



ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ Государственного научного учреждения «Институт технологии металлов Национальной академии наук Беларуси»

Институт готов сотрудничать по следующим направлениям.

Технологическое предложение 1.

Разработка технологического процесса и оборудования для получения полых мерных заготовок из черных и цветных сплавов методом пристеночной кристаллизации, в непрерывно-циклическом режиме литья.

Аннотация предложения. Интенсивный теплоотвод от наружной поверхности затвердевающей отливки и обильное питание фронта затвердевания перегретым расплавом в течение всего времени ее формирования в кристаллизаторе обеспечивают мелкодисперсную плотную структуру и высокие физико-механические свойства отливок. Способ литья соответствует мировому уровню по качеству получаемых заготовок, производительности процесса и экологии. Разработчики предлагают технологический процесс, литейное оборудование и технологическую оснастку для получения полых цилиндрических заготовок высокого качества на основе реализации новой идеи формирования отливок методом пристеночной кристаллизации (направленным затвердеванием). Требуется инвесторы для продолжения работ по усовершенствованию технологии и литейного оборудования и развития нового метода в направлении расширения номенклатуры изделий по материалам и геометрическим параметрам

Описание предложения. Технологический процесс осуществляется следующим образом. Жидкий металл через сифонную литниковую систему подают в водоохлаждаемый кристаллизатор и заполняют его на заданную высоту. После этого подачу металла прекращают и делают выдержку для намораживания необходимой толщины стенки заготовки. В это время на внутренней поверхности стенки кристаллизатора за счет интенсивного одностороннего теплоотвода затвердевает и растет в радиальном направлении корка металла, внутренняя поверхность которой в течение всего времени формирования контактирует с перегретым расплавом. Это исключает образование усадочной и газовой пористости, попадание неметаллических включений в тело отливки и позволяет получить металл с повышенной плотностью и механическими свойствами. После определенной выдержки затвердевшую корку, составляющую тело отливки, извлекают из кристаллизатора и охлаждают по заданному режиму. Одновременно с началом ее удаления жидкий металл, находящийся в осевой части, попадает на освобождающиеся участки стенки кристаллизатора и начинается формирование следующей заготовки. При этом в кристаллизатор подают новую порцию расплава рав-



ную массу извлеченной заготовки. Таким образом, затвердевание металла в кристаллизаторе происходит непрерывно в течение всего времени разливки, а заготовки извлекают через определенный период, т.е. процесс осуществляют в непрерывно-циклическом режиме.

Инновационные аспекты предложения. Новизна технологии состоит в достижении повышенных физико-механических свойств материала отливок при высокой производительности процесса за счет создания условий для однонаправленного затвердевания металла при интенсивном одностороннем теплоотводе и обильном питании фронта фазового перехода перегретым расплавом в течение всего времени кристаллизации отливки.

Главные преимущества предложения.

- повышение прочностных характеристик заготовок из серого чугуна на 15-25%;
- увеличение износостойкости и сопротивление задиру чугуна на 15-20% по сравнению с литьем в сухие песчано-глинистые формы;
- увеличение износостойкости поршневых колец на 15-20% и снижение в 1,3 раза степени падения упругости по сравнению с серийными кольцами;
- улучшение экологии в литейном цехе за счет исключения таких операций как изготовление форм и стержней, выбивка, обрубка и очистка литья;
- высокая производительность: 100-240 отливок в час на одной литейной машине массой 1500кг при габаритных размерах 2000•3000•2000мм. Диаметр отливок от 40 до 200мм, высота до 280мм; толщина стенки 10-25мм.

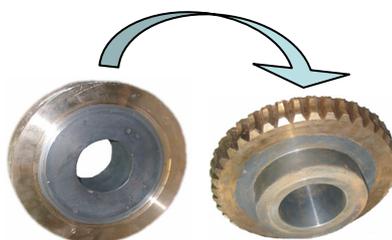
Технологическое предложение 2.

Разработка технологического процесса электрошлакового литья биметаллов

Аннотация предложения. Разработанная технология и оборудование позволяют получать заготовки различного профиля из коррозионностойких сталей, цветных сплавов, биметаллические.

Типичными представителями деталей, получаемых методом электрошлакового литья являются: заготовки штампового и режущего инструмента, крупногабаритных шестерен, колец, шкивов, зубчатых колес, различного вида вилки, проушины, корпуса, цапфы, биметаллические заготовки типа червячных колес, прокатных роликов и т. д.

Описание предложения. Электрошлаковое литье основано на электрошлаковом процессе плавления расходного электрода. Электрод расплавляется с использованием теплоты, выделяющейся в электропроводном шлаке при прохождении через него электрического тока. Отливка при электрошлаковом литье кристаллизуется в тонкой корочке шлакового гарнисажа. В результате ускоренной и строго направленной кристаллизации небольшого количества жидкого металла обеспечивается его высокая химическая и структурная однородность.



Технические характеристики	
Цепь 2 фазная, В	380
Напряжение вторичной обмотки, В	45, 55, 65, 75
Ток вторичной обмотки, кА	0-10
Потребляемая мощность, кВт	650
Вес отливок, кг	до 300

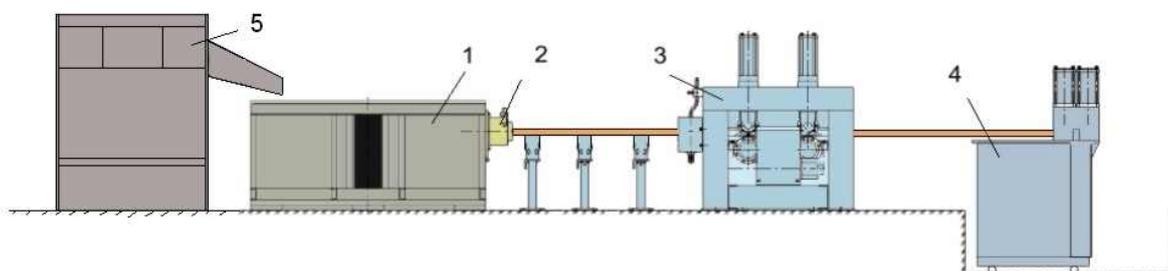
Главные преимущества предложения. Разработанное оборудование позволяет осуществить изготовление сразу нескольких заготовок за одну операцию, кроме того, при этом используется одна порция флюса для наведения шлаковой ванны и снижается расход электроэнергии, так как нет необходимости оплавливать расходуемый электрод для каждой отливки отдельно. Все это снижает себестоимость изготовления одной детали и повышает производительность установки.

Технологическое предложение 3.

Разработка технологического процесса и оборудования для непрерывного горизонтального литья сплавов на основе меди

Аннотация предложения. Процесс получения заготовок методом непрерывного горизонтального литья наиболее полно отвечает современным требованиям экологической чистоты, ресурсосбережения и качества отливок. Оборудование и технология предусматривает получение высококачественных заготовок различных диаметров и сечений из свежих материалов и из отходов производства (стружка, лом и др.).

Описание предложения. В состав оборудования для получения заготовок из **сплавов на основе меди** методом непрерывного горизонтального литья входят: индукционная плавильная печь, индукционный каналный миксер, тянущая клетка с сервоприводом, механизм резки заготовок, пульт управления, кристаллизаторы. Металл плавится в индукционной печи, откуда подается в миксер. Расплавленный металл из миксера попадает в кристаллизатор, где происходит формирование отливки, которая вытягивается при помощи тянущей клетки и разрезается механизмом резки на мерные заготовки.



1 – миксер; 2 – кристаллизатор; 3 – тянущая клетка; 4 – автоматическая резка; 5 – плавильная печь

Размер отливаемых прутков: круг \varnothing 30-200 мм, прямоугольник сечением от 30x50 мм до 150x200 мм.
Количество ручьев – 1-4 (в зависимости от необходимых объемов производства отливок).
Производительность при одноручьевом литье заготовок – 280-420 кг/час (для бронзы).
Потребляемая мощность: плавильной печи – 180 кВт; миксера – 70 кВт.
Емкость: плавильной печи – 500 кг; миксера – 500 кг.
Установленная мощность электродвигателя тянущей клетки 5 кВт.

Оборудование разрабатывается для каждого конкретного заказчика согласно его номенклатуры отливок, объемов производства и других требований, что определяет технические параметры и его стоимость.

Главные преимущества предложения. Преимущества процесса реализуются в сферах производства отливок, механической обработки и эксплуатации готовых изделий.

Оборудование и технологический процесс позволяют получать профильные непрерывнолитые заготовки из бронзы с однородными механическими свойствами как по поперечному сечению, так и на всем протяжении отлитого слитка.



Технологическое предложение 4.

Разработка программного обеспечения для быстрой обработки размытых и зашумленных изображений

Аннотация предложения. Программы для быстрой обработки изображений, размытых при прохождении через рассеивающую среду и зашумленных. Используемые авторские алгоритмы обеспечивают минимально возможную среднеквадратическую ошибку восстановления исходного объекта.

Программы позволяют обрабатывать видеосигнал с одновременным цифровым увеличением. Имеется возможность обработки нескольких изображений одного и того же объекта, зарегистрированных в различных условиях. Могут использоваться во встроенных в различные приборы для регистрации изображений процессорах обработки сигналов.



Описание предложения. В ряде случаев изображение может быть размытым, например, при регистрации через объектив, атмосферную дымку, туман и т.п. Кроме того, матричные фотоприемники, используемые в современных приборах регистрации, тоже искажают изображение вследствие интегрирования интенсивности излучения по площади пиксела. Математически такие процессы описываются интегральным уравнением Фредгольма первого рода. Авторами разработан оригинальный метод решения данного уравнения, позволяющий восстанавливать непрерывные исходные объекты по одному или нескольким линейно размытым изображениям, зарегистрированным матричными фотоприемниками. Показано, что данный метод обеспечивает минимально возможную среднеквадратическую ошибку восстановления в среднем по классу объектов. Возможность обработки нескольких изображений одного и того же объекта может приводить к существенному улучшению восстановления. В рамках данного метода разработаны выражения для количественной оценки возможности восстановления объектов на основе знания только функций размытия для всех зарегистрированных изображений и автокорреляционных функций объекта и шума регистрации. На практике это могут быть изображения в различных диапазонах длин волн и т.п.

На данной основе разработаны программы для быстрой обработки размытых изображений, которые могут быть использованы при обработке видеосигнала в реальном времени во встроенных процессорах обработки сигналов или внешних компьютерах. Программы позволяют улучшать размытое зашумленное изображение. Имеется возможность обработки с получением увеличенного восстановленного объекта, при этом учитывается как размытие на трассе наблюдения, так и характеристики матричного фотоприемника. Обработка нескольких изображений в ряде случаев дает возможность значительно увеличить предельное разрешение системы. Данные черты могут использоваться для восстановления малых объектов, размер которых порядка одного пиксела, что характерно для аэро- или спутниковых изображений.

Инновационные аспекты предложения. Новизна разработанных алгоритмов и программ состоит в возможности обработки размытых изображений с минимальной среднеквадратической ошибкой. Может быть использовано несколько размытых изображений одного объекта, сделанных с помощью различных приборов.

Главные преимущества предложения. Главными преимуществами предлагаемой обработки является возможность максимального увеличения предельного разрешения регистрирующей системы с учетом ее характеристик и возможности обработки нескольких изображений. Математически доказано, что для выбираемого класса объектов большего разрешения данной системы добиться невозможно.

Технологическое предложение 5.

Разработка специализированного программного обеспечения для моделирования процессов непрерывного литья.

Аннотация предложения. Трехмерное моделирование процесса теплообмена при непрерывном литье заготовок. Определение трехмерных температурных полей в заготовках кристаллизаторах.

Определение пространственных и временных градиентов температур. Структурная и параметрическая идентификация математических моделей, определение параметров теплообмена по экспериментально измеренным значениям температур на основе решения обратной задачи теплопроводности.

Математическое моделирование затвердевания биметаллических заготовок.

Математическое моделирование процесса кристаллизации Al-Si - сплавов.

Описание предложения. Разработанное программное обеспечение позволяет решать задачи теплообмена при непрерывном горизонтальном и вертикальном литье, непрерывном литье в валковые кристаллизаторы различных типов. Расчеты осуществляются для отливок как прямоугольного, так и цилиндрического сечения.

Математические модели реализованы на основе метода конечных разностей.

Результаты расчетов выводятся как в текстовом, так и в графическом виде: в виде изотерм и виде динамично изменяющегося рисунка. Существует возможность вывода пространственных и временных градиентов температуры.

Структурная идентификация математических моделей предполагает возможность использования различных моделей, для описания процесса кристаллизации и конвекции в расплаве.

Параметрическая идентификация математических моделей предполагает определение значений неизвестных параметров, в частности, коэффициентов контактного и конвективного теплообмена.

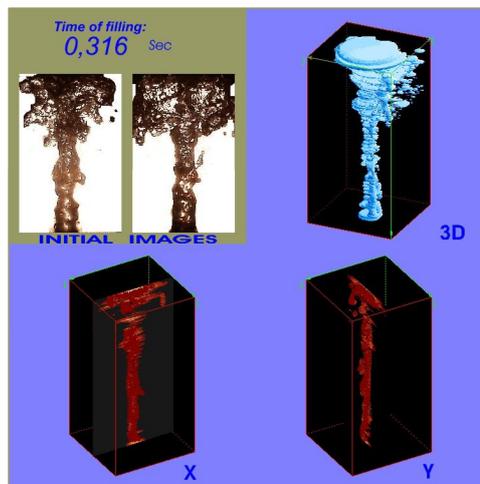
Инновационные аспекты предложения. Новизна разработанных алгоритмов и программ состоит в их специализации, т.е. в ориентации на решение конкретных задач теплообмена в двух- и трехмерной постановке с учетом специфики условий теплообмена и требований к качеству формируемой заготовки.

Главные преимущества предложения. Преимуществами предлагаемого специализированного программного обеспечения является то, что оно разработано на основе проведенной экспериментально-теоретической структурно-параметрической идентификации математических моделей и адаптировано к реальным технологическим процессам литья. Это позволяет использовать его для подобных процессов литья.

Технологическое предложение 6.

Многокритериальная оптимизация технологических процессов

Аннотация предложения. В Институте разработан программный комплекс для решения задач многокритериальной оптимизации технологических процессов. Методика оптимизации разработана на основе положений теории нечетких множеств и позволяет учесть информацию нечеткого характера на этапе постановки задачи оп-



и

тимизации. Кроме того, методика позволяет учитывать неравноценность, несравнимость и противоречивость критериев качества технологических процессов и ограничений, налагаемых на них.

Описание предложения. В последнее время теория нечетких множеств находит все большее применение при решении таких практических задач, как распознавание образов, разработка экспертных систем, определение инвестиционной политики банков и предприятий и т.д., - т.е. там, где присутствует неопределенность нечеткого качественного характера, которая не может быть формализована с помощью обычного математического аппарата.

Технологии литейных процессов во многом основаны на накопившемся научном, а также практическом опыте. Кроме того, качество многих процессов литья во многом зависит от опыта технолога-литейщика.

Разработанная в ИТМ НАН Беларуси методика нечеткой многокритериальной оптимизации и созданное на ее основе программное обеспечение нашли свое применение в различных отраслях - в литейной, в медицине, в банковской сфере.

Суть данной методики состоит в нахождении глобального компромиссного решения при учете противоречивости и неравнозначности критериев оптимизации. Для формализации критериев качества и ограничений используются функции предпочтительности, позволяющие учитывать информацию нечеткого качественного характера на этапе постановки задачи.

Значения функций предпочтительности для каждого критерия качества изменяются от 0 (наименее предпочтительные) до 1 (наиболее предпочтительные) при изменении аргументов в диапазонах, указанных специалистом. Вид функций предпочтительности также задается специалистом на основе научного и практического опыта.

В дальнейшем осуществляется ранжирование частных критериев качества и ограничений и их свертка в единый глобальный критерий. Для отыскания рангов критериев качества и ограничений используется шкала лингвистических оценок относительной важности и, построенная на ее базе, матрица парных сравнений критериев и ограничений.

Инновационные аспекты предложения. Разработанные методика многокритериальной оптимизации и программное обеспечение позволяют найти единственное оптимальное решение на основе минимизации единого глобального критерия оптимизации, который получается посредством свертки частных критериев качества и ограничений. При этом, присущая оптимизационным задачам нечеткость и неопределенность переносится с этапа анализа результатов, что присуще традиционным методам оптимизации, на этап постановки задачи оптимизации.

Предлагаемое программное обеспечение может быть использовано не только в литейной отрасли.

Главные преимущества предложения. Данная методика и программное обеспечение позволяют получать единственное глобальное решение задачи многокритериальной оптимизации с наибольшим удовлетворением критериям качества и ограничениям с наивысшими рангами.

Технологическое предложение 7.

Разработка кристаллизатора с более высокой производительностью для литья металлов и сплавов

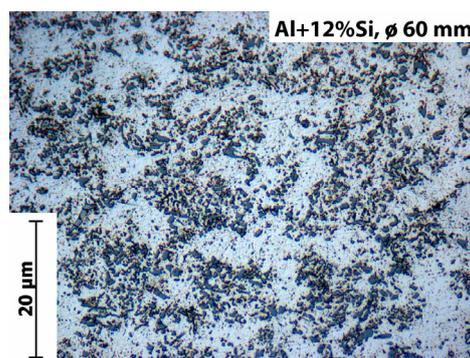
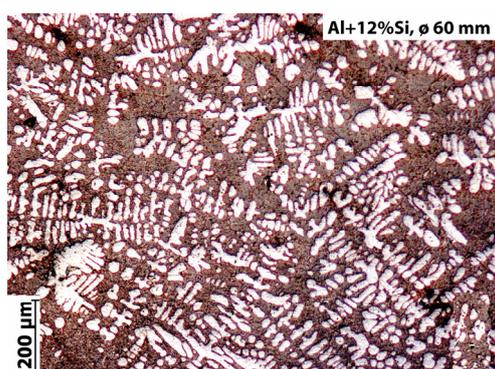
Аннотация предложения. Институтом разработан кристаллизатор с повышенной скоростью охлаждения для получения заготовок из различных металлов и сплавов. Преимущество такого кристаллизатора перед существующими аналогами: высокие производительность, стабильность и качество получаемых заготовок. Институт ищет партнеров для промышленного внедрения кристаллизатора на литейных и металлургических предприятиях литья металлов и сплавов.

Описание предложения. В настоящее время главным недостатком существующих кристаллизаторов для литья металлов и сплавов является невозможность повышения производительности процесса литья без существенного увеличения расхода охладителя, что уменьшает стабильность процесса литья и увеличивает стоимость получаемых заготовок. Предлагаемый кристаллизатор имеет принципиально новую и эффективную систему охлаждения, которая позволяет существенно повысить производительность процесса литья без увеличения расхода охладителя. При этом, повышаются: стабильность процесса литья, равномерность охлаждения по высоте и периметру кристаллизатора, качество получаемых заготовок.

Кристаллизатор был опробован при непрерывном литье бронзы. Было установлено что, по сравнению с обычным кристаллизатором при равном расходе охладителя производительность процесса литья возросла более чем в 2 раза, повысилась стабильность литья и качество слитка

Инновационные аспекты предложения. Новизной является разработка кристаллизатора с принципиально новой и эффективной системой охлаждения, позволяющей существенно повысить производительность процесса литья и качество получаемых заготовок из различных металлов и сплавов без увеличения расхода охладителя.

Главные преимущества предложения. Преимущества кристаллизатора: более высокие производительность и стабильность процесса литья.

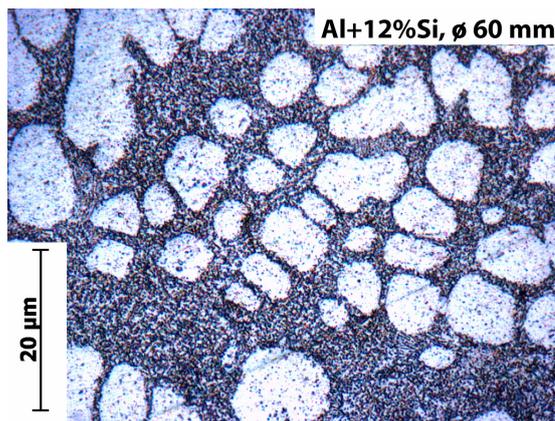


Технологическое предложение 8.

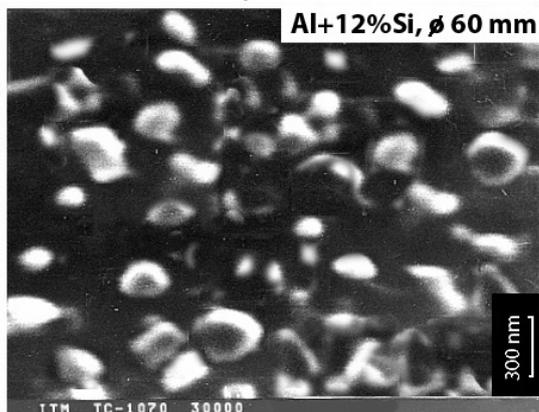
Разработка технологического процесса получения алюминиево-кремниевых сплавов с наноструктурным эвтектическим кремнием

Аннотация предложения. Институт разработал уникальную технологию литья заготовок из алюминиево-кремниевых сплавов с высокодисперсной структурой без применения модификаторов. Новая технология позволяет существенно повысить физико-механические и износостойкие свойства получаемых заготовок.

Описание предложения. Механические и эксплуатационные свойства алюминиево-кремниевых сплавов в основном зависят от дисперсности микроструктуры. В настоящее время диспергирование фазовых составляющих структуры отливок осуществляется применением модификаторов. Эта технология имеет следующие основные недостатки: нестабильность модифицирования, повышенная склонность металла к газонасыщению и экологическая небезопасность производства, отсутствие универсальности модификаторов. Предлагаемая технология



позволяет получать отливки диаметром 40-120 мм с наноструктурным эвтектическим кремнием (200-250 нм) и высокодисперсными кристаллами первичного кремния (10-15 мкм) без применения модификаторов. При этом существенно повышаются физико-механические и износостойкие свойства. Предлагаемая технология основана на методе литья с повышенной скоростью затвердевания. С применением новой технологии из заэвтектического алюминиево-кремниевого сплава были получены опытные цилиндрические заготовки диаметром 50-115 мм.



Исследования показали, что механические свойства опытных заготовок, по сравнению с аналогичными, но полученными по обычной технологии с применением модификаторов, возросли на 40-70%. Износостойкость опытных заготовок при сухом трении о стальную пластину при нагрузке 0,6 МПа превосходила износостойкость антифрикционной бронзы в 40 раз. Кроме этого, установлено, что при добавлении отливок с наноструктурным эвтектическим кремнием в шихту в количестве 20% - сохраняется наследственность модифицированной микроструктуры заготовки более 2-х часов.

По новой технологии из заэвтектического алюминиево-кремниевого сплава с наноструктурным кремнием были изготовлены колеса червячных редукторов и поршни двигателей внутреннего сгорания. Испытания показали, что по сравнению с аналогичными изделиями полученными по обычной технологии, ресурс опытных поршней – увеличился в 3 раза. Ресурс опытных червячных колес превзошел аналогичные из бронзы – в 2 раза.

Инновационные аспекты предложения. Технология позволяет получать заготовки из алюминиево-кремниевых сплавов с равномерной, высокодисперсной структурой, повышенными механическими и износостойкими свойствами без применения модификаторов.

Главные преимущества предложения. Преимущества технологии – исключение применения модификаторов, получение наноструктурных заготовок с повышенными механическими и износостойкими свойствами.

Технологическое предложение 9.

Модификатор для более эффективного измельчения зерна стальных слитков.

Аннотация предложения. Институт разработал легкоплавкий модификатор с высокодисперсной структурой, который позволяет более эффективно измельчать зерно стальных слитков. Институт ищет партнеров для промышленного внедрения сплава на литейных и металлургических предприятиях по производству стали.

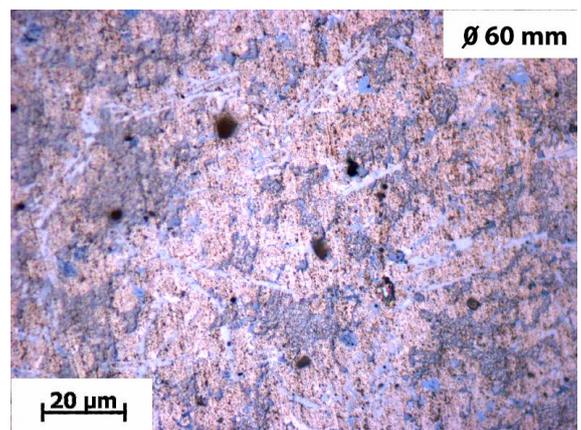
Описание предложения. При литье габаритных заготовок из стали в песчано-глинистую форму и при увеличении производительности процесса на установках непрерывного литья наблюдается существенное уменьшение интенсивности охлаждения слитка. В этих условиях необходим более эффективный модификатор по сравнению с существующими.

Разработанный впервые в мире легкоплавкий модификатор позволяет существенно повысить эффективность модифицирования стального слитка, благодаря высокодисперсной структуре модификатора. Он изготавливается, при повышенной скорости кристаллизации, непрерывным литьем в виде прутков различного диаметра, что существенно упрощает его ввод в жидкую сталь и увеличивает эффективность модифицирования и время его живучести. Модификатор позволяет совместить раскисление стали и модифицирование слитка.

Модификатор опробован при литье заготовок из стали 40Х диаметром 100 мм в песчано-глинистую форму при расходе модификатора 0,001 от массовой доли шихты. Было установлено, что зерно отливки в среднем измельчилось в 5 раз.

Инновационные аспекты предложения.

Новизна заключается в разработке нового модификатора с высокодисперсной структурой, обеспечивающего более эффективное измельчение структуры стального слитка, особенно при непрерывной разливке стали с повышенной производительностью процесса литья



Главные преимущества предложения. Предложенный модификатор для стали имеет следующие преимущества: высокую степень усвоения, малую дозировку, низкую температуру плавления (600°C), более высокую дисперсность фазовых составляющих (менее 1 мкм), повышенное время живучести.

Технологическое предложение 10.

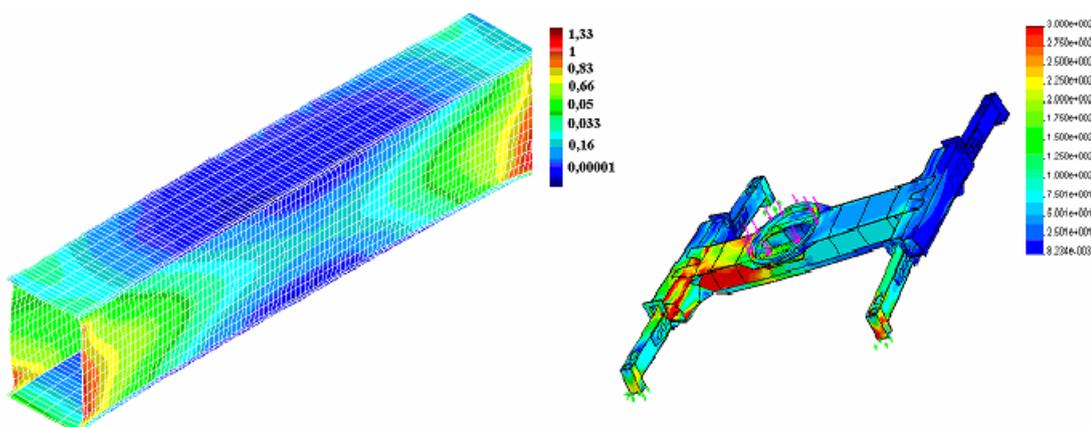
Разработка технологии расчета напряженно-деформированного состояния металлоконструкций с учетом остаточных сварочных напряжений и деформаций.

Аннотация предложения. Компьютерные технологии проектирования и моделирования напряженно-деформированного состояния металлоконструкций позволяют производить расчет металлоконструкций, с последующим анализом и выработкой рекомендаций по улучшению технических характеристик изделия.

Описание предложения. Классический алгоритм расчета напряженно-деформированного состояния металлоконструкций основан на разбиении конструкции на элементы и их расчет только с учетом передаваемых нагрузок. Тогда как отдельные элементы сложных металлоконструкций ведут себя различным образом в

изолированном состоянии и в совокупности с другими, за счет наличия связей на границах. Применение численных методов расчета снимает это ограничение и позволяет создавать и рассчитывать модель, имеющую реальные размеры с учетом объемного характера нагружения. Кроме того, при использовании ручного расчета конструктор вынужден закладывать завышенные коэффициенты запаса, что приводит к повышению металлоемкости продукции.

Высокая эффективность компьютерных технологий достигается за счет использования прикладных программ, адаптирующих стандартные САПР для выполнения конкретных технологических задач. Разработаны алгоритмы и программы расчета прочностных параметров металлоконструкций, с учетом напряженно-деформированного состояния, обусловленного сваркой, что позволяет определить предельно допустимые нагрузки, обеспечивающие работу конструкции в зоне упругих деформаций. На рисунке представлены примеры расчета интенсивности распределения напряжений в стреле и нижней раме автомобильного стрелового крана грузоподъемностью 25 тонн. Программа расчета также позволяет учитывать напряжения и деформации, обусловленные сваркой на этапе изготовления конструкций, разработать альтернативные варианты выполнения сварочных операций, обеспечивающие более высокую точность и несущую способность, определить параметры, оказывающие наиболее существенное влияние на точность и несущую способность металлоконструкций.



Главные преимущества предложения. Внедрение компьютерных технологий проектирования и моделирования позволяет снизить металлоемкость продукции; повысить точность изготовления за счет учета сварочных напряжений и деформаций; снизить непроизводительные потери при подготовке производства на 15-20%; сократить срок подготовки производства в 3-5 раз; уменьшить брак, вызванный остаточными сварочными напряжениями и деформациями.

Институт проводит исследования по следующим направлениям и выполняет работы:

- исследование металлургических процессов и теплотехнических явлений при плавке и литье для разработки технологии получения композиционных отливок
- разработка технологий переработки загрязненных отходов цветных металлов и сплавов
- разработка технологий повышения износостойкости графитовых материалов
- исследование структурообразования, тепловых и технологических особенностей процессов литья и термообработки заготовок из белых высокохромистых и специальных низколегированных чугунов с шаровидным и пластинчатым графитом, а также бронз и силуминов при литье в кокиль
- создание теоретических и технологических основ управления процессом графитизации чугунов при первичной кристаллизации и вторичных превращениях в условиях интенсивного охлаждения
- разработка технологических основ получения литейных сплавов с инвертированной структурой
- восстановление трехмерной формы потока расплава металла водным моделированием в прозрачной литейной форме методом оптической томографии
- восстановление трехмерного изображения заполнения формы при литье под давлением методами водного аналогового моделирования
- разработка технологий непрерывно литых заготовок из черных и цветных металлов с заданной структурой
- исследование процессов структурообразования и разработка основ технологии обработки (термоциклическая, магнитным полем, импульсным воздействием и т.п.) промышленных алюминиевых сплавов
- разработка технологических основ получения алюминиево-кремниевых сплавов и отливок с заданными физико-механическими свойствами
- изучение возможности получения отливок определенной конфигурации и свойств в зависимости от состава шихты и режимов приготовления расплавов черных и цветных металлов