

При проведении экспериментов, с формовочными смесями на основе речного песка на низко- и высокотемпературных сплавах (алюминий и сталь), избежать появления пригара не удалось, но стоит заметить, что он был легко отделяемым, благодаря тому, что в смесь был введен нанодисперсный пироуглерод. При работе с нанодисперсным пироуглеродом в пространство выделяется гораздо меньше вредных веществ, чем при наличии в смеси, к примеру, такой антипригарной добавки как мазут или молотый уголь. Введение частиц пироуглерода в состав адгезивной оболочки приводит к снижению возможности частицам глинистого связующего взаимодействовать между собой (агрегатироваться). Частицы пироуглерода при этом выполняют роль экрана между соседними частицами глинистого связующего, в результате чего у них появляется большая возможность для гидратации и образования адгезивного субстрата.

В настоящее время 1 тонна карьерного песка марки 4КO₂O₂ обходится предприятиям города Барнаула в пределах 250 рублей, в то время как стоимость речного песка - 80 рублей за тонну. При использовании нанодисперсного пироуглерода с речным песком заводы могут сэкономить до 500000 р. в месяц и до 6000000 рублей в год.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОБЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ПРИГАРА НА ОТЛИВКАХ

Миронова М.В.- аспирантка, Луданов Е.А.- студент, Марков В.А. – д.т.н., профессор

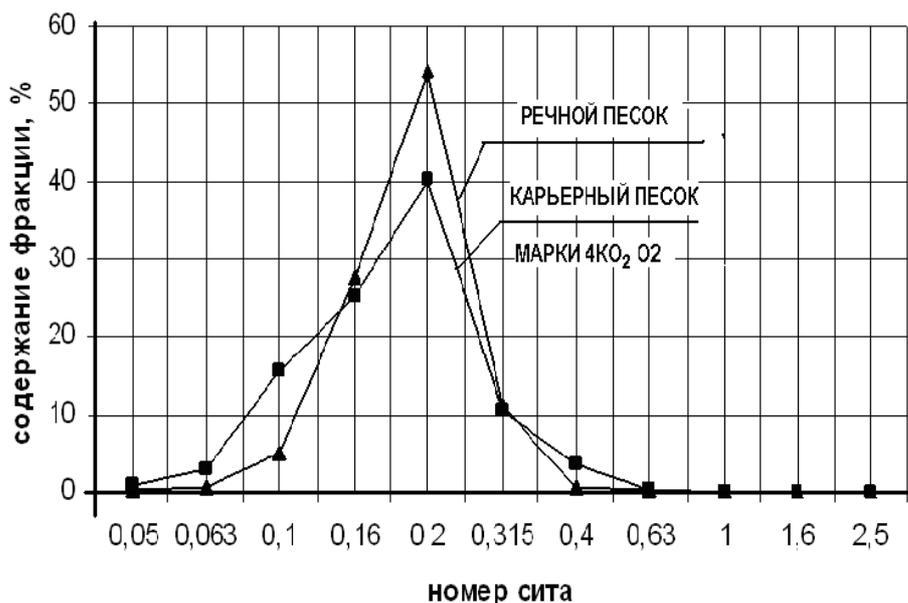


Рисунок 2. Гранулометрический состав зерновой основы речного песка и карьерного марки 4КO₂O₂

Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

Пригар является одним из основных дефектов литейного производства. Его устранение - это важная проблема для литейщиков, которая затрудняется тем, что является следствием сложных процессов. К ним относятся следующие:

- 1) повышение концентрации окислов на поверхности отливки;
- 2) адсорбция и смачивание металлом поверхности формы;
- 3) образование промежуточных соединений между окислами металла и формы;
- 4) проникновение образовавшегося соединения в глубь формы;

В настоящее время для предотвращения образования пригара используются различные углеродсодержащие добавки: технический углерод, каменный уголь, мазут и т.д.

Пригар образуется, если металл проникает в форму на глубину, превышающую радиус зерна. На низких отливках (где напор металл мал), казалось бы, не должно быть механического пригара. Однако в реальных условиях в поры формы проникает окисленный металл даже при небольшом напоре, поскольку он хорошо смачивает формовочный материал, и вслед за ним проникает и металл, еще не успевший окислиться.

Склонность смеси к образованию механического пригара чаще всего исследуют на различных технологических пробах. Разнообразие применяемых проб столь велико, что не представляется возможным описать их все. С помощью технологических проб оценка свойств противопригарных свойств смеси, в основном, производится по глубине проникновения металла после разрезки пробы. Форму и вес технологической пробы нужно выбирать так, чтобы в пробе наиболее точно воспроизводились условия заливки той детали или группы деталей, для которых изыскивается противопригарная смесь. Известны случаи, когда вследствие небольших размеров пробы металл, заливаемый при нормальных температурах, затвердевал, не успевая проникать в поры смеси. Для устранения этого недостатка авторы пробы вынуждены были производить заливку жидкого металла при температурах, которые в практике не встречаются. При использовании же тяжелых технологических проб неоправданно велик расход жидкого металла.

С помощью предложенной технологической пробы было исследовано образование пригара на отливках. Ее особенностью является то, что для исследования необходимо небольшое количество как исходных материалов, так и жидкого металла. К другим ее преимуществам можно отнести:

- регулируемое металлостатическое давление, которое влияет не только на образование пригара, но и на шероховатость поверхности. Это возможно за счет чашек- наращалоков;
- изменяемая масса отливки за счет изменения толщины моделей отливки от 10 мм до 30мм;
- четыре одновременно заливаемых образца, которые дают возможность исследования одновременно нескольких формовочных смесей.

Эксперимент заключался в следующем: четыре исследуемых образца формовались и устанавливались на технологической пробе. Образцы представляли собой формовочные смеси, в которых компонентом был либо карьерный песок марки 4K0₂O₂ Балашеевского карьера, либо речной песок с реки Обь. Также для определения шероховатости поверхности отливки использовались смеси, в которых наполнителем была одна из фракций песков. После выбивки готовых отливок на их поверхности остаются отпечатки, по которым можно определить влияние высоты столба жидкого металла, состава формовочных смесей на образование пригара и формирование поверхности отливок.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕЗАГРЕГАЦИИ И МЕХАНОАКТИВАЦИИ КОМПОНЕНТОВ ФОРМОВОЧНОЙ СМЕСИ

Миронова М. В. – аспирантка, Григор А. С.- студент, Марков В.А. - д.т.н. профессор.
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Актуальность данной темы состоит в том, что в настоящее время долговечность формовочных смесей (ФС) после повторных заливок ухудшается под воздействием высоких температур расплавленного металла.

Цель данной работы в том, чтобы сравнить дезагригирующие свойства смесей при их сухом перемешивании в катковом и барабанном смесителях. В состав исследуемых смесей входили речной песок, карьерный песок марки 4K0₂O₂. Заливка производилась алюминиевым сплавом.

Все исследования производились в лаборатории Алтайского государственного технического университета.

Как видно из рисунка 1 и 2 после первых двух минут механоактивации происходит разделение крупных частиц на более мелкие.

Причем образовавшиеся мелкие частицы имеют неправильную, хлопьевидную форму с шероховатыми краями рис 3 в и 3 г. Дальнейшая механоактивация (5 минут) приводит к уменьшению среднего размера частиц (2-3 мкм), но образующиеся мелкие частицы начинают приобретать более правильную форму рис. 3 а и 3 б.

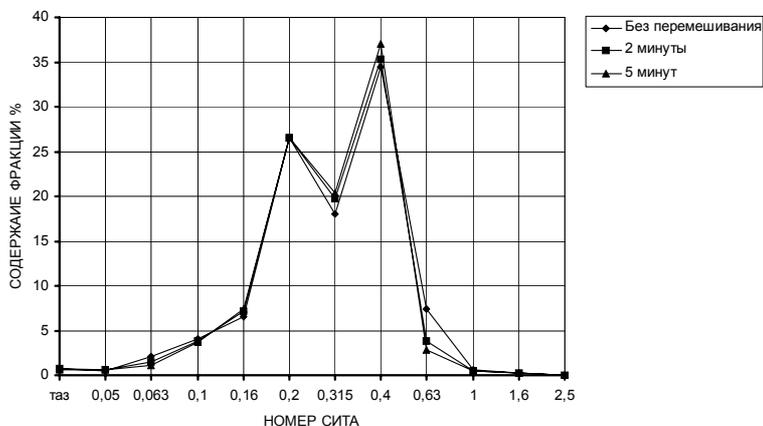


Рисунок 1. Гранулометрический состав формовочной смеси после сухого перемешивания в катковом смесителе

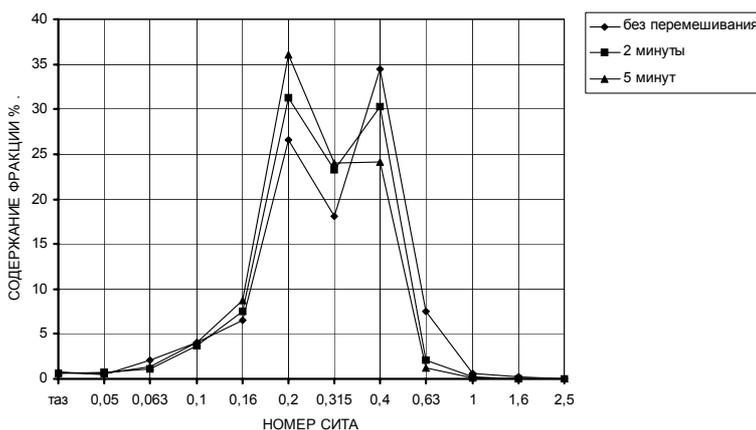


Рисунок 2. Гранулометрический состав формовочной смеси после сухого перемешивания в барабанном смесителе

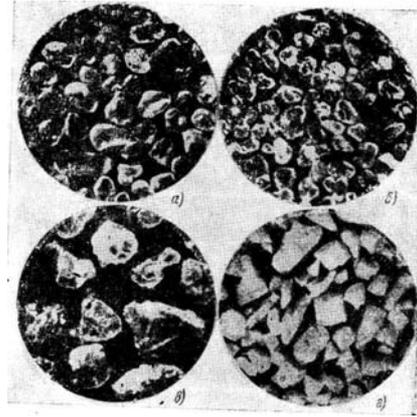


Рисунок 3. Форма зерен песка: а - округлая; б - полуокруглая; в - остроугольная; г - осколочная

Если сравнивать дезагригирующие свойства каткового и барабанного смесителей, то можно заметить, что процесс механоактивации более интенсивно протекает в барабанном смесителе. Это можно проследить наблюдая за изменением гранулометрического состава ФС, если после 5 минут перемешивания в катковом смесителе (рисунок 1) содержание 04 фракции составляет 37%, то после перемешивания в течении того же времени в барабанном смесителе, содержание 04 фракции составляет 24,5% и эта фракция уже не является основной, в процессе механоактивации основной стала 02 фракция содержащая 36% (рисунок 2). Изначально в ФС преобладала 04 фракция с содержанием 35%. Из этого можно сделать вывод, что в процессе механоактивации одновременно развиваются два процесса: измельчение (деагрегация) частиц и агрегатирование с образованием новых частиц. На первой стадии механоактивации, когда поверхностная плотность открытых связей низкая, происходит измельчение частиц, но затем за счет измельчения и увеличения активной поверхности с одновременным увеличением плотности открытых связей на поверхности частиц начинает преобладать процесс агрегатирования.

В заключении всего выше сказанного можно сделать следующие выводы:

- в процессе деагрегации происходит изменение гранулометрического состава ФС, а также дробление и измельчение зерновой основы ФС, что благотворно влияет на свойства ФС (податливость, поверхностная твердость).

- в процессе деагрегации происходит разделение спёкшихся зёрен ФС, что уменьшает шероховатость поверхности отливки.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ЛИТЕЙНОГО УЧАСТКА ОАО БАМЗ

Иванов А.М. - студент, Марков В.А. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

С развитием промышленности возник вопрос о реконструкции литейного цеха Барнаульского аппаратно механического завода, так как оборудование участка устарело и на нем затруднительно получение более качественной и конкурентноспособной продукции особенно в условиях рыночной экономики.

На участке планируется реконструкция плавильного отделения, автоматизация процесса заливки металла в форму, более рациональное расположение оборудования и установка автоматизированного комплекса литья под давлением АЛ711АО9, что уменьшит процент брака, снизит себестоимость продукции и улучшит ее качество.

На участке отсутствует плавильное отделение, где бы в полной мере проходил процесс плавки металла, доведение его до требуемого химического состава и рафинирование. Плавка металла и разливка его в формы производится в печах сопротивления ЭСТ-250 для

алюминиевых сплавов и ИЛК-04СМ для латуни. В плавильном отделении будут установлены печи ИАТ-0,4 и ИЛК-0,6 которые обеспечивают необходимую производительность, минимальное время плавки, низкие потери металла, простоту обслуживания, плавку сплавов разных марок без загрязнения их примесями, высокую стойкость футеровки, возможность наведения и удаления флюсов, измерение температуры в процессе плавки, строго необходимую температуру при рафинировании сплава, легкость проведения ремонтных работ, простоту замены и установки индуктора, достаточно бесшумную работу и санитарно-гигиенические условия труда, экономичный расход электроэнергии, огнеупорных материалов.

Заливка металла в формы осуществляется ручными ковшами, что увеличивает вероятность попадания неметаллических включений и затрудняет процесс точного дозирования малых доз металла, вследствие чего появляется большое количество отходов (возврата) в виде пресс-остатков, литников и промывников. Для устранения тяжелого труда заливщиков и повышения производительности труда заливка жидкого металла будет проводиться автоматически с помощью дозаторов Д250 для алюминиевых сплавов и ДМ-1 для латуни, которые будут установлены возле каждой кокильной машины и машины литья под давлением. Автоматизация заливки наряду со снижением трудоемкости литья и повышением производительности, уменьшит брак, то есть резко повысит качество литья, а также сократит безвозвратные потери металла, увеличит выход годного, что в конечном счете скажется на снижении себестоимости литья.

На участке не рационально размещено оборудование. Отделение просева шлама и возврата собственного производства сильно удалено от отделения переплава латунной стружки, что увеличивает время ее транспортировки. Для снижения времени и затрат на транспортировку, просев шлама и возврата будет размещен в отделение переплава латунной стружки. В отделение переплава латунной стружки будут установлены ярусные стеллажи для хранения стружки, что позволит освободить место для установки оборудования для просева шлама и возврата собственного производства.

На реконструируемом участке будут установлены автоматизированные комплексы литья под давлением АЛ711АО9.

В комплексах литья под давлением автоматизируются следующие операции:

- дозирование и заливка сплава из раздаточной печи в камеру прессования машины;
- цикл операций, выполняемых машиной литья под давлением, включая раскрытие пресс – формы и работу выталкивателя;
- захват отливки;
- вынос отливки за пределы рабочей зоны машины после открытия пресс – формы и выталкивания отливки из нее;
- охлаждение отливки;
- перенос отливки к прессу и укладка в ориентированном положении в штамп для удаления литника и облоя;
- удаление отливки из штампа в тару;
- обдув и смазка пресс – формы перед каждой заливкой или через определенное заданное число циклов;
- смазывание пресс – камеры и пресс – поршня;
- определение полноты извлечения отливки;
- контроль и регулирование основных технологических параметров;
- поддержание требуемого температурного режима пресс – формы;
- разогрев пресс – формы в начале работы;
- операции по обеспечению безопасности работающих;
- управление всеми механизмами, обеспечивающими выполнение перечисленных операций.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Четвериков Ю.С. – студент, Халина Т.М. – д.т.н., профессор
Марков В.А. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В целях эффективного использования электрической энергии целесообразно применять низкотемпературные композиционные электрообогреватели (НТКЭ) в случаях, когда поверхность электрообогревателя непосредственно контактирует с объектом обогрева. Такой тип электрообогревателей имеет ряд преимуществ: повышенные электро- пожаро- и взрывобезопасности, возможность их использования во влажных и агрессивных средах, коррозионную стойкость, эластичность и возможность применения НТКЭ при значительных изгибах и многократных ударных нагрузках, что характерно для ряда технологических процессов литейного производства.

По результатам расчетов электрической и тепловой проводимостей различных форм и типоразмеров электрообогревателей и принятия на их основе проектных решений были определены геометрические размеры резистивного материала и электродов, их количество и способы распределения в резистивном материале, требуемые физические параметры резистивного материала и изоляционного покрытия, а также допустимые отклонения влияющих величин, при которых обеспечивается заданное значение температуры на поверхности изделия, а ее колебание в процессе серийного выпуска электрообогревателей не превышает заданного результирующего допуска по температуре.

Полученный комплекс конструктивно – технологических параметров, а также теоретические и экспериментальные исследования, определившие физико-химические основы создания электропроводного слоя композиционного материала (КМ), его электро-теплофизические характеристики позволили установить основные требования и задачи разработки технологии промышленного производства НТКЭ. Технологическая схема производства композиционного электрообогревателя приведена на рисунке 1.

Технология производства НТКЭ цилиндрического типа предполагает изготовление двух типов резиновых смесей: ПРИ - для изоляционных слоев и ПРЭ на основе бутил-каучука (связующее) и технического углерода (наполнитель)- для электропроводящего слоя. Состав и процентное содержание ингредиентов определяются требуемыми температурами на поверхности НТКЭ и другими эксплуатационными характеристиками. Отдельные стадии технологического процесса, параметры, формы и периодичности контроля представлены в таблице 1.

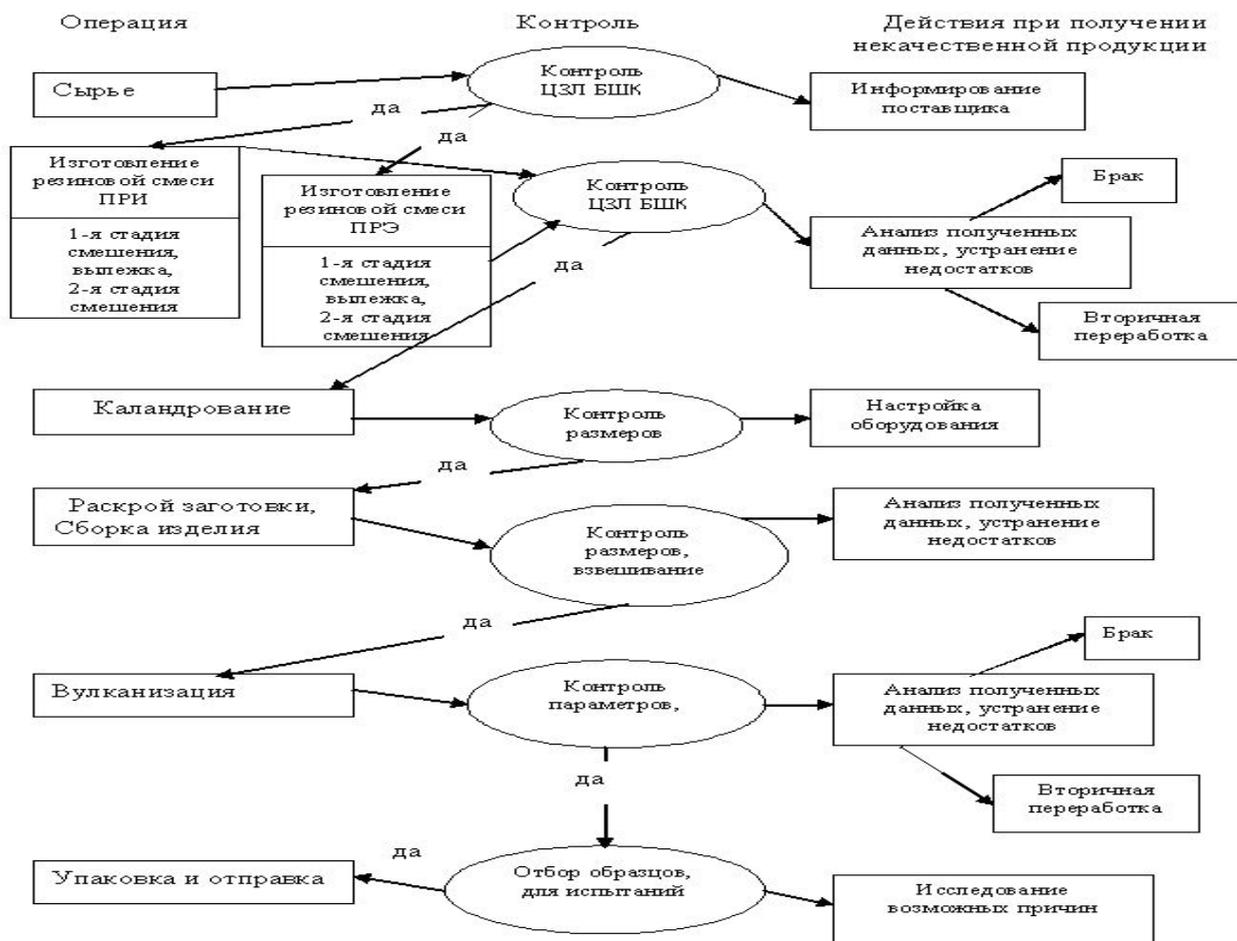


Рисунок 1. Технологическая схема процесса изготовления многоэлектродного композиционного электрообогревателя

Таблица 1. Технологический процесс изготовления НТКЭ и контролируемые параметры.

№	Технологический процесс	Продолжительность операции	Контролируемые параметры	Средства контроля	Контроль: периодичность, кем проводится
I	II	III	IV	V	VI
1	Получение сырья				Каждое получение, ЦЗЛ БШК*
2	Изготовление бутиловой смеси, первая стадия:		Масса ингредиента, порядок загрузки и времени смешения после добавления нового ингредиента, давление в резиносмесителе, продолжительность цикла смешения, температура смеси, масса готовой смеси	весы ОДКЧ-200, манометр ОБМ-100, термометр ТПК-2, секундомер СоСПР-262	Еженедельно, технолог цеха
2.1	Смесь изоляционной резины (ПРИ)	28+/-0,5 мин			
2.2	Смесь электропроводящей резины (ПРЭ)	28+/-0,5 мин			
3	Чистка резиносмесителя	5-7 мин	Время чистки, температура 155+/-3С	секундомер СоСПР-262	Еженедельно, технолог цеха
4	Вылежка	Не менее 12 часов	Время вылежки	секундомер СоСПР-262	Еженедельно, технолог цеха

I	II	III	IV	V	VI
5	Изготовление бутиловой смеси, вторая стадия		тоже в п.2		Еженедельно, технолог цеха
5.1	Смесь изоляционной резины (ПРИ)	7+/-0,5 мин			
5.2	Смесь электропроводящей резины (ПРЭ)	7+/-0,5 мин			
6	Чистка резиносмесителя	5-7 мин	Время чистки, температура 155+/-3С	секундомер СоСПР-262	Еженедельно, технолог цеха
7	Обработка резиновых смесей после 2ой стадии:	40+/-0,5 мин	Направление прокатки, толщина листа резины и температура валков каландра.	термометр ТПК-2, толщиномер ТР-2560	Еженедельно, технолог цеха
7.1	Смесь для (ПРИ)	20+/-1 мин	Пластичность и плотность смесей, твердость по Шору А, относительное удлинение		ЦЗЛ БШК*, 3 шт. из партии
7.2	Смесь для (ПРЭ)	20+/-1 мин			
8	Каландрование				
8.1	Разогрев резиновых смесей ПРИ и ПРЭ	Не менее 30 мин для ПРИ и ПРЭ	Температура валков переднего - 70+/-8С, заднего - 80+/-8С	термометр ТПК-2,	Еженедельно, технолог цеха
8.2	Вальцевание ПРИ	8+/-1 мин	Толщина листов ПРИ - 3.5 мм, ПРЭ - 3.3 мм, температура валков переднего - 70+/-8С, заднего - 80+/-8С	толщиномер ТР-2560, термометр ТПК-2	Еженедельно, технолог цеха
8.3	Вальцевание ПРЭ	8+/-1 мин			
9	Раскрой заготовок, сборка изделия				Каждый раскрой
9.1	Нарезка деталей из ПРИ и ПРЭ	10+/-1 мин	Количество деталей, геометрические размеры деталей	линейка, штангенциркуль	
9.2	Подготовка электродов	15+/-2 мин	Количество элементов, геометрические размеры элементов, время снятия окисной пленки и промывки электродов	линейка	
9.3	Сборка	Не более 5 мин	Порядок сборки, масса	весы ВНЦ-2	Каждая сборка
10	Вулканизация				Ежедневно, технолог цеха
10.1	Разогрев прессы	30+/-5 мин	Температура	термометр КСП-4	
10.2	Перезарядка	5 мин			
10.3	Вулканизация	30+/-5 мин	Температура 173+3С, давление 110 атм, время	манометр ЭКМ-2, термометр КСП-4, секундомер.	
11	Отбор образцов	10+/-5 мин	Внешний осмотр, измерение сопротивления.	Щ4313,	Каждое изделие ОТК
			Проверка $U_{исп}=3750$ В	пробойная установка ($U_{проб}=4$ кВ)	Из партии 3 шт.
12	Упаковка и отправка	10+/-5 мин			

Примечание: ЦЗЛ БШК* - Центральная заводская лаборатория ОАО «Барнаульский шинный комбинат»

Для изготовления электрообогревателя используется специально разработанная разборная прессформа. Сборка проводится в следующем порядке: в прессформу укладывается заготовка из ПРИ, на нее укладывается заготовка из ПРЭ с закрепленными в ней электродами, затем заготовка из ПРИ, электроды выводятся в специальные технологические отверстия, прессформа закрывается. Для обеспечения стабильности эксплуатационных характеристик осуществляется контроль параметров на каждой стадии производства.

Разработанная технологическая схема позволяет получить низкотемпературный композиционный электрообогреватель с заданными технико-экономическими показателями. В настоящее время на основе предложенной технологической схемы осуществляется подготовка проектно-конструкторской документации для организации производства композиционных электрообогревателей на ООО «ЭнергоЭффектТехнология» (г. Барнаул).

**ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ СКМ «ПОЛИГОН»
ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК**
Другова Т.Г., Гончарова Н.С. - студенты, Марширов И.В. к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Компьютерное моделирование литейных процессов (ЛП) состоит из двух частей – теоретической и практической. Теоретическая включает в себя все математические модели и методы их численной реализации, а практическая состоит из следующих аспектов:

- построение геометрической модели (ГМ);
- подготовка конечно-элементной (КЭ) модели;
- задание начальных и граничных условий;
- варьирование теплофизическими, усадочно-фильтрационными и численными параметрами.

Рассмотрим особенности использования CAD/CAM/CAE – систем и их сочетания как средства подготовки ГМ и КЭ – модели литейной технологии и последующего импорта в систему компьютерного моделирования (СКМ) ЛП, что является наиболее используемым вариантом автоматизации технологической подготовки производства на предприятиях.

Хотя удобнее иметь в СКМ ЛП встроенные геометрический редактор и генератор сетки, однако в настоящее время их возможности проигрывают аналогичным специализированным пакетам, поэтому целесообразней в качестве препроцессора использовать именно их. Так, собственные генераторы КЭ – сетки имеются в таких FEM (конечно-элементных) СКМ ЛП, как ProCAST, SIMTEC/WinCast. Собственные же геометрические редакторы (встроенные CAD – системы) имеют только FDM (конечно-разностные) СКМ ЛП – MagmaSOFT, AFS Solidification System 3D, что вызвано простотой построения конечно-разностной сетки по существующей ГМ (все FDM – системы имеют генераторы конечно-разностной сетки).

Первый этап моделирования ЛП – **построение трёхмерной (3D) ГМ**. Для этого можно использовать любую CAD – систему, применяемую на предприятии. Существует три основных геометрических ядра, на основе которых строятся CAD – системы – ACIS (фирмы Spatial Technology, Inc., в настоящее время приобретённой французской фирмой Dassault Systemes), Parasolid (фирмы EDS) и CAS/CADE (Matra Datavision). Это твердотельные ядра, основанные на булевых операциях. Традиционно твердотельное моделирование использовали для создания простых деталей, а при построении сложных криволинейных поверхностей применяли поверхностное. Поэтому такие системы, как EUCLID3, Pro/Engineer, Unigraphics, CATIA имеют возможность как твердотельного, так и поверхностного моделирования.

Трёхмерную ГМ, используемую для анализа физических процессов, необходимо оптимизировать для расчёта, так как мелкие фаски, скругления, острые углы, узкие поверхности увеличивают количество КЭ (а иногда делают разбиение на КЭ невозможным), поэтому их надо избегать. Трёхмерная ГМ, построенная конструктором без учёта этих особенностей, часто не пригодна для КЭ – расчётов или требует многочисленных исправлений, осуществимых лишь в параметрических системах. Для построения расчётных ГМ целесообразно использовать CAD – системы, основанные на твердотельных ядрах, так как при построении объёмной КЭ – сетки необходимо иметь замкнутые поверхности, что в твердотельных моделях достигается сразу и более простым математическим описанием ГМ. При дальнейшем развитии твердотельные геометрические ядра усложняются, в них входят поверхностные элементы и они теряют свои преимущества при передаче ГМ в генераторы КЭ – сеток. Универсальные расчётные CAE – системы такие, как ANSYS, MSC/NASTRAN, COSMOS/M и некоторые другие имеют встроенные средства 3D моделирования, например, в ANSYS используется геометрическое ядро фирмы HOX, в MSC/NASTRAN встроен пре и постпроцессор (ППП) FEMAP, основанный на ядре ACIS. Для удобства построения КЭ – сетки лучше строить ГМ в расчётной системе, чем разбивать в ней геометрию, импортированную из CAD – системы, так как передача данных приводит к искажению информации о модели из-за разных версий геометрических трансляторов.

Затем следует этап **построения КЭ – модели**. Для этого необходим генератор сетки. Некоторые CAD/CAM – системы поставляются с генератором КЭ – сетки (Pro/Engineer, CATIA), что упрощает построение КЭ – модели. Существует возможность дополнительно покупать к CAD/CAM – системам генераторы КЭ – сеток, обеспечивающую бесшовную передачу геометрических данных. Такие генераторы существуют как отдельно, так и в составе недорогих CAE – систем, применяемых для быстрого прочностного и теплового анализа конструкций без учёта нелинейности. Для SolidWorks и SolidEdge это отдельная система COSMOS/DesignSTAR (существуют встраиваемые COSMOS/Works и COSMOS/Edge, но они не имеют экспорта КЭ - сетки), ANALYST для EUCLID3 и т. д. Рациональнее строить КЭ – сетку в специализированных ППП: ANSYS/PrepPost, FEMAP, HyperMech, GeoStar, MSC/PATRAN, SYSMECH и др. У многих ППП существуют специальные интерфейсы к конкретным CAD/CAM – системам – к SolidWorks, Pro/Engineer, CATIA и т. д., что облегчает импорт модели, реализуя бесшовный интерфейс, Универсальным геометрическим интерфейсом является IGES, однако единый стандарт на него отсутствует и фирмы по-разному реализуют данный интерфейс, что приводит к потерям при передаче данных. В некоторых CAD – системах существует несколько версий IGES для различных CAE – систем. Поэтому целесообразно использовать универсальный интерфейс STEP, который не получил пока большого распространения.

Часто импортированную ГМ необходимо исправлять в геометрическом редакторе CAE – системы так, чтобы образовалась замкнутая поверхность, так как объёмная сетка строится по замкнутой поверхностной сетке. В некоторых генераторах процессы построения поверхностной и объёмной сетки разделены (например в HyperMech, где можно в ручную достроить поверхностную сетку даже на незамкнутой геометрической поверхности), в других они могут быть скрыты от пользователя (ANSYS). Наиболее распространённый трёхмерный КЭ – 4-узловой тетраэдр (универсальные CAE – системы используют и более сложные – 10-узловые тетраэдры, 8- и 16-узловые гексаэдры и другие, повышающие адекватность КЭ – модели). Из всех СКМ ЛП только две способны использовать гексаэдрические КЭ – SIMTEC/WinCast позволяет строить смешанную тетра- и гексаэдрическую сетку, а PASSAGE/PowerCast – использовать для расчёта импортированную гексаэдрическую сетку.

Генерацию сетки удобнее осуществлять в автоматическом режиме с заданным размером элемента. Но при значительной разностенности отливки этот подход неприемлем – в некоторых местах количество элементов будет избыточным. Поэтому построение КЭ – модели для сложной отливки с несколькими холодильниками – нетривиальная задача. Для

адекватных расчётов необходимо иметь в самой тонкой части не менее двух промежуточных узлов (ProCast осуществляет автоматический контроль минимального количества элементов в тонких стенках). Если толщина самой тонкой стенки 5 мм, а габариты массивной прибыли 200...500 мм, то размер КЭ может отличаться на два порядка. Изменять размер элементов в таких пределах можно только вручную, разбивая каждую линию (или поверхность) на нужное количество узлов (поверхностных элементов). Кроме того, для создания качественных (невырожденных) тетраэдров необходимо плавно увеличивать размеры элементов от min к max. Качество тетраэдра определяется компактностью, отсутствием острых (в несколько градусов) углов и коротких сторон.

Одна из важных особенностей моделирования ЛП – наличие не менее двух сопряжённых частей – отливки и формы, имеющие в местах сопряжения общие узлы.

Современные компьютеры позволяют при использовании итерационных алгоритмов моделировать процессы затвердевания и усадки сложных отливок на вполне адекватных КЭ – моделях за несколько дней даже при размерности таких моделей 5...15 млн. элементов. Расчёт фрагмента таких отливок, имеющих симметричную геометрию, при размерности модели 600...800 тыс. элементов, на СКМ ЛП «Полигон» займёт 2...3 часа.

Следующий этап – **задание начальных и граничных условий**, а также теплофизических характеристик сплава (последнее характерно для ProCast и «Полигон»). Точное моделирование распределения температур на момент заполнения формы возможно при проведении гидродинамического распределения температур на момент заполнения формы возможно при проведении гидродинамического расчёта, без него распределение температуры по высоте отливки можно задать по какому-то простому закону (равномерному, линейно изменяющемуся и т. д.) что во многих случаях вполне достаточно для получения адекватных результатов. В условиях реального цеха температура заливки может колебаться (20...30°C и более), поэтому важно выяснить, провести несколько расчётов, насколько возникновение усадочных дефектов зависит от колебания температуры заливки и распределения температуры.

Последний этап – **задание теплофизических характеристик сплава и формы и усадочных фильтрационных характеристик**. Так как всегда возможно эти параметры определить опытным путём по снятым температурным кривым охлаждения сплава, то нужно моделированием выяснить насколько данные параметры влияют на результат (ведь пределы их изменения для большинства промышленных сплавов известны).

Решение этих задач возможно при использовании итерационных решателей, поэтому для проведения расчёта важны численные параметры, управляющие итерационным решением – различные критерии сходимости, задание количества итераций и критерии остановки расчёта. В настоящее время СКМ ЛП, использующие итерационные решатели (ProCAST, «Полигон» и др.), не имеют развитого интерфейса управления параметрами итерационного решения из-за того, что СКМ ЛП – инструмент литейщика-технолога, а не инженера-исследователя, знакомого с численными математическими моделями реализации физических процессов.

ЗАЩИТА РОССИЙСКИХ ИЗОБРЕТЕНИЙ, ПОЛЕЗНЫХ МОДЕЛЕЙ, ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБРАЗЦОВ ЗА РУБЕЖОМ

Попова А.Е. - студентка, Москалев В.Г. – к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Патентование советских изобретений и других объектов промышленной собственности за границей является государственной монополией в СССР последние 70 лет. Ни создатель разработки, ни его правопреемник не имели возможности самостоятельно и за свой счет получить иностранный патент либо представитель зарубежной фирме лицензию на использование своей разработки.

30 июля 1990 г. Госкомизобретений СССР был утвержден новый Временный порядок патентования изобретений за границей, право на получение зарубежных патентов предоставлялось всем гражданам и предприятиям.

Принятые в 1991 г. Законы СССР “Об изобретениях в СССР” и “О промышленных образцах” подтвердили право граждан и юридических лиц на патентование разработок в зарубежных странах и свободное заключение ими лицензионных соглашений с зарубежными пользователями. Патентным ведомством СССР были разработаны Методические рекомендации по патентованию изобретений в зарубежных странах.

Патентный закон РФ исходит из того же принципа. Патентование разработки в зарубежных странах, равно как и продажа патента и выдача лицензий иностранным пользователям, относится, по общему правилу, к исключительной компетенции лиц, имеющих право на разработку. Запрещение подобных действий может быть обусловлено лишь соображениями сохранения секретности в отношении разработок, относящихся к сфере обороны и государственной безопасности.

Порядок зарубежного патентования охватывает собой целый комплекс мер по обеспечению правовой охраны разработок за границей, который включает:

- отбор разработок для патентования;
- подготовку заявок на выдачу патентов;
- подачу заявок на выдачу патентов в соответствующие патентные ведомства;
- ведение переписки с патентными ведомствами в процессе проведения экспертизы заявок;
- ведение переписки по патентным спорам с административными и судебными органами;
- получение патентов;
- оплату пошлин за юридически значимые действия при осуществлении делопроизводства по заявкам на патенты;
- поддержание в силе заявок на патенты и выданных патентов.

Для осуществления всех этих действий необходимы специальные знания, а иногда – специальный статус (например, статус патентного поверенного); зарубежное патентование требует немалых валютных средств.

В соответствии с действующим законодательством патентования разработок в зарубежных странах может осуществляться заявителем как самостоятельно, так и с помощью специализированных предприятий, оказывающие патентные услуги, или патентных поверенных. Правовая охрана российских разработок за рубежом может быть обеспечена путем использования различных процедур патентования: традиционно процедуры РСТ, международной Евразийской и европейской. Каждая из этих процедур имеет как свои преимущества, так и недостатки, которые должны учитываться заявителем.

Важное значение имеет *выбор оптимальных процедуры патентования*. Он осуществляется в зависимости от предполагаемых рынков сбыта объектов техники, сроков подачи заявок на патенты, условий получения патентов, требования патентных законодательств стран патентования, их участия в международных и региональных договорах по охране промышленной собственности, наличия необходимых валютных средств на патентование и т.д. Документы, заявки, направляемые в каждую из стран патентования, должны быть оформлены по правилам, которые установлены законодательством; Эти правила в разных странах не совпадают друг с другом. Различным может быть не только состав документов заявки, но и порядок заполнения совпадающих документов, разные требования могут предъявляться к их юридическому оформлению и т. п. *Зарубежное патентование по традиционной процедуре требует детального знания патентного законодательства тех стран, в которых испрашивается охрана разработки.*

При патентовании изобретений за границей по процедуре, установленной *Договором о патентной кооперации (РСТ)*, заявитель подает одну заявку (*международную*) с указанием стран (из числа участниц РСТ), в которых он намеривается получить патенты. Заявители из

России оформляют такую заявку на русском языке и направляют ее в Патентное ведомство РФ. В соответствии со ст. 3 Договора международная заявка состоит из: *заявления на специальном бланке; описания изобретения; формулы изобретения; чертежей, если они необходимы; реферата.* Международная заявка с установленной датой международной подачи имеет силу правильно оформленной национальной заявки в каждом указанном государстве, при этом дата международной подачи рассматривается как дата фактической подачи заявки в каждом указанном государстве.

Патентное ведомство РФ, направляет первый экземпляр международной заявки в Международное бюро ВОИС для регистрации, а на основе второго экземпляра проводит *международный поиск*. Поиск проводится в соответствии с едиными требованиями РСТ с целью выявления уровня техники по предмету заявки. По итогам поиска готовится *отчет*, который направляется заявителю, а также в Международное бюро ВОИС.

Получив отчет о международном поиске, заявитель самостоятельно оценивает перспективы получения патентной охраны своей разработки в указанных странах. Он может изъять свою заявку, сохранить поданную им заявку в неизменном виде или внести изменения в формулу изобретения и т. д.

По обоснованной просьбе заявителя по международной заявке может быть проведена *международная предварительная экспертиза*, в ходе которой исследуется новизна, изобретательский уровень и промышленная применимость изобретения. Результаты экспертизы оформляются заключением, копии которого через Международное бюро ВОИС рассылаются в избранные заявителем страны, а также вручаются самому заявителю. В течение двух месяцев заявитель должен окончательно решить, в каких странах он желает получить патенты. Избрав такие страны, заявитель готовит переводы международной заявки на языки стран патентования и направляет их в национальные патентные ведомства соответствующих стран. Дальнейшее рассмотрение заявок и выдача охранных документов на изобретения осуществляется в соответствии с национальной процедурой, принятой в странах патентования.

Использование процедуры РСТ связано с дополнительными затратами по сравнению с патентованием по традиционной процедуре- уплатой международной пошлины в пользу Международного бюро ВОИС. Кроме международной пошлины в рублях за пересылку, поиск, а также в необходимых случаях за международную предварительную экспертизу и за подготовку приоритетных документов и копий документов.

Подача международной заявки, в большинстве случаев является оправданным за счет других преимуществ данной процедуры:

- когда необходимо получить конвенционный приоритет и он может быть сохранен только подачей международной заявки;
- когда необходимо получить более ранний приоритет при невозможности использования конвенционного приоритета;
- при необходимости проведения дополнительных исследовательских работ по перспективным изобретениям, испытаний, определения работоспособности, экономических и технических характеристик, выяснения перспектив их коммерческой реализации на внешнем рынке и т.п.

Получение евразийского патента сопровождается уплатой соответствующих пошлин. Все пошлины определены в долларах США, однако на территории России расчеты с Евразийским патентным ведомством производятся в рублях по действующему на дату совершения операции курсу ЦБ РФ. При этом для участников Евразийской патентной конвенции введен льготный тариф, составляющий 20% установленных пошлин из-за низкого уровня валового национального дохода на душу населения. Так за подачу заявки, поиск, публикацию и другие процедурные действия в размере, как правило, 800 (160) долларов США. Проведение экспертизы по существу (800 и 160 долларов США), за подачу возражения при несогласии заявителя с решением об отказе в выдаче евразийского патента (550 и 110 долларов США), а также за выдачу евразийского патента (500 и 100 долларов

США). Все указанные выше пошлины уплачиваются в пользу Евразийского патентного ведомства, уплачиваются также ежегодные пошлины за поддержание евразийского патента в силе. Национальные патентные ведомства, в которые поданы евразийские заявки, взимают также пошлину за проверку заявок на соответствие требованиям экспертизы по формальным признакам и пересылку заявок в Евразийское патентное ведомство.

Конвенцией о выдаче европейских патентов, участниками которой являются свыше 20 государств Европы. По процедуре, предусмотренной Конвенцией о выдаче европейских патентов, заявитель оформляет заявку на английском, немецком или французском языке и направляет ее непосредственно в созданное государствами – участниками Европейское патентное ведомство (г. Мюнхен) или в его филиал в Гааге. Заявка составляется по единым правилам и должна содержать:

- заявление о выдаче европейского патента;
- описания изобретения;
- один или несколько пунктов формулы изобретения;
- чертежи, на которые сделаны ссылки в описании или формуле изобретения;
- реферат

Заявка на европейский патент имеет во всех государствах-участниках силу правильно оформленной национальной заявки.

По заявке проводится оформленная экспертиза, а затем европейский поиск. После получения отчета заявитель может по своей инициативе изменить описание изобретения, его формулу и чертежи. По ходатайству заявителя по его заявке производится экспертиза. Патент, выданный после ее проведения, предоставляет его обладателю в каждом государстве-участнике Конвенции, для которого он выдан, те же права, которые ему предоставлял бы выданный в этом государстве национальный патент.

Европейский патент может быть получен также по процедуре РСТ. Для этого при подачи международной заявки наряду со странами участницами РСТ указывается европейский патент. При переводе международной заявки на национальную стадию заявка должна быть переведена на один из официальных языков Европейского патентного ведомства и направлена в Мюнхен (Гаагу) с перечислением стран-участниц Конвенции, в которых заявитель желает получить охрану изобретения на основе европейского патента.

Подача заявки на европейский патент сопровождается уплатой заявочной пошлины и пошлины за поиск. Особые пошлины взимаются также за указание государств, в которых должна быть обеспечена патентная охрана, а также за проведение экспертизы.

Процедура получения европейского патента дает определение преимущества заявителю в сравнении с традиционной процедурой патентования. Так, им готовится одна заявка на одном языке, которая подается в Патентное ведомство через одного патентного поверенного. В то же время полученный патент обеспечивает охрану изобретения сразу в нескольких странах-участницах Конвенции. Процедура получения европейского патента, как правило, экономически выгодна, когда европейский патент испрашивается не менее чем в четыре страны.

Одна из важных целей зарубежного патентования – создание более благоприятных условий для реализации патентов и заключения лицензированных соглашений с иностранными партнерами. Наличие патента значительно повышает позиции приобретателя лицензии на рынке, обеспечивая ему, в частности, при получении исключительной лицензии монопольное положение.

Патентный закон РФ не устанавливает каких-либо дополнительных ограничений или условий в отношении заключения лицензионных соглашений и договоров об уступки патентных прав с иностранными. Сейчас все подобные договоры заключаются в общем порядке, установленном патентным законодательством Российской Федерации.

ОТОПИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

Илюхин П.П. - студент, Головичев А. И. – ст.преподаватель
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Отопительные приборы являются основным элементом системы отопления и должны отвечать определенным теплотехническим, санитарно-гигиеническим, технико-экономическим, архитектурно-строительным и монтажным требованиям.

Теплотехнические требования заключаются в основном в том, что отопительные приборы должны хорошо передавать теплоту от теплоносителя (воды или пара) отапливаемым помещениям.

Санитарно-гигиенические требования, предъявляемые к отопительным приборам, заключаются в том, чтобы конструкция и форма (вид) их поверхности не приводили к скоплению пыли и позволяли ее легко удалять.

Технико-экономические требования следующие: минимальная заводская стоимость; минимальный расход металла; соответствие конструкции прибора требованиям технологии их массового производства; секционность, позволяющая компоновать прибор с требуемой площадью поверхности нагрева.

Архитектурно-строительные требования включают сокращение площади, занимаемой отопительными приборами, и обеспечение их приятного внешнего вида. Для выполнения этих требований отопительные приборы должны быть компактны, с легкодоступной для осмотра и очистки от пыли поверхностью, должны соответствовать интерьеру помещения.

Монтажные требования отражают, прежде всего, необходимость повышения производительности труда при изготовлении и монтаже отопительных приборов. Конструкция их должна благоприятствовать автоматизации производства и быть удобной в монтаже. Приборы должны быть прочными, удобными для транспортировки и монтажа, а их стенки паро- и водонепроницаемыми, температуроустойчивыми.

Большое многообразие видов и типов отопительных приборов объясняется тем, что всем рассмотренным требованиям одновременно удовлетворить очень сложно.

Отопительные приборы, применяемые в системах центрального отопления, подразделяются: **по преобладающему способу теплоотдачи** – на радиационные (подвесные панели), конвективно-радиационные (приборы с гладкой внешней поверхностью) и конвективные (конвекторы с ребристой поверхностью и ребристые трубы); **по виду материала** – на приборы металлические (чугунные из серого чугуна и стальные из листовой стали и стальных труб), малометаллические (комбинированные) и неметаллические (керамические радиаторы, бетонные панели с заделанными стеклянными или пластмассовыми трубами или с пустотами, вообще без труб и др.); **по характеру внешней поверхности** – на гладкие (радиаторы, панели, гладкотрубные приборы), ребристые (конвекторы, ребристые трубы, калориферы).

Радиаторы чугунные и стальные штампованные. Промышленность выпускает секционные и блочные чугунные радиаторы. Секционные радиаторы собирают из отдельных секций, блочные – из блоков в две – четыре секции. Секции радиаторов, в зависимости от числа вертикальных каналов, подразделяют на одно-, двух- и многоканальные. Изготавливают главным образом двухканальные секции, так как они лучше отвечают санитарно-гигиеническим требованиям.

Отдельные блоки или секции соединяют между собой посредством ниппелей из ковкового чугуна, имеющих наружную правую и левую резьбу и внутри два выступа для ключа. Ниппели ввертывают одновременно вверху и внизу в две секции или в два блока..

Радиаторы МС-140 и МС-90 рассчитаны на избыточное давление теплоносителя до 0,9 МПа, что расширяет область их применения, а все остальные чугунные радиаторы – до 0,6 МПа.

По монтажной высоте радиаторы подразделяют на высокие – 1000 мм, средние – 500 мм, низкие – 300 мм. Наиболее широко применяют средние радиаторы. Каждый радиатор имеет четыре чугунные пробки, ввернутые в ниппельные отверстия крайних секций; две из них – сквозные, с внутренней резьбой 15 – 20 мм – служат для присоединения приборов к теплопроводу.

Производство чугунных радиаторов требует большого расхода металла, они трудоемки в изготовлении и монтаже. При этом усложняется изготовление панелей вследствие устройства в них ниши для установки радиаторов. Кроме того, производство радиаторов приводит к загрязнению окружающей среды. Поэтому, несмотря на такие важные достоинства радиаторов, как коррозионная стойкость, отлаженность технологии изготовления, простота изменения мощности прибора путем изменения количества секций и др., их производство в нашей стране сокращается за счет увеличения выпуска приборов из стали, алюминия и его сплавов.

Изготавливают **однорядные и двухрядные стальные панельные радиаторы**: штампованные колончатые типа РСВ1 и штампованные змеевиковые типа РСГ2. Однорядный стальной штампованный радиатор типа РСВ1 состоит из двух штампованных стальных листов толщиной 1,4 – 1,5 мм, соединенных между собой контактной сваркой и образующих ряд параллельных вертикальных каналов, объединенных сверху и снизу горизонтальными коллекторами. Панель стального радиатора типа РСГ2, как и радиатора РСВ1 состоит из двух стальных листов толщиной 1,4 – 1,5 мм, соединенных между собой контактной сваркой и образующих ряд горизонтальных каналов для прохода теплоносителя.

Стальные радиаторы типа РСВ1 и РСГ2 по сравнению с литыми чугунными имеют примерно вдвое меньшую массу, на 25—30 % дешевле, на транспортирование и монтаж требуются меньшие затраты. Благодаря малой строительной глубине их удобно устанавливать открыто под окнами и у стены. Область применения стальных радиаторов-панелей ограничена системами отопления, использующими обработанную теплофикационную воду, корродирующее действие которой незначительно.

Конвекторы. В последние годы стали широко применяться конвекторы – отопительные приборы, передающие тепло в основном конвективным путем.

Рассмотрим некоторые их виды. Конвектор «Аккорд» предназначен для систем отопления жилых, общественных и производственных зданий с температурой теплоносителя до 150°С и давлением до 1 МПа. Конвектор «Аккорд» состоит из двух электросварных труб диаметром 20 мм и П-образных пластин оребрения, изготавливаемых из листовой стали толщиной 0,8 мм. Поверхность конвекторов покрывается эмалью ПФ-115.

В конвекторах «Север», конструкция которых аналогична конструкции конвекторов «Аккорд», П-образные пластины штампуются из дюралюминиевой ленты или листа толщиной 1мм. Конвектор «Север» – самый легкий прибор, поэтому его целесообразно применять для отопления зданий различного назначения преимущественно в северных и других удаленных районах страны, чтобы сократить транспортные расходы на его перевозку.

Более совершенными отопительными приборами с оребренным нагревательным элементом являются конвектор с кожухом напольный низкий «Ритм», предназначенный для общественных зданий. Применяется конвектор островной типа КВ для отопления общественных и производственных зданий, а также конвектор с кожухом типа «Комфорт», предназначенный для жилых, общественных и производственных зданий. Эти стальные приборы обладают высокими теплотехническими, технико-экономическими и эксплуатационными качествами. Конвекторы «Комфорт-20» выпускаются промышленностью с площадью поверхности нагрева 0,71 – 4,26 м². Они позволяют воздушным клапаном-заслонкой без установки запорно-регулирующей арматуры изменять тепловой поток в пределах 70 %.

**ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ИНТЕРНЕТ РЕСУРСОВ
ПО ЛИТЕЙНОМУ ПРОИЗВОДСТВУ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 5 ЛЕТ**
Долгих В.С. - студент, Красичков В.А. – старший преподаватель
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Интернет представляет собой очень большое собрание информации, и чтобы во всем этом, возможно, было ориентироваться, пользователи сети прибегают к помощи поисковых систем.

Среди российских пользователей Интернета наибольшей популярностью пользуются три поисковые системы Yandex, Rambler, Aport. Именно этими поисковыми системами мы и воспользовались при сборе сведений по литейному производству.

Рассмотрим динамику изменения Интернет ресурсов по литейному производству за последние пять лет: в марте 2003, в июне 2004, в апреле 2005 года, в апреле 2006 года, и в апреле 2007 года. Критерием поиска являлась фраза «литейное производство», а в таблицу 1 заносились количество сайтов и документов (страниц) на них, а на рисунках 1 и 2 соответственно и динамика изменения их за последние 5 лет.

Таблица 1 – Распределение количества сайтов и документов на них за последние 5 лет

Поиск.сист.\год	2003	2004	2005	2006	2007
Rambler	6554/27799	13099/77313	30126/493309	49753/988947	67448/1386827
Yandex	708/23451	1010/45161	1384/162815	1930/171594	2102/181587
Aport	1823/4000	3945/13000	4364/13000	5826/19000	1797/9628

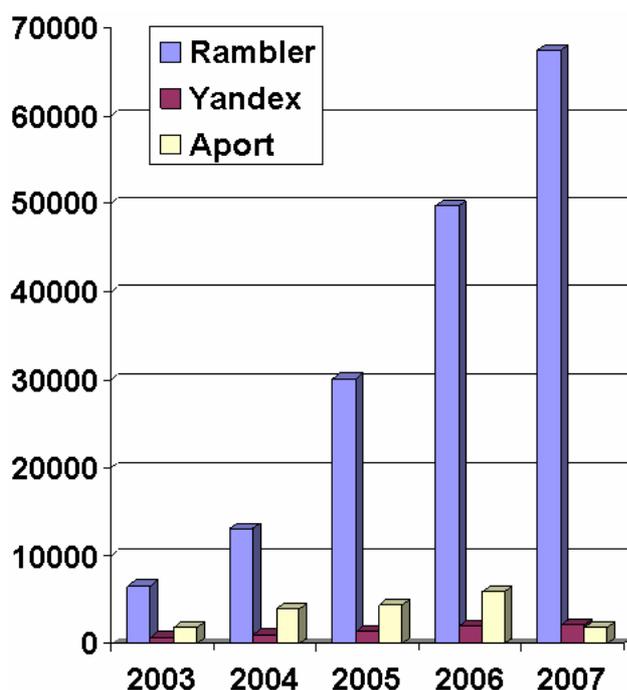


Рисунок 1 Динамика изменения сайтов

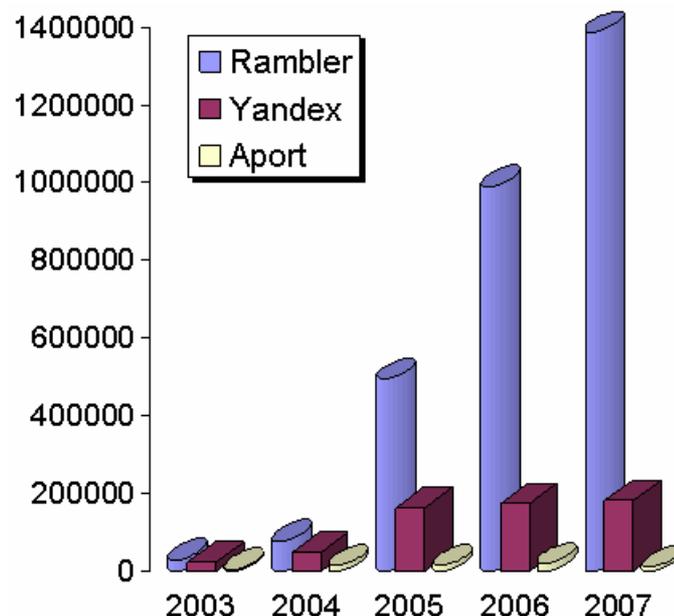


Рисунок 2 Динамика изменения страниц

На основании исследований можно подвести следующие итоги:

1. Поисковые системы выдают очень большое количество ссылок на ресурсы, посвященные литейному производству, поэтому для поиска необходимой информации следует использовать дополнительные критерии, более четко формулируя запрос.
2. Хотя на первый взгляд можно сказать, что есть выбор в поиске информации. Однако сведения, содержащиеся на страницах большинства сайтов, носят либо формальный характер, либо рекламную направленность и низкую практическую значимость.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ДИФфуЗИОННОЕ НАСЫЩЕНИЕ СТАЛЕЙ ПРИ ХИМИКО-ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Ретих Т.В. – студентка, Малькова Н.Ю. – ассистент

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В связи с противоречивыми литературными данными, касающимися вопросов влияния различных факторов внутризеренного строения на процессы диффузии, а также различного характера влияния фазовых и структурных превращений на эти процессы, большой теоретический и практический интерес приобретают исследования, в которых изучают влияние термоциклирования на диффузионные процессы насыщения. Особенность данных исследований заключается в том, что в отличие от изучения процессов самодиффузии элементов основного металла необходимо исследовать процессы гетеродиффузии, т. е. процессы диффузионного насыщения поверхности основного металла (стали) различными элементами.

Большое значение для оценки диффузионной подвижности элементов насыщения в зависимости от структурных факторов будет иметь учет влияния параллельно протекающих фазовых и структурных превращений, когда возникает необходимость учета фактора влияния скоростных нагревов и охлаждений как на кинетику этих превращений, так и влияние последних на кинетику диффузионного насыщения.

Следовательно, характер влияния ТЦО на кинетику диффузионных процессов насыщения будет определяться, помимо обычных условий неизометрического насыщения, структурными изменениями и напряженным состоянием стали, возникающими в результате многократных фазовых и структурных превращений, протекающих в условиях непрерывного изменения температуры при ускоренных нагревах и охлаждениях.

Обобщая результаты исследований, касающихся вопросов насыщения сталей элементами внедрения (углеродом, азотом и др.), можно считать, что наблюдающийся эффект ускорения процессов диффузионного насыщения поверхности стали при термоциклировании обусловлен периодичностью протекания в них фазовых превращений. Превращения аустенита в феррито-перлитное состояние и обратно, а также аустенита в мартенсит и обратно сопровождаются ускоренным продвижением атомов углерода или азота с поверхности в глубь стали.

Таким образом, проведение всего процесса упрочняющей обработки изделий в режиме многократного термоциклирования, осуществляемого с одного нагрева, позволяет снизить энергоемкость процесса, сократить длительность обработки, а также уменьшить коробление изделий, так как устраняются промежуточные нагревы до высоких температур и изменяется характер релаксационной способности материала. Применение данной технологической схемы ХТО обеспечивает по сравнению с существующими способами следующие преимущества:

- а) сокращение общей длительности упрочняющей обработки в 8—10 раз;
- б) увеличение толщины насыщенного слоя в 2—3 раза;
- в) формирование благоприятной структуры в поверхностном слое и сердцевине изделия приводит к повышению усталостной прочности в 1,5—1,6 раза,
- г) уменьшение коробления изделий на 50%.

Математическое планирование эксперимента при оптимизации процесса диффузионного насыщения бором поверхности литой стали

Баранов А.М. - студент, Малькова Н.Ю. - ассистент

В настоящей работе была поставлена задача – разработать математический аппарат для исследования структуры и процессов поверхностного борирования сталей в условиях термоциклирования.

Из полученных на заводе ОАО «ПО АМЗ» в цехе точного литья отливок из сталей 20ХЛ, 35Л, 40ХЛ, 55Л были изготовлены образцы в форме параллелепипеда: длиной 15 мм, шириной 10 мм и высотой 10 мм. Из литературных источников было выяснено, что для промышленного использования применяются следующие методы и способы борирования: а) в порошкообразных смесях; б) в расплавах солей и окислов (электролизное и без электролиза); в) газовое; г) из паст (обмазок). За базу была взята смесь следующего состава: V_4C – 78%, NaF – 4%, графит – 11%, бентонит – 7%.

Для выше указанных сталей были построены математические модели, связывающие технологические факторы термоциклической обработки (температура нагрева и охлаждения, время выдержки при этих температурах, скорость нагрева и охлаждения и т.д.) с механическими свойствами.

В нашем случае рассматривался дробный факторный эксперимент 2^{4-1} (табл.1). Т.к. во многих практических задачах взаимодействие второго (x_1x_2) и высших ($x_1x_2x_3$, $x_2x_3x_4x_5$ т.д.) порядков отсутствуют или пренебрежительно малы, то нам было достаточно провести восемь опытов для расчета коэффициентов. Девятый опыт проводился по основному уровню.

Эксперимент осуществлялся с помощью матрицы планирования, в которой использовали кодированное значение уровней факторов (табл. 2).

Для уменьшения влияния систематических ошибок, вызванных внешними условиями, было решено использовать случайную последовательность (рандомизацию) при постановке запланированных опытов.

Уровни и интервалы варьирования факторов Таблица 1

Факторы	x_1	x_2	x_3	x_4
основной	700	40	10	4
интервал варьирования	20	10	5	1
верхний	720	50	15	5
нижний	680	30	5	3

Максимальная температура в цикле неизменна и равна 970 °С.

x_1 – минимальная температура в цикле, °С; x_2 – время выдержки при максимальной температуре, мин; x_3 – время выдержки при минимальной температуре, мин; x_4 – число циклов

Матрица планирования эксперимента Таблица 2

Опыт	x_1		x_2		x_3		x_4	
	код	°С	код	мин	код	мин	код	
1	+	720	+	50	-	5	-	3
2	-	680	-	30	-	5	-	3
3	+	720	-	30	-	5	+	5
4	-	680	+	50	-	5	+	5
5	+	720	+	50	+	15	+	5
6	-	680	-	30	+	15	+	5
7	+	720	-	30	+	15	-	3
8	-	680	+	50	+	15	-	3
9	0	700	0	40	0	10	0	4