, что касается как сплавов (в основном, это – ЧШГ и ЧВГ), так и производства высокосложных отливок с большой разницей в толщине стенки (как на серийных, так и не-серийных отливках) – т. е. отливок, получение которых требует качественных и сложных стержней. Основные области сбыта отливок – сельскохозяйственное и тракторное машиностроение, грузовое машиностроение; нефтедобывающая, газовая и насосная отрасли. Выпускаются и литые *блоки цилиндров* для двигателей «легких» грузовиков.

Годовое производство – 140 тыс. т чугунных отливок. Персонал в 2013 г. – 600 чел. Общие производственные площади двух корпусов завода – 340 тыс. м². На плавке применяют печи от 9 до 23 т, общей мощности – 1750 т/день. Масса получаемых отливок от 5 до 140 кг.

На заводе Brillion Iron Works 233 т отливок в год на одного сотрудника – главный показатель эффективности литейного производства.

Magna International (www.magna.com) – канадская компания, один из крупнейших мировых производителей автокомпонентов и одна из крупнейших компаний Канады со штаб-квартирой в г. Аврора. Это ведущий мировой поставщик автокомпонентов с 313 промышленными предприятиями и 88 центрами разработки продукции, инженерной деятельности и продаж в 29 странах мира. Количество сотрудников – 119 тыс. чел.

Компания имеет три завода в России: в С.-Петербурге, Калуге и Н. Новгороде. Ассортимент, преимущественно, пластиковые, металлические детали и сидения, востребован практически всеми автомобилестроителями, имеющими сборочное производство в России.

Cosma International – канадский технологический концерн и 100%-ная дочка Magna International. Весной 2006 г. корейская компания Shin Young вступила в союз с Cosma International, в результате появилось СП в России – **ООО «Питерформ»**, которое поставляет штампованные и сварные узлы для компании Hyundai. Ключевые клиенты ООО «Питерформ» – автомобильные заводы: G. Motors, Nissan, Ford и, соответственно, Daimler, VW Group Rus в Калуге. В странах NAFTA Cosma Int. имеет 13 заводов в Канаде, 15 – в США и 8 – в Мексике. На своих литейных заводах компания специализируется на производстве отливок литьем под низким давлением.

В 2012 г. Cosma Int. купила немецкий литейный концерн BDW Technologies Gr. (www.bdw-technologies.com), производящий отливки из Al-сплавов, и подтвердила свое «тройное» присутствие на автомобильном рынке Европы, приобретя все заводы BDW, два – в Германии, и по одному в Польше и Венгрии. Для инженерного центра своего литейного завода в г. Пэрт, Канада, Cosma Int. заказала в 2013 г. современный стержневой центр Laetpre для производства стержней по Cold box amin-процессу. В основе стержневого центра – высокопроизводительный автомат Laetpre типа LFB25, дооборудованный газогенератором и смесителем.

Honda of America Mfg., Inc. (www.ohio.honda.com) – 100%-ая дочерняя компания японского автомобильного концерна. Запущенный в 1978 г. в США завод выпускает легковые машины Honda, а также двигатели и другие автокомпоненты. На трех заводах Honda в США работают 9200 чел.

Завод двигателей Honda в г. Анна, США, запущен в 1985 г. Если во время открытия завода на нем работали всего 100 чел., то сегодня их уже 2400. Годовая продукция > 1,2 млн R4- и V6-двигателей, а также *коленчатых и распределительных валов, тормозных дисков, втулок для блоков цилиндров* из Al-сплава, а также других литых деталей для отделений Honda не только в США, но и в

Канаде. В 2012 г. Honda запустила в работу проект по модернизации завода в г. Анна на ~ \$ 100 млн, в т. ч. и для литейного производства.

В 2013 г. Honda of America в очередной раз заказала современный стержневой центр на базе автомата LFB25 для производства стержней для *головок блока цилиндров*; 10 годами ранее на этот завод были поставлены два стержневых центра Laetpre на базе автоматов LFB50 в комплекте с газогенераторами и смесителями. Этот комплекс стержневого оборудования был предназначен, в основном, для производства стержней отливок *тормозных вентилируемых дисков* для легковых автомобилей.

NEMAK. Мексиканский технологический концерн Nemak (www.nemak.com) основан в 1979 г. в г. Монтеррей. Компания имеет 34 завода в Сев. и Ю. Америке, Европе и Азии. Ее клиенты – 42 ведущих мировых автопроизводителя. Концерн специализируется на производстве *головок блока цилиндров, блоков двигателей, корпусов коробок передач* и других автокомпонентов. Годовой капиталоборота за 2012 г. составил \$ 3,9 млрд.

Успешное сотрудничество между компаниями Laetpre и Nemak продолжается > 15 лет. До конца 2012 г. на литейные заводы Nemak в Канаде, Мексике фирма Laetpre поставила 68, а на заводы в Германии – 12 комплексных стержневых центра.

В 2013 г. Nemak заказал для своих литейных заводов в г. Сальтилло и Гарсия, Мексика, четыре стержневых комплекса на базе автоматов последнего поколения LCB32HA и LHL50, соответственно, для производства стержней для отливок типа *блок и головка блока цилиндров* из Al-сплавов. Отливки предназначены, в основном, для автомобильных концернов США (Ford, ChRyser, GM).

В 2013 г. Nemak подписал соглашение о создании в Ульяновской обл. современного завода. По предварительной информации, производство разместится на территории промзоны «Заволжье». Объем инвестиций в проект составит 2,2 млрд руб. Будет создано ~ 300 новых рабочих мест. Планируется производственная мощность предприятия ~ 500 тыс. отливок в год, в т. ч. *головки цилиндров и блока двигателей* из Al-сплавов (<http://www.ulgov.ru/news/regional/>).

Другие проекты. Литейные заводы, работающие по заказам клиентов из сферы общего машиностроения, например Rochester Metal Products – США (**рис. 2**, www.rochestermetals.com) и Urick Foundry, а также мексиканские FESA Fabricaciones Especializadas и Fundicion Aguilas, заказали стержневые центры на базе гибких компактных автоматов Laetpre типа LL и L, для изготовления мелких серий стержней по Cold box amin-процессу.



ПРИГЛАШАЕМ
ПОСЕТИТЬ КОНФЕРЕНЦИЮ
ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО
СЕГОДНЯ И ЗАВТРА!
САНКТ-ПЕТЕРБУРГ, 18-20 ИЮНЯ 2014 ГОДА

ПРИГЛАШАЕМ
с 09 по 11 сентября 2014
ПОСЕТИТЬ НАШУ
ЭКСПОЗИЦИЮ № М04

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ ТЕРМИЧЕСКОЕ И НАГРЕВАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ



ПЕЧЬ С ВЫКАТНЫМ ПОДОМ

- полный спектр термических и нагревательных печей на углеводородном топливе и электричестве;
- другое нагревательное и термическое оборудование;
- предварительные консультации по выбору технологии и оборудования;
- проектирование, строительство, монтаж, обучение, пуско-наладка; реконструкция, ремонт и восстановление термических агрегатов;
- их перевод на другие виды энергоносителей;
- гарантийное и послегарантийное обслуживание.



УСТАНОВКА НАГРЕВА ШТАМПОВ В ПРЕССЕ



СТЕНД СУШКИ И НАГРЕВА КОВШЕЙ

ОГНЕУПОРНЫЕ И ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ

Керамоволокнистые сборные футеровки в виде плит, матов или модульных блоков с температурой применения до 1600°C.

Легковесность, простота монтажа, низкая плотность, низкая инерционность и теплопроводность, устойчивость к тепловому удару.



КЕРАМОВОЛОКНИСТЫЕ МОДУЛИ



Хроника

Экстренную остановку совершил поезд 9 марта на станции Филипповка в Башкирии. Состав встал из-за излома *боковой рамы* у 24-го вагона, груженого каменным углем. Расследование показало, что полувагон, собственник которого – предприятие «Ай ЭМ ТИ Экспресс», относительно новый: дата постройки – 30.05.2012. Произведен украинским ООО «Трансмаш», г. Днепропетровск. *Боковая рама* другого полувагона изготовлена также в 2012 г. Amsted Rail Company Inc., шт. Делавер, США.

К сожалению, число происшествий из-за излома *боковых рам* удручающе. Только в этом году уже произошло ~ 7 таких инцидентов на железных дорогах России, и в большинстве случаев из-за *боковых рам*, поступивших из-за рубежа.

Самым рекордным по количеству аварий из-за излома *боковых рам* стал 2013 г. Обыватели могут сколько угодно пенять на мистику злополучного числа 13, но факт остается фактом: за прошлый год зафиксировано 37 инцидентов, в том числе 11 крушений. В двух из них погибли три машиниста. Анализ статистики неумолим – большая часть аварий произошла из-за брака, допущенного на иностранных предприятиях. В 2013 г. по одному инциденту приходится на румынских и китайских литейщиков. Печальная пальма первенства – у украинских производителей. Всего на два завода – ПАО «Крюковский вагоностроительный завод» (г. Кременчуг) и ОАО «МЗТМ» (г. Мариуполь) – сразу 17 случаев брака!

Российские производители вагонов также не снимают с себя вины. Но отечественными заводами оперативно были предприняты меры для улучшения качества продукции: повышается качество стали, осваиваются современные методы диагностики, процессы получения самой отливки, усовершенствованные литниковые системы. Например, «Алтайвагон» применил магнито-порошковый контроль с люминесцентными индикаторами.

ОАО «Промтрактор-Промлит» перешло на выпуск усиленной *боковой рамы*, конструкция которой имеет повышенный коэффициент усталостной прочности. На пред-

приятии проведена реконструкция второй литейной линии для выпуска именно *боковых рам*.

Применяется люминесцентный метод, который сводит влияние человеческого фактора на появление дефектов к минимуму. Освоена внепечная обработка металла, что уменьшает появление брака по вине металла. Ведётся работа по созданию электронного паспорта отливки, который позволит реально отследить весь её жизненный цикл.

Говоря о других мерах, следует отметить, что в России введен запрет на изготовление *боковой рамы* по чертежу 100.00.020-4 к тележке 18-100: с 1 янв. 2014 г. запрещено производство *рам* по этому чертежу, что было вызвано не просто плохим качеством литых деталей по вине производителя, а, в первую очередь, из-за существенного конструктивного недостатка *рамы*.

ОАО «РЖД» также осваивает современные средства контроля всей инфраструктуры. Создана уникальная база учёта деталей. Система позволяет выявлять ранее забракованные *рамы*, находить «двойников» в эксплуатации, а в дальнейшем проверять качество изготовления *боковой рамы* у производителя. Сегодня ОАО «РЖД» обратилось ко всем заводам с просьбой предоставить подробную информацию о производимой и выпущенной продукции.

В свою очередь, НП «ОПЖТ» изымает потенциально опасную продукцию определённой плавки. Так, на сегодня осталось очень мало литых деталей, изготовленных в 2007 г. на «Уралвагонзаводе» и в 2009 г. на ОАО «Промтрактор-Промлит». Практически заменил всю некачественную продукцию ОАО «Алтайвагон».

А вот с украинскими производителями работа не клеится. И как дальше будет развиваться сотрудничество в этом направлении, в связи с последними политическими событиями в Украине, никто предсказать не берется. Вряд ли «незалежные» производители сегодня смогут своевременно реагировать на претензии перевозчиков к качеству продукции и адаптировать свое производство к новым требованиям.

ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ ТРАНЗИСТОРНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ

ООО «Термолит» серийно производит
высокочастотные транзисторные генераторы
мощностью от 2,5 кВт до 200 кВт
и частотой 2,4-10 кГц, 22 кГц, 44 кГц, 66 кГц



Основные преимущества высокочастотных генераторов ВТГ:

- Высокий КПД (94-97 %);
- Быстрая готовность к работе;
- Малые габаритные размеры;
- Простота монтажа и техобслуживания;
- Простота управления;
- Наличие сервисных функций - таймер, педаль управления, регулирования мощности;
- Автоматическое определение частоты контура нагрузки;
- Нелимитированная частота включений-отключений;
- Эффективная защита элементов генератора;
- Высокая степень защиты шкафа - IP 54;
- Отсутствие быстроизнашиваемых элементов;
- Возможность изготовления мобильной установки;
- Короткий срок изготовления (до 30 дней);
- Низкая цена генератора - сравнима со стоимостью генераторной лампы.

Технические характеристики

| Тип преобразователя | Мощность, кВт | Рабочая частота, кГц | Напряжение питающей сети, В | Выходное напряжение, В |
|---------------------|---------------|----------------------|-----------------------------|------------------------|
| ВТГ-2,5-22 | 2,5 | 18-25 | 220 | 300 |
| ВТГ-5-22 | 5 | 18-25 | 380 | 400 |
| ВТГ-10-66 | 10 | 40-70 | 380 | 400 |
| ВТГ-20-22 | 20 | 18-25 | 380 | 400 |
| ВТГ-20-44 | 20 | 35-50 | 380 | 400 |
| ВТГ-20-66 | 20 | 40-70 | 380 | 400 |
| ВТГ-40-22 | 40 | 18-25 | 380 | 400 |
| ВТГ-40-44 | 40 | 35-50 | 380 | 400 |
| ВТГ-40-66 | 40 | 40-70 | 380 | 400 |
| ВТГ-50-10 | 50 | 5-10 | 380 | 180 |
| ВТГ-80-22 | 80 | 18-25 | 380 | 400 |
| ВТГ-80-44 | 80 | 35-50 | 380 | 400 |
| ВТГ-80-66 | 80 | 40-70 | 380 | 400 |
| ВТГ-100-10 | 100 | 5-10 | 380 | 360 |
| ВТГ-120-66 | 120 | 40-70 | 380 | 560 |
| ВТГ-160-22 | 160 | 18-25 | 380 | 400 |
| ВТГ-160-44 | 160 | 35-50 | 380 | 400 |
| ВТГ-160-66 | 160 | 40-70 | 380 | 720 |
| ВТГ-200-10 | 200 | 5-10 | 380 | 720 |

Украина, 72316, Запорожская обл.,
г. Мелитополь, ул. Зиндельса, 23
Отдел маркетинга: +38 (0619) 42-03-14, 42-02-19, 42-40-12
E-mail: prodazha@termolit.ua . Сайт: www.termolit.ua

 ТЕРМОЛИТ





X ПРОМЫШЛЕННЫЙ КОНГРЕСС ЮГА РОССИИ

10-12

СЕНТЯБРЯ 2014 ГОДА

ВЫСТАВКИ
МЕТМАШ. СВАРКА
СТАНКОИНСТРУМЕНТ



МЕТАЛЛУРГИЯ
СВАРКА

МАШИНОСТРОЕНИЕ
СТАНКОСТРОЕНИЕ

КОНФЕРЕНЦИИ

СЕМИНАРЫ

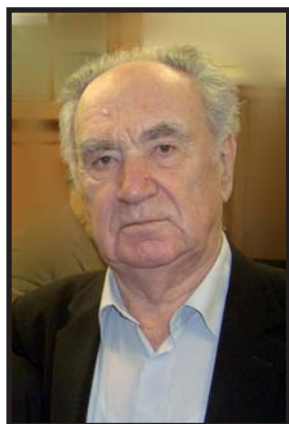
Поддержка: Министерство
промышленности и энергетики Ростовской
области, Российская Ассоциация
производителей станкоинструментальной
продукции "Станкоинструмент"



ВЕРТОЛЕТ
ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР **EXPO**

г. Ростов-на-Дону, пр. М. Нагибина, 30
Тел. (863) 268-77-68. www.vertolexpo.ru

Олег Николаевич Магницкий (1926...2014 гг.)



7 апреля ушел из жизни Олег Николаевич Магницкий – доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки и техники.

После окончания в 1948 г. Московского института стали и сплавов Олег Николаевич 5 лет работал на Ленинградском экскаваторном заводе мастером сталеплавильного участка. С 1953 г. он начинает трудиться в Центральном научно-исследовательском институте материалов (ЦНИИМ), где прошел путь от младшего научного сотрудника до заместителя генерального директора по научной работе – главного инженера.

В 1958 г. О.Н. Магницкий защитил кандидатскую диссертацию, посвященную исследованию процессов затвердевания отливок, а в 1972 г. – докторскую на тему: «Особенности формирования отливок из титановых сплавов». Под руководством О.Н. Магницкого было освоено производство точных отливок из титановых сплавов на Воткинском машзаводе, заводе им. Хруничева, Красноярском машзаводе, Оптико-механическом заводе в г. Екатеринбурге. Начиная с 1970 г., он принимал активное участие в разработке высокопрочных литейных сталей и высокопрочного чугуна с шаровидным графитом.

О.Н. Магницкий был авторитетным специалистом в области материаловедения и металлургии Министерства оборонной промышленности. Он – автор более 200 научных трудов и изобретений. Награжден орденом «Знак Почета» и медалью «За доблестный труд».

Начиная с 90-х гг. прошлого столетия Олег Николаевич Магницкий вел большую преподавательскую работу, сначала в Северо-Западном техническом университете, а после его преобразования – в Горном университете С.-Петербурга.

О.А. Магницкий воспитал не одно поколение научных работников – докторов и кандидатов технических наук. Все они с благодарностью вспоминают своего учителя, высокообразованного человека, которого интересовало многое. Одно из его увлечений – художественное литье.

От имени редакции, Редсовета, коллег и учеников Олега Николаевича приносим искренние соболезнования его родным и близким.

Учредители

- КОЛЛЕКТИВ РЕДАКЦИИ
- АССОЦИАЦИЯ ЛИТЕЙЩИКОВ УКРАИНЫ
- БЕЛОРУССКАЯ АССОЦИАЦИЯ ЛИТЕЙЩИКОВ
- РОССИЙСКАЯ АССОЦИАЦИЯ ЛИТЕЙЩИКОВ
- СОЮЗ ЛИТЕЙЩИКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА
- ОАО «КАМАЗ»
- АМО «ЗИЛ»
- АО «АвтоВАЗ»

Издатель

ООО «Литейное производство»

Главный редактор

И.А. Яскевич

Арт-директор

О.Э.Дробицкая

Журнал готовили

С.П. Ишкова

Е.В. Трушина

Наш адрес:

111394, Москва,
ул. Мартеновская, 39, корп. 2,
офис 4

Телефон/факс

+7 (495) 303-85-81

e-mail: lp@niit.ru

Сайт www.foundrymag.ru

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, публикуемых в журнале «Литейное производство», осуществляется только с разрешения редакции

Сдано в набор 02.04.2014

Подписано в печать 01.05.2014

Формат 60x80 1/8

Печать офсетная, мелованная

Отпечатано в ООО «РА-Принт»,

115551 Москва, Шипиловский проезд,

д. 43, корп. 2, оф. 135

Цена договорная



Международная выставка
машин, оборудования,
технологий и продукции
металлургической
промышленности
и литейного производства

3-6 июня 2014 г.

Россия, Москва,
ЦВК «Экспоцентр»

При содействии
ЦВК «Экспоцентр»



О Р Г А Н И З А Т О Р Ы :



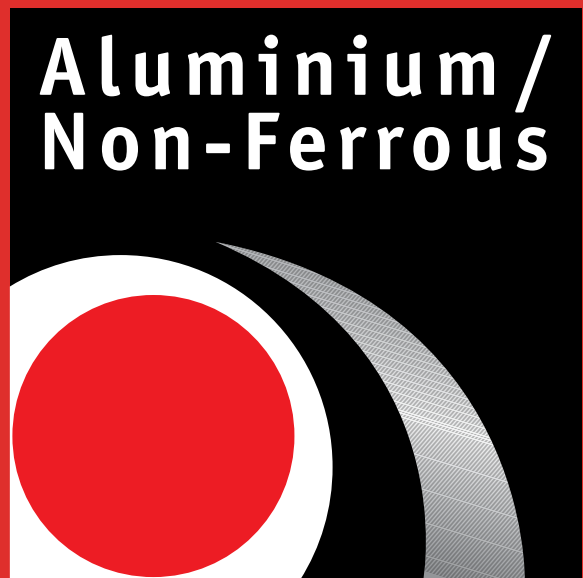
129085, Россия, г. Москва, ул. Б. Марьинская, д. 9, стр. 1
Тел./факс: (495) 734-99-66
E-mail: info@metal-expo.ru
[Http://www.metal-expo.ru](http://www.metal-expo.ru)



Messe Düsseldorf GmbH
P.O. Box 10 10 06
40001 Düsseldorf, Germany
Tel.: +49 (0) 2 11/45 60-77 93
Fax +49 (0) 2 11/45 60-77 40
www.messe-duesseldorf.de
RyfishchD@messe-duesseldorf.de



Международная выставка
производителей
труб и трубопроводов



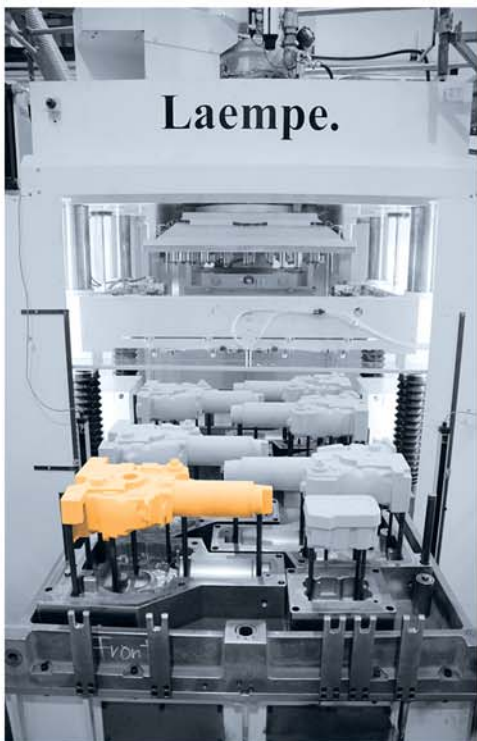
Международная выставка
оборудования, технологий
и продукции из алюминия,
цветных металлов и их сплавов

Металлургия-Литмаш. Россия '2014 Трубы. Россия '2014 Алюминий/Цветмет. Россия '2014

Мировой лидер и Ваш надежный партнер



ОТ ОДНОГО СТЕРЖНЕВОГО АВТОМАТА ДО РОБОТИЗИРОВАННЫХ ЛИНИЙ И ЦЕХОВ



Laempe в России и СНГ

Тел.: +7 (499) 907-5000

+7 (499) 907-5255

Факс: +7 (499) 907-2150

e-mail: laempe@nl.ru

www.laempe.com